

Keyifli Okumalar Dileriz

Binlerce kategoride milyonlarca PDF e-kitap, ders kitapları, dergiler ve romanlara platformumuz üzerinden ücretsiz ulaşabilirsiniz.

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

Yedek ve Duyuru Kanallarımız

Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

- Telegram: <https://t.me/birkitapbir>
- WhatsApp Kanalımız : <https://whatsapp.com/channel/0029VbDHv8uE50Us4lvMoc0Y>



CEMAL YILDIRIM

BİLİM TARİHİ



Ramzi Kitabevi

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - <https://rantey.org>

CEMAL YILDIRIM

Bilim Tarihi



Remzi Kitabevi

BİLİM TARİHİ / Cemal Yıldırım

© Remzi Kitabevi, 2012

Her hakkı saklıdır.

**Bu yapıtın aynen ya da özet olarak
hiçbir bölümü, telif hakkı sahibinin
yazılı izni alınmadan kullanılamaz.**

ISBN 978-975-14-1724-4

BİRİNCİ BASIM BASIM: 1983

YİRİMİ BİRİNCİ BASIM: Ekim 2016

Remzi Kitabevi A.Ş., Akmerkez E3-14, 34337 Etiler-İstanbul

Sertifika no: 10705

Tel (212) 282 2080 Faks (212) 282 2090

www.remzi.com.tr post@remzi.com.tr

Baskı ve cilt: Remzi Kitabevi A.Ş. basım tesisleri

100. Yıl Matbaacılar Sitesi, 196, Bağcılar-İstanbul

Sertifika no: 10648

*Tüm koşulların olumsuzluğuna
karşın, ilkokula başlamamı sağlayan
annemin anısına...*

Bilimsel bilgiyi küçük bir grubun tekeline bırakmak bir toplumun düşün gücünü zayıflatır, onu tinsel yoksulluğa sürükler.

Albert Einstein

Bilgi edinmede bilimsel yöntem dışında izlenecek başka bir yol yoktur; bilimin erişemediği bir şeyi bildiğimiz savı bir safsata olmaktan ileri geçmez.

Bertrand Russell

Bilim tarihi, cehalet ve hurafenin miskinliğine, ikiyezlülük ve yalana, aldatma ve aldanmaya; kısaca, karanlığın tüm güçlerine karşı sürüp gelen, ama bir türlü bitmeyen, bir savaşımın öyküsüdür.

George Sarton

Birinci Basım İçin Önsöz

Bilimin son üç yüz yıldaki hızlı gelişmesi, uygarlık tarihinde belki de en önemli olaydır. Bilim bir yandan teknolojik uygulaması yoluyla yaşam koşullarını değiştirirken, öte yandan düşünmemizi biçimlemekte, dünya görüşümüzü etkilemektedir. Bilimle birlikte düşüncemizin daha rasyonel, olgulara daha saygılı bir nitelik kazandığı yadsınamaz. Geçmişin dokunulmaz sayılan pek çok yetkeleri, varsayım ve inançları bilimin getirdiği eleştirel yaklaşım ve bağımsız kafa disiplini karşısında ya sarsılmış, ya da büsbütün yıkılıp gitmiştir. Kuşkusuz, gerek teknolojik uygulamaların toplum yaşamına getirdiği değişiklikler, gerek düşüncenin kazandığı yeni ve güçlü yaklaşım biçimi birçok sorunlara yol açmaktan geri kalmamış, geçersizliği ortaya çıkan birtakım “değer” ve düşünce kalıpları yerine yenilerini koyma zorunluluğunu yaratmıştır. Sorunların bir bölümünün hızlı değişmeye ayak duramamaktan, bir bölümünün de bilimin yeterince anlaşılammış olmasından doğduğu söylenebilir.

Bilimin bir toplumu olumlu yönde etkilemesi için her şeyden önce bilimsel düşünme biçiminin geniş halk kitleleri arasında yayılmasına, ortak-düşüncenin bir parçası haline gelmesine ihtiyaç vardır. Bu ise geniş ölçüde bir eğitim sorunudur. Kültürümüze bilimsel nitelik kazandırmak her düzeydeki öğrenimin başlıca amacı olmalıdır. Bu sağlanmadıkça bilimin ne sanat ve ahlaki değerlerle kaynaşma olanağını sağlayabiliriz; ne de bugün karşılaştığımız birtakım çetin sorunlara etkin çözümler bulmayı bekleyebiliriz. Bu kitap bu yolda küçük bir hizmet sağlarsa, yazar emeğini yeterince değerlendirmiş sayacaktır.

Bir noktanın özellikle belirtilmesini gerekli görmekteyim:

Bilim tarihi çok yanlı bir konudur; ideal olarak çeşitli bilim dallarından bir ekibin işbirliğini gerektirir. Ancak böyle bir ortak çalışmanın koşullarını yerine getirmek olanaksız olmasa bile son derece güçtür. Öte yandan, tek kişinin çalışmasına dayanan bir kitap da, hiç değilse bazı yönlerden, yüzeysel kalmaktan kurtulamaz. Bu nedenle sunduğum *Bilim Tarihi* konuya giriş niteliğinde olup, bu alanda uzman bilim adamlarına değil, kültürel ilgi ufku geniş aydın okuyuculara hitap etme amacı gütmektedir. Başvurduğum ve bir listesini “Bibliyografya”da sunduğum kaynakların hemen tümünün bu nitelikte kitaplar olduğu okuyucunun gözünden kaçmayacaktır, elbette.

Kitabı yazarken birçok arkadaşımın bilgi ve görüşlerinden geniş ölçüde yararlandım. Bu arada karşılaştığım bazı güçlüklerin giderilmesinde uzmanlık bilgilerine sık sık başvurduğum Doçent Dr. Ferit Öktem ile Doçent Dr. Bedri Süer’e özellikle şükran borcumu ifade etmek isterim. Onların yardımına güvenmeseydim, kitabı yazma tasarımı belki de hiçbir zaman gerçekleşme olanağı bulmayacaktı.

Ayrıca kitabı büyük bir dikkat ve özenle daktilo eden Nihal Göğeren ile basıma hazırlanmasında yardımcı olan Ersin Asarkaya’ya teşekkür borçluyum. Nihayet bütün çalışmalarında olduğu gibi bu çalışmamda da yükü her adımda benimle paylaşan eşim Suzan Yıldırım’a minnet duygularım sonsuzdur.

Cemal Yıldırım
Ankara, Ekim 1974

İkinci Basım İçin Önsöz

Bilim Tarihi ikinci basıma dil ve içerik yönlerinden düzeltilmiş ve zenginleştirilmiş olarak girmektedir. Özellikle, VIII. Bölüm'ü oluşturan on iki çeviri metin ile IX. Bölüm'ü oluşturan Biyografik Bilgiler, kitaba hem seminer çalışmalarında öğrenciler için hazır bir kaynak, hem de kolayca başvurulabilen bir elkitabı niteliği kazandırmıştır. Kitabın bu eklerle genel okuyucu için de daha doyurucu bir düzeye çıktığını umuyorum.

Kitabı ikinci basıma hazırlarken çeşitli yönlerden bana yardımcı olan Dr. Cemil Akdoğan, Dr. Ahmet İnam, Dr. Yaman Örs ve öğrencim Tahir Kocayığit'e teşekkür borçluyum. Ayrıca, özellikle Biyografik Bilgiler'de yer alan İslam bilginleri üzerinde katkılarda bulunan, kitabın tümü üzerinde değerli eleştiri ve önerilerini esirgemeyen Şahap Demirel'e şükran borcum büyüktür.

Cemal Yıldırım
OR-AN (Ankara), Ekim 1982

Üçüncü Basım İçin Önsöz

İlk basımı 1974’de yapılan *Bilim Tarihi*, aradan geçen 17 yıllık süre boyunca okuyucuların eksilmeyen ilgisiyle üçüncü basıma girmektedir. Bu, kuşkusuz, kültürel yaşamımızda bilimin giderek artan önemini yansıtmaları bakımından da sevindirici bir olaydır.

Kitabımı yeni basıma hazırlarken, dizgi yanlışlarını düzeltmenin yanı sıra kimi ifade değişikliği ve eklemelerle hem içeriği zenginleştirme, hem de anlamayı güçleştiren belirsizlikleri giderme fırsatı buldum. Ayrıca, biri çağımızın büyük filozofu Bertrand Russell’in, diğeri seçkin bilim adamı ve düşünür Julian Huxley’in kaleminden iki parçayla çeviri metin sayısını on dörde çıkardım. Kitabın bu eklemelerle okuyucular için daha doyurucu olacağını umuyorum.

Yeni basıma olanak sağlayan Remzi Kitabevi’ne teşekkür borçluyum.

Cemal Yıldırım
İda Tepe, Akçay, Temmuz 1991

İçindekiler

I. Bölüm GİRİŞ

II. Bölüm ESKİ UYGARLIKLARDA BİLİM

1. Mısır ve Mezopotamya'da Bilim	19
2. Antik Yunan'da Bilim	25
3. Helenistik Dönemde Bilim	48
4. Romalılarda Bilim	71

III. Bölüm ORTAÇAĞ AVRUPASI VE İSLAM DÜNYASINDA BİLİM

1. Ortaçağ Düşüncesinin Niteliği	75
2. İslam Dünyasında Bilim	86
3. İslam Biliminin Batı'ya Etkisi ve Gerileme Nedenleri.....	94
4. Skolastik Dönemde Bilim	98

IV. Bölüm RÖNESANS VE MODERN BİLİM

1. Rönesans ve Bilim	109
2. Astronomide Devrimsel Atılımlar.....	113
3. Kimya, Tıp ve Canlılar Bilimlerinde Durum.....	126
4. Fizik ve Matematikte Durum	129
5. Bilimde Yöntem Bilinci	133
6. Galileo Galilei.....	142
7. Isaac Newton	148
8. Işığa İlişkin Kuramlar	157
9. Bilim Akademileri	161

V. Bölüm

AYDINLANMA ÇAĞI VE BİLİM

1. 18. Yüzyılda Astronomi, Matematik ve Fizik	169
2. Lavoisier ve Kimyada Devrim	173

VI. Bölüm

ENDÜSTRİ DEVRİMİ VE BİLİM

1. Fizikte Yeni Atılımlar	181
2. Evrim Kuramı ve Darwin	194
3. Mikro-Biyoloji ve Gen Teorisi.....	199
4. 19. Yüzyılın Özellikleri.....	205

VII. Bölüm

ÇAĞDAŞ BİLİM

1. Einstein Devrimi	210
2. Kuantum Teorisi ve Atom Fizığının Doğuşu.....	220

VIII. Bölüm

ÇEVİRİ METİNLER

1. Dante'nin Dünya Görüşü	235
2. Ortaçağlarda Bilim Neden Geri Kalmıştı?	243
3. Kopernik ve Gezegenler	251
4. Bacon ve Deneysel Yöntem	260
5. Harvey ve Kan Dolaşımı	268
6. 17. Yüzyılda Bilimsel Araçların Gelişmesi	276
7. Newton ve Evreni.....	285
8. Modern Kimyanın Doğuşu	294
9. 19. Yüzyılın Başlangıç Döneminde Bilimsel Gelişmeler	303
10. Darwincilik Yıkıldı mı?	312
11. Atom	319
12. Atomun Yapısı	328
13. Günümüzde Bilim	336
14. Albert Einstein'ın Büyüklüğü	345

BİYOGRAFİK BİLGİLER.....	351
--------------------------	-----

BİBLİYOGRAFYA.....	381
--------------------	-----

I. BÖLÜM

Giriş

Bilim Tarihi Nedir?

Bilim tarihi kısaca bilimin doğuş ve gelişme öyküsüdür. Amacı bir bakıma nesnel (objektif) bilginin ortaya çıkma, yayılma ve kullanılma koşullarını incelemek, bir bakıma da nitelikleri belli bir yöntemin, bir düşünme türünün, hatta geniş anlamda bir bakış açısının oluşumunu saptamaktır. Bilim tarihi, amacına, çeşitli bilim kollarında ulaşılan sonuçları sıralayarak değil, fakat daha çok, bu sonuçları bağlı oldukları koşullar çerçevesinde açıklayarak ulaşmaya çalışır. Görevi olguların ve buluşların bir kataloğunu çıkarmaktan çok, bilimsel kavram, teori ve anlayışın doğuş ve gelişimini izlemek ve açıklığa kavuşturmaktır. Düşüncenin serbestliğe kavuşması, akılla batıl inançların çarpışması, insanoğlunun “doğru”yu araması ve giderek ona yaklaşması, hata ve akıl dışı saplantılarla savaşması... İşte bilim tarihinden öğrenebileceğimiz şeylerden başlıcaları.

Modern bilimin gözlerimiz önünde yükselen yüce yapısı hiç şüphesiz insan kafasının uygarlığa kattığı en önemli bir üründür. Ancak, bu ürünün doğuş, gelişme ve başarı koşulları üzerinde kültür ortamımızın yeterince aydınlatıldığı söylenemez. Bilim tarihi ancak son 40-50 yıllık dönemde akademik bir disiplin niteliği kazanmıştır. Bugün bile yalnız bizde değil, birçok Batı üniversitelerinde de yeterince okutulma olanağı bulduğu söylenemez. Tarihçiler uygarlığımızın daha çok siyasal, ekonomik ve savaş ile

ilgili cepheleri üzerinde durmakta, bize evreni tanıtan, doğa kuvvetleri üzerinde egemen olma olanağını sağlayan, tüm düşünme ve yaşama koşullarımızı biçimleyen bilimin gelişmesiyle yeterince ilgilenmemektedirler. Ne var ki, bilimin dünyamızı hızla değiştirme gücü karşısında bu kayıtsızlığın daha fazla süreceği beklenemez. Nitekim dünyanın başlıca büyük üniversitelerinde son yıllarda göze çarpan gelişmeler bu yargımızı doğrulayıcı yöndedir.

Bilim tarihi yeni bir disiplin olmakla birlikte, kapsamı çok geniştir. Bilim çoğu kez sanıldığı gibi ilk defa ne Rönesans'tan sonra, ne de Batı dünyasında ortaya çıkmıştır. Bilim, insanlığın ortak kafa ürünüdür; kökleri ilkel toplumların yaşamına kadar uzanır. Bilimi anlamak, bilim öncesi veya bilim dışı düşünme biçimleriyle ilişkilerini bilmemizi gerektirir. Bu nedenle, bilim tarihi mitoloji, din, sanat ve metafizik gibi konulara da, bilimle ilişkileri bakımından, yer vermek zorundadır.

Geniş bir perspektif içinde bakıldığında bilimin uzun ve çetin gelişiminde şu dört aşamayı ayırt etmek mümkündür:

1. Mısır ve Mezopotamya uygarlıklarına rastlayan ampirik (görgüsel) bilgi toplama aşaması;
2. Eski Yunanlıların evreni açıklamaya yönelik akılcı sistemlerinin kurulduğu aşama;
3. Ortaçağların Yunan felsefesi ile dinsel dogmaları bağdaştırma çabası karşısında İslam dünyasındaki bilimsel çalışmaların parlak başarılarını kapsayan aşama;
4. Rönesans sonrası gelişmelerin yer aldığı modern bilim aşaması.

Görüldüğü gibi, ilk aşama tümüyle, üçüncü aşama ise bir bölümüyle Doğu'da, ikinci ve dördüncü aşamalar ise daha çok Batı'da yer alan gelişmeleri kapsamaktadır.

Doğu ile Batı arasında adeta zikzak çizen bilimsel gelişmeyi kalın çizgileriyle şöyle özetleyebiliriz: Doğu uygarlıklarının ürünü olan bilim Batı'ya geçer; önce İyonya'da, daha sonra Atina ve Güney İtalya'da büyük bir atılım yapar, tam gelişme hızını yitir-

meye yüz tuttuğu bir sırada yeniden Doğu'ya döner ve Nil ağzında kurulan İskenderiye'de yeni bir parlak döneme girer. Ancak bu dönem de uzun sürmez. Geometri, astronomi, fizik ve coğrafya gibi bilim dallarında sağlanan büyük ve gerçek başarılarla karşın, Roma yönetiminin giderek yozlaşması ve Hristiyanlık ile birlikte türlü mistik inanç ve saplantıların yayılması karşısında araştırma ve öğrenme ruhu Batı'da canlılığını yitirmekten, hatta ortadan silinip gitmekten kurtulamaz. Ortaçağ karanlığının ortama egemen olmasında Hristiyanlığın rasyonel düşünce ile çelişkisi önemli bir etkidir. İskenderiye kitaplığının ilk kez Hristiyanlarca yakılması bu çelişkinin en açık bir belirtisi sayılabilir.

Yunan bilim ve felsefesini temsil eden Nesturilerin Hristiyan baskısından kurtulmak için giderek doğuya çekilmeleri; bu arada Yeni-Platoncu okulun son büyük temsilcisi sayılan Hypatia'nın İskenderiye'de bir Hristiyan papazı tarafından öldürülmesi bu dönemi niteleyen olaylardır.

Bilimin yeniden canlanma hareketi, İslamiyet'in ortaya çıkmasıyla, gene Doğu dünyasında kendini gösterir. Avrupa'nın 12. yüzyıla başlayan ve Rönesans'tan günümüze kadar giderek hızlanan parlak bilimsel başarılarını, azımsanmayacak ölçüde, İslam döneminin çalışmalarına borçlu olduğu inkâr edilemez.

Dün olduğu gibi bugün de bilim hiçbir ırkın, kültürün veya bölgenin tekelinde değildir.

Bilimin Kökeni

Kökleri çok gerilere uzanmakla birlikte, bugün "bilim" diye nitelediğimiz bilgi ve düşünme türü uygarlığımızın oldukça yeni sayılan bir ürünüdür. Tarih öncesi çağlarda felsefe, din, efsane gibi ruhsal; el sanatları gibi pratik yaşam ihtiyaçlarına yönelik uğraşlar dışında, gözleme dayalı kavramsal düşünme demek olan bir bilimden söz etmek zordur. Şu kadar ki, bu tür uğraşların dayandığı bilgi, teknik ve kavramların sonraki çağlarda daha belirginleşen bilimsel kavram ve işlemlere kaynaklık ettiği de inkâr edilemez. Denebilir ki, bilimsel düşünme ve bulma çabasının köke-

ninde biri yaşamı güvenilir ve rahat kılma, diğeri dünyayı anlama gibi iki temel ihtiyaç yatmaktadır. Bu ihtiyaçlardan ilki, insanlığın uzun tarihinde kuşaktan kuşağa bırakılan çeşitli yaşantı ve beceri biçimlerini kapsayan bir teknik geleneği, ikincisi insanoğlunun duygu, inanç ve düşüncelerini içinde toplayan bir kültürel geleneği oluşturmuştur. İki gelenek başlangıçta ve uzun süre, çoğu kez ayrı ellerde, birbirine yabancı kalmış, yeterince karşılıklı etkileşim olanağı bulamamıştır. Eski Yunan uygarlığının parlak dönemlerinde bile, bir yanda uğraşları el becerilerine, basit tekniklere dayanan zanaatçıların, öte yanda duygu, inanç ve düşünce dünyasını oluşturan şair, politikacı ve filozofların yer aldığını görüyoruz. Ayrılık ortaçağ boyunca kendini sürdürmüş, ancak yeniçağın başlarında ortadan kalkmaya yüz tutmuştur. İki geleneğin birleşim ve karşılıklı etkileşim koşulları gerçekleştikten sonradır ki ancak, modern anlamda bilimin ortaya çıkmasına tanık olmaktadır. İleride daha ayrıntılı olarak göreceğimiz gibi, Rönesans'la başlayan bilimsel düşünme ve araştırma çabası, iki geleneğin, deneye olanak veren teknik becerilerle, kavramsal düşünmeye yol açan metafizik türden teorik çalışmaların etkili bir kaynaşmasına dayanmıştır.

İnsanın doğaya egemen olma istek ve çabası tarihi kadar eskidir. Fakat doğayı anlama ihtiyacı da o kadar gerilere gider. Modern bilimin doğuşu bu iki isteğin birleşmesini beklemiştir. Bununla birlikte, ilkel insan yaşamında bile bu iki isteğin tümüyle ayrı olduğunu söylemek güçtür. Çünkü, ilkel insan doğa ile ilişkisinde basit teknik becerilerini kullandığı kadar, büyü türünden birtakım akıl dışı yollara başvurmaktan da geri kalmamıştır. Büyünün amacı da teknoloji gibi doğayı etkilemektir: Ölmekte olan hastaları iyileştirmek, beklenen doğal felaketleri önlemek, düşmanların yok olmasını sağlamak... gibi. Hatta aynı amacı, dünyanın varoluşu ve düzeni ile ilgili çeşitli kültürlerde yer yer sürüp gelen efsane türünden masal veya öykülerde de bulmaktayız. Güneş'in, Ay'ın ve yıldızların yaratılış ve varoluş nedeni, insanoğlunun yaşam ve ölüm karşısında duyduğu korkuyu giderme, aradığı güveni ve rahatı sağlama olarak tasavvur edilmiştir. Gerçi büyüde bile

doğanın isteğe göre değişmediği, bazı yasalara boyun eğmek gerektiği düşüncesi üstü örtük de olsa vardır. Ateşin daima yaktığı, suyun ıslattığı, Güneş'in parlak olduğu, hava bulutlu olmadıkça yağmurun yağmadığı, yazların sıcak, kışların soğuk gittiği gerçeğinden ilkel insan da kendini çoğu kez kurtaramayacağını bilirdi. Ne var ki, büyü ve efsane doğrudan bilime yol açmamıştır. Bilimin doğuşu için doğayı denetim altına almaya yönelik katı bir faydacılık dışında, yarar amacı gütmeyen, katıksız bir anlama ve bilme tutkusuna da ihtiyaç vardır. Böyle bir tecessüsün belirmesine ve etkinlik kazanmasına ilkel insanın yaşamı pek elverişli olmamıştır.

Bilimsel Gelişmenin Niteliği

Bilimin gelişmesi ile ilgili görüşler çeşitlidir; bunlardan ikisine değinmekte, konuya yaklaşım açımızı belirlemesi bakımından, yarar görmekteyiz. Bu görüşlerden birine göre, bilim yavaş fakat sürekli ilerleyen bir bilgi üretme ve çoğaltma sürecidir. İkinci görüşe göre ise, bilimde gelişme teorik düzeyde yer alan köklü düşünme değişikliklerinin bir sonucudur. İki görüş, ilk bakışta sanıldığı gibi, bağdaşmaz nitelikte değildir. Her ikisinde de gerçek payı vardır. Bilimin gelişimi karmaşık bir olaydır. Bir cephesinde gelişimin evrim, diğer cephesinde devrim niteliğini taşıdığını görmekteyiz. Gerçekten, bilimin gelişimi, olgusal bilgilerimiz yönünden sürekli bir birikim, saptanmış olguları yorumlama ve açıklama yönünden ise ancak zaman zaman patlak veren düşüncede devrim biçiminde görünmektedir. Bilim tarihi iki görüşü de kanıtlama olanağı veren örneklerle doludur. Geçmişte gözlem ve deney yoluyla saptanmış pek çok olgusal gerçekler (örneğin gezegenlerin hareketleri, gazların özellikleri, sarkaç salınımı, gel-git olayı, cisimlerin serbest düşmesi, vb. bu tür olgular arasında sayılabilir) giderek artan bilgilerimizin bir bölümü olarak geçerliklerini sürdürmektedir. Bunları bir yana itme, geçersiz sayma yoluna gidemeyiz; geçmişte bulunmamış olsalardı, bugün bulunacaklardı. Oysa aynı sürekliliği, olguları açıklama amacıyla bilginler-

ce ileri sürülen teori veya teorik nitelikteki hipotezlerde bulamamaktayız. Bilim tarihinde aşağı yukarı aynı olgu grubunu açıklamak amacıyla değişen aralıklarla, çoğu kez birbirleriyle bağdaşmaz teorilerin ortaya atıldığını görüyoruz. Bir örnek vermek gerekirse, gök cisimlerinin (gezegen, uydu, Güneş ve yıldızlar gibi) gözleme konu hareketlerinin açıklanması yolunda Eudoxos'dan Newton'a kadar geçen 2000 yıllık sürede ortaya atılan değişik teorileri gösterebiliriz. Bu gibi teoriler, olgusal buluşlar gibi bir bilgi birikimi yaratmamakta, tersine her biri bir öncekini yıkmaya veya hiç değilse değiştirme rolü ile ortaya çıkmaktadır.

Her teori doğaya belli bir bakış açısını dile getirir; fakat başka bakış açıları olanağını ortadan kaldırmaz. Herhangi bir teorinin ortaya atılmasında veya benimsenmesinde olguları açıklama gücü kadar kişisel beğenilerimiz de rol oynamaktadır. Bu nedenledir ki, aynı alanda rakip teorilerin ortaya çıktığını ve uzun süre tutunan teorilerin bile birtakım koşulların oluşmasıyla geçerliklerini, bazen beklenmedik bir biçimde, yitirdiklerini görmekteyiz.

Aslında bilimin gelişimi ne tek başına birtakım teorik görüş değişikliklerinden, ne de yalnızca birbirine eklenen sürekli bir buluşlar zincirinden ibarettir. İki süreç birbirini tamamlayıcı niteliktedir. Yeni olgusal buluşlar yeni teorilere yol açtığı gibi, yeni teoriler de yeni gözlem ve deneylere kapı açmakta, dolayısıyla yeni buluşların koşullarını hazırlamaktadır. Olgusal buluşlarla teorik açıklamalar arasındaki bu karşılıklı etkileşim bilimde gelişmenin gerçek itici gücünü oluşturur. Bu itici güçten kaynaklanan bilimsel gelişmenin iki dönemli bir süreç olduğunu söyleyebiliriz. Dönemlerden biri teorik düzeyde açılmayı, ötekisi bu açılmanın olgusal düzeyde pekiştirilmesini simgeler. Fakat her pekiştirme, er geç, yeni bir açılmanın gereklerini de oluşturmaktan geri kalmaz.

Bilimin gelişim serüvenine girerken bu birbirini kamçılamanın iki dönemli süreci gözden kaçırmamaya çalışacağız.

II. BÖLÜM

Eski Uygarlıklarda Bilim

1. MISIR VE MEZOPOTAMYA'DA BİLİM

Mezopotamya'da İlk Adımlar

Bilimsel etkinlikler uygarlığın tarihi ile başlar. İlk uygarlıklar Dicle-Fırat, Nil, İndüs gibi büyük nehir vadilerinde belirmiştir. Bu uygarlıklar, bilimin doğuşu için elverişli sosyal ve ekonomik koşulları taşıyorlardı. Oldukça gelişmiş bir tarım ve ticaret hayatı, bu hayatı düzenleyen bir rahipler yönetimi vardı. Vadilerde nehir taşmalarının bıraktığı bereketli topraklar üzerinde sürekli tarım olanağı, yerleşme ve kentleşmeye yol açmıştı. Toprağı işleme, hayvan evcilleştirme, hayvan gücünden yararlanma, sulama kanalları açma, tekerlekli araba, gemi ve fırınlanmış seramik eşya yapma bu uygarlıkların teknik başarıları arasındaydı. Elde edilen ürün, üreticilerle birlikte toplumun üst katını oluşturan yöneticileri, ruhban sınıfı beslemeye yettikten başka, artan kısımla çanak-çömlekçi, demirci gibi zanaatçılar da karınlarını doyurabiliyorlardı. Ne var ki, üretim ve iş hayatındaki canlılık hiçbir yerde kendiliğinden uzun sürmez. El ve kol işçiliğine dayanan üretim işleri, bu işleri kendileri için angarya sayan kölelere bırakılmış, bu yüzden ilerleme çok geçmeden duraklamaya dönüşmüş, daha iyisini arama, yaratma isteği kaybolmuştur.

İlk uygarlıklar arasında M.Ö. 3000 yıllarında Mezopotamya'da Sümer uygarlığının parlak bir düzeye eriştiğini görüyoruz. Sümerler hayvancılık ve tarım yanında teknolojiye de oldukça ileri gitmişlerdi. Ateşte belli bazı mineralleri bakıra dönüştürebili-

leceklerini, bakıra çeşitli biçimler verebileceklerini, bakır ile kalay alaşımından daha dayanıklı ve kaynaşmaya elverişli bronzu elde edebileceklerini biliyorlardı. Mısırlılar da Nil boyunda biraz zaman farkı ile aşağı yukarı aynı teknik bilgi düzeyine erişmişlerdi.

Üretilen ihtiyaç maddelerinin alışverişi de belli bir düzene bağlanmıştı. Yöneticiler ile din adamları, ürünün tapınaklarda toplanma ve oralardan dağıtılma işini düzenliyor, alıp verilen miktarları unutulmasın diye daha sonra fırınladıkları toprak tabletler üzerine işaretliyorlardı. Giderek bu tür kayıt tutmalar geliştirilerek 60 tabanlı konumsal bir sayı sistemi ile daha sonra ideogram biçimine dönüşen bir resim-işaret yazı sistemi ortaya çıktı. Bu gelişme sürecinde zamanla matematik, astronomi, tıp, tarih, mitoloji ve din ile ilgili geniş bir literatür kurulma yoluna girildi.

Aritmetik işlemlerdeki ilerleme oldukça yüksek bir düzeye ulaşmıştı. M.Ö. 2500'e gelmeden Sümerler çarpım tablosu kullanıyorlardı. Alan ve oylum hesapları yapıyor, daire alanı ile silindir oylumunu bulmada π değeri olarak 3.125'i alıyorlardı. M.Ö. 2000 yılı etrafında Sümer devleti ortadan kalktıktan sonra bile dilleri ve yazıları bilimsel çalışmaların ve dinsel törenlerin (Ortaçağ Latincesi gibi) araçları olarak etkinliğini sürdürmüştür.

Sümerlerin yerini alan Babilliler, Hamurabi hanedanlığı sırasında ruhban-yöneticilerin yetiştirilmesi için tapınak okulları kurdular. Babilliler özellikle matematik ve astronomide büyük ilerleme kaydettiler. Aritmetik işlemler dışında temel bazı geometrik kavramlara da ulaştılar. Sümerlerin tamsayılar için geliştirdikleri sistemi kesirlere de uyguladılar. Karekök, küpkök alma; ikinci ve üçüncü dereceden denklemler içeren problemleri çözme amacıyla tablolar geliştirdiler. Gerçi üçüncü dereceden denklemleri nasıl çözdükleri konusunda ayrıntılı bilğimiz yoktur; ancak ikinci dereceden denklemleri dizgeli bir biçimde çözdüklerini biliyoruz.

Babillilerin aritmetiği gibi geometrisi de belirgin bir cebir özelliği taşıyordu. Problemlerini daima somut örnekler yar-

dımıyla ifade ediyorlardı. Yarım bir dairede çizilen tüm üçgenlerin dik açılı olduğunu, dik açılı üçgenlerle ilgili daha sonra Pythagoras'ın adıyla anılan teoremi biliyorlardı. Kullandıkları işlem ve yöntemlerden, birtakım genel cebirsel kuralları bildikleri de anlaşılmaktadır. Dairenin 360 dereceye, bir saatin 60 dakikaya, bir dakikanın 60 saniyeye bölünmesi sistemini Babillilere borçluyuz.

Matematikle birlikte astronomi ve daha bazı ampirik gözlem alanlarında da büyük ilerlemelerin kaydedildiğini görüyoruz. Mezopotamya'nın açık ve ışıldayan gökyüzü, gözleri gök cisimlerinin hareketlerine çevirmişti. Son derece dikkatli gözlemlerle toplanan bilgiler gelecekteki olguları önceden kestirmeye elverecek kadar sistemleştirilmişti. Astronominin ilk bilim oluşunun nedeni açıktır: Bu alanda incelemeye konu olan cisim ve olgular basit ve düzenli olup, sürekli gözleme elverişli dönemsel (periodyk) hareketler gösterir. Uzun ve sürekli gözlemlerle elde edilen bilgilere dayanılarak toprağı işleme, ekim ve hasat gibi mevsime bağlı işler için bir takvim geliştiren Babilliler, zaman ölçümünde hayret edilecek bir incelik ve dakikliğe ulaşmışlardı. Örneğin, yılın uzunluğunu sadece 4,5 dakika gibi küçük bir hata payı ile hesaplayabiliyor, her 18 yılda bir meydana gelen ay tutulmalarını da önceden kestirebiliyorlardı.

Mısır'da İlk Adımlar

Bilim Mezopotamya'da ilk adımlarını atarken, komşu bir başka uygarlıkta (Mısır uygarlığında) da benzer gelişmelere tanık olmaktadır.

Mezopotamya'da tarım, sulama sorunuyla karşı karşıyaydı ve zamanına göre oldukça ileri bir teknik bilgi gerektirmekteydi. Mısır'da ise, tarım daha basitti. Geçimi toprağına bağlı olanlar Nil'in taşıdığı yakasındaki düzlükleri basmasını bekler, sular çekildikten sonra ekim başlardı. Sulama problemi yoktu; açlık da sürekli bir tehlike değildi. Kültür ve refah düzeyi yüksekti. Toplum, çalışanlarla yönetimler arasında ikiye bölünmüştü:

Üst katta ruhbanlarla aristokratları içine alan küçük bir azınlık, alt katta emekçileri kapsayan büyük çoğunluk. Mısır da Babil gibi sınıksız teokratik bir düzene bağlıydı; her iki kültürde de bilim din adamlarının elindeydi. Günümüze kalan ve dünyanın yedi harikası olan biri sayılan piramitlerin, karmaşık ve ileri bir teknoloji kadar geniş işgücü olanağına da dayandığı açıktır. Eserlerin büyüklüğü ve ince ustalık isteyen yapımları bugün de göz kamaştırıcı niteliğini sürdürmektedir. Mısırlıların gelecekte dirilecekleri inancıyla ölümlere duydukları saygı aşırı ölçülere ulaşmış olmalıydı.

Mısır, hekimlik dışında, bilimin hiçbir kolunda Mezopotamya'da ulaşılan düzeye çıkamamıştır. Birçok belge arasında, "Edwin Smith Papirüsü" diye anılan, M.Ö. 1700 yıllarından kalma tıbbi bir metinde baş ve göğüs yaralanmaları üzerinde durulmaktadır. Hekimlik uygulamasının sistematik bir yöntemle yürütüldüğü anlaşılmaktadır: Önce hastanın dikkatli bir muayene neden geçirilmesi, sonra tanı (teşhis) konması ve tedavi biçiminin belirlenmesi, en sonunda da tedavinin yapılması belirtilmektedir. Tedavi sürecinde, ilaç sürme, yaralı organın sarılması ve hareketsiz hale getirilmesi, sürekli veya aralıklı bakım söz konusu. Ampirik nitelikte olan bu uygulamaların, insan anatomisi ve fizyolojisi ile ilgili herhangi bir bilgiye dayandığını söylemek güç.⁽¹⁾ Sadece mumyalama tekniklerinin bu tür bilgilere dayandığı söylenebilir. Günümüze kalan kaynaklardan, tıp literatürünün daha ziyade reçete biçiminde basit tanımlara yer verdiği, hastalıkların ayrıntılı açıklamalarına yer verilmediği görülmektedir. Bununla birlikte, hastalıkların genel bir açıklaması olarak "vehedu" dedikleri bir kuram oluşturdıkları bilinmektedir.

Hekimlik başka yerlerde olduğu gibi, Mısır'da da bir yanı ile büyüye dayanmaktaydı. Hastalık, kötü bir ruhun vücuda yerleşmesi olarak yorumlanır, iyileşmek için bu kötü ruhun kaçırılması gereğine inanılırdı.

(1) "Ampirik" ya da "görsül" kelimesi bilgi edinmede yalnız gözlem veya deneye dayanma anlamını ifade eder.

Mısır matematiğinin tarihsel ünü sağlam bir temele dayanmamaktadır. Yunanlıların matematiği Mısırlılardan öğrendikleri iddiası bu üne yol açmış olmalı. Aslında Mısır'da da matematik, pratik problem çözme dışında ve ampirik olmaktan öte hiçbir teorik nitelik taşımamaktaydı. Üstelik, Mısır sayı sistemi Babillilerinkinden daha kaba, hesaplama işlemleri de daha karmaşık ve zaman alıcıydı. Aynı şekilde, Mezopotamya'da ulaşılan gök bilgisine Mısır'da rastlamamaktayız. Mısır, hekimlikte olduğu gibi, matematik ve astronomide de başlangıçta sağladığı gelişmeyi sürdürememiştir. Günün 24 saate ayrılması dışında Mısır'dan bize bu alanda bir şey kaldığı söylenemez.

Eski uygarlıklarda bilim olgu toplama, pratik ilgi ve ihtiyaçlara cevap arama aşaması ötesinde, teorik nitelikte sorulara yönelmemiştir. Teoriye yöneliş Yunan dönemini bekler. Gerek Mezopotamya, gerek Mısır'da sağlanan tüm bilgi ve beceriler yaşamın pratik ihtiyaçlarına dönük, ampirik ve teknik bilgi düzeyinde kalmıştır. Matematikte bile pratik problem çözmenin ötesine geçilememiştir. Doğanın yapı ve işleyişi üzerinde herhangi bir teorik spekülasyona gidildiği göze çarpmamaktadır. Evren karşısında tecessüs ve hayret duygusuna kapılma, katıksız bilgi tutkusuyla doğayı inceleme uygarlığımızın daha sonraki aşamalarında belirecektir. Ne Mısırlılar, ne de Mezopotamyalılar katıksız bir tutkuyla evreni anlama çabasına girmemişlerdir. Bu nedenle onların sonraki gelişmeler üzerindeki etkileri teknik yönden olmuş, kavramsal yönden olmamıştır.

Örneğin, Babillilerin daha M.Ö. 1800 yıllarına gelmeden oldukça karmaşık cebirsel ve geometrik problemleri çözme yetenekleri ileri bir düzeye yükselmişti. Ne var ki, onlar daima somut örnekler ve sayısal değerler kullanarak problemlerini çözerlerdi. "Değişken" ve "genellik" kavramları yoktu. Bu tür soyut kavramların ortaya çıkışı Yunan düşüncesine özgü bir gelişmedir.

Astronomideki durum da farklı değildir. Gök cisimlerinin hareketleri ile ilgili uzun ve sürekli gözlemlerinin bir yığın güvenilir, yararlı ve düzenli bilgi verdiğini biliyoruz. Ancak, gözlem sonuç-

larını açıklayıcı teorik nitelikte bir genellemeye ulaşıldığını gösteren hiçbir belirtiye rastlanmamıştır. Kaldı ki, Babillilerin gökyüzü ile ilgileri astrolojik nitelik taşımaktadır.⁽¹⁾ Gökyüzünü gözlemekle devletin geleceğine, refah ve mutluluğuna ilişkin bazı işaret veya belirtileri yakalayabileceklerini umuyorlardı. Bu nedendir ki, matematikteki başarıları günümüzde takdir gördüğü halde, astronomideki çalışmaları, modern astronomi yönünden, pek önemsenmemektedir. Özellikle, gözlemlerle saptadıkları hareketleri fiziksel olarak açıklama yoluna gitmemiş olmaları çalışmalarını entelektüel yönden etkisiz kılan başlıca neden olmuştur.

Gerçek anlamda bilim, gözlemlerimizi açıklama, evreni anlama ihtiyacının belirlediği noktada başlar. Böyle entelektüel ilginin izine ne Mısır'da ne de Mezopotamya'da rastlamaktayız. Astronomi, takvim yapma ve astrolojik kehanetlerde bulunma amacı gütmektedir. Matematik, arazi ölçümü ve iş hayatı hesaplamaları gibi pratik problemlerin çözümüyle sınırlıydı. Tıp, hastaları iyileştirme ve kötü ruhları kovma uygulamasından öteye geçmiyordu. Metalürji, kimya ve boyacılık görenekler çerçevesinde kaldığından yazılı kayıtlarına ancak son dönemden kalma tabletler üzerinde rastlanmaktadır.

İki uygarlığın beklenen gelişmeyi gösterememesinin bir nedeni de el becerileriyle din adamlarının uğraşları arasında bir ilişki veya etkileşimin kurulmamış olmasıdır. Elle kafanın birleşmediği yerde sonuç hemen daima durağan, kısır ve cansız olmaktan kurtulamıyor. M.Ö. 1100 sıralarından kalma ve bir babanın oğluna verdiği öğüdün kaydını taşıyan bir papirüs bu ayrılığı belgelemektedir: "Yazı yazmayı iyi öğren, öyle ki, kendini ağır bedensel işlerden kurtarmış olasın ve ünlü yöneticiler katına yükselesin. Yazmasını bilen kaba ve sıradan işler görmez; emir verir, yönetir. Kızgın fırınların ağzında metal işçilerini gördüm, parmakları timsahları andırıyordu. Bunlar balık döküntüsü gibi kokar-

(1) "Astroloji" gök cisimlerinin konum ve hareketlerini gözleme ve bunların insan yazgısını nasıl etkilediğini söyleme sanatı demektir. Bir bilim olan astronomi ile karıştırılmamalıdır.

lar. Hiçbir demirciyi yetkili bir mevkide, hiçbir dökümcüyü elçilik işinde gördüğümü hatırlamıyorum.”

Bu gelenek eski kültürlerin etkisini sürdürdüğü yerlerde bugün bile kaybolmuş değildir.

2. ANTİK YUNAN'DA BİLİM

Yunan Döneminin Başlangıcı

Eski uygarlıkların bilimde ulaştıkları düzey, doğayı incelemekteki yaklaşımlarına bağlı kalmıştır. Mısır ve Babillilerin ampirik ve uygulamaya yönelik yaklaşımlarının sonuçları ile Yunanlıların salt bilgiye yönelik, spekülatif yaklaşımlarının sonuçları çok farklı olmuştur. Babillilerin astronomi bilgisi, gökyüzü cisimlerinin görünen hareketlerini uzun gözlemlerle saptamaktan, bunlar arasında buldukları düzenli ilişkilere dayanarak ileriki durumları kestirmeye çalışmaktan ileri geçmiyordu. Onlarda bu gözlem verilerini açıklamak ihtiyacı hiçbir zaman yeterince uyanmadı. Oysa evreni anlamak ihtiyacı Yunan düşüncesinin belirgin özelliğidir. İlk kez Yunan uygarlığında doğayı katıksız bir bilgi tutkusu ile anlamak isteyen kişilere rastlamaktayız. Bu kişilerin uğraşları faydaya yönelik değildi; düşünceleri gözlemle sınırlı kalmak şöyle dursun, gözleme çoğu kez ters düşen atılımlarla yüklüydü. Onlar doğayı denetim altına almak değil, düpedüz anlamak istiyorlardı. Gerçi Yunanlıların Mısır ve Mezopotamya'da gelişen teknik becerilerle, matematik, astronomi ve tıp alanlarında edinilen bilgilerden yararlanmadıkları söylenemez; ne var ki, onlar bu bilgileri kendi anlayış ölçüleri içinde değiştirmekten, ya da bunlara yeni bir anlam vermekten de geri kalmadılar.

Yunanlıların kökeni, Ege kıyılarına gelip yerleşmeleri hakkında fazla bilgimiz yoktur. M.Ö. 1000 yılları etrafında Ege Denizi kıyılarında varlıkları hissedilmeye başlanıyor. İlkel bir kültüre sahip savaşçı bazı kabilelerden oluştuğu söylenebilir. Bilim adına fazla bir şeyleri yoktu, fakat enerjik, yaşama sevinci taşıyan, öğrenme ve anlama isteği ile dolu bir topluluktur. Dünyayı ırılı ırkılı bir sürü do-

ğüstü kuvvetlerin yönettiğini sanıyorlardı. İlk ortaya koydukları efsaneler son derece güzel masallardan ibaretti. Daha sonra, M.Ö. 7. yüzyılda Küçük Asya, Yunanistan, Güney İtalya ve Sicilya'da kurdukları kentlere yerleştikleri, çok geçmeden zengin bir edebiyat oluşturdıkları görülmektedir. Barbarlıktan, demir-çağı uygarlığına geçişleri, deniz ticaretine el atmaları zor olmadı. Finikelilerden aldıkları alfabe hem çivi yazısından, hem de hiyerogliften daha kullanışlı, daha basitti. Ne yazık ki, aynı üstünlüğü sayı sisteminde sağlayamadılar: Rakamları alfabe harflerinden alınmıştı.

Gerçi bu başlangıç bilim yönünden pek de elverişli değildi. Ancak doğa ile ilgilenmeye başladıktan sonra yeni ve güçlü bir görüş kendini göstermede gecikmedi. Yunanlılar soyut düşünceden hoşlanıyor, pratik problemlere çözüm arama yerine, doğa felsefesi yapmayı yeğliyorlardı. Bu gelişme, modern bilimin başlangıcında olduğu gibi, kişilerin özel çalışmalarına dayanmıştır. Günümüzde giderek daha fazla anonim nitelik kazanan bir bilim türü Yunan düşüncesine aykırıydı.

Thales ve Onu İzleyenler

Yunan bilimi, Küçük Asya'nın batı kıyısı İyonya'da doğdu. Hakkında bilgi sahibi olduğumuz ilk bilgin Thales'dir. M.Ö. 6. yüzyılın başlarında hareketli bir ticaret merkezi olan Milet'te yetişen Thales'le başlayan düşünce geleneği bugün bile kaybolmuş değildir. Bu gelenek, mitolojik düşünceden rasyonel düşünceye geçişi simgeler.

Thales düşüncelerini öğrencileri yoluyla yaydı; yazılı bir metin bırakmadı. Matematik, astronomi ve doğa felsefesi ile uğraşan büyük bir bilgeydi. Kendi çağında eriştiği parlak ününü geniş bilgisine borçluydu: M.Ö. 585'de meydana gelen Güneş tutulmasını daha önce haber verecek kadar astronomide bilgi sahibi olduğu söylentisi vardır. Matematiksel yoldan gemilerin kıydan uzaklığını hesaplayabiliyordu. Mısır gezisinden geometri öğrenerek döndüğü, birkaç teoremi (örneğin, bir ikizkenar üçgenin taban açılarının birbirine eşit olduğu teoremini) bulduğu söylenir.

Daha önemlisi, bilimsel nitelikte ilk görüşü, evrenin sudan meydana geldiği hipotezini ortaya atmasıdır.⁽¹⁾

Thales'in, çoğu bilgisini Mısır ve diğer ülkelere yaptığı gezilerden topladığı söylenebilir. Ancak evrenin sudan oluştuğu görüşü bu türden değildir; kendi başlattığı düşünce geleneğine özgüdür. Ne Mısır'da, ne de başka bir yerde, doğaya yepyeni bir yaklaşımı simgeleyen bu devrimsel nitelikteki görüşün izine rastlanmıştır.

Thales'e göre, evreni anlamak, onun yapısal niteliği (physis)'ni anlamayı gerektirir; bu ise maddeden başka bir şey değildir. Böylece Thales, materyalist felsefeyi başlatmış oluyordu. Evrenin yapısal niteliğini belirlemeye çalışırken Thales ve onu izleyenler bu niteliğin basit bir madde olduğunu, ancak bu basit maddenin değişik biçimlere dönüşmesiyle evrenin karmaşık bir yapı niteliği kazandığını belirtmekten geri kalmıyorlardı.

Daha baştan, doğa felsefesinin temel sorunlarından biri "varoluş" ve "yokoluş" sorunuydu. Bu sorunda değişme, meydana gelme, bozulma, yaşam, ölüm ve hareket gibi süreçlere ilişkin anlamlar yer alıyordu. Bu sorunun ön plana alınmasına karşın, çeşitli değişme türlerinin ayırt edilmemiş olması, daha sonra bazı düşünme zorluklarına yol açtığı gibi, bilimsel gelişmeyi de aksatmıştır. Thales geleneğinin, üzerinde yaşadığımız Dünya ile gökyüzünde hareketlerini izlediğimiz cisimler arasındaki ilişkiyi açıklama çabası, bir yanda uzay kavramının doğmasına, öte yanda daha önce büyü ve astrolojiye konu olan astronomi düşüncesinin bilim olarak ortaya çıkmasına yol açmıştır. Gerçi Thales'in düşünceleri arasında bize çocukça görünenleri de yok değildir. Örneğin Dünya'yı bir tahta parçası gibi suda yüzen düz bir tepsi sayıyordu. Ancak önemli olan söylediklerinin doğru ya da yanlış olmasından çok, bu tür konular üzerinde durmasıydı.

(1) Thales "evren" karşılığı, "kozmos" sözcüğünü kullanır. "Kozmos" Yunan düşüncesinde düzenli, rasyonel, anlaşılır bir evreni, içinde geçen tüm olaylar için doğaötesine başvurmaksızın bir açıklamanın var olduğu bir dünyayı adlandırır.

Evrenin doğal sayılması ve doğada olup bitenlerin doğaüstü mitolojik güçlere başvurmaksızın anlaşılabilir olması varsayımı, Thales'le başlayan geleneğin düşüncemize kazandırdığı en büyük katkıdır.

- Thales'in iki yönde açtığı çıkır, ününün gerçek nedenini oluşturur. Geometriye ispat fikrini sokmasıyla matematiksel düşünce ampirik işlemlerin sınırlayıcı kayıtlarından kurtulmuştur. Evrendeki tüm nesneleri bir tek maddeye indirgemesi; böylece evrende olup bitenleri evrensel bir ilkeye bağlayarak açıklama yolunu açmıştır.

Thales'in evrensel ilke olarak suyu seçmesinin gerçek nedenini bilmemekle birlikte, suyun yaşam için zorunlu olması, sıvı, katı ve gaz biçimlerini alması akla yakın nedenler olarak gösterilebilir. Ancak Thales'in, suyun nasıl ve niçin biçim değiştirdiği konusunda bir görüşü olup olmadığını bilmiyoruz. Bu konuda kendisini izleyen Anaximander'in ne düşündüğü bilinmemektedir. Anaximander'e göre, evrenin temel maddesi "sınırsız" veya "sonsuz" diye nitelediği, evrensel, bitmeyen, değişmeyen, görünmeyen, pek maddesel olmayan bir nesnedir; öyle ki, tüm nesneler bu ana nesneden değişik özellik ve nitelikler seçerek oluşur.⁽¹⁾ İlk kaynak olan "sonsuz"dan karşıt şeyler hareket yardımıyla türemiştir: Önce soğuk ve sıcak, dışı ateş (sıcak), içi hava (soğuk), ve su ortasında arz olmak üzere bir halka biçiminde ayrılmıştır. Yer ya da toprak başlangıçta ıslaktı, sonra sıcaklığın etkisi altında kuruyarak dört halka meydana geldi: Sıcak (ateş), soğuk (hava), ıslak (su), kuru (toprak). Bu dört nesne ve onlara ait özellikler modern bilimin doğuşuna dek geçen iki bin yıl boyunca doğayı oluşturan asıl varlıklar olarak kabul edilmiştir.

Anaximander, gök cisimlerinin kökeni ile ilgili bir teori de ortaya atmıştır. Bu teoriye göre Güneş, Ay ve yıldızlar ateş halkasının daha küçük halkalara ayrılmasıyla meydana gelmiştir. Güneş halkası arz halkasının yirmi yedi, Ay halkası ise on dokuz katı büyüktü. Kuşkusuz, bu rakamların kendiliğinden bir önem taşıdığı söy-

lenemez. Ne var ki, önemli olan Anaximander'in gök cisimlerini, tanrıların arabaları olarak sayma geleneğini bir tarafa itip, mukayeseye elverişli, ölçülebilir fizik nesneler olarak düşünmesidir.

Bu tür düşünmeyi Thales'den 40, Anaximander'den 20 yaş kadar küçük olan Anaximenes adlı bir bilgin daha da ileri götürdü. Anaximenes "sonsuz"u, somut veya gözlenebilir niteliklerden yoksun bulduğu için reddetmiş, yerine hava veya buharı temel nesne olarak önermiştir. Ona göre, inceltilen veya seyrekleştirilen hava ısınır, böylece ateş olur; sıkıştırılan hava ise soğur, böylece önce rüzgâra, sonra buluta, daha sonra suya, en sonunda da toprak ve taş dönüşür. Hava daima hareket halinde olduğundan, değişme sürekli bir olanaktır. Hava aynı zamanda nefes niteliğindedir. O halde, yaşamın da kaynağıdır. Anaximenes'in hava, rüzgâr, bulut, yağış gibi meteorolojik oluşumlardan söz etmesi, doğa olaylarına karşı artan ilgiyi gösterir. Bizi çevreleyen atmosferin, ruhlardan değil, fiziksel nesnelerden oluştuğu düşüncesi kesinlikle belirmiştir. Anaximenes, evrenin, kendisini oluşturan maddesel nesnelerden açınlanması gereği üzerinde ısrarla durmuş, böylece materyalist görüşü tam bir açıklıkla ortaya koymuştur.

Thales, Dünya'yı suda yüzen bir tahta parçası gibi tasavvur etmişti. Su Dünya'nın dayanağıydı. Onu izleyenler böyle bir dayanağa gerek görmemekle, "ortak-duyu"ya karşı çok büyük bir zafer kazandılar. Gerçekten yerküre gibi katı ve ağır bir cismin hiçbir şeye dayanmaksızın durduğunu düşünebilmek bugün bile çoğu kimse için kolay değildir. İyonya bilginleri yerküreyi, etrafında dönen tüm evrene aynı uzaklıkta, hiçbir yöne doğrulma nedeni olmayan, kısa bir silindir olarak tasavvur etmişler. Böylece yerkürenin hareketsiz ve evrenin doğal merkezi olduğu düşüncesi doğmuş oluyordu.

Alılcı Eğilim

M.Ö. 550'den sonra gelen yüzyıl içinde, Yunanlılar, Pers ordularına karşı ölüm-kalım savaşı verdiklerinden, İyonya'da başlayan bilimsel çalışmalar da bir ilerleme olmadı. Bilginlerden ba-

zıları, bu arada Pythagoras, Ege'den ayrılıp Güney İtalya'daki Yunan kolonisine yerleştiler. Pythagoras mistik veya yarı dinsel bir nitelik taşıyan ünlü kardeşlik derneğini şimdi Calabria denen yerde kurdu (M.Ö. 530 sıralarında).

- Thales, Anaximander ve Anaximenes İyonya'da yetişmişlerdi; başlattıkları gelenek materyalist görüşe dayanıyordu. Güney İtalya ve Sicilya'da Pythagoras'la başlayan geleneğin ise niteliği değişti. Buradaki filozoflar materyalist değil, rasyonalist idiler. Onlar için evreni oluşturan temel maddeden çok varlık ve değişimin gerçek niteliği gibi çetin ve karanlık sorunlar önemliydi.

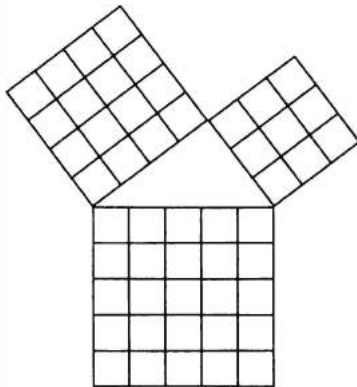
Pythagorasçılar uzun süre öğretilerini gizli tutmaya çalıştılar. Bu yüzden öğretilerinin pek çok ayrıntısı tam aydınlanmış değildir. Ama bilinen şu ki, sayıya evreni anlamanın anahtarı gözüyle baktılar ve matematiğe büyük önem verdiler. "Evrenin yapı taşı sayıdır", derken, Pythagoras ve onu izleyenler birbirine bağlı bir dizi fikir daha ortaya atmış oluyorlardı. Her şeyden önce, sayı teorisindeki çalışmaları tüm doğal sayıların 1'den elde edilebileceğini göstermişti; bu nedenle evreni 1'le özdeş görüyorlardı. Sonra, biri bir nokta, ikiyi bir doğru parçası, üçü bir üçgen, dördü bir piramit sayıyorlardı. Bu da katı cisimlerin sayılar kullanılarak "inşa" edilebileceği iddiasına hak kazandırıyorlardı. Onları sayılar arasındaki orantılar da çok ilgilendirmiştir. Çalgı aletlerinin tel uzunlukları ile çıkarılan sesler arasında sayı ile ifade edilebilen orantılar, keşifleri arasında özel bir yer tutuyordu. Bazı sayıların gene müzikle ilişkileri yönünden "harmonik orantı" özelliği taşıdığı, böylece Yunan evreni için gerekli harmoninin sağlandığı sanılıyordu.

Daha sonraki çağlarda Pythagoras'ın öğretisi, evreni matematiksel yasaların yönettiği biçiminde yorumlanmıştır. Bu doğrudur şüphesiz; fakat onun öğretisi bundan ibaret değildir. Onun asıl söylemek istediği, evrenin sayıdan başka bir şey olmadığıdır. İyonyalı filozoflar için evren maddesel nesnelerden meydana gelmişti. Pythagoras su, hava gibi somut nesneler yerine sayıyı koyuyordu. Gerçek evrenin özü sayıydı. "Gene evren yuvarlaktır," der-

ken, Pythagoras evren ile ilgili gözlemlerini değil, düpedüz matematiksel bir ilkeyi dile getiriyordu.

Evreni matematiğe indirgeme iki yönden birine bizi yönleltebilir. Bu yönlerden biri bugünkü anlamda matematiksel fizik çalışmasına girmek, başka bir deyişle, gözlem ve deney sonuçlarını yorumlama ve genellemede matematiği kullanmaktır. Diğer yön matematiksel sezgiyi kendi başına yeterli görmek, dünyayı anlamada gözlemi önemsiz, hatta gereksiz saymaktır. Pythagoras'ı izleyenler ikinci yönü tuttular ve bu tutum doğanın incelenmesinde kendilerinden sonra gelenlerin bir türlü bırakamadıkları talih-siz bir örnek olmuştur.

Öte yandan, Pythagorasçılar, çok geçmeden matematik görüşlerinde bazı çelişkiler olduğunu fark ettiler. Bilindiği üzere, "Pythagoras" adını taşıyan geometrik teorem dik açılı bir üçgende iki kenarın karelerinin toplamının hipotenüsün karesine eşit olduğunu ifade eder (bkz. Şekil 1). Teoremin "doğruluğu" çok çeşitli yollardan sayısız örneklerle ispat edilmiştir. Ancak bazı hal-lerde, örneğin kenarları birer birim uzunluğunda olan bir ikiz-kenar dik üçgende, hipotenüsün uzunluğu nedir? Teoreme göre, bunun ikinin karekökü, yani $\sqrt{2}$ olması gerekir. Pythagorasçılar



ŞEKİL 1

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - <https://kanteay.org>
Pythagoras teoreminin bir ispatı: $3^2 + 4^2 = 5^2$

$\sqrt{2}$ 'nin ne bir tamsayı ile ne de tamsayıların herhangi bir bileşimi ile ifade edilemeyeceğini görmekte gecikmediler. Beklemedikleri bu buluş onları bir çıkmaza sokmuştu: Tamsayılar evrenin temel yapı taşları ise, onlarla ifade edilemeyen bir uzunluk nasıl olabilir?

Bir giz olarak saklı tutmak için and içtikleri bu ikilemi iki yoldan (biri matematiksel, diğeri fiziksel) çözme çabasını gösterdiler. Matematiksel çözümde aritmetiğin bırakılıp geometrinin ön plana alındığını görüyoruz. Tamsayı ile gösterilemeyen bir hipotenüs bir doğru parçası olarak belli uzunlukta idi. Fiziksel çözümde ise evrenin yapısında atomsal birimler yerine bunların özellik veya nitelikleri ön plana alındı.

Rasyonalist görüşü temsil edenlerin hepsi kuşkusuz Pythagorasçı değildi. Örneğin Herakleitos (M.Ö. 500 sıralarında) için gerçeğin özü sayı değil, değişme süreciydi. Her şey sürekli bir değişme süreci içindedir; bu nedenle nesnel dünyayı incelemeye olanak yoktur. Çünkü, bir şeyin incelenmesi, o şeyin kimliğini sürdürmesini gerektirir. Oysa bugünkü Dünya dünkünden farklıdır; yarınki de bugünkünün aynı olmayacaktır. Öte yandan Parmenides (M.Ö. 475)'in tezi büsbütün değişikti: Ona göre, değişme ve hareket görünüştedir; duygularımızın birer aldanmasıdır. Asıl gerçek "olma"dır, zira aklımız "olmama"yı değil, ancak "olma"yı kavrayabilir. "Olma" değişmeyen, hareketsiz, bitmeyen varlıktır.

Pythagoras'inki gibi bu öğretiler de maddesel dünya karşısına metafizik bir dünya çıkarıyordu. Birinde somut nesneler ve onlara bağlı hareketler, öbüründe gerçeğin kendisi yer alıyordu. Birini duygularımızla, öbürünü aklımız veya aklımıza dayalı sezgimizle öğrenebiliriz, deniyordu.

Atomsal Evren Kavramı

Materyalist ve rasyonalist görüşlerin karşılıklı eleştiri ve etkileşimi evren üzerinde daha belirgin kavramların ortaya çıkmasına yol açtı. M.Ö. 450'den sonra ortaya atılan teorilerin, sayı, gök cisimleri, canlı ve cansız varlıklar ile ilgili daha sağlam ve ayrıntı-

lı bilgileri dayandığı görülmektedir. Bu teorilerden yalnız ikisine değinmekle yetineceğiz: Empedocles'in nicel (kantitatif) dünya görüşü, Demokritos (Democritus)'un atomsal evren görüşü.

Empedocles'e göre, tüm varlıklar, dört element (ateş, hava, su, toprak)'in kantitatif olarak değişik oranlarda birleşmesinden meydana gelmiştir. Başlangıçta bu dört "temel" elementi içine alan küresel bir evren vardı. Bu evren, ayrıca elementlerin ilişkilerini sağlayan *sevgi* ve *nefret* diyebileceğimiz iki gücü de içinde taşıyordu. Sevgi elementlerin birleşmesini, nefret birbirini itmesini, ayrılmasını sağlıyordu. Üstünlük sevgideydi, fakat hareket ve değişiklik için nefrete ihtiyaç vardı. Dünyamız iki kuvvetin çarpışmasından bir rastlantı sonucu doğmuştur. Aynı şekilde başka dünyaların da ortaya çıkması beklenebilir. Gene iki kuvvetin arasındaki uyumsuzlıktan gece ile gündüz, gök cisimleri ve bildiğimiz evren ortaya çıkmıştır.

Empedocles'in astronomi ile ilgili düşünceleri de ilginçtir. Ona göre Ay ışığını Güneş'ten alır; hem Güneş hem Ay Dünya çevresinde dönmektedir. Güneş tutulmalarının nedeni Ay'ın Güneş ve arzın arasından geçmesidir. Evren yumurta biçiminde olup gök kubbesi, hareketiyle arzı merkezde sabit tutan, kristalimsi bir küreden ibarettir.

Empedocles'in organik evrim üzerinde de oldukça garip fikirleri var. Başlangıçta organizma bütünlüğü yoktu: Organlarımız ayrı ayrı birimler halinde (örneğin göz, el, bacak, baş, kol gibi) serbest dolaşmaktaydı. Sevginin çekiciliği altında rasgele birleşen bu birimler çeşitli organizmaların meydana gelmesini sağlamıştır.

Demokritos'a gelince, onun teorisi günümüzdeki atom fiziğinin ilk habercisi olarak daha da ilginçtir.

Empedocles'in Pythagorasçı düşünceden esinlenerek organik dünyaya uyguladığı birim kavramını Demokritos fizik dünyaya uygulamış ve Miletli Leucippus ile birlikte atomsal evren görüşünü başlatmıştır. Bunlara göre evrende her şey, fiziksel olarak bölünemeyen atomlardan meydana gelmiştir. Atomların sayısı sonsuzdur ve sonsuz bir boşlukta yer alan atomlar sürekli hareket ha-

lindedirler. Büyüklükleri, biçimleri, hatta ağırlıkları değişik olan atomlar sonradan yaratılmış değildir; ezelden beri vardır ve yok edilemezler.

Trakyalı olan Demokritos'un astronomi bilgisi zayıftı, ama üstün bir matematik yeteneği vardı. O da, kendinden önce gelenler gibi, tüm nesnelere kaynaklık eden temel madde veya ilkeyi belirlemek yolundan fiziksel sorunları çözmeyi denemiştir. Demokritos için iki gerçeklik vardı: Atomlar ve içinde döndükleri boşluk. Atomların birleşmesi, hareketleri sırasındaki rastlantılara dayanmakta, ama benzer olanların bir araya gelişi daha kolay olmaktadır. Toprağı meydana getiren atomlar daha ince türden sayılmıştır.

Atom teorisi, Thales'le başlayan geleneğe uygun olarak kelimenin tam anlamıyla ateist ve materyalist bir felsefe içeriyordu. Öyle ki, bu anlayışta evrende düzenleyici bir ruh, bir kuvvet veya tanrısal bir düzen söz konusu değildi; her şey, hatta insanın ruh ve zekâsı, maddesel parçacıkların mekanik birleşiminden doğmuş nesnelerdi. Modern bilimin ortaya çıkışına kadar etkinlik gösteremeyen bu görüş, özellikle Yunan dünyasında iyi bilinmekle birlikte, fazla popüler olmamıştır. Teori vaktinden önce doğmuşa benzemektedir.

Doğa Felsefesine Tepki

Thales'le başlayan ve rasyonalist eğilimli filozofların eleştirisiyle daha bir kesinlik ve açıklık kazanan evreni açıklama çabası aşağı yukarı M.Ö. 400'e kadar sürmüştür. Materyalist görüşün egemen olduğu bu gelenekte, başlıca sorun evrenin yapısal niteliğini belirlemektir. Ortaya atılan açıklamalar, bize çocukça da görünse, birer hipotez niteliğindedir. Ne var ki, birbiriyle bağdaşır nitelikte olmayan bu tür hipotezleri çoğaltmak giderek etkili olmaktan çıktı. Filozoflar başka sorunlarla ilgilenmeye başladılar. M.Ö. 5. yüzyılın sonlarında doğaya dönük felsefeye tepkinin kuvvet kazandığı, gözlerin kozmosdan insana çevrildiği görülmektedir.

M.Ö. 5. yüzyılda Yunan dünyasının sanat, edebiyat ve politika merkezi olan Atina'da felsefe ve doğa bilimi adına önemli bir gelişme göze çarpmıyordu. O zamana kadar ortaya çıkan büyük filozofların hiçbiri Atinalı değildi. Ancak Atina'da parlak bir döneme giren demokratik yönetim, serbest düşünme ve tartışmaya olanak verdiğinden, Atina pek çok düşünür, matematikçi ve bilginin uğrağı, hatta gelip yerleştiğı yer oldu. Bunlardan birçoğu artık dağılmış olan Pythagorasçı Kardeşlik derneğinin üyeleri idi. Geçimlerini bilgi öğretmekle sağlayan bu göçmen düşünürlerle "Sofist" deniyordu. Sofistler gerçeğı aramaktan çok, tartışmada üstünlük kazanma sanatı üzerinde duruyorlardı. Şüphesiz tartışmanın geniş yer tuttuğı demokratik bir toplumda bu sanatın değeri büyüktü. Ne var ki, gerçeğı aramayı amaçlayan katıksız bilim ve felsefe açısından sofistlerin sergilediğı beceri hiç de övgüye değer sayılmamıştır.

Matematik, Pythagoras ve onu izleyenlerin elinde ampirik olmaktan çıkmış, mantıksal güç yönünden yüksek bir düzeye ulaşmıştı. Özellikle geometri kafa eğitimi için son derece etkin bir araç olarak görülüyordu. Sofistler tartışmada üstünlük sağlama sanatlarını sürdürürken bu araçtan geniş ölçüde yararlanıyorlardı.

Sofistlerin bu tutumu karşısında rahatsızlık duyan Atinalıların başında tüm yaşamını gerçeğı aramaya vermiş Sokrates geliyordu. Sokrates de tartışma sorunu ile yakından ilgiliydi. Ama, o doğru sonuca götüren tartışmayla ilgileniyordu, yoksa sofistlerin yaptığı gibi, tartışmayı kazanmakla değil. Sokrates'in bu ilgisi mantıksal tartışmanın matematik dışında gelişmesine büyük katkı sağlamıştır.

Sokrates, kendinden önce gelen düşünürlerin tersine, doğa ile değil, insan sorunları ile uğraşıyordu. Amacı, insanı iyi, akıllı ve dürüst yapmanın yollarını bulmak ve göstermekti. Bir tür mantıksal çözümleme yöntemi kullanarak "doğruluk", "iyilik", "adalet", "erdem" gibi soyut kavramların "gerçek" anlamlarını saptamayı deniyordu. Yönteminin özü, ustaca yönelttiğı sorularla karşısındakini düşünmeye sevk etmek ve doğruyu ona adım

adım buldurmaktı. Atina'nın en iyi ailelerinden gelen öğrencileri onunla tartışmaya katılmaktan veya bu tartışmaları seyirci olarak izlemekten büyük zevk alıyorlardı. Örneklerine, Sokrates'in en seçkin ve ünlü öğrencisi Platon'un diyaloglarında rastladığımız bu tartışmalar bugün de hayranlıkla okuduğumuz ve yüzyıllar boyunca insanlığın kafa eğitiminde çok etkili rol oynayan eşsiz felsefe metinlerini oluşturmaktadır.

Sokrates'in fikirleri ile doğa bilimleri arasında bir ilişki kurmak olanaksız olmasa bile son derece güçtür. Onun araştırmaları insana dönüktür. Ahlak kavramlarının ve asıl gerçeğin aydınlatılmasına yardımcı görmediği için doğa bilimlerine karşı bile çıkmıştır. Sokrates'in derin etkisi altında, doğaya dönük felsefe karşısında, tek sorunu insan ve onun davranış sorunları olan bir ahlak felsefesi yükselir. Filozoflar artık iki kampa ayrılmıştır: Bir yanda dış dünyayı anlamaya çalışanlar, öbür yanda insanı iç ve dış dünyayla ilişkileri içinde ele alanlar. Platon'un Akademi'si ile Aristoteles'in Lyceum'u bu iki geleneğin güçlü kaynakları olmuştur.

Platon'un Akademi'sine Kimler Giremezdi?

Sokrates düşüncelerini ne bir sistem içinde birleştirdi, ne de yazılı bir metin bıraktı. Bu düşünceleri Parmenides ve Pythagoras gelenekleri ile birleştirip insanlık düşünce tarihinde çok önemli bir yer tutan tutarlı bir felsefe sistemini Platon (Eflatun) ortaya koymuştur. Sokrates 71 yaşında ölüm cezasına çarptırıldığında (M.Ö. 399) Platon 30 yaşlarında genç bir adamdı. Hocasını yitirmiş olmanın üzüntüsüyle Atina'yı terk etti, yıllarca dönmedi. Döndüğünde ünlü Akademi'sini kurdu. Akademi'nin kapısında, "Buraya matematik bilmeyenler giremez" yazılıydı. Platon etrafına topladığı öğrencileriyle uzun yıllar Akademi'nin başında kaldı, felsefesini özgür bir tartışma ortamı içinde geliştirdi. Akademi'de matematiğe büyük önem veriliyordu. Fakat Platon'un ilgileri genişti; matematik yanında evrenin yapısal niteliği de incelenen konular arasındaydı.

Platon'a göre evren, idealar dünyası ve olgular dünyası olmak üzere ikiye ayrılmıştır. İdealar dünyası soyut "fikir"lerin, veya "form"ların barındığı yetkin, sürekli ve değişmeyen asıl gerçekliği oluşturan dünyaydı. Olgular dünyası ise idealar dünyasının üstünkörü bir kopyasıydı. Burada her şey geçici, kusurlu ve aldatıcıydı. Duyularımıza gerçek gibi görünen olgular aslında birer illüzyondan başka bir şey değildi. Platon'un duyularımıza değil, aklımıza güveni vardı. Yalnız eğitilmiş akıl bizi "doğru"ya, idealar dünyasına götürebilirdi. Bu eğitimin, en etkili aracı matema-tikti; çünkü matematiksel nesneler, örneğin geometrideki üçgen, daire gibi şekiller soyut kavramlardır; kâğıt üstünde çizilen şekillerle değil, soyut kavramlarla düşündüğü içindir ki, gerçeğe ulaşma olanağını elinde tutar.

Platon, matematiğe olan bu inancıyla birlikte mistisizmini de Pythagoras'dan almıştır. Atomcuların materyalist görüşü, onun anlayışına her yönden aykırı düşmekteydi. Evreni birtakım maddesel nesnelerin rastlantı sonucu birleşimlerinden ibaret görmek şöyle dursun, onu akıllı bir yaratıcının oluşturduğu inancına sınıksı bağlıydı. Evren amaçsız değil, amaçlarla dolu, nerdeyse canlı bir varlıktı; kendine özgü bir ruhu vardı.

Platon'un doğa felsefesi, politik, moral ve teolojik eğilimleriyle uyumlu ve onlara bağımlıydı. Bu felsefenin en belirgin özelliği, hiç şüphesiz, doğa yasalarını tanrısal ilkelerin buyruğu saymak, böylece astronomide ateizme son vermek olmuştur. Kendisinden önce gelen pek çok kimse gibi Platon da, evrenin başlangıçta kendiliğinden var olan bir kaos olduğu kanısındaydı. Kaos'un düzenli evrene dönüşümü, İyonyalı filozofların dediği gibi, mekanik bir süreç sonucu değil, doğaüstü bir gücün işidir. Evren bu tanrısal gücün tasarladığı rasyonel bir plana uygun kurulmuştur. Planın uygulanmasına ilişkin pratik ve mekanik süreçlere gelince, konunun bu yönü Platon'u ilgilendirmemiştir.

Platon'un mistik evren görüşünün doğa biliminin gelişimini 2000 yıl boyunca ters yönde etkilediği söylenebilir. Gözlem dünyasını gerçek dünyanın, idealar dünyasının, soluk bir taslağı sayması, duyularımıza güvensizliği, gerçeği kavrama gücünü yalnız akla

tanınması doğa bilimlerini gözden düşürmekle kalmamış, geniş ölçüde olanaksız kılmıştır. *Devlet* adlı kitabına bir göz atmak, onun el işlerini nasıl küçümsediğini göstermeye yeter. Platon bu tür işleri kölelere bırakıyor, özgür insanlara soyut kavramlarla düşünmeyi uygun görüyordu. Astronomlara gökyüzüne değil, kendi iç dünyalarına, akıllarına bakmalarını öğütlüyordu. Akıl onlara yıldızlı gökyüzünün Dünya etrafında çembersel döndüğünü gösterecekti. Çembersel hareket mükemmeldi, çünkü gök cisimlerine yakışanı buydu. Başka bir hareket biçimi düşünülemezdi. Öyleyse, gezegenler için ne denebilirdi? Bunlar yıldızlar arasında birtakım düzensiz ve garip yollar çizerek hareket etmiyorlar mıydı? Platon, buna olanak tanımıyordu. Bize garip ve düzensiz görünen bu hareketler, aslında çembersel olması zorunlu olan birtakım düzgün hareketlerin bir birleşiminden başka bir şey değildi. “Hepimiz,” diyordu, “Güneş ve Ay, bu yüce tanrılar için uydurma şeyler söylüyoruz. Diyoruz ki; bunlar ve diğer yıldızlar aynı yolu izlememektedir. Sonra da tutup ‘başıboş’ anlamına ‘gezegen’ adını veriyoruz onlara. Oysa, tam tersine, hiçbiri yolundan asla sapmamakta, yön değiştirmemektedir. Değişmeyen bu yollar, görünüş ne olursa olsun, tam çemberseldir.” Kepler’e gelinceye dek geçen iki bin yıl Platon’un bu görüşünü ispat çabasıyla geçti. Modern astronominin ortaya çıkması, Platon geleneğinin iki temel ilkesinin, dünyanın evrenin ortasında sabit durduğu, gök cisimlerinin çembersel hareket ettikleri ilkelerinin yıkılışını beklemiştir.

Astronominin Kuramsal Nitelik Kazanması

Platon’un doğa felsefesi temelde mistik ve matematikseldi. Astronomiyi matematiğin bir uzantısı veya dalı gibi görüyordu. Öğrencilerine, yıldızlı göklerin gözlemini bir yana bırakıp, geometride olduğu gibi, astronomide de problem çözme yöntemini kullanmalarını öğütlüyordu. Ne var ki, öğrencilerden bazıları onun önerdiği yoldan gitmediler; gökyüzü incelemelerini gözleme bağlı kalarak yürütmeyi tercih ettiler. Bunlardan biri, astronomide ilk bilimsel teörinin kurucusu Eudoxus (M.O. 409-356)’du.

Eudoxus, ölçüme dayanan astronomi ile spekülâtif kozmolojiyi birleştiren, böylece evrenin düzenini belirlemede gözleme gerekli yeri tanıyan ilk teorisyendi. Babilliler daha önce gök cisimlerinin karmaşık periyodik hareketlerini daha basit periyodik hareketlere indirgemenin yöntemini geliştirmişlerdi. Eudoxus bunu duymuş olabileceği gibi, yeniden bulmuş da olabilir. Üstelik yöntemi aritmetik biçimden geometrik biçime dönüştürme yoluna giderek daha da geliştirdi. Örneğin, her basit periyodik hareketi bir çember veya küreyle temsil ediyordu. Bir küre, gökyüzünün görünüşteki günlük dönüşünü, bir başkası aylık ve yıllık dönüşleri gösteriyordu. Bütün bu çember veya küreler ortakmerkezli olup, dünyayı merkeze alıyordu. Gök cisimlerinin hareketleri ekvatorunda yer aldıkları kürelerin değişmeyen hızla yaptıkları dönüşlerle sağlanıyordu. Başka bir deyişle Ay'ı, Güneş'i, gezegenleri ve yıldızları küreler taşıyordu. Kürelerin merkezleri ortak olmakla birlikte, çapları ve dönme eksenleri değişti. Bu değişiklik her kürenin farklı dönüşünün nedeniydi. Küreler fiziksel değil, matematiksel nesnelerdi. Bu yüzden görünmezlerdi. Eudoxus, gök cisimlerinin hareketlerini açıklamak üzere bunlardan yirmi yedi tane varsayıyordu: Biri basit yıldızlara, üçü Ay'a, üçü Güneş'e ve o zaman bilinen beş gezegenin her birine dört tane ayrılmıştı. Yeni gözlemler yapıldıkça, yeni periyodik dolanmalar ortaya çıktıkça sistemin genişletilmesi gerekiyordu. Eudoxus'tan hemen sonra bu kürelerin sayısı 34'e ve daha sonra Aristoteles tarafından 56'ya çıkarılmıştır.

Eudoxus'un yermerkezli sistemi daha baştan birtakım zorluklara yol açmıştır. Teori, gök cisimlerinin Dünya'dan daima aynı uzaklıkta hareket etmelerini içeriyordu. Oysa, Venüs ve Mars gibi gezegenlerin parlaklıklarının değiştiği çok öncelerden beri bilinen bir olguydu. Parlaklığın değişmesi, gezegenlerin dünyaya bazen yaklaştıkları, bazen de uzaklaştıkları anlamına gelirdi. Dahası vardı: Güneş tutulmasının bazen tam, bazen halka biçiminde olduğu biliniyordu. Bu da Güneş ile Ay'ın Dünya'ya göre olan uzaklıklarının değiştiğini gösteriyordu. Görüldüğü ki, Eudoxus'un sis-

temi bilinen bazı olguları açıklamada yetersizdi. Bu yetersizlik yeni gözlemlerle daha da belirgin hale gelmiştir.

Unutmamak gerekir ki, bu sistemin başarı olanağı temelinde yatan önyargıyla daha baştan sınırlanmıştı: Buna göre gök cisimlerini taşıyan küreler ortak merkezleri olan dünya çevresinde değişmeyen bir hızla dönüyordu. Ancak bu önyargıdan kurtulmak kolay olmamıştır. Dünya'yı merkez olmaktan çıkaran Kopernik sisteminde bile kürelerin muhafaza edildiğini ve daha önemlisi gezegen yörüngelerinin hâlâ çembersel düşünüldüğünü görmekteyiz.

Aristoteles

Platon'un doğa felsefesine olan tepkiyi ve Pythagoras geleneğine özgü mistisizmi temsil ettiği ölçüde bilimin gelişmesini ters yönde etkilediğini yukarda belirtmiştik. Aristoteles ise bir yanı ile Platon'a, bir yanı ile atomculara bir tepkidir. Dünyayı anlamada duylara verdiği önemle Platon'a, olguları nicel ve ölçülebilir açıdan değil nitel açıdan incelemeye yönelmesiyle atomculara karşı çıkmıştır. Bilimin gelişimini birinci yanı ile olumlu, ikinci yanı ile olumsuz etkilediği söylenebilir.

Aristoteles (M.Ö. 384-322) Makedonyalıydı; on sekiz yaşındayken Atina'ya gelmiş, Platon'un ölümüne (M.Ö. 347) kadar Akademi'de matematik ve felsefe öğrenimini sürdürmüştür. Hocasının ölümü üzerine Atina'dan ayrılarak bir süre Anadolu'nun Ege kıyılarında deniz biyolojisi ile ilgilenmiş, daha sonra birkaç yıl Makedonya Prensi İskender'e özel dersler vermiştir. Bundan sonra yeniden Atina'ya dönen Aristoteles, insanlığın kültür tarihinde Akademi kadar önemli yer tutan ünlü Lyceum'u kurdu. Ona ait bugün elimizde bulunan tüm yapıtlar, Lyceum'da verdiği derslerin notlarından oluşmuştur. Bununla birlikte, notların içeriğini oluşturan konuların geniş spektrumu, Aristoteles'in evrensel zekâsını ve derin bilgisini yeterince yansıtmaktadır. Doğa felsefesiyle birlikte mantık, ahlak, politika ve edebiyat eleştirisi gibi daha birçok konulara el atmış, bazılarının kurucusu olmuştur.

Mantık ve bilimsel yöntem sorunundan en spekülâtif düşün biçimi metafiziğe kadar Aristoteles'in düşünce izini taşımayan konu kalmamıştır. O, doğada olup bitenlerle olduğu kadar, doğaötesiyle de ilgilenmiştir. Bilim tarihi yönünden bizi ilgilendiren onun kozmolojisi ve ona tutarlı bir temel kurmayı amaçlayan fizigidir. Bu alandaki teori ve fikirleri Galileo'ya kadar değişmez "doğru"lar olarak kabul edilmiştir.

Aristoteles'in fizikiğini felsefesinden ayırmak güçtür; ikisi bir bütün oluşturur. Tüm evreni betimlemeye ve açıklamaya yönelik kapalı ve birleşik bir sistem kurmuştur Aristoteles. Bu nedenle onu anlamak sisteminin tümünü anlamayı gerektirir. Bu ise çetin ve çetin olduğu kadar tehlikeli bir girişimdir; tek bir insanın üstesinden kolayca geleceği bir iş değildir. Aristoteles'in her alandaki çalışması başlı başına bir uzmanlık konusu sayılabilecek niteliktedir.

Aristoteles, yaşadığı dünyanın sorunlarına duyarlı bir düşünürdür. Ele aldığı konular içinde bulunduğu kültür ortamının özelliklerini ve eğilimlerini yansıtır. Bunun en belirgin örneklerinden biri mantıksal düşünmeyi formel kurallara bağlama yolundaki çalışmasıdır. Sofistler ve Sokrates'le oluşan tartışma ortamında, geometride etkinliği bilinen dedüktif çıkarım veya ispat yönteminin günlük dildeki uygulama kurallarını saptama gereği vardı. Geçerli düşünme koşullarını belirlemek, herhangi bir iddiayı dayalı olduğu kanıt veya belgelerin yeterlik derecesine göre değerlendirmek Yunan entelektüel dünyasının ulaştığı düzeyde kesin bir ihtiyaçtı. Bizim değişik nitelikteki kültür ortamımızda çoğu kez dar ve yapma görünen Aristoteles mantığına, özellikle ayrıntılı bir sınıflamaya tabi tutulan tasım tiplerine, o kültürün isteklerinden doğmuş, insan zekâsının eşsiz ürünlerinden biri gözüyle bakabiliriz.

Aristoteles'in fiziki gibi kurduğu mantık da pek az değişiklikle ortaçağlar boyunca sürmüş ve skolastik felsefenin vazgeçilmez düşünme aracı olmuştur. Bugün bile geçerliğinden bir şey yitirmiş değildir; sadece son gelişmeler kapsam ve yöntem yönünden daha geniş ve etkili olmakla bu mantığı aşmış sayılabilir.

Sınıflama Aristoteles'in her alanda uyguladığı genel bir yöntem olarak göze çarpıyor. Mantıkta çıkarım kalıplarından hayvan veya bitki türlerini saptamaya, siyasal yöntemin biçimlerinden, cisimlerin hareketlerine dek inceleme konusu her şeye Aristoteles'in bu yöntemi uyguladığını görüyoruz. Kuşkusuz, bu tutumla onun olgulara nitel yaklaşımı arasında sıkı bir ilişki vardır. .

Aristoteles'in Evrene Bakışı

Aristoteles'in felsefesi kaynağını Platon'dan almakla birlikte, giderek hem içerik, hem yöntem bakımından kendine özgü bir gelişme göstermiştir. Başlangıçta astronomi anlayışı yöntem yönünden spekülatif, içerik yönünden Eudoxusçuydu. Oysa daha sonra bu anlayışın ampirik bir karakter almaya başladığını, özellikle biyoloji alanındaki çalışmalarında gözlemin büyük ağırlık kazandığını görüyoruz.

Aristoteles de kendinden önce gelen bilginler gibi, tüm evreni kapsayan bir sistem kurmaya yönelikti. Ancak onun öngördüğü sistem, daha önce ortaya atılan teorilerin (Platon'un teorisi de dahil) hepsinden daha güçlü görünmektedir. İmgelediği evren hiyerarşik ve tanrısal kuruluşuna karşın aslında mekanik niteliktedir: bir dizi iç içe yuvalanmış kürelerden oluşmakta. Sabit yıldızları taşıyan en dıştaki kürenin hareket kaynağı, tüm evreni çevreleyen ve yöneten "hareketsiz hareket ettirici" bir güç (bir anlamda Tanrı) var. Aynı şekilde Güneş'i, gezegenleri ve Ay'ı taşıyan diğer kürelerin de giderek azalan derecelerde "hareketsiz hareket ettiricileri" olduğu söylenebilir. Aristoteles'e göre, bunlar ruhsal nitelikte olup, kürelerle olan ilişkileri ruhun bedenle olan ilişkisini andırır.

Gök cisimlerini taşıyan küreleri Aristoteles, Eudoxus'un anladığı gibi geometrik veya kavramsal nitelikte değil, düpedüz fiziksel olarak yorumlar. Bunlar saf, bozulmayan bir maddeden yapılmış, somut nesnelerdir. Ona göre, gökyüzü nesnelerinin yapıldığı maddeyle yeryüzü nesnelerinin yapıldığı madde apayrı nitelik-

te şeylerdir. Birinciler yetkin, sonsuza dek kalıcı, değişmez ve bozulmaz; ikinciler tam tersine, geçici, kusurlu ve bozulur cinsten şeyler. Birincilerin hareketleri çembersel ve tek-biçim; ikincilerinki doğrusal ve değişik biçimler gösterir. Platoncu anlayışta olduğu gibi evreni hem kalıcı hem yaratılmış saymak Aristoteles için bir çelişkidir. Bir şey yaratılmışsa er geç bozulmaktan kurtulamaz; kalıcı ise, o zaman da bir başlangıç noktası yoktur, daima var olmuş demektir.

Değişen, kusurlu ve geçici dünyaya gelince, bu Ay küresinin altında, arzı içine alan bölgededir. Ay küresi iki âlemi; değişmez, yetkin ve kalıcı âlemlerle, değişen, kusurlu ve geçici âlemi birbirinden ayıran sınır çizgisini oluşturur. Üzerinde yaşadığımız dünya, evrenin merkezinde yer almış tüm olumsuz özellikleriyle. Nasıl ki, gökyüzü cisimleri bozulmayan, saf ve öz bir maddeden yapılmışsa, dünyamız da dört element (toprak, su, ateş ve hava)'ten yapılmıştır. Tam merkezde ağır ve eylemsiz niteliği gereğince toprak, onun dışında su, daha sonra hava, en dışta da ateş yer alır. Dünyamız evrenin merkezindedir, çünkü yapısında toprak büyük yer tutmaktadır. Dört element hiyerarşik bir düzene bağlıdır. Ateş en soylusu, toprak en bayağı olanıdır. Ateşin ve niteliği yönünden ona yakın olan havanın doğal yeri atmosferin üst kesimidir. Toprak ve ona yakın su ise evrenin merkezinde toplanmış, doğal yerleri atmosferin alt kesimidir.

Nesnelerin yetkinliği evrenin merkezinden uzaklığına bağlıydı. Gökyüzü cisimleri arasında en az yetkin olanı, merkeze en yakın olma durumuyla Ay'dı. En çok yetkin olanı ise merkezden en uzakta olan, en dıştaki küre ile onu harekete sevk eden "ilk hareket ettirici" güç, yani Tanrı'ydı. Gökyüzü cisimlerinin parlaması onların ateşten yapılmış olduğu sanısına yol açmışsa da, bu yanlıştır. Onlar ateşten değil, "esir" denilen beşinci bir öz maddeden meydana gelmiştir. Parlamaları, dönen kürelerin çok alttaki havanın sürtüşmesine, hava sürtüşmesinin de ışık ve ısının meydana gelmesine yol açmasından ileri geliyordu.

Aristoteles'in ortaya koyduğu sistem hem olumlu hem de olumsuz sonuçlara yol açmıştır. Sistemin uzun süreli etkisi bili-

min gelişimini durdurucu olmuştur: Daha üstün bir sistemi düşünmek yüzyıllar boyunca olanaksız sayılmış, özellikle ortaçağda “bilenlerin ustası” diye anılan Aristoteles’in her sözü nerdeyse gökten inmiş ayet niteliği kazanmış. Sistemin kısa süreli etkisi daha olumlu görünmektedir: Aristoteles’i izleyen yüzyıl içinde birçok önemli bilimsel çalışmalar için iyi bir model ve esinlenme kaynağı olduğu söylenebilir.

Aristoteles’in Hareketi Açıklaması

Aristoteles, Platon’un idealer öğretisini reddettiği halde, biçim ve madde ayrımını benimsemişti. Platon salt biçimin idealar dünyasında var olduğunu, Aristoteles ise maddeden bağımsız biçimin soyut düşüncenin ürünü olabileceğini ileri sürüyordu. Olgusal dünyada biçim maddeyle ilişkisi halinde var olabilirdi ancak. Ona göre, dünyamızı oluşturan dört element farklı nitelik tiplerine sahipti: Toprak kuru ve soğuk, su ıslak ve soğuk, hava ıslak ve sıcak, ateş kuru ve sıcaktı. Böylece herhangi bir nesnenin biçimsel nedeni, onu ne ise o yapan niteliklerin birleşimidir. Dünyadaki her nesnede dört elementin her birinden az veya çok katkı bulunduğundan, her nesne dört temel (fakat çelişik) biçimden oluşur ve oluştuğu biçimlerin değişimi yolundan başka bir nesne veya maddeye dönüşebilir. Bu teori daha sonraki yüzyıllarda bayağı madenden altın elde etmek çabasına düşen simyagerlere temel ilke olmuştur.

Cisimlerin hareketini açıklamak Aristoteles fiziğinin özünü oluşturur. Ona göre bir cismin hareketini sürdürmesi, onu harekete geçiren şeyle temasının kopmamasını gerektirir. Canlıların hareket kaynağı kendi içlerindedir; cansız cisimlerin hareketi için ise dış bir kuvvet veya etkiye ihtiyaç vardır. Bu sonuçların hareketini Aristoteles öküzle çekilen arabanın hareketine benzetir: Öküz durduğunda ya da arabadan ayrıldığında araba durur. Fırlatılan bir cismin hareketini bir müddet sürdürmesi, havada meydana gelen birtakım sarsıntılardan ileri gelir. Ancak bu sarsıntılar giderek zayıfladığından hareket hızını yi-

tirir, cisim düşmeye başlar. Hareketin havada, daha yoğun ortamlara göre, fazla sürmesi hava titreşimlerinin daha kolay olmasıyla ilgilidir.

Evrende her elementin doğal yeri vardır; bu yerden ayrı düştüğünde yeniden ait olduğu yere dönme gereğini duyar ve ona çalışır. Buhar halinde havaya çıkan su, yağmur olup gene yere düşer; oysa, toprağın altına inmiş olan su kaynak halinde toprak üstüne çıkma yolunu arar. Böylece su hem ağır hem de hafiftir. Çünkü, ağır olmak düşmek eğilimini, hafif olmak yükselmek eğilimini taşımak demektir. Ateş daima hafiftir, toprak ise daima ağır. Hava da su gibi hem hafif hem ağır olabilir. Bütün elementlerin kendi yörelerinde ağırlıkları vardır. Bir taş parçasının yere düşme eğiliminde doğal hareketin bir örneğini görüyoruz. Aristoteles'e göre bu hareket daima, iki nokta arasındaki en kısa mesafe demek olan bir doğru yol izler (gökyüzü cisimlerinin hareketleri değişik biçimdedir; onlar çembersel yol izlerler). Bir cisim hangi elementi daha çok içeriyorsa, o elementin doğal yerine daha fazla hızla hareket eder. Bu nedenledir ki, Aristoteles ağır cisimlerin, hafiflerden, daha hızlı düştüğünü iddia etmiştir. Bunu söylerken, havanın direncini göz önünde tutmadığı sanılmasın. O, bunu biliyordu; hatta daha yoğun bir ortamda, örneğin suda, düşme hızının daha az olacağını, ortam inceldikçe hızın artacağını, tam boşlukta hızın sonsuza ulaşacağını söylüyordu. Ancak hızın sonsuza ulaşması saçma olduğundan, doğada boşluk olanaksızdı.⁽¹⁾ Uzay sürekli olarak madde ile doludur. Atomcuların evreni boşlukta dönen atomlardan meydana gelmiş saymaları büyük hatadır, Aristoteles'e göre.

Doğal hareket için bir ortam nasıl gerekli ise, zorlanmış ya da dışardan yüklenmiş hareketler için de bir ortama ihtiyaç vardır. Böyle olmasaydı, atılan bir taşın elden veya sapandan çıktıktan sonra hareketini sürdürmesi beklenebilir miydi?

(1) Aristoteles bu düşüncesini, "Doğa boşluktan tiksindir" diye dile getirmiş; temel bir ilke ya da varsayım niteliğine bürünen bu öğretiyi Galileo ve Torricelli'ye gelinceye dek kuşku konusu olmamıştır.

Aristoteles'de Nedensellik Kavramı

İlerde de göreceğimiz gibi, cisimlerin hareketleriyle ilgili bu görüşler sağlam temellere dayanmaktan uzaktır. Bir kez, cisimlerin düşme hızı ilk bakışta sanıldığı gibi ağırlıkları ile orantılı değildir. Sonra atılan bir cismin hareketini bir müddet sürdürmesi havada meydana gelen titreşimlerle açıklanamaz. Dahası var: Aristoteles bir cismin hareketi için bir ortamın direncini gerekli görür; oysa, bu direnç aslında hareketin açıklanmasında bir yana bırakılması gerekli dış etkenlerden biridir.

Aristoteles de Platon gibi doğal oluşumlarda asıl yönetici ilkenin entelektüel desen veya amaç olduğuna inanıyordu. Ona göre, olayların nedenini *maddesel, biçimsel, sağlayıcı ve ereksel* olmak üzere dört türe ayırmak gerektir. Maddesel neden nesneleri meydana getiren ilk hammaddeyi, biçimsel neden hammaddeye biçim, desen veya form veren gücü, sağlayıcı neden bu form veya desenin gerçekleşmesini sağlayan araç ve düzeneği, ereksel neden de böyle işlenen nesnelerin hangi amaçlar için hazırlandığını belirler.

Örneğin bir çanağı düşünelim: Çamur maddesel nedeni, çamura verilen biçim veya desen biçimsel nedeni, çanağın yapımında kullanılan el ve alet sağlayıcı nedeni, çanağın yapımında güdülen amaç da ereksel nedeni oluşturur.

Aristoteles için önemli olan biçimsel ve ereksel nedenlerdi. Birincisi tüm doğal nesne ve süreçlerde var olduğu için; ikincisi de evrende olup biten her şeyin belli bir amaca yönelik özelliğini gösterdiği için. Başlangıçta üstü örtük de olsa amaç daima vardır; her şey giderek daha belirginleşen bu amaca uygun biçimini kazanır ve oluşum böylece tamamlanır.

Aristoteles'in gözünde, fiziksel açıklamalarda soyutlama veya ideal durumlar düşünme Platoncu bir yaklaşıma düşmek demektir. O, bu yüzden matematiğin fizikteki rolünü ya görmezlikten gelir ya da küçümser. Matematik bilindiği gibi soyut ilişkiler ya da salt formlarla uğraşır; oysa fizik dünyada maddeden ayrı, özden bağımsız biçim söz konusu olamaz. Fiziksel olguların incelenmesinde mantıksal düşünme yetmez; onun yanında gözleme başvuru

ma zorunluğu vardır. Bu yaklaşım onun biyoloji alanındaki çalışmalarında daha belirgin olarak göze çarpmaktadır.

Aristoteles'in Biyoloji Alanındaki Çalışmaları

Aristoteles'in biçimsel ve ereksel nedenlere verdiği önem en geniş ifadesini canlılar üzerindeki incelemelerinde bulur. Bu incelemeler basit bir sınıflamadan fazla ileri geçmemekle birlikte, doğaya ampirik yaklaşımı temsil etmeleri bakımından önemlidir. 540 kadar değişik hayvan türünü sınıflama, en azından 50 değişik türden hayvan üzerinde teşrih (diseksiyon) incelemesi yapma azımsanacak bir çalışma değildir. Aristoteles sınıflamasını yaparken en başta hayvanların anatomik yapı özelliklerini göz önünde tutuyordu. Bazı gözlem sonuçları oldukça ilginçtir; örneğin, bir memeli ya boynuzludur ya da yırtıcı dişlidir. İki özelliği bir arada bulmak olanaksızdır; çünkü, ona göre, doğa israfa gitmez. Hayvan kendini ya boynuzuyla ya da dişle savunur. Böylece doğanın bir yerde harcadığını başka bir yerde tutuma giderek dengelediğini söyler Aristoteles. Bunun başka bir örneğini geviş getiren hayvanlarda bulur: Bunlarda birkaç mideye karşılık dişlerin eksik ve yetersiz olduğu görülmektedir. Bir başka gözlemi de, tek tırnaklıların boynuzlu olmadığı ile ilgilidir.

Aristoteles, organik formların gelişimiyle de ilgili gözlemlerde bulundu. Yavrunun doğuş anında erişmiş olduğu gelişim düzeyi, onun sınıflama sisteminde önemli bir ölçüt (kriter) işlevi görür. Örneğin, yavrusu canlı doğan balina, ona göre, bu özelliğiyle yumurtlayan balıklara değil, memelilere daha yakındır. Gene, doğuran dört ayaklı hayvanların postlu, yumurtlayan dört ayaklıların kabuklu olduklarına dikkati çeker. Yavrunun meydana gelmesinde ana ve babanın katkıları da değişiktir: Ana, yavruyu oluşturan hammaddeyi (maddesel neden), baba o maddenin aldığı formu (biçimsel neden) sağlar. Anayı keresteye, babayı onu işleyen marangoza benzetir Aristoteles. Onun daha önemli bir görüşü, bitkiden insana kadar tüm canlıların sürekli ve hiyerarşik bir evrim skalasında yer aldığını ileri sürmesidir. Skalanın en üst kesiminde

yumuşak sıcakkanlı memeliler, en alt kesiminde sert soğuk bitkiler yer alıyordu. Bir canlının formu evrim skalasındaki yerini gösterir. Bitkiler yalnız büyür ve çoğalır; formları hayvanlarınkinden daha basittir. Hayvanlar hem bitkiler gibi büyür ve çoğalır, hem de yer değiştirme ve duyu yetilerini kullanma olanağına sahiptir. Aristoteles'e göre, bir organizmanın yaşama alışkanlıkları ve işlevleri, anatomik yapısı ve gelişme derecesi ruhunun niteliğine bağlıdır. Bitkilerin büyüme ve çoğalmalarına elveren bitkisel ruhları; hayvanların ise, devinme ve duyma yeteneklerini de sağlayan duyarlı ruhları vardır. İnsana gelince, o bitkisel ve duyarlı ruhlar dışında, ona asıl özelliğini veren ussal ruh da taşımaktadır.

Aristoteles'in bu tür metafizik görüşlerinin bugünkü bilimsel gelişmeler karşısında saçma görüneceği şüphesizdir. Ama önemli olan bu değildir; önemli olan, onun klasik Yunan düşünce tarihinde bir dönüm noktası olmasıdır. Bir yandan tüm evreni kapsayan sistem kurucularının sonuncusuyken, öbür yandan kendisinden sonra başlayan Helenistik çağın güçlü bilimsel atılımını besleyen kaynak olmuştur. Kendisinden önce gelenler sistemlerini yetersiz ve sınırlı gözlem verilerine dayamışlardı. Ondan sonra gelenler gözlemlerinin sınırlarını pek aşmamaya dikkat ettiler. O, başlangıçtaki astronomi görüşleriyle kendisinden önce gelenleri izlerken, sonraki biyoloji çalışmalarında kendisinden sonra gelenlere, olgulara yönelme gereğini duyurmuştur.

3. HELENİSTİK DÖNEMDE BİLİM

İskenderiye'nin Kurulması

Büyük İskender'in fetihleriyle birlikte Yunan kültürü Atina dışında kurulan yeni merkezlere taşındı ve bilimsel gelişmede yeni bir dönem başladı (M.Ö. 334'te Küçük Asya'ya geçen İskender, kısa sürede Hindistan'a kadar olan bölgeyi işgal etti. Çok geçmeden Yunan kültürü bu bölgedeki kentleri etkisine aldı, Yunan dili ortak dil haline geldi. Bu merkezlerden en önemlisi Nil'in Akdeniz'e dö-küldüğü yerde kurulmuş olan İskenderiye kenti oldu).

Yunan düşüncesi İskender seferleri sırasında Mısır ve Mezopotamya kültürleriyle geniş ölçüde karşılaşma olanağı buldu. İskender'in yanına aldığı birçok bilim adamı gittikleri bölgeleri çeşitli yönlerden inceleyerek bilgi topluyor, haritalar çıkarıyordu. Bunlar arasında mühendisler, coğrafyacılar ve sözveyorlar vardı. Elde edilen sonuçlar Yunanlıların bilimsel yaklaşımlarında köklü bir değişikliğe yol açtı: Metafizik nitelik taşıyan spekülâtif bilimden, gözlemsel incelemeye dayanan ampirik bilime geçildi. Yeni dönem (tarihte "Helenistik çağ" denen 300 yıllık dönem), modern bilim anlayışına çok daha yakın bir bilimsel yaklaşım içindedir. Kuşkusuz, bununla Aristoteles ve öncesi dönemin bilimsel çalışmaları inkâr edilmiş olmuyor. Öklid (Euclid)'den de önce geometri vardı; gerek Hipokrat'la (Hippocrates) gelişen hekimlik, gerek Aristoteles'in biyoloji alanındaki çalışmaları sağlam ve düzenli gözlemlere dayanıyordu. Ne var ki, tüm bu çalışmalara egemen olan görüş bilimsel olmaktan çok metafiziksel nitelikteydi. Hatta Demokritos'un atomsal teorisini bile yeterince bilimsel saymak güçtür. Yunan düşüncesinin gerçek anlamda bilimsel nitelik kazanması ancak bu yeni dönemde olanak bulmuştur.

İskender, Mezopotamya'ya girdikten sonra, Yunanlılar, Babil astronomi ve matematiğini tüm ayrıntılarıyla öğrenmede gecikmediler. Kendi sistemlerini bırakıp, altmış tabanlı sayı sistemini kabul ettiler; özellikle Babillilerin geliştirdiği cebirsel yöntemleri ilginç buldular. Gökyüzü cisimlerinin arzdan dışa doğru nasıl sıralandığını da Babillilerden öğrendiler. Daha önce Yunanlılar arza en yakın gördükleri Ay'dan sonra Güneş'in, daha sonra gezegenlerin geldiğini sanıyorlardı. Oysa şimdi Ay'dan sonra Merkür'ün, sonra Venüs'ün, sonra Güneş'in, ondan sonra Mars, Jüpiter ve Satürn gezegenlerinin birbirini izlediğini, en sonunda da sabit yıldızların geldiğini öğrendiler. Bu gibi bilgileri alırken Babil astrolojisinin etkisinden de kurtulamadılar. Nitekim bu etkinin Stoa felsefesinde kendini gösterdiğini, insan yazgısının yıldızlarca belirlendiği görüşünün benimsendiğini görüyoruz.

İskender'in ölümü üzerine (M.Ö. 323), imparatorluğu bölündü. Generallerinden biri, Ptolemy, Mısır'ın yönetimini ele aldı.

Ptolemy de İskender gibi Aristoteles'den ders almıştı. Hocasının Atina'daki Lyceum'unu örnek alarak, ama çok daha geniş ölçüde bir öğrenme ve araştırma merkezi olan İskenderiye Müzesi'ni kurdu. Müzede ücretleri devletçe ödenen yüzden fazla öğretim üyesi görevliydi. Müzenin ayrıca yarım milyon kadar kitabı içinde toplayan bir kütüphanesi, bir hayvanat bahçesi, bir bitki bahçesi, bir gözetleme evi ve diseksiyon odaları vardı. İlk iki yüzyılı büyük bilimsel çalışmalara sahne olan müze, varlığını altı yüzyıl sürdürmüştür. Başlangıç döneminden sonra gelen yöneticilerin, giderek Yunan etkisinden çıkıp Mısır kültürünün etkisine girdikleri görülüyor. Bunun bir sonucu olarak bilime karşı olan ilgi zayıflıyor, sonunda Yunan kökenli bilginler kovuşturmayla uğramaktan kurtulamıyorlar. Antikçağın en büyük astronomu sayılan Hipparcus, İskenderiye'de kalamadığı için Rodos adasında çalışmasını sürdürebiliyordu. Bu dönemde İskenderiye dışında başka merkezler de dikkati çekmektedir. Ünlü hekim Galen'in yetiştiği ve hayvan derisinden parşömen kâğıdının yapıldığı Bergama bunlardan biri. Bir diğeri de Archimedes'in yaşadığı Siraküza kenti.

Geometride Dedüktif Düşünme

Yunan düşüncesinin belirgin bir özelliği indüktif olmaktan çok dedüktif olmasıdır. Gözleme büyük yer veren Aristoteles bile dedüksiyonu daha üstün tutuyordu; çünkü, Yunan kafasının en yüce ürünü sayılan geometrinin göz kamaştırıcı gücünü dedüktif düşünme yönteminden aldığını biliyordu.

Daha önce de belirttiğimiz gibi, başlangıçta geometri pratik ihtiyaçlardan doğmuş ampirik bir bilimdi. İlk kez Thales ve daha sonra Pythagoras geometriye ispat kavramını getirdiler, bilinen ve kendi buldukları önermeleri daha rasyonel ve sistematik bir düşünme içinde birleştirmeye çalıştılar. Bu çalışma M.Ö. 300 etrafında Öklid (Euclid)'le en yüksek aşamasına ulaşmış oldu.

Öklid, İskenderiye Müzesi'nde görevli Yunan kökenli öğretim üyelerinden biriydi. Geometriye katkısı özgün olmaktan çok,

eldeki teorem ve ispatları çeşitli kaynaklardan derleyip dedüktif bir sistem kurmakla olmuştur. Öklid'in doğruluğunu apaçık kabul ettiği birkaç önerme (aksiyom veya postula)'den geriye kalan diğer önermelerin tümünü mantıksal olarak çıkardığını, başka bir deyişle, geometrik önermeleri postula ve teorem diye ikiye ayırdığını ve birincilere dayanarak ikincileri ispat ettiğini görüyoruz. Onun böylece geliştirdiği aksiyometik sistem, dedüktif düşünme yönteminin uzun yüzyıllar model alınan ürünü olmuştur. *Geometri'nin Elementleri* adlı kitabı, dünyanın pek çok dillerine çevrilmiş, 19. yüzyılın ortalarına kadar rakipsiz ders kitabı olarak okutulmuştur.

Bilimsel düşünmenin gelişiminde geometrinin özel bir yeri vardır. Geometriye ister uzaysal ilişkileri inceleyen bir bilim, ister salt biçimsel bir sistem gözüyle bakalım, her iki halde de, dedüktif ispatın somut örneğini vermekle insan düşüncesine önemli bir aşama sağladığı söz götürmez. Öklid'in doğruluğunu apaçık kabul ettiği önermeler aslında uzaysal ilişkilerle ilgili birtakım genel hipotezlerden başka bir şey değildir. Bu hipotezler, Mısırlıların arazi ölçme uygulamalarından induksiyon yoluyla ulaştıkları genellemelere dayanıyordu. Teorem olarak ispatlanan diğer önermelerin ölçme sonuçlarına uymaları da postulaların kökeninde yaşıntıyla bağlılığını gösterir. Geometrik önermeler uzaya ilişkin oldukları ölçüde, geometriyi ampirik bir bilim saymak gerekir.

Ancak, geometriyi salt biçimsel bir sistem olarak da düşünebiliriz. Geometrik önermeler gerçek uzayın özelliklerini değil, tasavvur edilen veya tanımla belirlenen ideal bir uzayın ilişkilerini ifade edebilir. Örneğin, uzayı üç boyutlu değil, dört veya daha fazla boyutlu sayabiliriz. Bu takdirde ortaya çıkacak geometri, Öklid'inkinden çok farklı olacaktır. Böyle tasavvura veya tanıma dayalı geometriler kuralları belli satranç oyununu andırır. Kendi içlerinde tutarlı ve mantıksal bütünlüğe sahip bu gibi sistemlerin gerçek dünya ile doğrudan bir ilişkileri yoktur. Sonuçlarının (teoremlerin) gözlemlere uyup uymaması söz konusu olmadığı gibi, sistemin geçerliği için de gerekli değildir.

Ne var ki, geometri ile ilgili bu ayırım çok yenidir. Öklid ve diğer Yunan matematikçileri için geometri uzaysal ilişkileri konu alan bir bilimdi. Geometrinin salt biçimsel bir sistem olarak ele alınması 19. yüzyılın sonlarındaki gelişmeleri beklemiştir.

- Bununla birlikte Yunanlıların geometriye kazandırdıkları mantıksal nitelik, günümüz bilimindeki en parlak başarılar kadar, insan zekâsının göz kamaştırıcı bir zaferini simgeler.

Archimedes

Helenist dönemde bilimin pratik ve ampirik niteliğini belirleyen bir gelişme mühendislik alanında kendini göstermiştir. Özellikle İskenderiye’de bir dizi pratik icatların birbirini izlediğini görüyoruz. Filo ve Hero gibi ünü günümüze kadar gelen mühendislerin icatları kullanım amaçlarına göre üç bölümde toplanıyordu: Askeri amaçlara hizmet eden icatlar, bilimsel çalışmalarda kullanılan aygıt ve araçlar, mekanik oyuncaklar. Bilimsel aygıtlar arasında su saati, mesafeyi ölçmeye yarayan hodometre ve arazi ölçümünde kullanılan ilkel teodolit gibi araçlar vardı.

Mekanik ve hidrostatik bilimlerinin kaynağını, spekülatif felsefede değil, bu gibi pratik ihtiyaçlara yönelik çalışmalarda aramak gerekir. Şu kadar ki, pratik çalışmalar kendiliğinden bilime yol açmış değildir. Bugünkü anlamda bilimin ortaya çıkması için gözlemlerle mantıksal çıkarımın, indüksiyonla dedüksiyonun birleşmesine ihtiyaç vardı. Bu birleşimi bir ölçüde ilk gerçekleştiren bilim adamı Siraküzalı Archimedes (M.Ö. 287-212) olmuştur. İlk kez Archimedes’in çalışmalarındadır ki, matematiğin deneysel verilere uygulandığını görüyoruz. O, kendisinden bin beş yüz yıl sonra gelen Galileo gibi, çözümünü aradığı problemi iyi sınırlayan, gerekli ilk incelemelerden sonra matematiksel çözümlemeye elverişli hipotez ortaya süren ve hipotezini yeni gözlem ve deneylerle giderek test eden bir bilgindi.

Archimedes’de teorik ilgi kadar pratik eğilim de kuvvetliydi. İskenderiye’yi ziyareti sırasında, bugün hâlâ Mısır’da su çıkarmak

için kullanılan kendi adıyla anılan vidayı icat etmişti. Çiçero'nun anlattığına göre, Archimedes Güneş, Ay, Dünya ve gezegenlerin modellerinden gökyüzü cisimlerinin hareketlerini, hatta Ay ve Güneş tutulmalarını gösteren bir "planetarium" yapmıştı. Bu da onun mekanik konulardaki ilgi ve becerisini göstermektedir. Cisimlerin bağl yoğunluğu ile kendi adıyla bilinen "cisimlerin yüzmeye ilkesi" üzerindeki buluşları da pratik problemleri çözme merakından doğmuştur.

"Archimedes ilkesi"ne göre, suda yüzen bir cismin ağırlığı taşıdığı suyun ağırlığına eşittir; suda batan bir cisim ise ağırlığından, taşıdığı suyun ağırlığı kadar kaybeder. Archimedes'in bu ilkeye Kral Hiero'nun kendisine verdiği bir problemin çözümünden sonra ulaştığı söylenir. Hiero, bir kuyumcunun kendisi için yaptığı altın tacın saf altından olmadığı, gümüşle karışık olduğunu şüphesine kapılmış, ünlü bilgenden gerçeği ortaya çıkarmasını istemişti. Archimedes, problem üzerinde düşünürken, bir gün banyosunda suya girdiğinde vücudunun hafiflediğini ve bir miktar suyun taşıdığını fark eder; o anda eşit ağırlıkta iki cisimden yoğunluğu daha az (dolayısıyla oylumu daha büyük) olanın daha fazla su taşıyacağı düşüncesi kafasında belirir ve kendini çıplak sokağa atarak, "buldum, buldum!" diye bağırır. Hemen herkesin duyduğu bu öykü yakıştırılmış olsa bile Archimedes'in düşünme biçimini örneklemesi yönünden önemlidir.

Archimedes'in Düşünme Biçimini Niteleyen Asıl Özellik Neydi?

Archimedes'in ilgisini çeken başlıca konu, salt geometriydi. Bilimi, Öklid'in geometride gerçekleştirdiği dedüktif modele uygun kurma isteği, çalışmalarını niteleyen başlıca özelliğini oluşturur. Bir silindirin oylumunun içine yerleştirilen bir kürenin oylumuna olan oranı ile ilgili buluşunu en büyük buluşu sayıyordu. Giderek artan sayıda kenarlı poligonlar kullanarak dairenin çevresinin çapına olan oranının $3 \frac{10}{71}$ 'den büyük, $3 \frac{1}{7}$ 'den küçük olduğunu saptamıştı. Mekanik türden icatlarına gelince, onlara,

bir matematikçinin boş zamanlarını değerlendirmek üzere yaptığı eğlendirici işler gözüyle bakıyordu.

Archimedes'in bilimi geometrik model üzerine kurma eğiliminin açık örneklerini *Yüzen Cisimler Üzerine* adlı yapıtında buluyoruz. Bu kitap, onun bilimsel yöntem anlayışının modern anlayışa ne kadar yakın olduğunu göstermesi yönünden de önemlidir. Onun düşünce süreci ne salt *a priori*, ne de basit ampirik düzeyde kalır. Her ne kadar *a priori* sanılan aksiyomlardan hareket eder görünürse de, aslında onun bu ilkelere bile deney yolundan ulaştığı söylenebilir. Archimedes yapıtında bize ilkelerini nasıl bulduğunu değil, bu ilkelerden doğruluğu olgusal yoldan sınanabilir önermelere nasıl gittiğini göstermektedir. Nitekim, kitabında, gözlem veya deneyle doğruluğunu saptadığı birtakım önermeleri, doğruluğu apaçık ve zorunlu görünen birkaç temel ilke veya postuladan çıkarma girişimi çalışmasının sadece ikinci aşaması, yani doğrulama süreciyle ilgilidir. Aynı yöntemi kaldıraç konusunda da uygulamıştır.

Kaldıraç, pratik yararı çok eskiden bilinen ve çeşitli uygulama alanları olan bir ilkeydi. Archimedes'in yaptığı, ilkeyi teorik yonden temellendirmek olmuştur. Uygulama ve gözlemler. İlkenin doğruluğunu gösteriyordu; fakat bu onun için yeterli değildi. İlkenin bir yasa olarak ispatı gerekirdi. Başka bir deyişle, kaldıraç ilkesini bir teoremin ispatında olduğu gibi doğruluğu apaçık bazı temel önerme veya aksiyomlardan çıkarmaya ihtiyaç vardı. Archimedes ispatında şu iki önermeyi aksiyom olarak kullandı:

1. Dayanak noktasından eşit uzaklıkta bulunan eşit ağırlıklar dengeyi korur;
2. Dayanak noktasından eşit olmayan uzaklıkta bulunan eşit ağırlıklar dengeyi bozar ve daha uzakta olan ağır basar.

Archimedes, kaldıraç ilkesinin üstü örtük olarak bu iki önermede var olduğunu sezmişti. Onu dedüktif yoldan belirtik hale getirmekle hem geometrik modeli gerçekleştirmiş, hem de doğrulukları apaçık olmasa bile deneysel olarak kolayca irdelenebi-

lir basitlikte olan iki önermeye dayanarak kaldıraç yasasını temellendirmiş olacaktı.

Archimedes, hiç şüphesiz, antik dünyanın en büyük bilim adamıydı. Bugün dünyamıza gelecek olsa ne bilimimiz, ne de teknolojimiz onu herhalde fazla şaşırtmayacaktır. O, hem üstün bir matematikçi, hem de yetkin ve becerikli bir teknisyendi. İcat ettiği savaş araçları nedeniyle Romalılar kuşattıkları Siraküza'yı üç yıl işgal edemediler. Sonunda işgal ettikleri gün, o çözümüne uğraştığı bir matematik problemine o kadar dalmıştı ki, kendisini öldürmeye gelen askerin farkına bile varmadı.

Aristarkus ve Hipparkus

M.Ö. 4. yüzyıldan itibaren coğrafya keşiflerinde önemli gelişmeler oldu. Bir yandan İskender, Hindistan'a ilerlerken, bir yandan da Afrika'nın batı kıyıları ile Britanya adaları çevresi ve kutup denizine doğru keşif gezileri yapılıyordu. Elde edilen bulgulardan dünyanın yuvarlak olduğu fikri doğdu ve oylumuna ilişkin tahminler yürütülmeye başlandı. Yeni fikirler Pythagoras geleneğine uymamakla birlikte, hızla yayılıyordu. O derece ki, gece ve gündüzün uzunluklarının değişmesi gözlemi, dünyanın kendi eksenini çevresinde döndüğü fikrine bile yol açmıştı.

Bu fikirlerin öncüleri arasında en cesuru hiç kuşkusuz Aristarkus (Aristarchus, M.Ö. 310-230) adlı bir bilgindi. *Ay ve Güneş'in Büyüklükleri ve Uzaklıkları* adlı yapıtı Aristarkus'un, astronomi problemlerini üstün geometri bilgisiyle çözme girişiminde olduğunu göstermektedir. Ay'ın tutulduğu ve yarım-ay olduğu sıralarda yaptığı gözlemlerden Güneş'in çapının Dünya'nın çapından 7 kat daha büyük olduğu sonucunu çıkarmıştı. Bu rakam yanlış olmakla birlikte Güneş'in Dünya'dan daha büyük olduğunu göstermesi bakımından önemliydi.

Aristarkus bu kadarla kalmıyordu: Güneş'in sabit olduğu ve Dünya'nın Güneş çevresinde çembersel bir yörünge izleyerek döndüğü iddiasını da ortaya atıyordu. Bu hipotezin ona ait olduğu hem çağdaşı Archimedes, hem de daha sonra Plutark tarafın-

dan söylenmiştir. Aristarkus, Dünya'nın dönüşü karşısında yıldızların sabit kalma görüntüsünü, pek yerinde olarak Dünya'nın yörünge çapının uzunluğuna göre bu yıldızların mukayese kabul etmeyecek kadar uzak olmalarıyla açıklıyordu.

Ne var ki, Aristarkus'un ileri sürdüğü "heliosentrik" (Güneş-merkezli) teori zamanına göre çok ilerde bir görüştü; kolayca kabul edilebileceği beklenemezdi. Filozoflarla birlikte hemen herkes dünyanın evrenin merkezinde hareketsiz olduğu görüşünde tam birleşmiş görünüyordu. Aristarkus'un hipotezi Aristoteles ile güçlenen geleneksel görüşe ters düştükten başka, sağduyuya da uygun gelmiyordu. Hatırlanacağı üzere, Eudoxus, Güneş, Ay ve gezegenlerin görünen hareketlerini açıklamak için, bu cisimleri taşıyan, iç içe yuvalanmış ve arz etrafında dönen birtakım küreler tasavvur etmişti. Bu teori, bazı önemsiz değişikliklerle Aristoteles tarafından korunduğu gibi, daha sonraki astronomi çalışmalarının hemen hepsinde de temel fikir olarak benimsenmiştir. M.Ö. 2. yüzyılda Hipparkus'un bu görüşü biraz daha işleyerek, İskenderiyeli Batlamyus (Ptolemy)'un, M.S. 16. yüzyıla kadar egemenliğini sürdüreceği geosentrik (yer-merkezli) teorisinin kurulmasına zemin hazırladığını görüyoruz.

Aristoteles'den Galileo'nun eylemsizlik ilkesini buluncaya, hatta Newton'a gelinceye dek geçen sürede astronomların karşılaştığı en büyük güçlük hiç şüphesiz, gökyüzü cisimlerinin bitmeyen hareketlerini açıklamak olmuştur. Aristoteles'e göre, sürekli hareket bir hareket ettirici kuvvetin sürekli uygulamasını gerektirir. Onun "Hareketsiz hareket ettirici" küresi bu gereği karşılamak için tasarlanmıştı. Astronomide mekanik açıklamaya yönelenlerin gökyüzünü birtakım kristal kürelerle doldurmaları da gene bu ihtiyaçtan doğmuştur.

Bugün eriştiğimiz bilgi düzeyinden bakınca antikçağın astronomisi bize çocukça görünebilir. Fakat unutmamak gerekir ki, Eudoxus, Aristoteles ve daha sonra gelenlerin geliştirdikleri geosentrik (yer-merkezli) teori, hem o zamana değin birikmiş gözlem sonuçlarına, hem de sağduyuya uygun düşmekteydi. Üstelik

bu teoriye dayanılarak yapılan öndeyiler doğru çıkmakta, özellikle denizcilik alanında günümüzde bile değerini yitirmeyen birtakım pratik yararlar sağlamaktaydı.

Geosentrik teorinin gelişmesinde en büyük rolü Hipparkus oynamıştır. Başlıca katkısı Batlamyus teorisine giden yolu hazırlamış olmasıdır. Hipparkus, M.Ö. 160'tan 127'ye kadar çalışmalarını sürdürdüğü İskenderiye'de birçok gözlem araçları icat etmiş, kendisinden önce toplanmış kayıt ve bilgilerden de yararlanarak incelemelerini genişletmiş ve pek çok sağlam gözlemlerde bulunmuştur. Örneğin, Ay çapının Dünya çapının $1/3$ 'üne eşit olduğunu hesaplamış (doğru rakam 0,27'dir); Ay'ın Dünya'dan uzaklığının Dünya çapının $33\frac{2}{3}$ 'si kadar olduğunu bulmuş (doğru rakam 30,2'dir). Ayrıca, düzlemsel ve küresel trigonometriyi icat eden, enlem ve boylamlarını ölçme yoluyla cisimlerin yer yüzündeki konumlarının nasıl belirlenebileceği yöntemini getiren de o. Denebilir ki, antikçağın en büyük astronomi gözlemcisi Hipparkus'du.

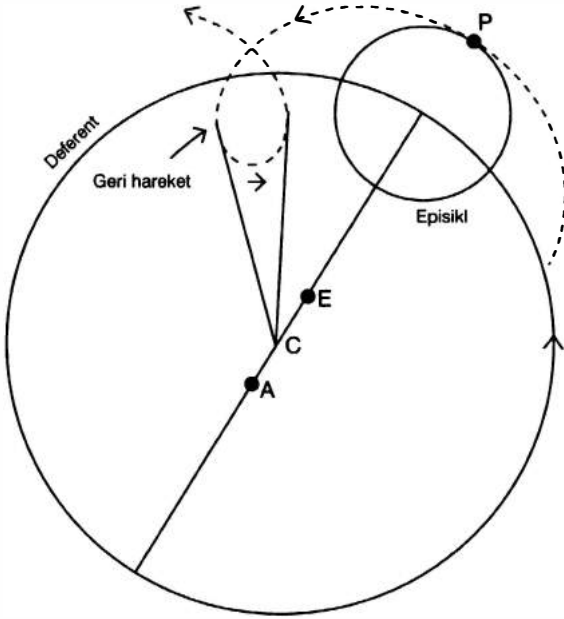
Hipparkus'un sistemi, temel varsayımlarında yanlış olmakla birlikte, gözlem sonuçlarını temsil yönünden başarılıydı. arzu merkez kabul ederek, Güneş, Ay ve gezegenlerin görünürdeki hareketlerini, her birinin belli bir yörünge veya episikilde taşındığını, bu yörünge veya episiklin de daha büyük ve çembersel bir yörüngede taşındığını tasavvur etmekle açıklıyordu. Bu yörünge ve episiklilerin konum ve boyutları doğrudan gözlemlerle saptanılabiliyordu. Bu gözlem sonuçlarının toplandığı tablolara bakarak, Güneş, Ay ve gezegenlerin gelecekte herhangi bir andaki konumlarını, Ay ve Güneş tutulmalarını büyük bir doğrulukla öndeme olanağı sağlanmıştı.

Hipparkus'un, M.Ö. 134'te yeni bir yıldızın gökte belirmesi üzerine yıldızların bir listesini çıkardığı ve her yıldızla belli bir "büyüklük" (parlaklık değeri) verdiği söylenir. Onun açısız mesafeleri ölçme amacıyla hazırlanmış araçları geliştirmesi dışında, astronomiye yaptığı en büyük iki katkıdan biri gözleme ağırlık vermesi, diğeri antikçağın sonuncu ve en büyük astronomu olan Batlamyus'a öncülük etmesidir.

Helenistik Çağ Astronomisinin Özelliği

Gözlem ile matematiksel yöntemin birleşmesi, Helenist çağ astronomisinin en belirgin özelliği sayılabilir. M.Ö. 3. yüzyıldan itibaren bazı yeni gözlemler Eudoxus'tan beri sürüp gelen küreleğ teorisinin yetersizliğini göstermeye başladı. Astronomlar, bazı gezegenlerin (özellikle Mars gezegeninin) değişiklik gösteren parlaklıklarını fark etmeye ve hareketlerinde belli bazı karmaşık periyodik değişiklikleri görmeye başladılar. Ne var ki, eski teorisinin açıklamada yetersiz kaldığı bu gibi olguları açıklamak için daha köklü bir düşünme değişikliğine (örneğin, Aristarkus teorisine) gitmenin gereği yoktu. Çünkü, yeni bulunan bazı matematiksel yöntemler yardımıyla jeostatik (yani, arzın sabitliği) görüşü bir yana itmeksizin de söz geçiren olguları açıklama olanağı vardı.

Bu yöntemlerden ilki “eksantrik” denilen, merkezini arzın oluşturmadığı, fakat gene de arzın çevresinde döndüğü söylene-bilen bir çember veya küre biçimiydi. Daha başarılı ikinci bir yöntem “episikl” ve “deferent” adlarını alan bir çemberler kombinezonuydu (bkz. Şekil 2). Gözlem konusu herhangi bir gezegenin, merkezi deferent (büyük daire)'in çevresinde bulunan episikl (küçük daire)'in çevresinde yer aldığı tasavvur ediliyordu. Deferent'in merkezi arz veya C gibi başka bir nokta olabilirdi. Merkezi arz olmayan deferent eksantrikti. Şekilde de işaret edildiği üzere, hem deferent, hem de episikl kendi merkezleri etrafında dönüyordu. Böylece gezegen P'nin, yörüngesinde birtakım halkalar çizerek ve dolayısıyla geriye dönüşler yaparak hareket ettiği kolayca görülür. Oysa, gezegenlerin kürelerde taşınması bu geriye dönüşleri olanaksız bırakıyordu. Kaldı ki episikl ve deferent'in büyüklüklerini ve eldeki duruma göre dönüş hızlarını ayarlamak yoluyla, tüm gezegenlerin hareketlerini matematiksel olarak ifade etmek mümkün oluyordu. Daha sonra, bir gezegenin yörüngesi boyunca hareketinin neden daima aynı hızda olmadığını açıklayan başka bir gelişme daha oldu (Kepler'in gezegenlere ilişkin ikinci yasasının gösterdiği gibi gezegenin Güneş'e yaklaştıkça hızı artar). Gezegenin çevresinde eşit zamanlarda eşit açisal mesafe kat ettiği nokta (“equant” noktası) çembersel deferent'in merkezinden



ŞEKİL 2

Gezegensel hareketin matematiksel ifadesi. P gezegeni; C, deferent'in merkezini; E, arzı (deferent eksantrik olduğunda; A, "Equant" noktasını göstermektedir (Kaynak: Hall ve Hall, *A Brief History of Science*, s. 41).

uzaklaştırıldı. Kuşkusuz bu geosentrik görüş açısından pek kolay bir değişiklik sayılamazdı. Ne var ki, çembersel üniform hareketin muhafazası, bu gibi değişiklikleri önemsiz kılmaya yetiyordu.

Gözden kaçmaması gereken nokta şu ki, episiklik sistem salt matematiksel nitelikteydi. Mekanik kürelerin varlığını doğrudan inkâr etmemekle birlikte, sözleri de geçmiyordu. Sistem mekanik bir modeli içermiyordu. Güneş ve Ay hareketlerinin episiklik sisteme göre ilk tam betimlemesini Hipparkus yapmıştı. Hipparkus'da gözlem ve matematiksel yöntemlerin çok etkili bir biçimde birleşmiş olduğuna daha önce değinmiştik.

İskenderiye’de Bilimsel Çalışmalar

M.Ö. 3. yüzyılın başından itibaren Yunan entelektüel merkezi, daha önce belirttiğimiz üzere, Atina’dan dış kentlere, özellikle İskenderiye’ye kayma sürecine girmişti. İyonyalı filozoflarla Atinalı filozoflar (Platon, Aristoteles, vb.) tüm evreni kapsayan sistemler kurma çabasıındaydılar. Oysa, İskenderiye okuluna mensup olanların bu tür sistemler kurmaktan çok, sınırlı ve özel sorunları çözmeye yönelik olduklarını görüyoruz. Aynı yaklaşımı Archimedes ve Aristarkus da paylaşmaktadır.

İskenderiye’de 3. yüzyılın ortalarında kurulan ünlü müze, bir eğitim ve araştırma merkezidi. Çalışmalar; matematik, astronomi, tıp ve edebiyat gibi kollarda yapılıyordu. Müzeye bağlı kütüphane antikçağın büyük harikalarından biriydi. (Kütüphanenin bir bölümünü M.S. 390 sıralarında Theophilus adlı bir Hristiyan papaz, geriye kalan bölümlerini de M.S. 640’da Müslüman istilacılar yok etti. Antikçağın bu çok zengin kütüphanesinin yıkımı uygarlık tarihinin başlıca felaketi sayılsa yeridir.)

İskenderiye’de yetişen bilginler arasında Öklid, Hipparkus, Eratosthenes, Apollonius, Ptolemy (Batlamyus) gibi ünlüleri görüyoruz. Öklid’in geometriyi aksiyometik bir sistem olarak kurması dışında optik alanında da önemli çalışmaları vardı. Güneş ışınlarının birer doğru çizgi biçiminde yayıldığını ilk saptayan ve yansıma yasalarını bulan Öklid’dir.

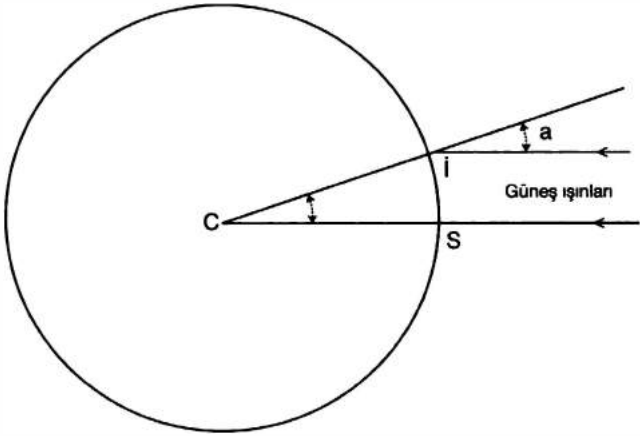
Tıp çalışmaları ile tanınan bilginler arasında Herophilus ve Erasistratus başta gelir. Bunlardan ilki özellikle insan anatomisi üzerindeki çalışmaları, ikincisi daha çok diseksiyon ve fizyoloji ile ilgili çalışmalarıyla ün yapmıştır. Herophilus, Hipokrat’dan sonra gelen en büyük hekim olarak da tanınmıştı. Ne var ki, onun tıp çalışmaları hemen tümüyle ampirik nitelikteydi. Beyin, sinir sistemi, göz, karaciğer ve diğer iç organlarla damarlar üzerindeki incelemeleri oldukça ayrıntılı ve kusursuzdu. Aristoteles’in tersine, o zekâ veya aklın merkezi olarak kalbi değil, beyni gösteriyordu.

Erasistratus’a gelince, o, insan cesedi üzerindeki diseksiyon ve hayvanlar üzerindeki deneyleriyle dikkati çekmiştir. Beyin, sinir sistemi ve kan dolaşımı konularında da önemli katkıları oldu.

Tıp'da mistisizmin karşısına çıkmakla birlikte, doğayı, insan bedenini belli amaçlara hizmet etmek üzere oluşturan dış bir kuvvet olarak kabul ediyordu. Böylece mistik düşünceden tümüyle arınmış olmadığı görülüyor.

Eratosthenes

Archimedes'le çağdaş bir grup genç bilim adamı arasında bir tanesi, Eratosthenes, özel bir yer tutar. M.Ö. 273'te Cyrene'de doğan ve 192'de İskenderiye'de ölen Eratosthenes, ünlü müzenin hem baş matematikçisi, hem de kütüphanecisiydi. Aynı zamanda fiziksel coğrafyanın kurucusu olarak bilinen bu bilgin, arzın küresel olduğunu öne sürer ve çevresinin uzunluğunu hesaplamakla ün kazanır. Bulduğu sonuç, 24.000 mil, bugün hesaplanan 24.800 mil'den fazla farklı değildir. Eratosthenes, Güneş'in dünyadan uzaklığını da 92 milyon mil olarak bulur; doğrusu 93 milyon mil'dir.



ŞEKİL 3

Eratosthenes'in arzın çemberini ölçmesi. Şekil C, arzın merkezini; I, İskenderiye'yi; S, Syene'i göstermektedir. açısı, ölçülen ve ICS açısına eşit olan açıdır (Kaynak: Hall ve Hall, *A Brief History of Science*, s. 45).

Eratosthenes, Güneş'in ve Ay'ın mutlak boyutlarını bulmak ve bunların dünyadan uzaklığını saptamak için, her şeyden önce, Dünya'nın büyüklüğünü ölçmenin gereğini anlar. Dünya'nın büyüklüğünü bulma ise, her şeyden önce çevresini ölçmeyi gerektiriyordu. Eratosthenes bu sonuca şu yoldan giderek ulaştı: Hemen hemen aynı boylam üzerinde bulunan iki kentin, İskenderiye ile Syene (bugünkü Asvan'a yakın küçük bir kasaba)'nin, arzın merkezinde meydana getirdikleri açığı (*bkz.* Şekil 3'te İCS ile gösterilen açı) ölçerek, İS yay parçası (iki kent arasındaki mesafe)'nin Dünya çevresinin ne uzunlukta bir bölümünü oluşturduğunu, dolayısıyla çevrenin tümünü hesaplar. Kuşkusuz bu hesaplamada bazı varsayım, gözlem ve geometrik bilgilere dayanmak gereği vardır: Dünya'nın küresel olduğu; daire çemberinin 360° olduğu; yer-yüzüne düşen Güneş ışınlarının daima paralel olduğu; bu ışınların 21 Haziran'da Syene'e tam tepeden, gölge düşürmeksizin inerken İskenderiye'de belli bir açı ($7^\circ 12'$)'yla gölge düşürdüğü... gibi. Eratosthenes, ölçerek bulduğu bu açının, şekilde gösterilen İCS açısıyla eş-değer olduğunu, bir iki geometrik teoremden (dik açıların eşitliği; paralel iki doğruyu kesen bir doğrunun meydana getirdiği iç-ters açılarının eşitliği, gibi) yararlanarak kolayca gösterir. Bu şekilde bulduğu açının Dünya çevresinin $1/50$ 'si kadar olduğunu, bu açığa karşılık olan yay parçası (iki kentin arasındaki uzaklık)'nin ise 784 km. olduğunu saptayarak, Dünya çemberinin 40.000 km.'ye yakın olduğunu basit bir aritmetik işlemle ortaya çıkarır.

Eratosthenes bu sonuca dayanarak Dünya'nın çapı ile büyüklüğünü (ölçmeden gelen hatalar bir yana bırakılırsa) doğruya yakın bir şekilde hesaplar. (NOT: Aradan iki yüzyıl geçtikten sonra, başka bir yoldan aynı sonucu veren bir hesaplama daha yapılır. Bu kez yapılan açısız ölçme aynı boylam üzerindeki iki ayrı yerin ufku üstündeki bir yıldızın yüksekliğine ilişkindi. İki yöntemin verdiği sonuçlarla günümüzde daha ince yöntemlerle elde edilen sonuç arasındaki fark, ölçme hatası olarak beklenebilen farktan daha fazla değildir.)

Eratosthenes'in başka ilginç bir gözlemi de, fiziksel coğrafya ile ilgilidir. Hint ve Atlas okyanuslarındaki gel-git olayları arasında-

ki benzerliğe bakarak, bu iki denizin aslında birleşik olduğu, Asya, Avrupa ve Afrika'nın da bir ada oluşturduğu sonucunu çıkarır. Ayrıca, Güney Afrika'dan dolaşarak İspanya'dan Hindistan'a gidebileceğini söyler. Öyle görünüyor ki, Atlantik ötesi yeni kıtanın varlığından da ilk söz eden o olmuştur. Bilinen dünyanın karşısında, adeta onu dengeleyen, başka bir dünyadan bahsettiği söylenir. Bu doğru ise, Kristof Kolomb'un Amerika'yı keşfinden 1.700 yıl önce dünyamızda daha başka kara parçalarının da bulunabileceği söz konusu edilmiş demektir.

Öklid'den sonra matematikte en büyük gelişmeyi M.Ö. 2. yüzyılın son yarısında İskenderiye'de yaşayan Perga'lı Apollonius sağlar. Öklid ve daha önceki matematikçilerin eğriler (konik kesitler) üzerinde başlamış oldukları çalışmaları Apollonius çok daha ileri götürür ve tüm eğrilerin tek bir koninin kesitlerinden ibaret olduğunu gösterir. "Parabola", "hiperbola" ve "elips" gibi terimleri ilk kez o kullanır. Hiperbola'nın ilk kolunu tek bir eğri olarak işleme sokar, böylece üç çeşit kesit arasındaki benzerliğe açıklık getirir. Konikler aracılığıyla ikinci dereceden genel denkleme bir çözüm bulur ve herhangi bir koninin evolutünü saptar. Onun bu konudaki yaklaşımı baştan aşağı geometrik niteliktedir.

İskenderiye'nin bilimde üstünlüğünü yitirmeye yüz tuttuğu bir dönemde (M.Ö. 1. yüzyıl ile M.S. 3. yüzyıl) Hero adıyla ünlü bir matematikçi, fizikçi ve mucitin ortaya çıktığını görüyoruz. Birinci ve ikinci dereceden pek çok denklemlerin cebirsel çözümünü bulur, alan ve oylum ölçümleriyle ilgili pek çok formül ortaya atar. Yansıyan Güneş ışınının çizdiği yolun en kısa yol olduğunu ileri süren Hero, günümüze ulaşan ününü daha çok mekanik icatlarına borçludur: Sifon, termoskop, torlayıcı hava pompası ve ilk buhar makinesi, icatlarından başlıcalarını oluşturur.

Batlamyus ve Yer-Merkezli Sistem

İskenderiye okulunun son döneminde ortaya çıkan en önemli bilgin Batlamyus (Claudius Ptolemy, M.S. 85-165)'dur. O da Öklid, Hipparkus, Eratosthenes gibi İskenderiye'de ders verdi, bi-

limsel inceleme ve gözlemlerini orada sürdürdü. *Almagest* diye bilinen en büyük yapıtına bir tür “astronomi ansiklopedisi” demek yanlış olmaz.⁽¹⁾ Bu kitap, Kopernik ve Kepler’e kadar standart kaynak olma niteliğini korumuştur.

Batlamyus’un orijinal bir sistem kurduğu söylenemez. Eudoxus ve Aristoteles geleneğini yer yer önemli bazı yenilik ve gelişmelerle sürdürdüğü görülmektedir. Hipparkus’un gökyüzünde gözlenen hareketleri açıklamak için kullandığı eksantrik ve episikl sistemini bu gelenekle birleştirerek sistemini kurdu. Gökyüzündeki periyodik hareketlerin sayısı bir hayli kabarmıştı. Bunları açıklamak için 80 kadar küre veya çemberi içine alan bir sisteme ihtiyaç vardı. Batlamyus’un, geliştirdiği sistemi, fiziksel dünyanın bir betimlemesi olmaktan çok, işe yarayan matematiksel bir açıklama saydığı anlaşılıyor. Gerçekten o, içinde yetiştiği kültür ortamına uygun olarak sistemini aritmetik ve geometri üzerine kurmuş, bu arada özellikle trigonometrinin gelişmesine önem vermişti.

Batlamyus’un bilimsel yaklaşımında bugün için ilginç olan bir yönü vardır: Olguları birbirine bağlama ve açıklamada en basit hipotezi doğru kabul etme düşüncesi. Çalışmalarında sıkıca bağlı kaldığı bu ilke, gariptir ki, daha sonraları onun sistemini reddedenlerin elinde bir silah olmuştur.

Onun büyük bir astronom olduğu söz götürmez; fakat o aynı zamanda Antikçağın en seçkin coğrafyacılarından biriydi. Daha önce Hipparkus, harita yapmak için önemli kent ve kıyı noktalarının belirlenmesi, bunların enlem ve boylamlarının saptanması gereği üzerinde durmuştu. Batlamyus bu ihtiyacı göz önüne alarak, gerekli bilgileri toplamaya koyuldu. Özellikle enlem ve boylamların doğru belirlenmesine önem veriyordu. Topladığı bilgi, kendisinden önce gelenlerinkinden çok fazlaydı. Dünyanın uzak bölgelerine ait bilgilerini tacir, kâşif ve seyyahlardan top-

(1) Özgün adı *Mathematica* olan bu kitabı Araplar “El-Mecisti” olarak çevirmişti, Batı dünyası Batlamyus’u ilk kez Arapça’da tanıdığı için Latinceye “*Almagest*” olarak aktarmışlardır.

luyor, bu bilgilerin ışığında haritalar çiziyordu. Onun dünyası oldukça genişlemişti. Haritasında görünen yerler Cebelitarık Boğazı'ndan ipek ülkesi Çin'e, Britanya adalarından Rus steplerine, İskandinavya'dan Nil'in kaynaklarında var sanılan göller bölgesine kadar uzanıyordu. Oysa, Eratosthenes'in yaptığı haritalar doğuda Ganj'dan ileri geçmiyordu.

Ne var ki, onun coğrafya anlayışı gene de yeteri kadar geniş ve ayrıntılı değildi. İklim, doğal ürünler, hatta fiziksel coğrafyaya giren pek çok konular onun ilgi alanı dışında kalmıştı. Roma İmparatorluğu'nun askeri amaçlar için topladığı bilgilerden bile yeterince yararlandığı söylenemez. Öte yandan dünyanın büyüklüğüne dayanan hesaplamalarında da önemli hatalara düştüğü görülmektedir. Bunun başlıca nedeni, Eratosthenes'in gerçeğe çok yakın bulduğu değeri değil, hata payı daha büyük başka bir değeri esas almış olmasıdır. Şu kadar ki, bunun olumlu bir sonucundan bahsedilebilir: Batlamyus, dünyayı olduğundan çok daha küçük gösteren hatalı ölçmeyi seçmeseydi, Kolomb yüzyıllar sonra batıdan giderek Asya'ya ulaşmak için yaptığı seyahati belki de hiçbir zaman göze alamayacaktı.

Batlamyus'un optik konusunda da bir kitap yazdığından söz edilir. Kitabın, 12. yüzyılda Arapçadan Latinceye çevirisi dışında elde başka bir metin olmadığından, ona ait olup olmadığı kesinlikle bilinmemektedir. Kitabın önemi özellikle, bazı bilim tarihçilerinin "Antikçağın bilinen en göz alıcı bilimsel deneyi" diye nitelendirdikleri bir deneye yer vermesidir. Bu deney ışığın kırılma olayıyla ilgilidir. Yazar, ışığın bir ortamdan başka bir ortama geçişinde gelme ve kırılma açılarının orantılı olduğunu söyler. Gerçekten küçük açılar için böyle bir ilişki vardır.

Batlamyus gibi olgulara yönelik bir bilginin astroloji ile de ilgilendiğini, hatta bu konuda bir de kitap yazdığını görmek oldukça şaşırtıcıdır. Ancak, onun giderek mistik veya dinsel bir karakter almaya yüz tutan bir dönemde yaşadığı göz önüne alınırsa, bu durum pek de şaşırtıcı olmasa gerek. Tanrıların Olympus'dan artık gökyüzüne çıktığı bir dönemdir bu. Jüpiter, Satürn, Mars, Merkür ve Venüs insanoğlunun yazgısına egemen tanrısal güçler

olmuştu. Astronomlar, uzun ve dikkatli gözlemlerle incelemelerini sürdürürken, astrologlar (müneccimler) yıldızlara bakarak kişilerin geleceğini belirlemeye, insana özgü önemli sorunların çözümünde tanrısal buyruğun ne yönde olduğunu saptamaya çalışıyorlardı. O kadar ki, Batlamyus'un, koyu dinsel bağnazlığın egemen olduğu ortaçağlar boyunca süren büyük etkisini astronomisinden çok astrolojisine borçlu olduğu söylenebilir.

Almagest'in Önemi

Evrenin yapı ve harmonisini anlamada, çeşitli dönemlerde ileri sürülen gezegenler teorisi matematiğin önemli bir katkısını oluşturur. Çünkü, bu katkının dayandığı temel kavram veya varsayım son derece atılımlı bir hayal gücünün eseri idi: Gökyüzü cisimlerinin hareketlerinde gözlenen sapma ve aykırılıkları, matematiksel bir yasaya indirgeme olanağını düşünme, bilim tarihinde erişilen doruk noktalardan belki de en yükseğini simgeler. Helenist çağın matematikçileri, evreni anlamanın biricik yolu saydıkları bu güçlü atılımdan geri kalmamışlardır. Matematiksel astronominin amaç ve yöntemleri, gözlemleri düzenleme ve yorumlama olanakları Eudoxus'dan beri çok iyi biliniyordu. Ama Helenist çağın bilginleri, kendilerini matematiğin karışık ve çetin problemleri içinde kaybetmediler. Matematikte gösterdikleri atılımlı düşünme gücünü, evreni ölçme konusunda da ortaya koydular. Başlangıçta birer tahminden ileri geçmeyen bu çabalar M.Ö. 3. yüzyıldan itibaren giderek duyarlılığı artan gerçek ölçmelerle matematiksel kesinlik kazanmaya başladı. Batlamyus'un *Almagest*'i bu çabayı en geniş ölçüler içinde temsil etmektedir.

Gerçekten, M.S. 150 etrafında yazılan *Almagest*, Batlamyus'un astronomide ulaştığı matematiksel sentez'i dile getiren büyük bir çalışmadır. Eudoxus'un matematiksel astronomisi ile Aristoteles'in kozmolojisini kaynaştıran, evrenin ilk büyük ve tam betimleme girişimini *Almagest*'de bulmaktayız.

Almagest'in ilk bölümünde evren içinde arzın yeri sorunu ele alınmıştır. Arzın evrenin merkezinde sabit durduğu tezi doğru

mudur? Batlamyus'un tarafsız görünen bir yaklaşımla soruna baktığını görüyoruz. Hem arzın neden evrenin merkezinde sabit olması gerektiğini savunanların (Aristoteles ve onu izleyenler), hem de hareketin niçin olanaksız olduğunu ileri sürenlerin görüşlerini sıralamakta, bu görüşlerin kanıtsal dayanaklarını incelemektedir. Sanılıyordu ki, arz dönecek olsa havadaki kuşlar bir daha aynı yere konamayacak, yeryüzündeki canlılar ve diğer nesneler havaya fırlayacak. Batlamyus bu nokta üzerinde özellikle durmaktadır; geosentrik sistemini savunma çabası içinde görüyoruz onu.

Aristoteles gibi o da, gökyüzü ve yeryüzü fiziklerini ayırmaktadır. *Almagest*'de belirgin olmamakla birlikte, gezegenleri taşıyan kristal kürelerin varlığına inandığı anlaşılmaktadır. Kitabın asıl büyük bölümü gezegenlerin hareketlerine ilişkin matematiksel yöntemlere ayrılmış. Güneş'in hareketiyle ilgili tartışması Hipparkus'unkinden fazla farklı değildir; fakat ayın hareketi konusunda Hipparkus'unkinden daha üstün bir teori geliştirdiğini görüyoruz. Platon'un, gökyüzü cisimlerinin hareketlerini çemberse olarak tasvir etmede matematiğin tek araç olarak kullanılması yolundaki buyruğu, Batlamyus'da olduğu kadar hiçbir zaman tam yerine getirilmemiştir. O sisteminin gerektirdiği matematiği eksiksiz ve kusursuz olarak geliştirdi. Geosentrik sistemi reddeden Kopernik'in bile, *Almagest*'i model olarak almaktan kendini kurtarmaması, sistemin dayandığı güçlü temeli göstermeye yeter.

Galen ve Tıptaki Etkisi

Batlamyus, İskenderiye'de astronomi ile uğraşırken, tıp ve hekimlik alanında büyük bir gelişmeye tanık olmaktadır. Hipokrat'tan sonra Yunan dünyasının en seçkin tıp bilgini sayılan Galen bu dönemde ortaya çıkmıştır.

Galen, Bergama'da doğdu (M.S.129); o yüzyılın sonuna dek Roma ve daha başka merkezlerde çalışmasını sürdürdü. Anatomi ve genellikle hekimlikle ilgili bilgileri sistematize etmede, o güne kadar çeşitli gelişme gelenekleri içinde birbirinden ayrı tıp öğretilerini birleştirmede büyük bir başarı gösterdi. Hayvan kadavra-

ları ve birkaç insan cesedi üzerinde diseksiyon çalışmaları da yapan Galen, anatomi, fizyoloji, patoloji ve tedavi konularında birçok yeni bulgular elde etti. Canlı hayvanlar üzerindeki deneysel incelemeleri yoluyla kalbin çalışmasını, omuriliğin yapı ve görevini anlamaya çalıştı.

Felsefede Galen dinsel düşünür; ona göre her şeyi Tanrı belirler; onun isteği dışında hiçbir şey olmaz. Örneğin, insan vücudunun belli bir amaç için Tanrı tarafından düzenlendiğini söyler.

Galen'in mistisizmi tıp düşüncesini de etkilemiştir. Ona göre, vücudun her yanında değişik ruhlar yer almıştır. O, bu görüşle atomcuların mekanik dünya anlayışlarına ters düşüyordu. Yunancadan Latinceye çevrilen *Hayvan Ruhları* adlı yapıtının büyük bir ün kazandığını, tıp çalışmalarını 1.500 yıl etkisi altında tuttuğunu biliyoruz. Bu etkinin gerçek kaynağını Galen'in büyük gözlem ve deneylerinde gösterdiği üstün beceriden çok, onun mistik görüşlerinden son derece ince bir mantıkla çıkarılan bir takım dogmalar oluşturunuyordu. Onun temelde dinsel olan bakış açısı, hem Hristiyanları, hem de Müslümanları okşayan bir özelliği idi. Uzun süren etkisi geniş ölçüde bu özelliği ile açıklanabilir.

Galen'in vücudun işlevleri üzerindeki genel teorisi, Harvey kanın dolaşımını keşfedinceye kadar, egemenliğini sürdürür. Galen'e göre kan, karaciğer tarafından, yenen besinlerden yapılır, sonra "doğal ruh"larla birleştirilerek besleyici niteliğini kazanır. Böyle oluşturulan kanın bir bölümü damarlar yoluyla vücuda dağılır, sonra bir çeşit "gel-git" hareketiyle aynı kanallardan kalbe döner. Geriye kalan bölüm ise, kalbin sağ yanından sol yanına aradaki diyaframın ince deliklerinden geçer, orada akciğerden gelen hava ile karışır. Kalbin sıcaklığında "yaşamsal ruh"larla yüklenen kan daha yüksek bir "gel-git" hareketi ile atardamarlardan vücuda dağılır. Böylece vücudu oluşturan çeşitli organların işlevlerini yerine getirmeleri olanak kazanır. "Yaşamsal ruh"la yüklü kandan beyinde "hayvan ruhları" meydana gelir. Bu ruhlar, kandan arınmış olarak sinirlerden geçer, vücudun hareketini ve yüksek işlevlerini sağlar.

Üstün bir zekâ ve sezişin ürünü olan bu teori gerçeği doğru ifade etmemekle birlikte, son derece etkili ve başarılı olmuştur. Ne yazık ki, yüzyıllarca insanların gözünde Galen'in bağımsız düşünme ve araştırma tutumundan çok öğrettikleri önemli görünmüş, onun kurduğu otorite karşısında fizyolojide yeni bir atılıma, Harvey ortaya çıkıncaya dek, olanak kalmamıştı.

Simyanın Ortaya Çıkış

Astroloji gibi simya da düzmece bir bilimdi; İskenderiye'de gelişme olanağı bulması ilk bakışta şaşırtıcıdır. Bu olayı anlamak için Helenist çağda İskenderiye'nin düşünce ortamını ve el sanatlarında ulaşılan aşamayı bilmeye ihtiyaç vardır.

Simya, başlangıçtan itibaren felsefe ve bu arada özellikle astroloji ile yakın ilişkiler içinde gelişmiştir. Gökyüzü cisimleri belli niteliklerle değerlendirilirdi. Güneş altını, Ay gümüşü, Venüs bakırı, Merkür cıvayı, Mars demiri, Jüpiter kalayı, en uzak ve dolaşısıyla en soğuk olan Satürn ise, ağır ve mat bir metal olan kurşunu temsil ederdi. Platon'un felsefesinde madde görünüşler dünyası için gerekli olmakla birlikte, aslında, önemsiz bir şeydi; çeşitli biçimlerine karşın temelde tek türdü. Bir idea'yı temsil etmeyen hiçbir şey gerçekten var olamazdı. Tüm doğa canlı olup daha iyiye doğru gelişmektedir. Bu görüşü yansıtan simyagerler için de maddenin kendiliğinden önemi yoktu; gerçek olan madde değil, maddenin özellikleriydi. İnsanların vücutları hep aynı nesneden yapılmıştır; iyi ve kötü olmaları vücutlarının değişmesine değil, ruhlarının değişmesine bağlıydı. Aynı şekilde, zanaatçıların çok iyi bildikleri üzere, metalleri, özelliklerini değiştirerek dönüştürmek mümkündü. Tüm doğa gibi metaller de daha iyiye, mükemmele doğru değişme çabasıdadır. Onlar için ideal hedef altın olmaktır; o halde onların bu yoldaki gelişimine yardımcı olmak zor olmasa gerek. Boyacılıkta kullanılan tuzruhunun maden yüzeylerini kazıdığı biliniyordu. O halde, deniyordu, bayağı metale azıcık altın katılırsa, alaşım altın yüzey bırakmak üzere tuzruhuyla kazanır. Yüksek nitelikteki altın, maya etkisi yaparak ka-

tıldığı metalin bayağılığını giderir ve onu altının ruhsal niteliğine çevirir.

“Soylu” sayılan metallerin başta gelen özelliği, renklerinde kendini gösterir: Gümüşün beyazı, altının sarısı. Bakıra kimyasal işlemlerle sarı renk kazandırılabilir; böylece bakır altına çevrilebilir. Çevirme süreci, ya bakırdaki toprak elementi uzaklaştırılarak ya da hava ve ateş elementleri artırılarak gerçekleştirilir. Ölü madde bu şekilde “renk ruhunu” kazanınca, ruhuna kavuşan insan gibi, canlanır.

El sanatlarına gelince, İskenderiye dahil, birçok Akdeniz kentlerinde kimyasal işlemlere dayanan bir çeşit endüstri doğmuştu. Halkın satın alamadığı değerli ziynet eşyasının taklitleri yapılıyordu. Örneğin, taklit inciler, gümüş veya altına benzeyen eşya geniş ticarete yol açmıştı.

Simya biliminin uygulanmasında genellikle şu üç adım izlenirdi: 1. Kalay, kurşun, bakır ve demir siyah bir alaşım verecek şekilde kaynaştırılırdı. Bu kaynaşmada metaller bireysel kimliklerini yitirir, tek türde birleşirlerdi. 2. Cıva, arsenik veya antimuan eklenerek bakır aklaştırılır, gümüşe benzerlik sağlanırdı. 3. Sonra, azıcık altın verilirdi; beyaz alaşım kükürt suyu (yani, kalsiyum sülfat) veya tuzruhu ile işlem görerek altın rengini kazanırdı; daha doğrusu İskenderiyeli simyagere göre, altın olurdu. Çünkü, önemli olan maddenin kendisi veya kütlesi, fiziksel özellikleri ve kimyasal tepkimeleri değil, renk özelliğiydi. Örneğin, bir maddeye altın rengi vermek, onu altın yapmak demekti. Bize saçma görünen bu inanç o dönemin temel felsefesinin bir gereğiydi.

Yüzyıllar sonra Araplar ve onları izleyen Avrupalılar arasında simya yeniden ortaya çıktığında eski temel felsefesinden, dolayısıyla anlamından yoksundu. Kuramsal gerekçesini yitirmiş, birtakım hazır reçete uygulamasından ibaret olan bu “bilim” düzmece kimliğini kelime oyunları ve mistik bir esrar perdesi arkasında gizlemek zorundaydı artık.

Şurasını da kaydetmeli ki, gerek astroloji, gerek simya başlangıçta, gerçek bilimlerde olduğu gibi, sağlam bazı gözlemlere, ha-

talı da olsa belli bir rasyonel düşünceye dayanarak ortaya çıkmış ve gelişmiştir. Böyle olmasaydı onların ne rasyonel düşüncenin parlak dönemini yaşadığı Helenist çağda ortaya çıkmalarına, ne de astronomi ve kimya bilimlerinin gelişmelerine geçerli bir katkıda bulunmalarına olanak vardı.

4. ROMALILARDA BİLİM

Pratiğe Yöneliş

Öyle görünüyor ki, antik dünyada özgün düşünce Yunanlıların tekelindeydi. Askerlik, devlet yönetimi ve hukukta üstün yetenek gösteren Romalılar'ın yaratıcı düşünce alanında beklenen başarıyı gösterdikleri söylenemez.

Romalılar da Yunanlılar gibi uygarlığa demir çağında geçtiler. Şu kadar ki, Yunanlılar kıyısız kent uygarlığı ve deniz ticareti yönünde ilerlerken, Romalılar, Isparta devleti gibi, tarıma bağlı, savaşçı bir topluluk olarak ortaya çıktılar. Ticareti aşağı görüyor, kendilerine yakıştırmıyorlardı. Bu yüzden gezgin tüccara özgü nicel ve uzaysal düşünme biçimine yabancı kaldılar. Teorik konulara ve bu arada özellikle matematiğe yeteri kadar ilgi gösteremediler. İçlerinden bazılarının bu yetersizliğin farkında olduğunu görüyoruz. Nitekim, Roma'nın en parlak döneminde ünlü Çiçero (M.Ö. 106-43) şöyle diyordu: "Yunan matematikçileri kuramsal geometride daima ilerdeler; biz ise hesaplama ve ölçmeden öteye geçmiyoruz." Gerçekten, Romalılar araştırmalarında pratik yarar sınırlarını pek aşmadılar. Bilim ve felsefe gibi sanat ve hekimliği de Yunanlılardan aldılar. Bilime verdikleri değer tıp, tarım, mühendislik ve mimarlık alanlarındaki pratik yararından ileri geliyordu. Salt bilime fazla bir katkıları olmadı.

Pratik yaşam sorunlarına yönelik Romalıların uygarlığa katkıları daha çok örgüt kurma biçiminde kendini gösterir. Kamu sağlık hizmetlerini örgütleme, yol, köprü ve su yolu kemeri inşaatı, kişi ve kamu ilişkilerini düzenleme, ordu kurma gibi alanlarda Roma üstünlüğü söz götürmez. Bilim adamı olmaktan çok as-

ker ve yöneticidir seçkin Romalı. İdeali dünyayı anlamak değil, düzenlemektir.

Bu genel yargının dışında kalan bazı çalışmalara rastlamak elbette mümkündür. Örneğin, Lucretius (M.Ö. 98-55) *Nesnelerin Niteliği Üzerine (de Rerum Natura)* adlı yapıtında, Yunan atomculuğunu anlatma ve benimsetme çabasını gösterir. Amacı, temelsiz inançları yıkmak, bilim ve felsefede aklın yerini yüceltmektir. Şiir biçiminde yazdığı bu kitapta o, atomcuların öğrettiklerine yeni bir şey eklememekte, yalnızca en basitten en karmaşık olanına dek (suyun buharlaşmasından, evrenin parlak duvarları ile çevrili gök cisimlerinin görkemli hareketlerine dek) tüm olguların *nedensel ilke* gereğince meydana geldiğini dile getirmekle yetinmektedir. Amasyalı Strabon'un M.S. 20 sıralarında yazdığı geniş kapsamlı bir coğrafya kitabında, bilimin diğer kollarındaki çalışmalar hakkında da bilgi verdiğini görmekteyiz. Bilimsel ilginin canlanmasına yol açan daha ayrıntılı ve uzun bir çalışmayı Pliny (M.S. 23-79) yapmıştır. Pliny'nin *Doğal Tarih* adlı altında kaleme aldığı 37 kitaplık bir dizide, o dönemin ve daha önceki bilimsel çalışmaların çok geniş bir özetini bulmaktayız. Bu "özet" in ilk bölümünde; gökleri ve yıldızları içine alan evrenin tümü ile ilgili bir teori yer almakta, sonra dünyamız her yönü ile incelenmektedir. Pliny için evren, Tanrı'nın somut bir belirtisiydi. Evreni anlamak Tanrı'yı tanımaya yaklaşmak demektir. Evreni anlamamanın ilk aşamasını da dünyayı incelemek oluştururdu. Coğrafya, insan ve insanın fiziksel ve ruhsal özellikleri, hayvanlar, bitkiler, tarımsal etkinlikler, ormancılık, meyvecilik, şarapçılık, madencilik, güzel sanatlar ve benzeri birçok çalışmalar, onun incelemesinin çevresini dolduran konulardı. Pliny, bilimsel etkinliklere olduğu kadar çağının temelsiz (batıl) inançlarına, sihirbazlıklarına, bunların yarar ve uygulama biçimlerine de yer verdi yapıtında. Bilimle sihirbazlığı, gerçekle masalı, doğruyla yanlış ayırt etmeksizin sunduğunu görmekteyiz. Onun bilimle bilim dışı düşünce ürünleri arasındaki farkı yeterince anladığını söylemek güçtür. Öte yandan Vezüv yanardağının patlamalarını yakından incelemek için sokulduğu dağın eteğinde üzerine düşen lav parçalarıyla yanıp öl-

düğü göz önüne alınırsa, doğrudan gözleme verdiği önemin büyüklüğünü de kabul etmek gerekir, herhalde.

Yunanlıların Etkisi

Romalıların bilimle ilk temasları Güney İtalya ve Sicilya'da yerleşmiş Yunan düşünürleri yoluyla olmuştur. Büyük İskender'in kurduğu imparatorluğun dağılması sonunda başlıca Yunan kültür ve bilim merkezleri Romalıların eline geçmiştir. Bu gelişme, onlara Yunan üstünlüğünü daha yakından görme fırsatını vermiştir. İlk temasın yarattığı bazı tepkiler dışında Romalıların karşılaştıkları kültürü benimseme yoluna gittiklerini görüyoruz. Ne var ki, bu benimseme kültürün tümünü kapsamaktan çok bazı yanlarına yöneliktir. Nitekim en çok Stoa felsefesinin etkisinde kaldıkları görülüyor. Bu felsefe, Etrüsklerden kendilerine kalan birtakım inanç ve görüşleri daha ince ve işlenmiş biçimde sunduğundan onlara pek yabancı değildi. Buna karşılık ünlü Lucretius'a karşın Epikür felsefesi pek etkili olamadı. Gerçi, ne Lucretius'un, ne de Epikür'ün kendisinin, yaymaya çalıştıkları atomcu görüşü yeterince temsil ettikleri söylenemez. Romalılar, Yunan materyalistlerinden öğrendiklerine bir şey katmadıkları gibi, öğrendiklerini yayma yolunda da fazla başarılı değillerdi. Lucretius'un atom teorisine sarılması, bu teoride dinsel öğretiye karşı bir silah bulmasından ileri geliyordu; yoksa evreni anlama ilgisinin o kadar kuvvetli olduğunu söylemek güçtür.

Romalılar, özellikle Yunanlıların teorik düşünme ve gözlem arasında kurmayı başardıkları görecel dengeye bir türlü erişemediler. Yunan biliminin yönetimini değil, sonuçlarını almakla yetindiler. Bu nedenle onların bilim adına ortaya koydukları ya Lucretius (*Nesnelerin Niteliği Üzerine*)'da olduğu gibi, daha çok felsefe ya da Pliny (*Doğal Tarih*)'de olduğu gibi daha çok ampirik türden bir çalışma düzeyinde kalıyordu.

Romalıların içerik yönünden bile Yunanlıların ulaştığı düzeye çıktığını söylemek güçtür. Ne astronomi ne de matematik alanında seçkin bir bilgin çıkardıkları söylenemez. En ünlü coğraf-

yacıları Pomponius Mela (M.S. 43) bile, Eratosthenes coğrafyasının sadece nitel sonuçlarını almakla kalmış, matematiksel ve ölçmeyle ilgili konulara değinmekten kaçınmıştır. Romalıların en başarılı olduğu alanın, belki de pratik yararından dolayı, tıp olduğu söylenebilir. Fakat bunda bile başarıları sürekli olmamıştır. Vesalius'un 1543'te yazdığı şu satırlar ilginçtir bu yönden:

Önce ünlü doktorlar, eski Romalılara özenerek, el işini hor görmeye başladılar. Hastaları ile ilgili kirli ve kaba işleri kölelerine bıraktılar. Kendileri, elini işe sürmeyen mimarlar gibi, sadece gözetimle yetiniyorlardı. Sonra diğerleri onları izlemeye koyuldu. Hekimliğin getirdiği para, onur ve ünden vazgeçmeksizin, mesleğin gerektirdiği hoş olmayan işlerden ellerini çektiler. Bu, çok geçmeden hekimliğin çöküntüsüne ve doktorların yozlaşmasına yol açtı. Örneğin, hastalarının yiyecek işlerini ve pişirme sanatını hastabakıcılara, ilaç hazırlamayı yamaklarına, diğer bazı el işlerini de berberlere bıraktılar.

Romalıların, her ne kadar Yunanlıların katıksız bilme ve anlama bilgilerini paylaşmamışlarsa da, bilim ve felsefeye büsbütün yabancı kaldıkları da söylenemez. Unutmamak gerekir ki, Yunan filozofları hakkındaki bildiklerimizin çoğunu bazı Romalı yazarlara borçluyuz. Bunlardan Diogenes Laertius *Filozofların Yaşamları* adlı çalışmasıyla önemli bir hizmet vermiştir. Aynı konuda Plutarch'ın (M.S. 50-125) yazdıkları da büyük değer taşır. Plutarch ayrıca, Ay'ın yapısı ve Roma mitolojisi gibi konularla da uğraştı. Dinler üzerinde karşılaştırmalı ilk çalışmayı da gene ona borçluyuz.

III. BÖLÜM

Ortaçağ Avrupası ve İslam Dünyasında Bilim

1. ORTAÇAĞ DÜŞÜNCESİNİN NİTELİĞİ

Akla Tepki ve Duraklama Dönemi

Galen'den sonra hekimlik alanındaki gelişme durmadı; oysa felsefe ve bilim tam bir duraklama, hatta yok olma dönemine girmişti. Romalıların teorik ilgilerinin zayıflığı göz önüne alındığında bu sonuç kaçınılmazdı. M.S. 3. yüzyılın ikinci yarısında yaşayan İskenderiyeli Diophantus dışında birinci sınıf bir bilim adamına rastlamak artık olanaksızdı. Cebir üzerinde en büyük otorite sayılan Diophantus, Yunan asıllıydı. Ona gelinceye dek cebirsel problemler ya geometrik yöntemlere ya da düpedüz sözlü düşünmeye başvurularak çözülmüştü. Her iki halde de birtakım güçlükler vardı. İlk kez Diophantus bazı kısaltmalara gitti; sürekli olarak yinelenen işlemler ve sayılar için semboller (semboller) kullanıldı. Bu yoldan basit denklemlerle iki terimli ve ikinci dereceden denklemleri içeren problemlerin çözümü kolaylaştı. Daha da ileri giderek bilinmeyen sayısının denklem sayısından daha büyük olduğu belirsiz ifadelerle de uğraştı. Diophantus'un çalışmasıyla cebir bağımsız bir disiplin kimliği kazandı; fakat ondan sonra bilimin herhangi bir alanında önemli hiçbir katkı göze çarpmamaktadır. Yapılan çalışmalar, çoğunlukla Yunan yazarlarının eserlerini özetleme ve yorumlama biçiminden ileri gitmiyordu. Bilimsel

nitelik taşıyan tüm sorunlar üzerinde Aristoteles başvurulacak otoriteydi. Hatta gözleme bağlı olgusal sorunlarda bile onun dedikleri dışına çıkılmıyordu. Felsefede, özellikle metafizik türden felsefede, mistik bir nitelik taşıyan Yeni-Platonculuk egemendi. Aristoteles'in unutulduğu dönemlerde bu felsefenin daha da güçlendiğini, evreni açıklamanın biricik aracı haline geldiğini görürüz. Ortaçağın karanlığı, Hristiyanlık ile Yeni-Platonculuğun mistisizminin kucaklaşmasından doğmuştur, denebilir.

Romalılar gibi Latin kökenli Hristiyan rahipleri de teorik bilimlere yüz çevirmekte gecikmediler. Roma İmparatorluğu'nun en güçlü döneminde bile entelektüel ilgilere ve girişimlere ters düşen bir yılgınlık ve mistisizmin çevreye egemen olduğu görülmektedir. Bundan kuşkulananlar da yok değildi. Yılgınlık ve mistisizmin Roma uygarlığını kemirdiğini, sonucun yalnız Romalılar için değil tüm dünya için bir yıkım olacağını çok önceden söyleyenler çıktı. Bu ortamda gözleri bu dünyanın sorunlarından öteki dünyaya çeken, ruhun kurtuluşunu biricik amaç edinen bir sürü gizli dinlerin ortaya çıkması kaçınılmazdı. Romalıların gözünde Hristiyanlık bu dinlerden sadece biriydi. Ne var ki, bir kez mutluluğa giden yolun artık toplumda etkili bir yaşam kurma çabasından değil, ruhun öbür dünyada sonsuzluğa ermesini sağlayan inançlara bağlanmadan geçtiği düşüncesi kafalara egemen olmaya başlamıştı. Akıl değil, salt inanç kurtarabilirdi insanı. Tertullian'ın, "İnanıyorum, çünkü başka türlüsüne (yani akla) olanak yoktur" sözü bu ruh halini dile getiriyordu. Latin kilise rahipleri içinde kuşkusuz en entelektüel olan Aziz Augustine bile akli, kendisini inanmaktan alıkoyan bir tuzak sayıyor, akli bırakıp imana sarıldığı için esenliğe erdiğini söylüyordu. Bilime ancak, İncil'i anlamaya yetecek ölçüde izin veriyordu. Bu da, Yakındoğu'nun doğal tarihiyle kilise takvimi için gerekli basit astronomi bilgileri yanında tanrısal yetkinliğin anlamını kavramaya elverecek sulandırılmış bir Platonculuktan ileri geçmiyordu.

Akla karşı tepki Doğu kilisesinden çok Batı kilisesinde kendini gösteriyordu. İmparatorluğun doğu ve batı kesimlerinde entelektüel ortam oldukça farklıydı. Batıda giderek kalitesi düşen,

özgün kaynaklardan uzaklaşan ansiklopediler ortaya konurken, doğuda kimi değerli eserlerin arkası kesilmemişti henüz. Gerçi, bilim ve felsefedeki gerileme geneldi; imparatorluğun doğu kesiminde de yaratıcı düşünceye rastlamamaktayız. Batlamyus çağında bir bilgin bile bu durumdan yakınmış, eski Yunan düşünürleri düzeyinde bir düşünür olmadığını itiraf etmek zorunluluğunu duymuştur.

Yeni fikir üretmeyi olanaksız görmenin, bilimsel gelişmeyi önleme gibi olumsuz etkisi yanında, Yunan düşüncesi üzerinde birtakım ansiklopedik çalışma ve yorumlara yol açmakla yararlı bir sonucu olduğu da söylenebilir. İleride bilimin yeniden canlanmasında önemli rolleri görülen bu çalışmalardan başlıcaları şunlardır:

Pappos (M.S. 300)'un *Matematiksel Koleksiyon*'u yüksek matematik ve mekanik üzerinde oldukça özgün katkılara da yer veren kısmen tarihsel, kısmen ansiklopedik biçimde hazırlanmış önemli bir eserdir. Atina'da Akademi'de ders veren Proclos (M.S. 410-455)'un Öklid üzerinde hazırladığı yorumunda, matematik problemlerin geniş bir çözümlemesiyle birlikte matematiğin, tarih ve felsefesinin bir arada sunulduğunu görmekteyiz. Proclos aynı zamanda geniş ayrıntılarıyla Hipparkus ve Batlamyus'a giriş amaçlı güden *Astronomik Hipotezlere Bakış* adlı kitabın yazarıdır.

Bu tür çalışmalar arasında en önemlileri Aristoteles üzerine olanlarıdır. Aristoteles'in yapıtları M.Ö. 1. yüzyılda toplanıp yayımlanıncaya dek özel ellerde kalmıştı. Yapılan birçok yorumlar arasında M.S. 6. yüzyılda Simplicios ile John Philoponos'un yazdıkları en önemlisi sayılır. Simplicios'un çalışması 13. ve 14. yüzyıl Avrupası'nda en çok okunan kitaplar arasındaydı. Onun Aristoteles anlayışı birçoğunun gözünde tartışma kabul etmez bir ağırlık taşırdı. Ayrıca, Aristoteles biliminin çeşitli cephelerinin gelişimiyle birlikte, ortak-merkezli (konsentrik) kürelerden oluşan astronomi sistemi hakkında da son derece ayrıntılı bir inceleme yapmıştı.

Philoponos'a gelince, o daha özgündü. Simplicios'un tersine Aristoteles'i eleştirmekten de geri kalmıyordu. Fikirleri da-

ha az bilinmekle birlikte, hareket üzerindeki görüşlerinin, dolaylı da olsa, fiziğin daha sonraki gelişmesini etkilediği söylenebilir. Aristoteles'in hareketle ilgili öğretilerinin birçoğunu, bu arada zorlanmış hareket açıklamasını, yetersiz, hatta yanlış buluyordu. Örneğin, ilk itişten sonra hareketin bir süre devamının havadan ileri geldiği tezi ona göre yanlıştı. Nasıl ki, ateş demir parçasına ısı geçirir ve bu ısı demir ateşten uzaklaştıktan sonra bir süre daha devam ederse, aynı şekilde, atılan bir cismin elden veya saptandan çıktıktan sonra hareketini devam ettirmesi ilk aldığı itişin etkisine bağlıdır. İlk itiş ne kadar büyükse, hareketin devamı o kadar uzun sürer; tıpkı ateşin sıcaklığı ne kadar yüksekse, demir parçasında ısının devamının o kadar uzun olması gibi.

Philiponos, Aristoteles'in hareket için havayı zorunlu görmesini de eleştirir. Ona göre hareket, herhangi bir ortam olmaksızın, yani tam boşlukta da mümkündür. Philiponos'un özellikle hareket konusundaki fikirleri ilginçti, fakat onun daha sonraki çalışmalar üzerindeki etkisi en çok ilk-itiş teorisi ile kendini duyurmuştur.

Bilimsel çalışma geleneğinin zayıf biçimde de olsa Roma İmparatorluğu'nun doğu kesiminde Yunanlılar arasında sürdürülmüş olmasını, uyarlığımız yönünden bir talih sayılmak gerekir. Çünkü, bu gelenek büsbütün ortadan silinebilirdi. Gerçi antikçağın Yunan dehası bir daha dirilmemek üzere tarihe gömülmüştü; ne var ki, onun paha biçilmez ürünleri ve bu ürünleri oluşturan gelenek hâlâ yaşıyordu. Eskiye duyulan aşırı saygı bilimde yeni atılımları önlemişti. Ama bu saygı aynı zamanda modern bilimin geniş ölçüde kaynaklandığı yapıtların korunmasını, belli bir entelektüel gelenek ve okuma alışkanlığının devamını sağlamakla çok değerli olmuştur.

Ortaçağ Karanlığı

Antik uygarlığın sona ermesiyle İtalyan Rönesansı'nın başlaması arasında geçen bin yıllık dönem (aşağı yukarı M.S. 4. ve 13. yüzyıllar arası) Avrupa için karanlık bir dönem sayılır. Bu dö-

nemde bilim ve felsefede öncülük Müslümanların eline geçmiştir. Başlangıçta Yunan kaynaklarından yapılan çevirilerle işe koyulan Müslümanların çok geçmeden önemli bazı katkılarda bulundukları görülür. İslam dünyasının bilimsel çalışmalarının en parlak dönemi M.S. 800-1100 arasına rastlar. Müslümanlar yalnız bilimsel düşünme geleneğini sürdürmekle kalmadılar, bu düşüncenin Avrupa’da yeniden canlanmasında başlıca etken oldular. Bu konuda ayrıntılı açıklama vermeden önce karanlık çağa yol açan ortaçağ kafasını tanımaya ihtiyaç vardır. Fakat her şeyden önce bilimsel görüşe ters düşen Hıristiyan teolojisinin özelliklerini belirtmeliyiz.

Ortaçağ boyunca egemenliğini sürdüren Hıristiyan teolojisi temelde birbirine pek de yakın olmayan üç öğeyi içeriyordu: 1. Tevrat’a dayanan Judaizm; 2. Yeni-Platonculuğun mistisizmi; 3. Doğu kültürlerine özgü bazı ilkel dinsel töreler veya gizli, gizemli inançlar. Yapısı bu olan bir teolojinin bilime açık olması, rasyonal felsefenin gerektirdiği özgür ve seküler (laik) düşünceye olanak tanınması beklenemezdi elbette.

Daha önce de belirttiğimiz gibi, Platon idealist bir filozoftu; evren anlayışı temelde mistikti. Ona göre bu dünyada algıladığımız nesne ve olgular sadece birer görüntüdür. Gerçeği görüntülerde değil, onların gerisinde yer alan “idea”larda aramak gerekir. Görüntüleri duyularımız yoluyla öğreniriz; oysa “idea”ları anlamının biricik aracı, salt akıldır.

Bu felsefe bu öğretisiyle bile olgusal bilimlerle bağdaşır nitelikte değildir. Hıristiyan teolojisine maya olan Yeni-Platonculuk, üstelik daha aşırı bir irrasyonalizmi temsil ediyordu. Plotinus’dan başlayarak giderek güçlenen mistik düşünceyle birlikte İskenderiye biliminin hızla gerilediği, olgusal niteliğini yitirdiği görülür. Plotinus için en yüce iyilik Mutlak’a erişmektir; bu da akıl-üstü bir düşünme yöntemiyle başarılabilirdi. Onun izleyenler (örneğin, Porphyry ve Lamblichus) bu mistik metafiziği pratik yaşam düzeyine indirmekte gecikmediler. Böylece büyüye kapı açılmış oldu. Ruhun Tanrı’ya, meleklerle ve bu türden kutsal varlıklara ihtiyacı vardı. Tanrısal olan her şey mucize niteliği taşıdığı

için ona ulaşmak ancak büyüyle mümkün olabilirdi. Bu gelişme, hem dinin biçimsel kalıplara girmesine yol açmış, hem de düşün-
cenin rasyonel niteliğini büsbütün kaybetmesi sonucunu yarat-
mıştır.

Aristoteles'in etkisi de tam olumlu olmamıştır. Gerçi olgula-
rın gözlemine onun daha fazla önem verdiği doğrudur; ne var
ki, onda bile bilimden çok metafizik ve mantık daha ağır basar.
Aristoteles'in doğanın yorumlanmasında kullandığı kavram-
lar gözlemsel veya ölçülebilir olmaktan uzak, metafizik nitelik-
te birtakım kategorilerden ibaretti. Kaldı ki, onun öğretisinin,
Hristiyan teolojisine pek uygun gelmemiş olmalı ki, zamanla
unutulmaya yüz tuttuğu veya etkisiz kaldığı görülür. M.S. 6. yüz-
yılda Aristoteles'in yapıtları artık okunmaz olmuştur. 13. yüzyıla
gelinceye dek mantık öğretisi dışında hemen hiçbir çalışmasıyla
ilgilenildiği görülmez.

Manastırların bir tür üniversite işlevi gördüğü Ortaçağ bo-
yunca okuma ve öğrenme rahiplerin tekeline düşmüş gibiydi.
Antik Yunan yapıtlarının hemen tümü (Platon'un *Timaeus*'u ha-
riç) kaybolmuştu. Din ve büyüün düşünce üzerindeki baskı-
sı çok ağırdı. Aziz Augustine (354-430), Tanrı doğayı insan için
yaratmıştır, diyor ve tüm evrenin amaç ve kökeninde ruhsal ol-
duğunu ileri sürüyordu. Yunan kültürüne özgü, evreni sırf anla-
mak ve bilmek için inceleme tutkusu yerini öteki dünyada Tanrı
ile bütünleşme umuduna bırakmıştı. "Doğayı ve dünyanın ev-
ren içindeki yerini tartışmak," diyordu Aziz Ambrose, "bize öte-
ki dünyada erişmek ümidini taşıdığımız yaşam yönünden hiçbir
yardım sağlanamaz."

Giderek din dışına düşen bilimsel çalışmalar Hristiyanlığa
aykırı, "pagan işi" sayılır oldu. Bilginin kötü, cehaletin erdem ol-
duğu dönem başlar. Hristiyanlığın geniş halk kitlelerine yayıl-
masına paralel olarak bu olumsuz tavrın daha da katılaştığı gö-
rülür. Bilime karşı kuşku yer yer eylemli saldırı biçimini anla-
maya başlar. Simyagerlerin bile kitapları yakılır. M.S. 389 sıra-
larında bir Hristiyan başkaldırmasından yararlanan Piskopos
Theophilus, İskenderiye'deki ünlü kütüphanenin bir bölümü-

nü tahrip eder (Hıristiyanlar ise müze ile birlikte kütüphanenin M.S. 640'da Müslümanların eline geçmesiyle yok edildiğini iddia ederler). Daha da unutulmayan bir olay, İskenderiyeli astronom Theon'un kızı matematikçi Hypatia'nın, Patrik Cyril'in kışkırtması üzerine bir kalabalığın saldırısına uğrayıp öldürülmesidir (M.S. 415).

Romalılar yeni veya özgün düşünce sistemleri ortaya koymada yetersiz kalmakla birlikte, genellikle Yunan entelektüel geleneğini sürdürme çabasından kaçmadılar. Ancak Hıristiyanlığın güçlenmesi ve imparatorluğun çökme süreci içine düşmesiyle birlikte entelektüel ilgiler büsbütün zayıflar, hızla kaybolmaya yüz tutar. Bu gidişi durdurma yolunda İmparator Julian (331-363)'ın girişimi ilginçtir. Hıristiyanlığa karşı pagan din ve felsefesini canlandırmak ister İmparator. Fakat olumlu sonuç alamaz. Atina'da yetişen büyük filozofların sonuncusu Proclus bile yaşadığı ortamın etkisinden kurtulamaz. Onu izleyenlerin Yeni-Platonculuğa verdiği biçim bu felsefenin ileride Hıristiyan ve İslam dinlerinin dünya görüşleriyle kaynaşmasından öte bir sonuç vermez. Ortaçağ mistisizminin doğup büyümesinde Proclus'un rolü böylece büyük olmuştur.

Bilimin giderek mistik metafiziğe dönüşmesi, doğayı bağımsız ve açık bir yaklaşımla inceleme olanağını yok etmişti. Öte yandan, Romalıların Stoa felsefesi de olgusal bilgiye değil, insanın ahlaki düşünce ve davranışına dayanarak aramaya yönelikti. Hıristiyanlığın egemen olduğu bu ortamda doğaya ilişkin bilgiler kilise öğretisini pekiştirmeye yaradığı ölçüde değerli sayılıyordu.

Ortam birtakım temelsiz inançların da doğup yayılmasına elverişli bir nitelik kazanmıştı. Örneğin, aslan yavrularının kör doğduğu, ancak üçüncü gün baba aslanın üfürmesi üzerine gözlerinin açıldığı bilimsel bir doğru olarak ileri sürülüyordu. Üstelik bunun Judah Aslanı diye niteledikleri İsa'nın dirilip gök katına çıkışını andırması nedeniyle özel bir anlamı vardı. Bu dönemde bekleneceği gibi astroloji büyük önem kazanır. Yıldızların, insanların yaşamlarını biçimlediğine, Zodyak'ın her burcunun insan

vücudunda belli bir kesimi, her gezegenin belli bir organı etkilediğine kuşkusuz bir gözle bakılıyordu.

Din, yaşamın her cephesinde olduğu gibi bilimde de sultasını kurmuştu. Yunanlıların küresel evren teorisi genellikle muhafaza edilmekle birlikte, yorumu dinsel bir temele oturtulur. Üstelik, yer yer bazı ilkel görüşlere dönüldüğüne tanık olmaktayız. Örneğin, dünyanın düz olduğu türünden fikirler yeniden sahneye çıkar. Evreni yapı ve biçimi yönünden çadıra benzeten din adamlarına göre düz olan dünyanın alt dayanağı su idi; aynı şekilde, üstünde gök kubbesi de gene suyla kaplıydı. Özellikle Suriye ve Tarsus kiliselerinde benimsenen bu görüş Batı kilisesinde de taraftarlar bulmuştu. Ama, gene de küresel teoriden vazgeçildiği söylenemez. Milanolu Ambrose ile öğrencisi Aziz Augustine, evrenden küresel olarak söz ederler. Ancak onlar için, daha önce de belirttiğimiz gibi, arzın yeri ve biçimi ile ilgili sorunlar önemli değildi. Bu da Batı kilisesinin Yunan dünya görüşüne ne denli yabancılaştığını gösterir. Aristoteles'in ve Batlamyus'un unutulmuş teorileri ancak Doğu kilisesinde, o da teolojik yorumlara uğrayarak, muhafaza edilebilmiştir.

Bizans, Roma'ya göre daha köklü bir bilimsel geleneğe sahipti. Atina'daki Akademi ve Lyceum 529'da Justinian kapatıncaya dek etkinliklerini sürdürürler. Son pagan filozofu Proclus kendi zamanında Aristoteles'in fiziksel kozmolojisinin bazı özellikleriyle birlikte Batlamyus'un matematiksel sistemini kapsayan, bir evren teorisinin geliştirilmiş olduğundan söz eder. Bu teoriye göre, gökyüzü iç içe yerleşmiş dokuz küresel kabuktan kurulmuştur. Kürelerden ilki Ay'ı, ikincisi Merkür'ü ve böylece geriye kalanlar sırasıyla diğer gezegenleri taşır; sekizincisi sabit yıldızlarla yüklüdür; dokuzuncusu ise İlk Devindirici (muharrik)'dir.

Ortaçağın düşünce biçimini yansıtmaması yönünden bu teorisinin bazı ayrıntılarına girmede yarar vardır.

Aristoteles'in görüşüne uygun olarak küreler birbirine bağımlıydı ve kalınlıkları Batlamyus sisteminin episikl'lerini alacak kadardı. Bir kürenin dünyadan en uzak olduğu zamanki mesafesi, ondan sonraki kürenin en yakın olduğu zamanki mesafesine eşit-

ti. Böylece gök cisimlerini taşıyan küresel kabukların kalınlıklarını ve gök cisimlerinin dünyadan ortalama mesafelerini hesaplamak mümkün görülüyordu. Bu da evrenin mutlak sanılan boyutlarını gösteriyordu.

Küreler kendiliğinden hareket etmiyordu kuşkusuz; onları harekete geçiren varlıklar vardı. Platon ve Aristoteles teorilerine göre bu varlıklar hareket ettirdikleri kürelerden daha soylu ve spiritüel yaratıklar olmalıydı. Gökyüzünün belli bir hiyerarşik düzene bağlı ruhlardan meydana geldiği Platon'un ortaçağlar boyunca etkisini sürdüren fikirlerinden biriydi. Rahipler bu ruhlara, adları İncil'de de geçen, birtakım perilerin kimliklerini verdiler. Perilerin oluşturduğu hiyerarşik düzenin üstünde, tüm evrene egemen Tanrı yer alıyordu. Göksel düzenin altında, gene hiyerarşik insandan en düşük düzeydeki kırıntılara giden yolda hayvanlar, bitkiler ve diğer yaratıklar sıralanıyordu. Bu hiyerarşik düzen yaşamın her cephesini niteliyordu. Göklerin en yüksek katındaki Tanrı'dan cehennemin dibindeki zebanilere dek herkes ve her şeyin bu düzende yeri ve sırası belliydi. Kilisenin resmi görüşü olmuştu bu. Nitekim, bu görüşün fiziksel yönüne itiraz etti diye kilise, John Philoponos'u aforoz etmişti. Philoponos küreleri perilerin hareket ettirdiğini kabul etmiyordu. Ona göre, kürelerin hareketi başlangıçta Tanrı'nın uyguladığı itiş'in henüz etkisini yitirmemiş olmasındandır. Nasıl ki, ağır cisimlerin bırakıldığında yere düşmesi Tanrı'nın onlara verdiği düşme eğiliminden ileri gelir. Bu bakımdan yersel ve göksel cisimler arasında temelde bir ayrılık yoktur. Philoponos, "impetus" (ilk itiş) teorisi ile Aristoteles'in harekete ilişkin öğretilerini reddediyordu. Ona göre, hareket için sürekli kuvvet uygulaması gerekmez; cisim aldığı itiş hızı kesilinceye dek hareketini sürdürür. Bu nedenle havada olduğu gibi boşlukta da hareket mümkündür; ve boşluk olanak dışı değildir.

Philoponos'un bu görüşünün etkisi daha sonra görülecektir. 13. yüzyıla gelinceye dek Proclus'un bahsettiği ve öğrencisi Dionysios'un elinde Yeni-Platonculuk ile Hıristiyanlığın bir birleşimini temsil eden teori egemenliğini sürdürür.

Uyanmaya Giden Yolda İlk Kıpırdamalar

6. yüzyılın ilk yarısında yer alan iki olay, klasik çağın her yönüyle sonunu, karanlık çağın başladığını simgeler: Bunlardan biri İmparator Justinian'ın, Platon ile Aristoteles'in Atina'daki okullarını, Hristiyanlığa aykırı sayıp kapatması; diğeri Romalı bir soylu olan Boethius'un "seküler" (laik) nitelikteki yazılarından dolayı kilise tarafından ölüm cezasına çarptırılması. Boethius, gerçekten antik düşüncenin son temsilcisiydi. Aristoteles ve Platon üzerine yaptığı yorumlar özgün Yunan kaynaklarına dayanıyordu. Ayrıca, onun "quadrivium" dediği aritmetik, geometri, müzik ve astronomi üzerine yazdığı kitaplar ortaçağlar boyunca ders kitapları olarak kullanılmıştır. Bilgi alanlarını doğa bilimleri, matematik ve teoloji olarak sınıflaması kendisini izleyenlerce olduğu kadar, daha sonra Aquinolu Tommaso tarafından da benimsenir. Boethius'un ölümüyle birlikte klasik ruh adeta yeryüzünden silinir. Atina ve Roma devlet olarak çökmekle kalmaz; aynı zamanda düşünür ve sanatkâr olarak Yunan soyu tükenir, hukukçu ve yönetici olarak Romalı ortadan kalkar.

Şu kadar ki, Batı Avrupa'da karanlık çağ tüm olumsuz özellikleriyle hüküm sürerken, Bizans'ta üstü örtülü de olsa Yunan ve Roma geleneği sıcaklığını koruyordu. Aynı geleneğin, değişik biçimlerde Suriye'den İran körfezine kadar uzanan bölgede de sürdüğü görülür. İran'da Cündişapur, Atina'daki okulların kapanması üzerine Yeni-Platoncuların gelip sığındığı önemli bir merkez olur. Burada, Aristoteles, Platon ve diğer filozoflardan yapılan çeviriler yoluyla Yunan düşüncesi ile Hint, İran ve Suriye kültürleri geniş temas olanağı bulur. İlerde de göreceğimiz gibi, bu etkileşim, İslam bilimi aracılığıyla, Avrupa'nın yeniden uyanmasında etkisini gösterecektir. Öte yandan Roma hukukunun Justinian Enstitüleri'nde "kanunname" biçiminde toplanması, rasyonel düzen anlayışının devamını sağladıktan başka, bir yandan Evrensel Kilise'nin dayandığı temel ilkelerin, öte yandan daha sonra "skolastisizm" denilen entelektüel sentezin oluşumunda önemli rol oynar.

Kuşkusuz, karanlık dönemin tümüyle karanlık olduğu; hiçbir

umut ışığına yer vermediği söylenemez. Klasik çağdan kalan bilgilerin, dağınık ve sönük de olsa, yer yer ışıldadığını yadsımak güçtür. Özellikle manastırların kapalı dünyasında öğrenme geleneği kendini sürdürmekten geri kalmaz. Kaldı ki, rahipler doğa bilimlerine karşı besledikleri kuşku ve küçümsemeyi hekimliğe karşı göstermekten kaçınırlar. Üstelik, başlangıçta manastırlarda klasik bilgi ile büyü'nün bir karışımı olan hekimlik giderek rasyonel bir nitelik kazanır. Bu gelişmede, Benediktinlerin Hipokrat ve Galen geleneklerine dönmeleri başlıca etken olmuştur. Denebilir ki, uyanmaya giden yolda ilk adım, Salerno'da (Napoli'nin güneyinde bir kent) açılan tıp okuluyla atılmıştır. Bu okul, Hipokrat ve Galen'den kaynaklanan kitaplar üretmiş, 9. yüzyılda yetiştirdiği hekimleriyle ün kazanmıştır. 11. yüzyıldan itibaren Arapça kaynaklardan da çeviriler yaparak öğrenimin güçlenmesine ve yayılmasına yol açmıştır. Başlangıçta bir Yunan kolonisi olan, daha sonra Romalılar için önemli bir sağlık merkezi haline gelen Salerno, klasik geleneğin kopmadan sürdürüldüğü belki de tek yer olmuştur.

Okur-yazarlığın seyrek, dayanaksız inançların son derece yaygın olduğu bir dünyada entelektüel uğraş yok denecek kadar azdı. Daha önce değindiğimiz gibi, Boethius'un Yunan kaynaklarından (özellikle Aristoteles, Öklid ve diğer klasik yazarlardan) yararlanarak mantık, geometri ve astronomi üzerine yazdığı kitaplar uzun süre el kitabı olarak kullanıldı. 7. yüzyılda, Seville'li İsidore'un hazırladığı *Etymologies* birçok bilgi ansiklopedileri için sonraki dönemlerde model olur. 8. yüzyılda Bede, Avrupa'nın kuzey kesimlerinde bile Pliny ile aritmetiğin büsbütün unutulmamış olduğunu gösterir. Ne var ki, bu çabalar kaybolmaya yüz tutmuş bir geleneğin zayıf kıpırdamalarından ileri geçmiyordu. Geometri adına, Öklid'e ait birkaç teoremin ispata gitmeksizin betimlenmesiyle yetinildiği görülüyor. Bilgin geçinenler paralelkenar üzerinde kafa yoracak kadar basit kimselerdi. Araştırmacı kafanın yerini safdillik, bilimin yerini akıldışı inançlar almıştı. Cehaletin bu girdabından kurtulmak, geçmişin yüceliğini yansıtan aynayı geriye kalan birkaç kırık parçadan yeniden kurmak, gerçekten inanılması güç bir atılım demektir.

2. İSLAM DÜNYASINDA BİLİM

Büyük Atılım

İslam dininin ortaya çıkışıyla tarihin parlak dönemlerinden biri başlar. Arapların başlangıçta komşu ülkelerin fetihleriyle başlayan yayılmaları çok geçmeden bilim ve felsefede önemli meyvelerini verir. M.S. 8. ve 12. yüzyıllar arasında geçen 400 yıllık dönemde bilim ve düşüncenin meşalesi, Atlas Okyanusu kıyılarından Kuzey Hindistan ve Orta Asya'ya kadar uzanan İslam dünyasında yanar.

İslamiyet'ten önce Arabistan uzun yüzyıllar gezgin kabile ve ya aşiretlerin yaşadığı bir bölgeydi. Habeşistan, Bizans ve İran'da yaygın olan Musevilik ve Hristiyanlık etkisini gösterinceye kadar bölgede çoktanrılı ilkel bir din, yer yer putperestlik egemendi.

M.S. 570'te dünyaya gelen Muhammed, zengin dedesinin koruyuculuğunda büyüdü. Hatice adında zengin bir dulla evlendi ve bir ara kervanla ticaret yaptı. Kırk yaşından sonra onda yeni bazı dinsel ilgilerin canlandığı görüldü. Kendisine vahyedilen kutsal gizini ("Allah tektir; Muhammed, O'nun peygamberidir") ilkin yalnız karısına ve çok yakınlarına açabildi. Bu giz daha geniş çevrelere duyurulunca peygamber Mekke'den Medine'ye göçmek zorunda kaldı (M.S. 622). Burada da yakın ilgi ve anlayış gördü; ortaya attığı din kısa zamanda benimsenme olanağı buldu.

Yeni inancın verdiği güçle Araplar askeri fetihlere girişmekte gecikmezler. M.S. 622-650 arasında Filistin, Irak, Suriye ve Mısır'ı ele geçirirler. Daha sonra doğuda İran'a ve Türkistan'a, batıda Kuzey Afrika'dan İspanya'ya kadar uzanırlar. Baş döndürücü bir hızla dünyanın en büyük imparatorluklarından birini kurarlar. Ne var ki, imparatorluğun ömrü uzun sürmez. Bilim ve kültürde ulaşılan üstünlük 11. yüzyılın sonlarından itibaren kaybolmaya yüz tutar; yönetimde baş gösteren gerileme ve bozukluklar çok geçmeden tam bir çöküşle son bulur.

İslamiyet'in hızlı yayılmasında, unutmamak gerekir ki, diğer din veya inançlara karşı gösterilen hoşgörünün payı büyüktür. Birçok yerlerde ezilmiş ve horlanmış halklar Müslümanları

kurtarıcı olarak karşıladılar. Arapların daha üstün kültürlü toplulukları yönetimlerine almaları başka türlü nasıl mümkün olabilirdi?

Araplar aslında ne koyu dindar, ne de gerçekten asker ruhluydular. Başka ülkeleri ele geçirmeleri ortadaki bir boşluğu doldurmaya, bir bakıma da belki yeni dini yayma amacına yönelikti. Ancak bu açılış onlara Yunan ve Roma mirasıyla temasa gelme olanağı sağladı; gittikleri kültür ve bilim merkezlerinde gördükleri onlarda öğrenme isteğine güçlü bir hız kazandırdı. Vakit kaybetmeden, unutulmaya yüz tutmuş Yunan bilgi hazinesini ortaya çıkarmak ve Arapçaya mal etmek yoluna gittiler. İskenderiye’de bulduklarına Suriye ve İran’da bulduklarını eklediler. Özellikle Nesturilerin toplandıkları Cündişapur İslam dünyası için bir süre kültür ve bilim merkezi oldu. Çalışkan Nesturi’ler, Yunan klasiklerini Arapçaya çevirme işine koyuldular. Çok geçmeden çevirici, yorumcu ve inceleyici olarak başarılı sonuçlar ortaya koydular. Amaçları, yeni bilgi üretmekten çok eldeki bilgileri toplamak ve işlemekti. Araplar, Suriye’yi ele geçirdiklerinde orada yaşayan Nesturileri Aristoteles gibi bilginlere ait eserleri okuyor buldular. Arapların Yunan düşüncesiyle ilk temasları böyle başlar ve daha baştan Nesturilerin etkisi altında Aristoteles’i Platon’a üstün tutma yoluna giderler. (Aristoteles’in mantık öğretisini beğenen Nesturiler, İran’a göç ettikten sonra da entelektüel çalışmalarını sürdürmekten geri kalmazlar.) 8. yüzyılın sonlarına doğru ünlü halife Harun-el-Raşid, Aristoteles’in tüm kitaplarını, Hipokrat ve Galen gibi ünlü hekimlerin yapıtlarını Arapçaya çevirtir. Sonra gelen halifelerin de aynı yolu izlediğini görüyoruz. Örneğin, El Mamun Bizans’a, hatta Hindistan’a kültür elçileri göndererek çevirmeye değer başka yapıtlar toplamaya koyulur.

Arapların, kendilerinden önce Bizanslıların yaptığı gibi, insanlığın bilimsel ürünlerini toplama ve koruma yolundaki çabaları bilim ve düşünce tarihinde önemli bir yer tutar. Kaldı ki, bazı alanlarda azımsanmayacak özgün katkıları da vardır. En parlak başarıları matematik, tıp ve kimya alanlarında kendini gösterir. Fizik ve gözlemevlerini kurma dışında, astronomide, önem-

li bir katkıları göze çarpmaz. Yunan ve Hint kaynaklarından yararlanarak ortaya attıkları “atom” teorisi rasyonel olmaktan çok dinsel nitelikteydi. İslam bilginleri için yalnız madde değil, uzay ve zaman da atomsal yapıya sahipti. Allah atomları tüm özellikleriyle her an yeniden yaratır. Bu sürekli yaratış, evrenin sürekliliğini koruması için gereklidir. Aksi halde tüm varlık bir rüya gibi yokluğa karışır.

İslam biliminin parlak dönemi 8. yüzyılın sonlarında başlar. Kimya ve hekimlikte sağlanan büyük gelişmeler de bu döneme rastlar.

Kimya alanındaki çalışmalar başlangıçta günlük ve pratik amaçlara yönelikti: Pişirme, metal-işleme, ilaç yapma, vb., bu çalışmalar arasında başta geliyordu. Ortaçağ Hristiyanları gibi Müslümanlar da uzun süre simya ile ilgilendiler: Bayağı türden metali altına çevirme, hayat iksirini bulma başlıca kaygılarıydı. Ancak bu arada birçok madde ve kimyasal etkileşimlerin de keşfedildiği görülmektedir. Gerçek kimya bilimi ile hekimliğin gelişmesinde önemli olan bu sonuçlar, daha sonra İspanya yoluyla Avrupa’ya geçmiştir.

İslam dünyasının en ünlü kimyageri (aynı zamanda simyageri) 8. yüzyıl sonlarında yetişen Ebu Musa Cabir İbn Hayyan’dı. Cabir, sonraları Latinceye çevrilen pek çok kitap yazar. Ayrıca, şimdi kurşun karbonat denilen bileşiği hazırladığı, arsenik ve antimonu sülfürlerinden ayırdığı söylenir. Metal işleme, kumaş ve deri boyama, sirke damıtarak konsantre asetik asit elde etme gibi kimyasal işlemlerin ayrıntılı açıklamalarını vermiştir yapıtlarında. Ona göre metaller arasındaki farklar, sülfür ve cıvayı değişik oranlarda taşımalarından ileri gelir. Kükürt (ateş), cıva (sıvı) ve tuz (katı)’un tüm maddelerin temel elementleri olduğu teorisini ortaya atar. Bu teori, Demokritos’un atom teorisine Empedokles’le Aristoteles’in dört element (ateş, su, toprak, hava) teorisine rakip olarak 17. yüzyıla kadar geçerliğini sürdürmüştür. Cabir’in ortaya attığı bazı fikirler teorik yönden pek parlak olmamakla birlikte, uzun süre doğru sanılmıştı. Örneğin, ona göre yanma olayı yanan cisimlerin kendi maddelerinden bir şey yitir-

mesi demekti. Bu görüş, daha sonra göreceğimiz gibi, 18. yüzyıl sonlarına dek bilimde önemini korumuş, ancak oksijen bulunduktan sonra geçerliğini yitirmiştir.

Kimyanın gelişimi yönünden ikinci bir isim de Geber'dir. Geber'in kimliği üzerinde bazı tereddütler olmuştur. Kimine göre Geber ile Cabir aynı kimseye verilen değişik adlardır. Öyle de olsa, bu kimsenin kimya tarihinde önemli bir yer tuttuğu kesin. Bilim tarihçisi Singer, onu "İslam simyasının ve dolayısıyla modern kimyanın babası" diye nitelemektedir.⁽¹⁾

Bilindiği gibi simya, modern kimyadan yöntemleri yönünden çok amaçları yönünden ayrılık gösterir. Bu, İskenderiye döneminde böyle olduğu gibi, İslam döneminde de böyleydi. Simyanın temel amacı, pratik niteliktedir: Bayağı maddeleri altın veya gümüşe çevirmek. Bu nedenle Geber'in çalışmaları buharlaştırma, süzme, eritme, damıtma, kristalleştirme gibi yöntemler üzerinde toplanmıştı. Ayrıca, cıva sülfatı ve bazı oksitleri bulduğu, sülfürik ve nitrik asitleri hazırladığı kaydedilir. Hatta rivayete göre, altını bile eriten "kral suyu" (aqua regia) karışımını bulan da odur.

İslam biliminin altın çağı 9. yüzyılın sonlarında başlar. El Kindî (M.S. 800-873)'nin fizik ve felsefe üzerindeki incelemeleri ile İran'lı hekim Abubekr El-Razî'nin Bağdat'taki çalışması bu dönemin ilk ürünleridir. El Razî özellikle çiçek ve kızamık hastalıkları üzerindeki eserleriyle tanınmıştır. O, edindiği kimya bilgisini hekimliğe uygulayan ve hidrostatik teraziyi ilk kullanan, çağının önder hekimiydi.

Matematik, Astronomi ve Fizik

9. yüzyılda Eski Yunancadan Arapçaya yapılan çeviriler arasında "Öklid"ın *Geometrinin Öğeleri* ile Batlamyus'un *Almagest*'i de yer alıyordu. Ayrıca, Arapların Hint kaynaklarından aldıkları sayı sistemi, sıfır için bir rakamın bulunup eklenmesiyle tamamlanmıştı. Avrupa'da 12. yüzyılın sonlarına dek kullanılan kullanışsız

(1) C. Singer, *Short History of Science*, s. 132.

Roma rakamlarının yerine geçen bu sistem bugün bile “Arap rakamları” diye anılır.

Arapların geliştirdiği sayı sisteminin Avrupa’ya geçmesini sağlamada, Halife El Memun’un kütüphanecisi El Harezmi’nin cebir üzerine yazdığı önemli bir kitap başlıca rolü oynamıştır. Müslümanların Hint kaynaklarıyla temasları İran yoluyla olmuştur. Matematik ve astronomi bilgilerini bir ölçüde Sanskritçe’den yapılan çeviriler sağlamıştır. El Harezmi’nin Hint hesaplama tekniğini İslam dünyasına tanıtan kitabı daha sonra *Aritmetik* adıyla Latinceye çevrilmiş, uzun süre Avrupa’da ders kitabı olarak okutulmuştur.

İslam astronomları içinde iki isim, Muhammed El Battani ile İbn Yunus, dikkati çeker. Battani, ilkbahar noktasının presesyonusunu, Batlamyus’tan daha doğru olarak yeniden hesaplar ve astronomi tablolarından yeni bir takım hazırlar. Arapların belki de en büyük astronomu Yunus ise Kahire’de Güneş ve Ay tutulmaları üzerinde kendisine ün kazandıran gözlemler yapar. Yunus’un trigonometri alanındaki katkıları da büyük önem taşır.

İslam bilginlerinin optik alanındaki çalışmaları da dikkate değer. Söylentiye göre, İskenderiye’ye yakın Faros adasındaki fener kulesi, denizin açıklarında çıplak gözle görülmesi olanaksız gemileri göstermeye elverişli araçlarla donatılmıştı. Araplara gelinceye dek bundan daha ileri bir gelişme göze çarpmamaktadır. 9. yüzyılda Basra ve Bağdat’ta çalışmalarını sürdüren El Kindî’nin optik üzerinde, özellikle ışık kırılması konusunda kitap yazdığı görülmektedir. Ondan 150 yıl sonra gelen El Hazen de Kahire’de gene aynı konuda çalışmıştır.⁽¹⁾ El Hazen, Batlamyus’un ışık kırılmasıyla ilgili olarak bulduğu yasanın ancak küçük açılar için doğru olduğunu ortaya koyarsa da, doğru yasayı kendisi de bulamaz. İncelemeleri arasında küresel ve parabolik aynaların özellikleri, merceklerin büyütme nitelikleri gibi konular da yer alır. Günümüze dek kendi adıyla bilinen prob-

(1) Batı dünyasında El Hazen adıyla bilinen bilim adamının gerçek adı İbnü’l Heysem’dir.

lemi (bir ışık kaynağının konumları ile bir merceğin oluşturduğu görüntüler arasındaki ilişki) çözer. Daha da ileri giderek, görme olayının doğru bir açıklamasını yapar. Öklid ve Batlamyus'a göre görme, gözden çıkan bir şeyin görülen nesneye uzanıp onu kavraması demektir. Oysa El Hazen'in buna ters düşen bir sav ileri sürdüğünü görüyoruz. Ona göre görme, görülen nesneden göze geçen bir şeyle oluşur. Böylece El Hazen'le optik biliminin modern niteliğini kazanmaya başladığı söylenebilir. Latinceye çevrilen yapıtları uzun süre etkisini sürdürmüş, özellikle Roger Bacon'u etkilemiştir. İslam dünyasında bilimin en parlak dönemine ulaştığı 11. yüzyılda El Hazen matematikte, İbn Sina (M.S. 980-1037) ise zamanın tüm bilim kollarında ün yapmış üstün bilginlerdi.

İbn Sina'nın *Kanun* adlı kitabı İslam kültürünün en yüce yapıtlarından biriydi. Bu kitap İslam dünyasında olduğu kadar daha sonra Avrupa'da da geniş etki yapmıştır. Latince çevirisi uzun süre birçok Batı üniversitelerinde (özellikle hekimlik alanında) ders kitabı olarak okutulmuştur. İbn Sina, zamanının tüm bilgi kollarını kapsayan *Şifa* adlı yapıtıyla da Batı dünyasında etkili olmuştur.

İslam Biliminin Belirgin Özelliği

M.S. 10. yüzyılın başlarından itibaren Arapça geniş bir bölgede, daha önce eski Yunancanın oynadığı rolü oynar; bilim ve felsefede klasik dil niteliği kazanır. Şu farkla ki, Yunanca özgün araştırma ve yaratıcı düşüncenin anlatım aracıyken, Arapça başlangıçta daha çok çeviri yoluyla edinilen bilgi ve kültürün işlendiği bir dil olmuştur. Gerçekten İslam dünyasında gerçek bilimsel ilerleme ve buluşlardan çok ansiklopedik bilgi toplama ve bunlar üzerinde yorum yapma önem kazanmıştır. En seçkin bilgin ve düşünürler bile doğa ile doğrudan karşılaşmak yerine, kitaplardan öğrenmeyi ve öğrendiklerini gene kitaplara dökmeyi yeğlemişlerdir. Örneğin ilk Arap filozofu sayılan El Kindi'nin, son derece değişik konularda 265 kadar kitap yazmış olması başka tür-

lû nasıl mümkün olabilirdi? Genç hekim olarak büyük ün yapan İran'lı El Razi'nin yalnız kendi alanında değil, başka alanlarda da (örneğin simya, teoloji, felsefe, matematik ve astronomi konularında da) kitaplar yazdığını biliyoruz. El Birûni de böyle çok yanlı bir bilgindi; o da bir hekim olduğu kadar bir tarihçi, bir matematikçi, bir astronom, bir fizikçi ve bir coğrafyacıydı. Bir yandan tarihçi olarak büyük ün kazanırken, öte yandan Archimedes yöntemiyle birçok değerli taş ve metallerin özgül ağırlıklarını saptadığına tanık oluyoruz.⁽¹⁾ Bu çok yanlılık ve ansiklopedik özelliğin bir örneği de 11. yüzyılda yaşayan Ömer Hayyam'dır. Hayyam, büyük bir şair olarak bilinir; fakat o, aynı zamanda astronomi ve cebir alanlarında da önemli çalışmalar yapmıştır.

İslam bilim ve kültürü 11. yüzyıla dek canlı ve parlak dönemini sürdürür. Ancak aynı yüzyılın sonlarına doğru bir duraklama, yer yer gerileme başlar. Artık altın çağ sona ermiştir. Zayıf düşen imparatorluk da çöküntüyle karşı karşıyadır. Özellikle doğu kesiminde çöküntü ve anlaşılmazlık hız kazanır: Bilimin dine aykırı olduğu, kutsal inançları zayıflattığı iddiası daha bir yoğunluk kazanır; felsefeye karşı şüphe ve muhalefet büyür. Kimi doğu Müslümanları giderek kendilerinden önceki Hristiyanlar kadar bilim ve felsefe düşmanı kesilirler.

(1) M.S. 973'te Harizm'in başkenti Kath'da dünyaya geldiği ve Özbekistan'da yaşadığı sanılan El Birûni'nin adına son günlerde (1983) gazetelerde rastlayınca şaşırmadık. UNESCO'nun birçok dillerde yayımladığı *Görüş* dergisi bu büyük bilgene ayırdığı özel sayısında onu şöyle betimliyor: "Bin yıl önce Orta Asya'da yaşayan bir deha. Astronom, tarihçi, botanist, farmakolog, jeolog, ozan, filozof, matematikçi, coğrafyacı, hümanist." Ayrıca Tacik bilgini Gafurov'un aynı sayıda çıkan yazısında şu satırlar göze çarpmaktadır: "... Bıraktığı yapıtlar hakkında bilgimiz arttıkça büyüklüğü ortaya çıkan o dev zekâlardan biri... El Birûni, çağına göre öylesine ileridedir ki, zamanının bilginleri onun en parlak buluşlarını kavrayamıyordu. Son derece basit bir formülle yerkürenin çevresini ölçen ilk bilim adamı odur. Dünyanın Güneş'in çevresinde dönme olasılığının var olabileceğini de o belirtmiştir. Jeolojik dönemlerin birbirini izlediği görüşünü de El Birûni ortaya atmıştır."

NOT: "Yerkürenin çevresini ölçen ilk bilim adamı odur", yargısı doğru değildir. Bu hesaplamayı doğruya yakın ilk kez, Eratosthenes M.Ö. 3. yüzyılda gerçekleştirmişti. Bkz. s. 61-62.

Doğuda bunlar olup biterken, Batı kesiminde değişik bir gelişme göze çarpmaktadır. Bilim ve kültür etkinliği canlılığını İspanya'da sürdürür. Denebilir ki, Doğu'da felsefenin uğradığı eleştiri ve hücumlar, Batı'daki ilgiyi adeta kamçılayıcı rol oynamıştır. Bu dönemde İspanya; İslam, Hristiyan ve Yahudi kültür geleneklerinin karşılaştığı ve karıştığı ilginç bir yerdir. Felsefe dinsel inançlarla eski Yunan'dan beri sürüp gelen laik düşünceyi uzlaştırma çabası içine düşer. Akla önem veren filozoflar ile Tanrısal vahye dayanan teologlar arasında bitmez tükenmez tartışmalar dönemi başlar. Teologlar için asıl olan, dinsel yaşam ve kutsal kitaplarıdır. Bu alanda ne akla, ne de akla dayanan bilim ve felsefeye geçerlik tanıyorlardı.

İşte bu ortamda büyük bir İslam düşünürü olan İbn Rüşt'ün (1125-1198) yetiştiğini görüyoruz. İbn Rüşt için din kişisel olup, iç dünyamızla ilgili bir sorundur. Oysa, dinin teolojik bir biçimde ortaya konması hem dinin kişisel niteliğini bozmakta, hem de bilimsel düşüncenin gelişmesini engellemektedir.

İbn Rüşt'ün görüşleri, teologların, özellikle Ortodoks Hristiyan teologların, öğretileriyle bağdaşır nitelikte değildi. Bu yüzden uğradığı şiddetli hücumlara karşın etkili olmaktan geri kalmaması, onun ne derece güçlü olduğunu gösterir. Nitekim, daha sonra üniversite çevrelerinde Aristoteles çapında büyük bir bilgin sayılması da boşuna değildir.

İspanya'da aynı dönemde yetişen bir başka ünlü kişi de Yahudi asıllı hekim Maimonide'dir. Kurtuba (Cordoba)'lı olan bu bilgin, hem matematik ve astronomi, hem de felsefe alanında eserler verdi. Onun ortaya koyduğu en önemli çalışma, Gazalî'nin İslamiyet'te, Aziz Aquinolu Tommaso'nun Hristiyanlıkta yaptığı skolastizme benzer bir Yahudi skolastizmi geliştirmekti. Başka bir deyişle, o da ötekiler gibi belli bir teolojik sistemi Aristoteles felsefesiyle bağdaştırmaya çalıştı.

İbn Rüşt'den sonra İslam dünyasının batı kesiminde de felsefe çalışmaları durur. Daha önce Gazalî (1058-1111)'nin etkisiyle doğu kesiminde felsefeye karşı baş gösteren düşmanlık giderek tüm İslam dünyasını etkileme gücü kazanır. Gazalî'nin, *Filozofların*

Yıkımı adlı kitabında felsefenin gereksizliği, hatta zararı üzerinde durduğunu görmekteyiz. Ona göre, tüm doğrular *Kur'an*'da vardır; başka türlü bir düşünce veya araştırmaya gerek yoktur.

Gazali'nin karşısına *Yıkımın Yıkımı* adlı kitabıyla İbn Rüşt çıkarsa da, ortalığı saran dinsel bağınazlığa karşı fazla etkili olmaz.

3. İSLAM BİLİMİNİN BATI'YA ETKİSİ VE GERİLEME NEDENLERİ

İslam Bilimi Batı'yı Nasıl Etkiledi?

İspanya'da bilim ve felsefe etkinliği özellikle iki merkezde (Kurtuba ve Toledo kentlerinde) yoğunlaşmıştı. Halife Abdurrahman III ile Halife El Hakâm II'nin özel teşvik ve destekleriyle bir medrese (akademi) ve bir kütüphane kurulur. Arapça kitapların Latinceye çevrilmesiyle bu kitaplarda toplanmış olan bilgi ve düşüncelerin Avrupa'yı etkileme olanağı doğar. Arap diline ve Arapça kaynaklara karşı yakın bir ilgi başlar. Örneğin, daha sonra Papa Sylvester II diye bilinen Gerbert, Arapların geliştirdiği bir hesap tahtası (abacus)'nın kullanılmasını sağlar. Gene bir din adamı olan Sakat Herman da matematik ve astroloji üzerinde, İslam biliminin belirgin etkilerini taşıyan kitaplar yazar. Bir İngiliz olan Bath'lı Adelard (1090-1150) kendini bir Müslüman öğrenci gibi gösterip Kurtuba medresesindeki dersleri izler, memleketine dönüşünde *Doğal Sorular* (*Natural Questions*) adı altında İslam biliminin geniş bir özetini yayımlar. Yıllarca İspanya'da kaldıktan sonra Londra'ya dönen başka bir İngiliz (Chester'li Robert) de öğrendiği simyayı Batı dünyasına tanıtır. Bu ve benzeri kimselerin yazdığı kitaplar aslında İslam bilginlerine ait eserlerin bir tür çevirisi olmaktan ileri gitmiyordu.

12. yüzyıldan başlayarak Avrupa'da bilim ve felsefeye karşı ilginin uyanmasında ve güç kazanmasında çeviri başlıca etken olmuştur. Arapçadan Latinceye yapılan çeviriler arasında ünlü Arap bilginlerine ait çalışmalar yanında birçok Yunan klasik-

leri de yer almıştır. Avrupa tam bir susuzlukla Aristoteles, Öklid, Archimedes, Apollonius ve diğer önemli bilginlerin yapıtlarını okumaya başladı. Bath'lı Adelard'ın İspanya'dayken ele geçirdiği Öklid'in *Geometri*'sinin Arapçadan çevirisi, 1533'te özgün Yunanca metin ele geçinceye dek, Batı Avrupa üniversitelerinde ders kitabı olarak okutulur. Cremona'lı Gerard (1114-87) Toledo'ya gidip Arapça öğrendikten sonra, Arap kaynaklarından Latinceye 92 kitap çevirir. Bunlar arasında Batlamyus'un *Almagest*'i ile Öklid'in *Geometrinin Öğeleri* gibi ünlü klasikler de yer almıştır. İslam biliminin Batı'ya yaptığı en büyük armağanlardan biri hiç kuşkusuz, daha önce de belirttiğimiz gibi, "Arap" sayı sistemi olmuştur. Avrupalılar 13. yüzyıldan itibaren Roma rakamları yerine çok daha kullanışlı olan bu sistemi benimsemişlerdir. Matematiğin daha sonraki büyük gelişmelerinde bu değişikliğin payı, bilindiği üzere, çok önemlidir.

Kuşkusuz, İspanya'daki bilimsel etkinlikler salt çeviriden ibaret değildi. Özellikle astronomi alanında bazı özgün çalışmalar da göze çarpar. Örneğin, Kurtuba'lı bir astronom olan Arzachel'in, Kepler teorisini haber veren bir hipotezi, gezegenlerin Güneş çevresinde elips yörünge çizdikleri hipotezini, ileri sürdüğü bilinmektedir. Seville'li bir başka astronom (El Bitrugı) ise Batlamyus'un sıklık ve episikllerle karmaşık olan sistemi yerine ortak-merkezli bir sistem önerir. Ne var ki, vaktinden önce ortaya atılan bu gibi düşüncelerin, daha fazla etkili olacağı beklenemezdi.

Kısaca demek gerekirse, sonraki gelişmeler yönünden İslam döneminin bilime kazandırdıklarını şu üç nokta etrafında toplayabiliriz: 1. Cebir ve trigonometride bazı ilerlemelere karşı geometride Öklid'i aşan herhangi bir gelişme göze çarpmaz. Bugün kullanılan sayı sistemi, kökeni Hint kaynaklarında da olsa, Arapların bilim dünyasına armağan ettikleri belki de en önemli katkılarını oluşturur. 2. Fizik, İslam döneminde olgulara dönük deneysel nitelik kazanır. Eski Yunan'ın spekülatif veya metafiziksel yaklaşımı bu dönemde etkisini yitirir. Buna bir örnek olarak, değerli taşların özgül ağırlıklarının Archimedes yöntemiyle saptanması gösterilebilir. Ayrıca, gene bu dönemde optik araçların

bilimsel değerin iyi anlaşıldığı görülmektedir. 3. Kimyadaki çalışmaların, simyadan tam bağımsız bir kimlik kazanmamakla birlikte, bilimsel yönden doğru yola çıktığı söylenebilir.

İslam Biliminin Gerilemesi

Bilimin ilerlemesi gibi gerilemesi de her çağ veya toplumda bazı koşullara bağlıdır. Sorunu basitleştirmek yönünden bu koşulları *maddi* ve *manevi* olmak üzere iki grupta gözden geçirebiliriz.

Maddi nedenler arasında ekonomik ve sosyal yapıdaki gerilik ya da gerileme başta görünmektedir. Klasik kültür ve bilimin gerilemesinde de benzer ekonomik ve sosyal nedenler vardır. Servet dağılımındaki derin farklar her iki halde de ekonomik çöküşü hazırlayan başlıca faktördü. Bizans İmparatorluğu'nun geciken çöküşünü de aynı nedene bağlamak mümkündür. Araplar, imparatorluğun özellikle Asya kesimindeki yerlerde büyük zenginliklere konukları gibi, büyük sorunlarla da karşılaştılar. Bu yerlerde köylü ve zanaat erbabının sürekli boyunduruk altında tutulması, etkili bir endüstri için ortamın oluşumuna olanak vermiyordu. Eldeki kaynak ve birikmiş servetin hızlı tüketimi karşısında ekonominin er geç çökeceği önlenemezdi. Araplar, Rusya, Orta Asya ve hatta Afrika'ya uzanan imparatorluklarında ticaret yoluyla sömürme politikası uygulamakla bu sonucu kaçınılmaz hale getirmişlerdi. Giderek büyük bir imparatorluğu ayakta tutacak askeri ve sivil organizasyonu yürütme güçleşti. 10. yüzyıldan itibaren Bizans İmparatorluğu gibi İslam dünyasında da yer yer sıkıntılar ve çöküntüler baş gösterir. Haçlı Seferleri sırasında her iki imparatorluk da, askeri ve kültürel yönden son derece zayıf birer yerel derebeylikler görünümü verir. Üstünlük Müslümanlardan Batı Avrupalılara geçmiştir. Ne ekonomik ne de kültürel yönden Batı ile boy ölçüşecek durumda değildir İslam dünyası artık.

İslam imparatorluğunun çöküşünde Asya steplerinden gelen Moğol ve Türk istilalarını da sorumlu tutanlar vardır. Ne var ki, imparatorluk iç yapısında sağlam olsaydı bu istilaların etkili olacağı düşünülemezdi. Zengin Mezopotamya'nın tarımsal çöküşü-

ne, Moğol istilası kadar, hatta belki daha fazla iç yönetim yetersizliği ve bozukluğu yol açmıştır.⁽¹⁾ Dıştan gelen istilaların esas neden olmadığı şuradan da belli ki, istilaya uğramayan Mısır ve Kuzey Afrika'da da çöküntü kendini göstermiştir. Kaldı ki, Moğol istilasına uğrayan Çin ve Hindistan gibi ekonomisi oldukça güçlü ülkelerde çöküntüye rastlamamaktayız.

Manevi koşullara gelince, bunları eğitim yetersizliği, din ve felsefe çatışması, gelenek eksikliği ve kişilerde salt bilgiye karşı ilginin zayıflaması gibi noktalarda toplayabiliriz.

İslam dünyasında bilim adamı yetiştirme, kuruluşa bağlı bir eğitim sorunu olarak uzun süre dikkatten kaçmıştır. Yetişen bilim adamları daha çok kişisel ve özel çabalara dayanmıştır. Tıp alanında bile yetiştirme özel öğretim veya usta-çırak ilişkisine bağlı kalmıştır. Medreselerin kurulması da bu durumu pek değiştirmemiştir. Bir kez, medreseler, bilimsel çalışmanın hızını yitirmeye başladığı bir dönemde kurulmaya başlamıştır. Sonra, bu kuruluşların programlarında dinsel konular esas yeri tutuyordu. Bunun dışında dil ve edebiyata da bir miktar yer veriliyordu. Oysa, matematik ve doğa bilimlerine hemen hiç yer verilmiyordu. Bu çalışmaların sürdürülmesi, bir kuşaktan öbür kuşağa geçişi, bir ölçüde rastlantıya, bir ölçüde de kişilerin özel çaba ve arzularına kalmıştı.

Medreselerin kuruluşlarındaki gecikme ile programlarının içeriği arasında ilişkiyi Prof. Dr. Aydın Sayılı şöyle belirtmektedir:

Denebilir ki, medrese sisteminin gelişmesi ve resmen kurulması evail ilimleri bakımından geç bir tarihe rastlamıştır. Eğer medrese mesela Memûn zamanında kurulmuş olsaydı evail [ilk dönem] ilimlerinin bu okullar programında önemli bir yer işgal etmiş olacağına muhakkak nazarıyla bakılabilirdi.⁽²⁾

(1) J. D. Bernal, *Science in History*, Vol. 1, s. 283.

(2) Sayılı, A., "Orta-Çağ İslam Dünyasında İlmi Çalışma Temposundaki Ağırlaşmanın Bazı Temel Sebepleri", *Araştırma*, I, D.T.C.E, Ankara, 1963.

İslam biliminin canlılığını yitirmesine bir başka etken de din ile felsefenin bağdaştırılamamış olmasıdır. Bilimlerin gelişmesi için özgür felsefi düşünce ve tartışmanın yaratacağı rasyonel bir atmosfere ihtiyaç vardır. Oysa, daha 10. yüzyılda felsefeye ve her türlü rasyonel düşünceye karşı giderek artan bir kuşku ve tepkinin yer aldığı görülür. Bilimlerin “aklı” ve “nakli” diye sınıflanması, medrese programlarında ikinci grubun egemen olması bu kuşku ve tepkiyi daha da derinleştirmiştir. Akla dayanan bilimler için ne kuvvetli bir ilgi, ne de elle tutulur bir teşvik vardı. Gerçi İslam dünyasında bilimlere karşı köklü ve yaygın bir olumsuz tutumdan bahsetmek güçtür. Ne var ki, bilimlerin muhtaç olduğu olumlu ve teşvik edici bir ortamın var olduğu da söylenemez.⁽¹⁾

Öte yandan İslam toplumunun kültür ve eğitim gelenekleri de ne sürekli ve sistematik bilimsel araştırmaları, ne de kişilerde evreni salt anlama merakını besleyici nitelikte değildi. Avrupa’da karanlık çağlarda bile eğitim az çok düzenli bir programa bağlı kalmıştı. İslam dünyasında ise medreseler kuruluncaya dek düzenli hiçbir eğitim geleneği yoktu. Oysa, Avrupa’da daha Şarhman zamanında (M.S. 800) manastırlar ve kilise okulları belli bir eğitim geleneği sürdürüyordu ve bu okullarda *trivium* (gramer, retorik ve diyalektik) ve *quadrivium* (aritmetik, geometri, astronomi ve müzik) denilen dersler okutuluyordu. Böylece, medreselerin tersine, Avrupa üniversiteleri için eski ve güçlü bir geleneğe dayanma olanağı vardı.

4. SKOLASTİK DÖNEMDE BİLİM

Batı’da Üniversitelerin Doğuşu

İslam dünyasında bilimsel çalışmalar yoğunluk kazanırken, başka yerlerde hiçbir kıpırdama olmadığını sanmak yanlıştır. Nitekim İslam biliminin Avrupa’yı etkilemesi, Avrupa’nın buna bir ölçüde hazır olduğunu gösterir. Gerçekten, 8. yüzyıldan baş-

(1) Sayılı, A., aynı kaynak, s. 32.

layarak Batı'da zaman zaman bazı girişimler göze çarpar; ne var ki, bu girişimler sürekli olmadığı gibi, çoğu kez tepeden inmedir; halkın temel eğitim yönünden yetersizliği nedeniyle gereğince başarılı olamaz. Kişilerin ilgisi bilimden çok sözde bilim olan simya, astroloji ve büyü gibi uğraşlara yöneliktir. Bunda da şaşılacak bir nokta yok: Bu konular insanların zayıf yanlarına hitap ederken, bilim her türlü pratik ilgilerin dışında kalıyordu.

Bununla birlikte, Batı'da yer alan girişimlerden birkaçına değinmek yerinde olur.

Bunlardan biri 787'de Fransa'da Şarlman (Charlemagne)'ın başlattığı eğitim hareketidir. İmparator, tüm kilise ve bağlı kuruluşların birer okul açmaları için kararname çıkarır. Laik eğitime yönelik bu okullar ileride kurulacak üniversitelerin çekirdeklerini oluşturur. Doğu'da üstü örtük de olsa canlılığını sürdüren eğitim ve öğretim geleneği böylece Batı'ya bir ölçüde aktarılma olanağı bulur. Bizanslıların 9. ve 10. yüzyıllarda kültüre daha fazla önem vermeleri, Antikçağdan kalma eserleri toplamaları, Doğu'nun etkisini daha da artırmıştır.

Hatta imparatorlar arasında bilimle yakından ilgilenenler de çıkmıştır. Örneğin, 10. yüzyılda Leo VI ile Konstantine VII adlı iki Bizans imparatorunun astronomiye yakın ilgi gösterdikleri görülür. Ne var ki, bu tür ilgilerin sınırlı kaldığı, bilimsel gelişme yönünden fazla etkili olmadığı gözden kaçmamaktadır.

Bu tür girişimlerin en çarpıcı örneğini bilindiği gibi, kutsal Roma İmparatoru Frederik II vermiştir. "Evrenin harikası" diye ün kazanan Frederik (1194-1250) çok yönlü yetenekleri ve son derece renkli kişiliği ile tarihin seçkin kişilerindendir: Devlet adamlığı yanında şair, asker, dilci yönleriyle de dikkati çeker. Frederik'in aynı zamanda gösteriş ve eğlenceye de büyük bir tutkusu vardı. İsa, Musa ve Muhammed'i, "sahte peygamberler" diye nitelemekten çekinmeyen Frederik, Papa ile sürekli didişme içine düşmüş, bu yüzden iki kez aforoz edilmiştir. Felsefe ve matematik yanında astroloji ve tıp da onun çok önem verdiği konulardı. Girişimleri arasında Napoli ve Padova üniversitelerini başlatmak da yer alır. Bu arada Yahudi çeviricilerden ya-

rarlanarak Arapçadan bir dizi bilimsel yapıtı Latinceye çevirtir. Tarihçiler, onun bu atılımlarıyla asıl amacının bilime yardımını, yoksa Papa'yı rahatsız etmek mi olduğu konusunda tam anlaşmış değiller. Önemli olan sonucun bilim yönünden parlaklığı: Öklid, Archimedes, Apollonius, Batlamyus gibi Helenist çağın ünlü bilginlerine ait yapıtların üniversitelerde ve aydın çevrelerde okunma olanağı bulması Frederik II'nin kişisel çabasıyla gerçekleşir.

Frederik II'nin bilimlere duyduğu ilgi amatörceydi; öyle de olsa, bu ilginin zaman zaman güçlü bir tutku niteliği kazandığı olurdu. Bir keresinde Pisa'daki gezisini yarıda keserek, o dönemin ünlü matematikçisi Pisa'lı Leonardo'yu başka matematikçilerle birlikte sınava çeker. İmparatorun sorduğu sorular, hem kendisinin yeteneği, hem de o zamanki matematik biliminin düzeyi hakkında fikir vermesi yönlerinden önemlidir. Bunlardan biri x gibi öyle bir sayı bulunmalı ki, x^2+5 , x^2 ve x^2-5 ifadeleri birer kare olsun. Doğru cevabı ($x=41/12$) Leonardo bulur. Bir diğer problem de, $x^2+2x^2+10x=20$ denklemini geometrik yöntemle çözmekti. Leonardo bunun olanaksızlığını gösterir, fakat cebirsel yoldan $x=1,3688081075$ çözümünü (ki ondalık dokuz basamağa kadar doğrudur) verir.

Frederik döneminde tıp ve hukuk öğretimi de yeni bir canlılık kazanır. Salerno, daha önce de belirtildiği gibi, tıp biliminin en önemli merkezi olmuştur. Bologna Üniversitesi hukuk öğretimi ile başlar, ama çok geçmeden tıp ve felsefeye de yer verir. Bu gelişmeler arasında öğrencilerin kendi haklarını korumak ve öğretim üyesi tutmak için *Universitas* adı altında kurdukları lonca ilginçtir. Aynı dönemde Paris'te de benzer bir gelişme göze çarpar: Öğretim üyeleri kendi yönetimlerinde bir diyalektik okul kurarlar. Bu model İngiltere'de de benimsenir. Oxford ve Cambridge üniversitelerinin ortaya çıkması, öğretim üyeleri loncası (*universitas*)'nın girişimiyle gerçekleşir.

Ne var ki, öğrenim üniversitelerde yoğunlaşmasına karşın, oldukça basit bir düzeydeydi. Hemen tüm programlarda dersler iki ana grupta toplanıyordu. *Trivium* denilen birinci grup gramer, re-

torik ve diyalektik (ya da mantık) gibi daha çok dilsel nitelikte konuları; *Quadrivium* denilen ikinci grup ileri düzeyde okutulan aritmetik, geometri, müzik ve astronomi gibi akademik dersleri içine alıyordu. Geometri adına okutulan Öklid'in teoremleri idi. Bunlar ispatlanmaksızın öğretilirdi. Aritmetik ve astronomi ise çoğu kez paskalyanın tarihini saptama ötesinde fazla bir ağırlık taşımazdı. Daha sonraları felsefeye de yer verilirse de, diyalektiğin bir uzanımı olmaktan ileri geçmez bu. Gerek Paris'te, gerek daha sonra Oxford ve Cambridge'de öğrenimin asıl odak noktasını kutsal inancın öğretisi teoloji oluşturunuyordu. Ortaçağ felsefesi, aslında, bu teoloji ile Aristoteles mantığının bir karışımından başka bir şey değildi.

Bilimin Gelişiminde Manastırların Rolü

13. yüzyıl yalnız üniversitelerin kurulduğu dönem olmakla kalmamış, bilimin gelişiminde önemli etkileri olan iki manastır düzeninin (bunlara "tarikat" da denebilir) ortaya çıkmasına da yol açmıştır: 1209'da Fransisken (Gri Frerler) tarikatı, 1215'de Dominiken (Siyah Frerler) tarikatı kurulur. Başlangıçta her iki tarikat da dinsel kuruluşlardı. Giderek birincisi bilime, ikincisi öğretisel felsefeye yaptıkları katkıyla tanınır.

Fransisken tarikatını kuran Assisi'li Aziz Francesco zengin bir tacirin çocuğuydu. Gençliğini şen ve şakrak geçiren Aziz Francesco'nun duygularında beklenmedik bir değişiklik meydana gelir: Rahat ve eğlence dolu yaşamını bir yana iterek, kendini hastaların iyileşmesine, günahkârların bağışlanmasına verir. Çevresinde toplananlarla birlikte manastır düzenine girer; dinsel öğretileri basit bir dille anlatarak halkı aydınlatmaya çalışır. Ancak sapkın (heretical) akımların yaygınlığı karşısında bu yöntemin yetersizliği anlaşıncı, Hristiyanlığı daha inandırıcı bir şekilde savunmak için her şeyden önce kendilerinin iyi bir eğitim almış olmaları gereği ortaya çıkar.

Dominiken tarikatının niteliği oldukça farklıydı. Tarikatın kurucusu Aziz Dominic meslekten bir teologdu; son derece sıkı ku-

rallara bağlı bir yaşamı vardı. Tek amacı sapkınlığın her türlüşünü kökünden kazımak ve tam bir yokluk içinde gerçek Hıristiyanlığı yaymaktı. Dominikenler de bu amaca ulaşmanın ancak bilgi ve eğitimle mümkün olduğunu anlamakta gecikmediler. Özellikle üniversitelere el atmak, öğretim kadrolarına yerleşmek gereğini duydular. Ne var ki, tarikatlarının ruhuna, giderek katılaşı ve sonunda Engizisyon'a dönüşen bir bağınazlık egemendi.

Rönesans'a gelinceye dek yetişen bilgin ve düşünürlerin büyük bir bölümü bu iki tarikatın ürünleridir. Fransiskan'ler daha çok bilime, Dominiken'ler ise düşünce tarihine önem verirdi.

Ortaçağın en büyük din düşünürü Aziz Aquinolu Tommaso (1225-1274) Dominiken düzenine bağlıydı. Hocası Albertus Magnus, Aristoteles felsefesini o zamana dek bilinen tüm bilgilerle (astronomi, coğrafya, zooloji, botanik ve tıp) birleştirme yoluna gider. Tommaso ise kutsal ve kutsal olmayan bilgilere akılcı bir temel arar.

Gerçekten skolastik düşünce, Hıristiyanlığa akılcı bir temel bulma çabasının ürünüdür. Başlangıçta bu temel Platon'un, daha sonra Aristoteles'in felsefesinde aranmıştır. Aslında karanlık çağda egemen olan Yeni-Platonculuğa göre daha rasyonel ve bilimsel olan Aristoteles'in görüşünü Hıristiyan düşüncesiyle birleştirme ve barıştırma son derece güç bir işti; hatta düpedüz dine aykırı bir girişimdi. 1209'da Paris'te bir kilisenin Aristoteles'i yasakladığı görülür; ne var ki, "Anlamak için inanıyorum" diyen Anselmus'a karşı, "İnanmak için anlamak gerekir" diyen Abelard'da belirgin bir nitelik kazanan bağımsız düşünme eğiliminin gücü karşısında kilisenin geleneksel direnci her nedense uzun sürmez; 1225'te Paris Üniversitesi, Aristoteles'in tüm yapıtlarının incelenmesini kabul eder. Anlamaya verdiği önemle 13. yüzyıl "aydınlık çağı"na giden yolu açan Abelard'ın *Sic et non (Evet ve Hayır)* adlı kitabında skolastik düşünme yöntemini çok açık bir biçimde belirttiğini görüyoruz: Bir yanda kilise adamlarının, öte yanda Platon ve özellikle Aristoteles'in görüşlerini karşılaştırarak ortak ve farklı noktaları gösterir; sonunda iki görüşün nasıl bağdaştığını, da-

ha doğrusu felsefenin dine nasıl bir rasyonel temel sağladığını ortaya koyar.

Aziz Tommaso, *Summa Contra Gentiles (Kâfirlere Karşı)* adlı kitabında, bilgi edinmenin iki kaynağından söz eder: Bunlardan biri inanç, diğeri doğal akıl yürütmedir. İnanç bilgisini kutsal kitaptan alır; doğal düşünme ise aklın süzgecinden geçirilerek düzenlenen ve yorumlanan duyu verilerini kullanır. Aziz Tommaso'ya göre bu sonuncu tür bilginin en yüce örneklerini Platon ve Aristoteles'de bulmaktayız.

Aziz Tommaso'nun en belirgin özelliği bu iki bilginin sentezini yapmaktır. Her iki bilgi türü de Tanrı'dan geldiğine göre, bağdaşır olmaları gerekir; nedeni şu ki, Tanrı kendisiyle çelişmez. Bundan çıkan sonuç şu: Platon ile Aristoteles'in Hristiyan diniyle uyum içinde olması gereği. O, başka bir yapıtında, *Summa Theologica*'da, bunu ispatladığı iddiasındadır. "Skolastisizm" denilen düşünme biçimi böylece tutarlı ve sistematik bir öğreti (doktrin) karakteri kazanır.

Karanlık çağ teologları, aklın kullanılmasını sakıncalı saymışlardı. Oysa Aziz Tommaso, dine bağlı olmakla birlikte, sistemini akılla ve aklın temeline oturtarak ortaya koyar. Hem Tanrı'yı hem de doğayı kavrama amacı güden bu sistemin temel dayanağı akıldır. Nitekim Tommaso, Aristoteles'in bilim ve mantığını olduğu gibi benimser. Tasım biçimindeki çıkarımlarda Aristoteles'in kullandığı öncüller Aziz Tommaso için, Katolik öğretileri dile getiren birer sezgisel aksiyom niteliğindedir. Oysa Aristoteles mantığı doğanın deneysel incelemesine elverişli olmaktan çok uzaktı. Skolastik düşünme yönteminin bilime ters düşmesi en başta bu noktada kendini gösterir.

Aziz Tommaso'nun oluşturduğu görüş Aristoteles bilimi ile Hristiyan öğretisinin kaynaştığı, yaratılışın amacı olarak insanın alındığı, evrenin insan duyarlılığıyla tanımlandığı bir görüştür. Tommaso için arz'ı evrenin merkezi kabul eden Batlamyus sistemi sadece işe yarar bir hipotezdir. Ne var ki, kendisini izleyenlerin onun "hipotez" diye nitelediği sisteme mutlak bir doğruluk gözüyle baktıklarına tanık olacağız. Tommaso'nun öğretisi giderek

katı, değişmez ve söz götürmez bir doğru sayılır; o kadar ki, ondan sonra Aristoteles'e yönelik en küçük bir eleştiriye yer verilmez artık. Aristoteles'e dil uzatmak, Hıristiyanlığa dil uzatmak demek olur.

• Skolastik düşünce 13. yüzyılda büyük bir güçle ve hızla yükselir; fakat sonraki iki yüzyılda aynı hızla geriler ve düşer. Her şeyi mantık kalıplarına dökme çabası, soyut ve genel kavramlar ötesinde yaşantıyla ilginin kesilmesi, skolastisizmin başlıca zaafıydı. Rönesans'la birlikte insan kafasını hazır ve katı kalıplar içinde tutmanın olanağı kalmayınca skolastisizmin düşmesi kaçınılmazdı. 16. yüzyıl, skolastik gelenekle birlikte Aristoteles'in de yıkılışına tanıklık edecektir.

Roger Bacon

Bilimin gelişiminde, fikirlerinde daha az dogmatik olan Fransiskan'ların rolü büyük olmuştur. Yetiştirdikleri yüksek din adamları arasında seçkin bilim adamları da yer alır. Robert Grosseteste (Oxford Üniversitesi Rektörü) ve John Peckham bunların başında gelir. Her ikisi de El Hazen'i izleyerek optik problemlere ilişkin kitaplar yazdılar. Özellikle Grosseteste'in aynalar üzerindeki çalışmaları deneye yer vermesi bakımından önemlidir.

Fransiskan'ların yetiştirdiği bilim adamları arasında hiç kuşkusuz en önemlisi Roger Bacon (1214-1294)'dır. Bacon tarikat içinde, hiçbir makamı veya rütbesi olmayan basit bir rahipti. Öğrenimini önce Oxford, sonra Paris'te yapan Bacon'ın yaşamı hakkında fazla bir şey bilinmemektedir. Babadan kalma servetini kısa sürede tükettikten sonra tarikata giren Bacon, çok geçmeden manastırda sürdürülen basit din yaşamını da doyurucu bulmaz, kendini bilime verir. Ancak, tarikat yetkilileri onun serbest bilim yaşamına dönmesini engellerler; Bacon 10 yıl süren bir baskı altında çalışmalarının sonuçlarını yazamaz. Baskı, Papa IV. Clement'in araya girmesiyle kalkar; Bacon, Papa'nın isteği üzerine, o dönemin tüm bilgilerini özetleyen *Opus Majus* adlı kitabını yazar. Ne yazık ki, Papa çok geçmeden ölür, Ba-

con'ın başı yeniden derde girer; 1278'de Paris'te yargılanarak hapse atılır.

Söylentiye bakılırsa, Bacon yalnız gerçek bilimle değil, büyü ile de uğraşmıştır. Bilimde özel ilgisi belki de El Hazen'in etkisiyle optik üzerindeydi. Işığın yansıma ve kırılma yasalarını biliyor, merceklerden nasıl gözlük ve teleskop elde edilebileceğini açıklıyordu. Dahası, gökkuşağı üzerinde bilimsel bir teori geliştirdiği söylenir. Fakat, onun ilgi alanı bu kadarla kalmıyordu. O zaman için salt hayal olan birtakım icatlar üzerinde duruyordu. Mekanik hareket eden araba, gemi, uçan makine vb. düşündüğü şeylerden bazıları. Bugün hep bildiğimiz, ama o dönemde son derece garip olan barut, yakan cam, yerküreyi gemiyle dolaşma gibi şeylerden de bahsediyordu. Daha da önemlisi: Gezegenlerin yörüngelerinin çembersel olduğu öğretisine belki de ilk karşı çıkan odur. Ayrıca, Batlamyus astronomisinin yanlış, hatta bilim dışı olduğunu ileri sürüyordu.

Bacon'ın bilimin genel ilkeleri üzerindeki düşünceleri daha da önemlidir. Ona göre, iyi bir eğitim ancak matematik'e dayanmakla olasıdır. Çünkü, yalnız matematik "zekâyı biler ve öğrenciyi bilgi edinmeye hazırlar". O, aynı zamanda, bilimin deneye dayanması gereği üzerinde ısrar eder. Kesin bilgiye bizi deney götürür; deney dışında her şey tahminden ibarettir, ona göre.

Öte yandan Bacon, skolastik düşüncüyü eleştirir; filozof ve teologların antik dilleri bilmemekten dolayı büyük hatalara düştüklerini söyler. Bunların iddialarını çürütmenin tek yolu olarak gözlem ve deneyi gösterir. Yalnız kafa eğitiminde değil, deneysel bilimde de matematiğin büyük önemini belirtir. Oysa, o dönemde astronomi gibi matematiğe de Müslüman ve Yahudilerin uğraşısı olması nedeniyle iyi gözle bakılmıyordu.

Papa, ondan incelemelerinin sonuçlarını yazıp, göndermesini istemeseydi, Bacon belki de ya büsbütün unutulur gider ya da sadece bir büyücü olarak hatırlanmakla kalırdı.

Her türlü bilginin kaynağı olarak vahiy ve Aristoteles mantığının gösterildiği bir dönemde, deneye gitmenin, deneysel olgulara başvurma gereğini belirtmek sanıldığı kadar ne kolay, ne de az

bir başarıdır. “Doğru”nun ölçütü olgularda değil, Aristoteles ile kutsal kitabın uyumunda aranıyordu. Böyle bir koşullanma karşısında Bacon deneye başvurmayı öğütlüyordu. Aslında Bacon da tam bir devrimci sayılamaz. Bilimle dinin er geç bağdaşması gereğine içtenlikle inanıyordu. Ama, gene de çağının çok ilerisindeydi. Onun önemini belirttiği matematik ve deneyin el ele vermesi 16. yüzyılı, Galileo’nun sahneye çıkmasını, bekleyecektir.

Felsefede gerçek başkaldırma 14. yüzyılın başlarını bekler. Din ve felsefeyi birleştiren skolastik sistemi kırma, felsefede özgür düşüncüyü egemen kılma yolunda ilk ciddi savaşımı Duns Scotus ile Ockham’lı William verirler. Fransisken tarikatına bağlı bu iki düşünür, dinle felsefenin apayrı şeyler olduğunu savunurlar. Açıkçası, bu bir isyandı ve kilise buna seyirci kalamazdı. Ne var ki, Scotus ile Ockham’lının eleştirileri yeterince önlenemedi; uzun sürede skolastik felsefe için öldürücü darbe oldu.

Hoşgörü Ortamı

13. yüzyıl yeni ve aydınlık bir dönemin ilk belirtilerini vermişti: İnsan artık gerçeği Antikçağ yazarlarının kitaplarında değil, doğrudan doğayı incelemede aramaya başlamıştı. Bu değişikliğin nedenleri bugün bile tam aydınlık kazanmış değildir. Klasik edebiyat ve sanattaki “Rönesans”ın başlaması 15. yüzyılı bekler. Kaldı ki, bu yeniden doğuş’la, bilimsel gelişmenin yönleri ters düşmektedir. Rönesans klasik düşünce ve sanatın kaynaklarına dönüşü temsil eder. Oysa, bilimin gözü geriye değil, ileriye dönüktür. Gerçi bilimde de Antikçağ bilginlerinin ulaştıkları sonuçlardan yararlanma yoluna gidilir; fakat düşünme yöntemi yönünden apayrı bir yol izlenir; deney yolundan olgulara başvurma ön plana geçer.

Bu değişiklikten ilk yararlanan bilim, daha Yunan döneminde bağımsız bir kimlik kazanmış olan astronomiydi. 14. yüzyılın seçkin bir bilgin olarak karşımıza çıkardığı Piskopos Oresme, astronomide olduğu kadar matematik ve ekonomi alanlarındaki çalışmalarıyla da dikkati çeker. Bilimsel düşünceye en büyük katkısı,

yerkürenin sabitliği ile ilgili Aristoteles öğretisine karşı çıkmasıdır. Oresme'den yüzyıl sonra gelen Cusa'lı Kardinal Nicolas daha da ileri giderek, antik astronominin tümünü reddeder, Dünya'nın da diğer gezegenler gibi kendi eksenini çevresinde döndüğünü kanıtlayıcı bazı gözlemlere dikkati çeker. Matematik ve fizikte de bazı ileri adımlar atan Nicolas, büyüyen bir bitkinin havadan bir "şey" aldığını ileri sürer. Ona göre, Tanrı akıl yoluyla değil, ancak mistik sezgiyle bilinebilir.

Dikkatten kaçmaması gereken nokta, bilimdeki yeni hareketin öncülerinin hemen tümünün din adamları arasından çıkması. Bu dönemde kiliseye bir hoşgörü havası egemendir. Kilise hiyerarşisinde önemli yer ve makam işgal eden kimselerin, resmi öğretilerle çelişen, hatta Hıristiyanlığa aykırı düşen fikir ve çalışmalarında serbest kalmaları gerçekten ilginç bir noktadır. Örneğin, dünyanın hareket halinde bir küre olduğunu ileri sürmek düpedüz kutsal öğretiyi inkâr demektir. Oysa, ileri sürmek bir yana, bu tür teorilerin öğretimi bile yapılabiliyordu. Öyle görünüyor ki, kilisenin bu gelişmelere göz yumması, bilimin er geç kutsal inançları pekiştirici sonuçlar vereceği yolundaki kanısından ileri geliyordu.

14. yüzyılın başlarından Rönesans'a kadar düşünce yönünden genel bir durgunluk göze çarpar. Ortama yeni bir mistisizm egemen olmuştur. Bu dönemde Cusa'lı Nicolas dışında önemli bir düşünürle rastlamamaktayız.

Bilimin yeniden doğuşuna yol açan bu gelişmelere bazı entelektüel ve teknik koşullar da eklenmiştir. Bir yandan özgür düşünme ve düşündüğünü açıkça dile getirme olanağı, öbür yandan antik dünyanın bilim ve düşün ürünlerine duyulan ilgi bu dönemin en belirgin iki özelliği olarak göze çarpmaktadır. Matbaanın icadıyla, hazırlık niteliği taşıyan bu dönem büsbütün hız kazanır. Daha önce okuma ancak büyük kütüphane merkezlerine seyahat etmekle mümkündü. El yazması kitaplar son derece pahalıydı; üstelik çok sayıda nüsha üretme olanağı yok gibiydi. Bugün on binlerce baskı için harcanan emek kadar emek gerektirirdi tek bir nüshanın hazırlanması. Çinlilerin yüzlerce yıl önce icat ettik-

leri bir tür kâğıt ve baskı aracının Avrupa'da bulunması 14. yüzyılı bekler. Ancak bundan sonradır ki, ucuz kitap edinme ve okuma olanakları artar, evlerde bile küçük çapta kitaplıklar oluşmaya başlar.

- Başlangıçta dinsel ve klasik edebi eserlerin baskı ve dağıtımı öncelik alır. Pliny'nin *Doğal Tarih* adlı yapıtı 1469'da Venedik'te basılıncaya dek bilimsel nitelikte hiçbir kitabın basıldığı görülmez. Batlamyus'un Latinceye çevrilen *Coğrafya* adlı kitabı 1475'te çıkar. Bir yıl sonra Aristoteles'in gene Latinceye çevrilmiş biyoloji ile ilgili üç çalışmasının baskısı yapılır. Öklid'in *Geometri'si* 1482'yi, Aristoteles'in tüm yapıtları 1495'i bekler. Batlamyus'un *Almagest*'inin baskısı ise 1544'e dek gecikir.

Ortam artık bilimin yeni bir hız ve güçle doğuşuna hazırdır; 16. yüzyılda derecikler biçiminde akan bilimin, 17. yüzyılda kaba-
barın ve taşın bir nehir görünümünü kazandığını göreceğiz.

IV. BÖLÜM

Rönesans ve Modern Bilim

1. RÖNESANS VE BİLİM

Rönesans'ın Etkileri

Yaşam ve düşünsel etkinliğin birçok alanlarında olduğu gibi, modern bilimde de Rönesans'ı bir başlangıç noktası saymak çok yaygın bir alışkanlık olmuştur. Bu bir bakıma doğru, bir bakıma da yanlıştır.

Rönesans, dinsel bağınazlığın egemenliğini kırdığı ölçüde, kuşkusuz bilimin gelişimine yararlı olmuştur. Fakat bunun da ötesinde Rönesans'ın simgelediği uyanış ve atılım, bilimsel gelişmenin muhtaç olduğu koşulların başında gelir. Bu dönemin özelliği nedir? Fransız tarihçisi Michelet, Rönesans'ı, "dünyayı ve insanı keşfetme" diye niteler. Ünlü tarihçi bununla şunu anlatmak istemiştir herhalde: Rönesans kafası cennet, cehennem gibi sorunlarla ilgilenmekten vazgeçmiş, gözlerini gerçek dünyaya çevirmiştir. Onun için insanın başka bir dünyadaki geleceği değil, yaşadığı dünyadaki sorunları ve temel değerleri ön plana geçmiştir. Teoloji ve onun hizmetindeki skolastik felsefe, yerini gerçeklere dönük özgür araştırma ve öğrenme çabasına bırakmıştır.

Rönesans'la ortaya çıkan canlı atılımda ilk bakışta birbirleriyle bağdaşır görünmeyen iki hareket ayırt edilebilir: 1. Dünyaya açılma, yeni ülke ve toplulukları keşfetme, 2. İnsanı ve ona kişilik veren değer ve özellikleri antik dönemin sanat ve düşünce ürünlerinde arama. Birinci hareketin bilimsel önemini belirtmeye ge-

rek yoktur. İkinci harekete gelince, bu geriye dönüşün ileriye dönük bilimle ilgisi tartışma götürür bir konudur. Gerçekten salt bilim açısından Rönesans'ı bir yeniden uyanış saymak olanaksızdır. Sanat ve edebiyatta son derece canlı ve yaratıcı olan bu dönem, bilim için tam bir durgunluk dönemidir, denebilir. Gerçekten, bilimde asıl uyanışın iki dönemi vardır ve Rönesans bu iki dönem arasında yer alır. Birinci dönem, 11. yüzyılın ikinci yarısında başlar ve 13. yüzyılda doruk noktasına erişir. İkinci dönem, 16. yüzyıl sonlarında başlayan, bir yandan deneye, öbür yandan matematiğe dayanan modern bilim dönemidir. Birinci dönem aslında Arap kaynaklarından yararlanarak antik bilim ve düşünceyle temas kurma biçiminde ortaya çıkmıştır. Bir ileri atılımdan çok, eldeki bilgiyi alma ve sindirme çabası bu dönemin belirgin özelliğidir. Oysa, 17. yüzyılda, tüm parlaklığıyla ortaya çıkan ikinci dönem gerçek bir atılımı, doğaya yeni ve yaratıcı bir yaklaşımı temsil eder. Rönesans bu iki dönem arasında, "ortaçağların çözülüşü" niteliğinde bir harekettir.

Rönesans'ı bir ölçüde bilime karşı bile görmek olanağı yok değildir. Leonardo da Vinci dışında o dönemin yetiştirdiği seçkin kafaların hemen hiçbiri bilime yönelik olmadığı gibi hümanistlerde bilime karşı yer yer kendini gösteren bazı eğilimlere bile rastlamak mümkündür. O dönemin ünlüleri sanat, tarih, politika alanlarında yetişmiştir. Bilime karşı kayıtsızlık başka türlü de kendisini göstermiştir: Hem matbaanın ortaya çıkışı, hem de coğrafi keşifler ilgi toplamak şöyle dursun, bir tür kuşku ve yadırgama konusu olmuştur. Günümüzde sanat çevrelerinin sinema, video, televizyon gibi şeylere karşı gösterdikleri küçümseme, Rönesans hümanistleri arasında matbaaya karşı gösterilmişti. Aynı şekilde, göz kamaştırıcı büyük keşifler (örneğin, Kolomb'un Amerika'yı keşfi) de hümanistler üzerinde etkisiz kalmıştır.

O halde Rönesans'ın bilime bir katkısı yok mudur? Vardır, elbette; ne var ki, bu katkı seçkinlerden değil, zanaatçılardan gelmiştir. Modern bilimin doğuşunda atölye ve benzer işyerlerinde, çıraklık yoluyla kazanılan el becerileri ile teknik bilgilerin önemi ni ileride göreceğiz.

Leonardo da Vinci

Rönesans'ın bir katkısı, insan kafasını evrene açmak ise, bir başka katkısı da Leonardo da Vinci (1452-1519)'yi insanlığa armağan etmiş olmasıdır. Gerçekten Leonardo, evrensel zekâsı, yaratıcı dehası ile insanlık tarihinin eşsiz kişilerinden biri, belki de başlıcasıdır. O, büyük bir ressam, büyük bir heykeltıraş, büyük bir mimardır. Fakat aynı zamanda büyük bir bilgin, büyük bir mühendis ve büyük bir filozoftu. Yazmayı tasarladığı kitapları yazma fırsatı bulsaydı, bilimin sonraki dönemlerde uğradığı zorlukların çoğu ortaya çıkmaz, birçok hatalara düşülmezdi.

Leonardo, Floransa ile Pisa arasında Vinci'de zengin bir noter ile bir köylü kadının evlilik dışı çocuğu olarak dünyaya geldi. Doğumundan hemen sonra, evden uzaklaştırılan annesini bir daha görmeden yetiştirdi; yaşamı sırasıyla Floransa, Milano, Roma saraylarında geçti; son üç yılını Fransa'da, François I'in hizmetinde geçirdi.

Leonardo sanat dışı çalışmalarında dağınık, süreksiz ve yavaş davranmıştır. Ama gene de üstün ve çok yanlı çalışmaları ile göz kamaştırıcıdır. Uygulamalı alanlardaki projeleri arasında uçan makine, helikopter, paraşüt ve çeşitli silah modelleri yer alır. Anatomi üzerindeki incelemeleri başlı başına bir değer taşır: Sayısı 750'yi bulan çizgi ve 10 insan cesedi üzerinde yaptığı diseksiyon çalışması ona anatomi tarihinde büyük bir yer sağlamıştır.

Fizyolojideki katkısı kanın işlev ve hareketiyle ilgilidir: Kanın organizmanın çeşitli bölümlerine besini nasıl taşıdığını ve bu bölümlerden artıkları nasıl uzaklaştırdığını açıklamaya çalışır. Kanın vücuttaki hareketini suyun hareketine benzetir: Yağmur olarak bulutlardan yere düşen su, denizlerde toplanır, oradan buharlaşarak bulutları meydana getirir ve yeniden yağmura dönüşerek yere iner. Bu benzetişte, Harvey'in 100 yıl sonra keşfettiği kan dolaşımı fikri kendini göstermektedir.

Leonardo, astronomide, yerkürenin "diğer gezegenler gibi bir gezegen" olduğunu ileri sürerek Kopernik'i haber verir. Oysa, Aristoteles'e göre gök cisimleri tanrısal nitelikleriyle yerküreden tümüyle farklı nesnelerdi.

Fizikte, özellikle mekanikte, ulaştığı sonuçları Galileo ve Newton'un buluşlarına çok yakındır. "Her cismin hareket ettiği yönde ağırlığı olduğu"nu; düşen bir cismin düşme mesafesiyle orantılı olarak hız kazandığını söyler. Hatta daha da ileri giderek, Aristoteles öğretisinin tam tersine kuvvetin yalnızca hareketi değil, ivmeyi meydana getirdiği görüşünü savunur. Bu görüşün daha sonra hareketin birinci yasası olarak ifade edildiğini göreceğiz.

Leonardo, bir kuvvet kaynağı olarak sürekli hareketin olanak dışı olduğunu görmekte gecikmemiş, bundan kaldırma yasasına ulaşmıştır. Archimedes'in hidrostatik ve hidrodinamik üzerindeki unutulmuş buluşlarını ortaya çıkarmış; suyun kanallardaki akışı, su yüzeyinde dalgaların dağılışı, havada dalgalanma ve sesin oluşumu gibi olgular arasında ilişkiler kurmuş, ışığın da dalga niteliğinde olduğunu ileri sürmüştür. İlginç bir açıklaması da hilal halindeki Ay'ın karanlık tarafının belirsiz de olsa görünmesi üzerinedir. Leonardo, "eski Ay, yeni Ay'ın kucağında" diye tasvir ettiği bu olayın dünyanın yansıttığı ışıktan ileri geldiğini söyleyerek ilk doğru açıklamasını yapar.

Leonardo'ya jeolojinin kurucusu gözüyle de bakılabilir: Ona göre, dağlarda bulunan fosillerin bir bölümü deniz yaratıklarına aitti. Yerküre kabuğunun değişikliklere uğradığı, yeni tepe ve vadilerin meydana geldiği söz götürmeyecek kadar kesindi. Üstelik bu tür değişiklikler için olağanüstü olaylara (örneğin, afet diyebileceğimiz doğal taşkınlıklara) da ihtiyaç yoktu. Nitekim, Po nehri denize taşıdığı toprakla Lombardiya'nın büyük bir bölümünü meydana getirmiş değil miydi?

Bilim yöntemi üzerindeki görüşleri Leonardo'yu günümüz bilim felsefecileri arasına sokacak niteliktedir. O da Roger Bacon gibi, bilimin gözlem veya deneye dayanması gereği üzerinde ısrar eder. Şu kadar ki, Bacon bir yanıla teolojiye bağlıydı. Oysa Leonardo, bir Rönesans adamıydı, kafası tam bir bağımsızlığa sahipti. Günündeki kiliseye egemen hoşgöründen de yararlanarak geçmişin hiçbir otoritesine kendini bağlı görmüyordu. Yalnızca Archimedes'e büyük bir değer veriyordu. Geçmiş yadsımıyordu

kuşkusuz. Ama, tüm doğruların Aristoteles gibi otoritelerde olduğuna karşı çıkıyordu.

Leonardo'nun ancak son zamanlarda ele geçen notlarından, kendisi gibi daha başkalarının da matematik ve deneysel bilimle ilgilendiklerini öğreniyoruz. Ona göre kesinlik bilimde değil, ancak matematikte vardır. Matematik ideal ya da soyut düşünsel kavramlarla uğraşır; kesinliğinin kaynağı da budur. Oysa, öteki bilimlerin gözlemle başlar, verilerini matematiksel yoldan işler, ulaştığı sonuçları deneye giderek irdelemeye çalışır. Leonardo, teori ve uygulamanın el ele gitmesi gereği üzerinde durur; uygulamasız teori anlamsız, teorisiz uygulama ise kısır ve sonuçsuzdur. O, bir çocuk gibi her soruyu yeniden ele alır. Doğaya kendi çıplak gözüyle bakar; doğa ile kendi arasında ne kitap, ne de başka biri vardır. Gözlemlediği dünya bir bütündür. Onun için sanat, bilim, felsefe ayrı şeyler değildir. Kendini kısır tartışmalarda kaybetmez; kelime üzerine kurulu genellemelere bırakmaz; her sorunu kendi içinde anlamaya ve deneysel yoldan çözmeye çalışırdı. Onun için her şeyin başında ve sonunda deney vardı, matematik bu iki uç arasında yer alır. Francis Bacon'ın yüz yıl sonra savunduğu, Galileo'nun üstün beceriyle uyguladığı bilimsel yöntemi tümüyle Leonardo'da bulmak mümkün. Onun çalışmalarında oluşturduğu yaklaşım biçimi insanlık kültür birikimine yaptığı katkıların belki de en büyüğü.

Leonardo'nun yöntem anlayışı belli bir dünya anlayışına, insanın evrendeki yeri ile ilgili yeni bir görüşe yol açar. Bu yeni görüşün daha belirgin ifadesini Kopernik devriminde bulacağız.

2. ASTRONOMİDE DEVRİMSEL ATILIMLAR

Kopernik ve Güneş-Merkezli Sistem

Kopernik, düşünce tarihinde bir dönüm noktasını simgeler: Onun adıyla anılan sistem yalnız modern bilimin doğuşuna değil, insanın evren içindeki yerini saptamada yeni ve daha ölçülü bir görüşün ortaya çıkmasına da başlangıç sayılır. Gerçekten Kopernik'le birlikte insanoğlunun kendini evrenin merkezinde

sayma iddiası yıkılmış, doğanın bir uzantısı, bir parçası olduğu düşüncesi doğmuştur, denebilir.

Bu devrimin kaynağı Kopernik'in ölüm yatağında (1543'te) ilk nüshasını gördüğü, *Göksel Kürelerin Dolanımı Üzerine* adlı ünlü yapıtıdır. Gerçi kitap tümüyle devrimci olmaktan uzaktır; hatta birçok yanlarıyla Aristoteles görüşünü yansıttığı söylenebilir. Ne var ki, Batlamyus'un "geosentrik" sistemi yerine, "heliosentrik" sistemin önerilmesi, sonuçları yönünden bilimde olduğu kadar diğer düşünce alanlarında da sarsıcı ve önemli olmuştur.

Kopernik (1473-1543), Polonya'da bulunan Torun kentinde dünyaya gelir; babası kentin ileri gelen kişilerindendi. On yaşında babası ölünce, tanınmış bir din adamı olan amcası, onu yanına alır, kilisenin yüksek görevleri için yetiştirmeye koyulur. Kopernik, okulu bitirdikten sonra otuz yaşına dek öğrenimini çeşitli üniversitelerde sürdürür. Önce kendi ülkesinde Kraków Üniversitesi'ne, daha sonra İtalya'ya giderek sırasıyla Bologna, Ferrara ve Padova üniversitelerine devam eder. O dönemde böyle uzun bir eğitim bir bakıma kaçınılmazdı. Bugünkü anlamda uzmanlaşma yoktu henüz; iyi bir eğitim için kişi, bilim ve düşün alanlarının tümünü kapsayan çok yanlı bir öğrenimden geçmek zorundaydı. Kopernik, klasik kültür, matematik, astronomi, tıp, hukuk, ekonomi ve en başta teoloji alanlarında geniş bilgiler edinerek yetişir. Leonardo gibi o da çok yanlıdır: Bir yandan hekim olarak hastaların tedavisine koşarken, diğer yandan ekonomik konularda yazı yazar; Polonya hükümetine parasal sorunlarda danışmanlık yapar; bilimsel incelemelerinde kullandığı araçları hazırlar; boş zamanlarında da şiir ve resimle uğraşır. Yönetici ve işletmeci olarak da başarılı çalışmalar yapar; hatta bir keresinde bir barış konferansına diplomat olarak katılır. Ama, onun asıl ilgi duyduğu konuların matematik ve astronomi olduğunu söylemek gerekir.

Kopernik'in üniversitelerde öğrenimini sürdürdüğü sıralarda matematik ve astronomi programlarda önemli yer tutan derslerin başında geliyordu. Öklid geometrisi, küresel geometri, coğrafya, astroloji ve Batlamyus sistemi onun özellikle izlediği dersleri oluştuyordu.

Batlamyus astronomisi kilise ve üniversitelerin resmi olarak doğru kabul ettikleri sistemdi. Ne ki, kimi önde giden düşünürler, sistemin yanlış olduğu üzerindeki kuşkularını saklamıyorlardı artık. Kaldı ki, bu tür kuşkular yeni de değildi: Daha önce de belirttiğimiz gibi, Oresme, Cusa'lı Nicolas, Leonardo da Vinci astronomide egemen görüşle çelişen bazı fikirler ortaya atmışlardı. Kopernik'in Bologna'daki astronomi ve matematik hocaları Dominico Novara, Batlamyus sistemini açıktan eleştiriyordu. Navaro, bir Yeni-Platoncu olarak Batlamyus sistemini çok karmaşık buluyordu. Bu konuda özellikle Pythagorasçı literatürün etkisi büyük olmuştur. Hatırlanacağı üzere, onlar evren ile ilgili tüm gerçeklerin her şeyden önce basit, zarif ve uyumlu ilişkiler içinde olması gereği üzerinde duruyorlardı. Oysa Batlamyus sisteminin bu özellikleri taşımadığını Novara yakından biliyordu. Kopernik'in yeni sistemi oluşturma çabasında hocasının etkisinde kalmadığı söylenemez. Üstelik o, geniş çapta okuyan bir kişiydi: Antik döneme ait kaynaklardan Yunan filozof veya bilimlerinin dünyanın dönüp dönmediği konusunda çeşitli görüşler ortaya atmış olduklarını öğrenmemiş olması düşünülemez. Nitekim ünlü kitabını Papa III. Paul'a ithaf ederken, "Çiçero'ya göre, Hicetas'ın dünyanın hareket halinde olduğunu savunduğunu, Plutarch'a göre aynı görüşün başkaları tarafından da ileri sürüldüğü" noktalarını belirtmeyi ihmal etmediğini görmekteyiz. Bu noktaların onu uzun süre meşgul ettiği; en sonunda kitabında ileri sürdüğü sistemi oluşturduğu anlaşılmaktadır. Bunda onu teşvik eden bazı aktüel gelişmeler de olmuştur. Örneğin, Kristof Kolomb'un seyahati ve takvim üzerindeki reform gereksinimleri bu gelişmeler arasında başlıca yeri tutmaktadır.

Kopernik Devriminin Önemi

Kopernik sistemi birçok yönlerden Aristoteles görüşünden ayrılmaz. Kitabının ilk bölümlerinin başlıkları bu gerçeği göstermeye yeter:

“Evrenin küresel olduğu”

“Arzın küresel olduğu”

“Göksel cisimlerin hareketlerinin düzgün dairesel, ve sürekli olduğu”... gibi.

• Onun sistemine devrimci niteliği veren şey yerküreyi evrenin merkezi olmaktan çıkarıp, Güneş çevresinde dolanan sıradan bir gezegen saymasıdır. Yerkürenin yerine Güneş'i koyması dışında, bu sistem Batlamyus sisteminden temelde ayrılmaz. Evren gene sınırlıdır: Gezegenlerin hareketi gene ortak-merkezli (concentrical) kürelerin dönüşü olarak görülmektedir. Üstelik Batlamyus sisteminin karmaşıklığından büsbütün kurtulunmuş değildir: sikkeler ve episkiller olduğu gibi korunmakta, sadece kürelerin sayısını 70'ten 36'ya indirmekle yetinilmektedir. Aslında bilim tarihinde yeni bir dönem açan Kopernik devrimini Kopernik'in kendi yapıtında bulmak çok güçtür. Bu devrim, Kopernik'in başlangıç oluşturduğu, fakat ondan sonra oluşan radikal bir gelişmeyi, dünya görüşünde köklü bir değişikliği ifade etmekle önemlidir.

Kuşkusuz, Kopernik'i yeni bir sistem aramaya iten başlıca neden, Batlamyus sisteminde gözden kaçmayan bazı yetersizlikler olmuştur. Örneğin, görülüyordu ki, yerküre evrenin sabit merkezi olarak düşünülduğünde gezegenlerin konumlarını gerçeğe uygun hesaplama olanaksızdır. Bu gözlemden hareket eden Kopernik, tartışmaya şu sözlerle girer:

Gözlemlenen her yer değişimi, ya gözlenen nesnenin hareketinden, ya gözlemcinin kendi hareketinden, ya da her ikisinin hareketinden meydana gelir. Eğer yerkürenin bir hareketi varsa, bu hareket onun dışında bulunan her şeyde ters yönde bir hareket olarak fark edilebilmelidir: Sanki o şeyler hareket halinde, yerküre ise sabitmiş gibi. Aeneas'ın Virgil'de dile getirdiği ilişkiye benzer bir ilişki; “gemimiz limanı terk ederken, köy ve kentler hızla geriye çekilir.” “O halde,” diyor Kopernik “sabit yıldızlar küresinin hareketi görünüşten ibarettir; günde bir dönüş yapan şey yıldızlar küresi değil, bize sabit görünen yerkürenin kendisidir.”

Bu tür açıklamanın kendisinden önce Siraküzalı Hicetas, hat-ta ondan da önce bazı Pythagorasçılar tarafından ileri sürülmüş olduğunu belirten Kopernik, sözlerini şöyle sürdürür:

Biri çıkar, yerkürenin günlük dönüşünden başka bir ha-reketinden daha söz ederse, hiç şaşmamalı. Söylentiye göre, iyi bir matematikçi olan Pythagorasçı Philolaus, yerkürenin kendi ekseri etrafında dönüşünden başka çeşitli hareketler-le uzayda ilerlediğini, daha doğrusu gezegenlerden biri oldu-ğunu söylediği için Platon kendini tutamamış, onunla görüş-mek üzere hemen İtalya'ya hareket etmiş.

Kopernik'in, kökeni Aristarkus ve Pythagorasçılara uzanan heliosentrik sistemi önerirken, bunun yol açacağı tepkileri daha baştan sezinlediği görülmektedir. Bu yüzden kitabının yayımlanmasını uzun süre bekletmiş, ancak dostlarının ısrarı üzerine yayımlamayı kabul etmiştir. Yazılış biçimi yönünden de kitabın asıl etkisinin ancak astronomide iyi eğitim görmüş kişiler üzerinde olabileceği hesaplanmıştır. Kopernik'in hastalığı sırasında kitabın basım işiyle uğraşan dostu Osiander, bir teolog olarak doğacak tepkileri göz önüne alarak yazdığı önsözde, önerilen sistemin bir hesaplama aracı olmaktan ileri geçmediği konusunda okuyucuyu uyarır. Ona göre, sistem sadece matema-tiksel olarak doğru sayılabilir; felsefi doğruluğu söz konusu değildir.⁽¹⁾

Aslında endişeye fazla yer yoktur: Kilise bu dönemde oldukça geniş bir hoşgörü içindedir. Kitap da kolayca anlaşılır türden değildir. Nitekim, 16. yüzyıl boyunca önemli bir tepki görülmez. Sadece bazı entelektüellerin küçümsemesine ve bu arada Martin Luther'in şu kınamasına hedef olur Kopernik:

(1) Kilisenin tepkisini önlemeye yönelik bu ayrım ilginçtir. Kilise ve kilisenin öğre-tisine bağlı pek çok kimse için Kopernik sistemi yanlış, fakat açıklama yönün-den elverişli bir hipotezden başka bir şey değildi. Katolik kilisesi bu tutumunu 1822'ye kadar sürdürmüştür.

Bu budala, tüm astronomi bilimini ters-yüz etme hevesindedir. Oysa, kutsal kitap bize, Joshua'nın yerküreyi değil, güneşi durdurduğunu söyler.

• Calvin de kutsal kitabın bir ayetine yollama yaparak şöyle sorar:

“Kopernik’i kim kutsal ruhun üstünde tutabilir?”

1610’a dek Katolik kilisesi bu tür kınamalar dışında kalır. Fakat giderek kuşkular artar, Giordano Bruno’nun yakılmasıyla birlikte kilise tedirginliğe düşer; Kopernik’in ateist olduğu düşüncesi yayılır; sistemin Hristiyanlığın özüne ters düştüğü görüşü kuvvet kazanır.

Yukarıda da belirtildiği üzere, büyük bir düşünce devrimine yol açan heliosentrik sistemde Kopernik’in payı büyük değildir. Kopernik eski bir görüşü canlandırmakla elbette büyük bir iş yapmıştır. Fakat, asıl önemlisi onu büyük bir gözlemci olan Tycho Brahe ile eşsiz bir astronom olan Johannes Kepler’in izlemiştir.

Tycho Brahe

Danimarkalı bir astronom olan Tycho Brahe, birçok yönlerden Kopernik’e ters düşer.

Kopernik bir matematikçi ve atılımlı bir teorisyendi; ama gözlemci olarak zayıftı. Tycho Brahe (1546-1601) ise tam tersine bir matematikçi ve teorisyen olarak zayıf; fakat bir gözlemci olarak eşsizdir. İki astronomun birbirlerini andıran yönleri de var: Değişik yönlerden olmakla birlikte ikisi de aslında devrimci olmaktan çok tutucudur. Kopernik elinden geldiğince yerleşik sistemi korumaya çalıştı. Ne var ki, Yeni-Platoncu eğilimleri ister istemez onu heliosentrik görüşe itti. Yerküreyi gezegen saymakla çembersel sistemi basitleştirebileceğini umuyordu belki de. Tycho’ya gelince, o da Aristoteles sistemini zedelemekten korkuma çabasındaydı. O kadar ki, Kopernik’in açıklamasına karşın, yerkürenin hareketini bir türlü kabul etmedi. Ne var ki, koru-

maya çalıştıkları sistemin yıkılmasında ikisinin de payı büyüktür: Kopernik Dünya ile Güneş'in yerlerini değiştirerek, Tycho kendi zamanında ortaya çıkan bir super-nova ile kuyruklu yıldızlar üzerindeki gözlemleriyle.

Tycho, öğrencilik yıllarında meydana gelen bir Güneş tutulmasıyla astronomiye merak sardırır; Batlamyus sistemini incelemeye koyulur; kendi yaptığı basit ve kaba araçlarla astronomik gözlemler yapar. Kopenhag Üniversitesi'nden sonra Leipzig, Wittenberg, Rostock ve Basel üniversitelerini dolaşır; buralarda matematik ve astronomi öğrenimini sürdürür. Ülkesine döndükten sonra, kralın sağladığı olanakla Kopenhag'a yakın bir ada üzerinde ünlü gözlemevini kurar. Gözlemevini mevcutlara göre daha büyük, daha duyarlı ve daha ince ölçüme elverişli araçlarla donatır.

Tycho, Kopernik sistemini reddeder, çünkü yerküre gibi ağır ve masif bir kütlenin uzayda hareket etmesini hem fizik yönünden, hem de kutsal kitaba aykırılığı bakımından yanlış bulur. Yerkürenin sabitliği ile ilgili eskiden beri ileri sürülen "argüman"lar, onun için geçerlidir. Özellikle üzerinde durduğu "argüman" yıldızların göreceli konumlarını korumaları ile ilgili olanıdır. Gerçekten dünya hareket etmiş olsaydı, yıldızların sabit görünmemesi gerekirdi. Kopernik görünüşteki bu tutarsızlığı yıldızların tahminlerimizin çok üstünde dünyaya uzak olmalarıyla açıklamıştı. Yıldızlar sanıldığı gibi yakın olsaydı yerkürenin Güneş etrafındaki dolanımı sırasında yer değiştirir gibi görünmeleri gerekmez miydi? Oysa, herhangi bir yer değiştirme göze çarpmıyordu ve Tycho, eldeki araçlarıyla bunu saptayacak durumda değildi. (Son derece küçük olan bu yer değiştirmeler ancak 19. yüzyılda gözlenebilmiştir.)

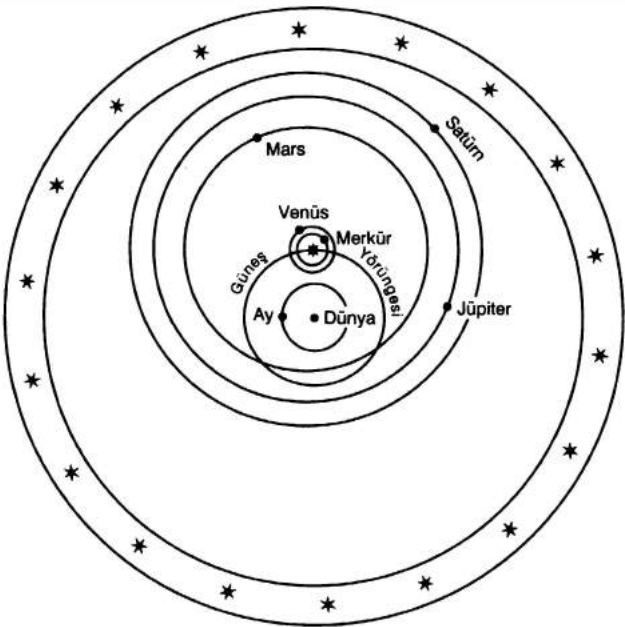
Başka bir zorluk daha vardı: Yıldızları ortalama Güneş büyüklüğünde kabul edersek, Kopernik'in düşündüğü uzaklıkta, bize göründükleri kadar büyük görünmemeleri gerekirdi. Ancak, Tycho, ışığın gözbebeğinde uğradığı kırılmanın bu sonuçtan sorumlu olduğunu bilmiyordu kuşkusuz.

Öte yandan, Tycho için Batlamyus sistemi de yeterli değildi. Her iki sistemi kapsamında uzlaştıran, aynı zamanda yıldızların yer değiştirmesini de gerekli kılmayan yeni bir sistem kurar. Buna

göre, Ay ve Güneş merkezde sabit duran yerkürenin etrafında, gezegenler de Güneş'in etrafında dolanmaktadır (bkz. Şekil 4).

Bu sistem bir yandan Kopernik sisteminin matematiksel basitliğini, öte yandan kilisenin resmi görüşü olan Aristoteles kozmolojisini koruma amacındadır. Ne var ki, başlangıçta astronomlara çok çekici gelen bu sistem kısa sürede çekiciliğini yitirerek bir kenara itilir. Kepler'den itibaren seçkin astronomların hemen tümü için Kopernik sistemi geçerlidir.

Tycho'nun asıl önemi gözlemci olarak yaptığı çalışmada kendini gösterir. O, astronomiye daha önce erişilemeyen bir kesinlik getirir. Hem kullandığı araçları daha güçlü ve duyarlıdır, hem de gözlem yöntemi daha güvenilir ve tutarlıdır. Tycho, bu sonucu



ŞEKİL 4

Tycho Brahe'nin Dünya Sistemi

(Kaynak: Middleton, *The Scientific Revolution*, s. 52).

birçok gözlemlerin ortalama değerini alarak sağlıyordu. Bu yöntemle o, astronominin çok önemli bazı sabit değerlerini bulur. Özellikle gezegenlerin konumları üzerindeki gözlemleri astronomi tarihinde önemli yer tutar.

Tycho'nun gezegen ve yıldızların konumlarını belirleyen gözlemleri dışında, Aristoteles kozmolojisi hakkında ciddi şüphelere yol açan iki gözlemi var ki, bunlara kısaca değinmek gerekir. Hatırlanacağı üzere, Aristoteles'e göre gök cisimleri, kusursuz ve değişmez nesnelerdir. 1572'de Cassiopeia yıldız kümesinde yeni bir yıldız ortaya çıkar. Super-nova türünden olan bu yıldız belirsiz ve uzak bir yıldızda yer alan çekirdek patlamalarıyla meydana gelmiştir. Kısa bir süre en parlak yıldızlar gibi parlar, sonra giderek söner, belirsiz hale gelir. Bu tür novaların ortalama 300 yılda bir meydana geldiği göz önüne alınırsa, Tycho'nun zamanına rastlamasını bir talih saymak gerekir. Yıldızın konumunu belirlemeye çalışan Tycho, diğer yıldızlar arasında yer değiştirmediğini ve paralaks (parallax)⁽¹⁾ göstermediğini saptar. Bu yeni cismin, değişmez ve yetkin sayılan yıldızlar küresinde olduğu demektir.

Aristoteles kozmolojisine ters düşen ikinci gözlem, kuyruklu yıldızlarla ilgiliydi. Aristoteles kuyruklu yıldızları atmosfere ait olgular saymıştı. Oysa Tycho'nun 1577'de yaptığı gözlemler, bu göksel cisimlerin Ay'ın çok ötesinde olduğunu göstermekle kalmadı, gezegenleri kapsayan ve geçilemez sanılan kristal küreleri bile aşp geçtiğini ortaya koydu.

Bu gözlemler Aristoteles sisteminin temellerine yerleştirilmiş birer dinamitti adeta. Fitolin ateşlenmesi Kepler'i bekler.

Kepler ve Yasaları

Johannes Kepler (1571-1630)'e "astronominin prensi" demek yeridir. Hatta daha ileri giderek, onu bilim tarihinin en seç-

(1) "Paralaks", bir gözlemcinin konumundaki değişiklikten dolayı bir gök cisminin (örneğin bir yıldızın) yönünde veya görünürdeki konumunda meydana gelen değişikliğe denir.

kin kişilerinden biri sayabiliriz. Kepler, kendine özgü bilimsel tutku ve dehası ile astronomiye modern niteliğini kazandıran kişidir. Bilimsel gelişmeye katkısı kendini iki yönden gösterir: Önce Güneş sistemiyle ilgili bulguları ile daha kapsamlı Newton teorisinin ortaya çıkmasına zemin ve malzeme hazırlar. Sonra hipotez veya teorilerin gözlemsel olgulara uygun düşmesi üzerindeki ısrarıyla bilimsel araştırma ve yöntem anlayışını yeni bir düzeye çıkarır.

Kepler, Tübingen Üniversitesi'nde öğrenciyken, Kopernik sistemini benimser ve matematiksel olarak ispatına koyulur. Gezegenlerin yörüngelerini ve hareket biçimlerini anlamak başlıca tutkusuydu. Onun, Kopernik sistemini benimsemesi açıklanması gerekli bir olaydır. Sistemin olgusal dayanakları henüz yeterince sağlanmamıştı. Olgusal kanıtlamaya büyük önem veren Kepler'in çeşitli zorlukları olan Kopernik sistemini benimsemesini onun mistik ve estetik eğilimlerine bağlamak mümkündür. Kopernik, Güneş'e hayranlığını ifade etmişti. Kepler, Güneş'e taparcasına bağlıdır. Daha öğrenciyken şunları yazmıştı.

... evrendeki tüm cisimler içinde en yücesi, en büyüğü özü salt ışık olan güneştir. Güneş, tek başına her şeyi yaratan, koruyan ve ısıtan kaynaktır. Evrenin zengin, tükenmez ve katıksız ışık çeşmesi olan güneş... Hareketi ile gezegenlerin padişahı, gücüyle dünyanın kalbi, güzelliğiyle gözü, en yüce tanrı katında meleklerle konaklamaya layık bir varlıktır.

Bu, görüldüğü gibi, dinsel nitelikte bir tapınmadır, Güneş'i evrenin merkezine alan Kopernik sistemini benimseme nedeni de bu duygusal bağlılıkta aranabilir.

Kepler'in 1597'de yayımlanan ilk kitabı (*Cosmographical Mystery*), onun mistik eğilimlerini açıkça yansıtmaktadır. Pythagorasçılar gibi Tanrı'nın evreni yaratırken basit bir sayı sistemine uyduğuna inanır; Platon gibi gezegen yörüngelerinin yarıçapları arasında basit sayısal ilişkiler bulmaya çalışır. Geometrik ci-

simlerin (düzgün çokyüzlülerin) özelliklerinden hareketle gezegenlerin (dünya dahil) neden altı olması gerektiğini ve yörüngelerinin neden bilinen boyutlarda olması gerektiğini ispat ettiğini sanır. O, bu “buluş”larıyla “Tanrı”nın yüceliğini gizleyen peçeyi kaldırdığı ve O’nun sonsuz büyüklüğünü algılama olanağı getirdiği iddiasındadır.

Bu kitabın bir olumlu sonucu, Kepler’in Tycho Brahe ile tanışması olur. Prag gözlemevinde asistanı olarak işe başlayan Kepler, Tycho’nun kısa bir süre sonra ölmesi üzerine, kraliyet matematikçisi olarak büyük gözlemcinin yerine geçer; ustasının sabır, dikkat ve özenle topladığı gözlemsel verilere sahip olur. Tycho’nun Kopernik sistemini çürütmek üzere topladığı bu verileri Kepler sistemi temellendirmek için kullanır.

Kepler’in, Tycho’dan kalan gözlemsel verileri gereğince değerlendirdiği 1609’da yayınlanan *Yeni Astronomi* adlı kitabında görülmektedir. Bilim tarihindeki başarısının doruk noktasını oluşturan gezegenlerle ilgili üç yasasından ilk ikisi bu kitapta yer almıştır. Birinci yasa, gezegenlerin yörünge biçimleriyle ilgili olup, şöyle ifade edilir:

(1) Bir gezegen, odaklarından birinde Güneş olan bir elips çizer.

İkinci yasa, gezegenlerin yörüngelerindeki hareket hızlarıyla ilgilidir:

(2) Bir gezegeni Güneş’e birleştiren doğru parçası eşit sürelerde eşit alanlar alır.

Buna göre, gezegenin hızının Güneş’e yakın geçtiği yerlerde arttığı, uzak geçtiği yerlerde düştüğü anlaşılmaktadır.

Kepler, üçüncü yasasını aradan dokuz yıl geçtikten sonra, 1618’de bulur:

(3) Bir gezegenin yörüngesini tamamlamak için geçirdiği sürenin karesi, onun Güneş’e olan ortalama uzaklığının küpü ile orantılıdır.

Başka bir deyişle, bir gezegenin periyodik süresini T ile, yörüngesinin ortalama yarıçapını r ile gösterirsek, r^3/T^2 oranı bütün gezegenler için aynıdır.

“Harmonik Yasa” denilen bu yasa, gezegenler arasında yörüngelerini tamamlamada geçirdikleri süre yönünden mukayeseye olanak vermektedir. Örneğin, Satürn gezegeninin yörüngesinin yarıçapı dünyamızınkinin 9,54 katıdır. İki gezegene ait yarıçapların küplerinin birbirine oranı (ki 868,3’dür), iki gezegenin periyodik sürelerinin (yani, yıllarının) karelerinin birbirine olan oranına eşittir. Buna göre 868,3’ün karekökü (ki 29,5’dir) bize Satürn gezegeninin periyodik süresini (bizim yılımız birim alınarak) vermektedir.

Kepler’in bu üç yasasının sayısız gözlem ve ölçmelerle kanıtlandığını söylemeye gerek yoktur. Gerçi, bugün bu yasaların kesin olmadığını biliyoruz; ne var ki, aradan geçen üç yüzyılı aşkın süreye karşın yasaları sarsıcı tek bir olgu veya gözleme rastlandığı da söylenemez.

Kepler Yasalarının Önemi

Gezegenler astronomisine temel oluşturan Kepler yasalarının ilk ikisi, Platon ve Aristoteles’den kaynaklanan geleneksel düşüncenin özü ile ters düşmeleri, üçüncü yasa ise göksel nesneler arasındaki ilişkilerin matematiksel olarak ifade edilebileceğini göstermesi bakımından önemlidir. Kepler bu yasalara büyük çaba ve uzun süren hesaplamalar sonucunda ulaşmıştır. Fakat evreni harmonik görmek isteyen estetik eğilimli Kepler için birinci yasayı keşfetmek hepsinden daha güç olmuştur. Bu güçlüğü Russell şöyle dile getirmektedir:

Gezegenlerin elips yörünge çizdikleri sonucuna varma biz modernlerin tasavvur edebileceğinden daha büyük bir çabayı, gelenekten kopma çabasını, gerektirmiştir. Kepler’e gelinceye dek istisnasız tüm astronomların üzerinde anlaştıkları bir şey var idiyse, o da göksel hareketlerin çembersel olduğuydu... Elipsin çember yerine konması, Pythagoras’dan beri astronomiye egemen olan estetik kaygının terk edilmesi demek olmuştur. Çember, yetkin bir şekildir; göksel yörüngelerin de kusur-

suz olması gerekir... Yetkin cisimlerin hareketinin yetkin biçimde olabileceği son derece açıktır. Üstelik gök cisimleri, itilip çekilme olmaksızın serbestçe hareket ettiklerinden, hareketler “doğal”dır. Böyle olunca, elipsin değil çemberin “doğal” nitelikte olduğunu düşünmek şüphesiz daha kolaydı. Görülüyor ki, Kepler’in birinci yasasını doğru kabul etmeden önce pek çok saplantı ve önyargılardan kurtulmak gerekiyordu. Antik dönem bilginlerinden hiçbiri, hatta Sisam’lı Aristarkus bile, böyle bir hipotezi akıllarından geçirmemişlerdi.⁽¹⁾

Birinci yasa, göksel hareketlerin çembersel olma gereğini yıktığı gibi, ikinci yasa da düzgün olma gereğine son vermiştir. Kepler bu iki yasayı, Tycho’nun gözlemlerine dayanarak Mars gezegeninin yörüngesini belirleme çabasında keşfetmiş, daha sonra diğer gezegenlere genellemiştir.

Yukarda da değindiğimiz gibi, Kepler’in kendisi estetik kaygılara uzak değildi. Ne var ki, onun nesnel olgulara olan saygısı, sonunda kişisel ve duygusal beğeni ve eğilimlerine baskın çıkar. Elips hipotezini benimsemeden önce, gezegenlerin çembersel yörünge çizdiklerini göstermek için uzun ve yorucu hesaplamalarını en az on sekiz kez yinelenmekten kaçınmamıştır.

Kepler’in gerçek bilim adamı olarak büyüklüğünü en başta şu iki özelliği kanıtlamaktadır:

- (1) Kaynağını antik otoritelerden alan bazı düşünce veya inançların yanlış olabileceğini görmek ve bunları ortaya koyabilecek kadar dürüst ve yürekli olmak.
- (2) Son çözümlemede, beğeni ve eğilimlerimize uyan birtakım düşünce veya teorilere değil, yalnızca nesnel ve olgusal verilere bağlı kalmak; teorilerimizi olgulara tam uyacak şekilde değiştirmekten kaçınmamak.

Birinci özellik onun eleştirel yargılama gücünü, ikincisi nesnel olgulara saygısını göstermektedir. İkisi birlikte üstün bir bilim kafasını niteleyen özelliklerdir.

(1) B. Russell, *History of Western Philosophy*, s. 552.

Astronomi ile fiziğin gelişmesini Galileo ve Newton'da izlemeye geçmeden önce, bilimin öteki kollarındaki gelişmeleri kısaca gözden geçirmekte yarar vardır.

3. KİMYA, TIP VE CANLILAR BİLİMLERİNDE DURUM

Rönesans, sanat, edebiyat ve felsefede yeniden doğuşun yer aldığı bir dönemdir; bilimde aynı ölçüde bir canlılık göze çarpmaz. Gözlerin eski Yunan kaynaklarına çevrildiği bu dönemde, Hipokrat ve Galen gibi yazarların gözden büsbütün uzak tutulduğu da söylenemez elbette. Arap geleneğine bağlı yorum yerini giderek özgün kaynakları doğrudan incelemeye bıraktığından, özellikle tıp alanındaki bilgilerde de göze çarpar bir ilerleme meydana gelir. Şu kadar ki, bu ilerleme kısa sürede kendini tüketme tehlikesine uğrar; çünkü, özgün inceleme ve deney yerine eski otoritelere bağlanma eğilimi yeniden kafalara egemen olmaya başlar. Tıbbın bu çıkmazdan kurtulması, kimya ile birlikte, gözlem ve deney yöntemine dönmesiyle ancak olanak kazanır.

İslam bilginleri de Pythagorasçılar gibi asıl elementleri maddelerde değil, ilkelerde veya özelliklerde arama gereği üzerinde durmuşlardı. Onlara göre, “kükürt” denilen ve bir maddeyi yanıcı kılan ve yandığında kaybolan elementin, “cıva” denilen ve sıvı olarak damıtılabilen maddenin, “tuz” denilen herhangi katı bir tortunun özellikleri temel ilkeleri oluşturur. Bu görüş İslam dünyasının diğer bilgileriyle birlikte olduğu gibi Avrupa'ya geçmiştir.

Eski gelenek ve otoritelere ilk yüz çeviren İsviçreli hekim Theophrast von Hohenheim (1490-1541) olur. Hekimliğe başlamadan Avrupa'yı dolaşıp çeşitli ülkelerdeki mineral, araç, hastalık ve tedavi yöntemlerini inceleyen Hohenheim, sonunda Basel'da yerleşir; orada sağladığı şöhreti, halk ona eski Roma'nın büyük hekimi Celsus'a izafeten “Paracelsus” adını vererek simgeler.

Paracelsus, günün bilim adamlarını, geleneğin katı fikir ve yöntemlerine bağlılıkları yüzünden küçümser; kendisi tıp alanın-

da Galen ve İbn Sina'nın öğretilerini bir yana iterek gözlem ve deney yolundan doğrudan incelemelere girişir. Bir kimyacı olarak da bazı başarılı çalışmalar yapar. Örneğin, eter ve diğer bazı kimyasal maddeleri hazırlar, tavuklar üzerinde yürüttüğü deneylerle eterin anestezi özelliğini keşfeder, ilerde insanlığa sağlayacağı büyük yararı bilmeksizin.

1577'de Brüksel'de doğan Van Helmont ise hem mistik hem de deneyciydi. Değişik maddelerin hava türünden olduğunu keşfeden Helmont, bunlara ortak bir isim olmak üzere ilk kez "gaz" kelimesini kullanır.

Van Helmont, suyun biricik element olduğuna inanıyordu. Bunu ispatlamak için, belli ağırlıkta bir miktar kuru toprağa bir söğüt diker ve yalnız su verir. Beş yıl geçtikten sonra söğüt 62 kg. ağırlık kazandığı halde topraktaki eksilme sadece 60 gram kadar olur. Van Helmont bundan, ağacın maddesinin sudan meydana geldiği sonucunu çıkarır. Aslında bu sonuç o zaman için mantık dışı da sayılmaz: Yeşil bitkilerin havadaki karbondioksitten karbon aldıkları çok sonraki bir keşiftir.

İnsan vücudunun sıcaklığını ölçen termometre de bu dönemde bulunmuştur. Gene, Dubois adında bir bilim adamı, tıba kimyayı uygulayarak sağlığın, birbiriyle birleşip daha ılımlı bir madde meydana getiren değişik türde vücut sıvılarına dayandığını söyler. Yanma olgusuna dayanmayan bu ilk kimya teorisi daha sonra asitlerin, alkalilerin ve tuzların genel bir incelemesine yol açar ve bundan da kimyasal ilgi (affinity) kavramı ortaya çıkar.

Modern anlamda anatomi Andreas Vesalius (1515-1564) tarafından kurulur. Galen'in öğretisinin etkisini sürdürdüğü ondan önceki dönemlerde fazla bir gelişme göze çarpmaz. 13. yüzyıla gelinceye dek insan vücudunun diseksiyonu günah sayıldığı için anatominin bilim olarak gelişmesine olanak yoktu. Vesalius, *Fabrica Humani Corporis* adlı yapıtında, kendisinden önce bilinenleri tekrarlamak yerine, kendi gözlemlerini ve bu gözlemlerden çıkardığı sonuçları ortaya koyar. Bunlar arasında kemikler, damarlar, iç organlar ve beyin üzerindeki incelemeleri özellikle dikkat çekicidir. Ayrıca, insanların sınıflanmasında kafatası biçimi

minin önemini de ilk kez onun belirttiğini görmekteyiz. Böylece, Vesalius öncülüğünde 16. yüzyıl sona ermeden anatomi gözleme dayalı bir bilim kimliğini kazanır.

Vesalius'un fizyolojideki çalışmasına gelince, o zaman yaygın olan bazı metafiziksel nitelikteki düşüncelerden fazla ileri gitmez. O da diğerleri gibi, vücuda alınan besine karaciğerde "doğal ruh" kazandırıldığı, bunu kalbin "yaşamsal ruha", beynin de "hayvansal ruha" dönüştürdüğü görüşündeydi. Ona göre bu sonuncusu, "gerçek bir nesne olmaktan çok bir özelliktir", asıl ruhun işleyişiyle vücut hareketlerini, sinirler yoluyla sağlamaya yarar. Vesalius'un beyinle ilgili şu gözlemi bugün bile önemini yitirmiş sayılmaz: "Beynin yapısına gelince, bugüne dek incelediğim maymun, köpek, at, kedi ve diğer bazı dört ayaklı hayvanların hemen her ayrıntıda insana tam bir benzerlik gösterdiğini saptadım."

Kanın işlevleri konusunda da Galen'in öğretileri uzun süre olumlu çalışmaları engellemiştir. Galen'e göre atar ve toplardamarlardaki kan, gel-git hareketiyle "yaşamsal" ve "doğal" ruhları dokulara taşıyan iki ayrı akıntıdır. Bir hekim ve din adamı olan Servetus akciğerler yoluyla olan kan dolaşımını keşfeder (Servetus, resmi görüşe ters düşen fikirlerinden dolayı Calvin tarafından Cenevre'de yakılarak öldürülür). Fakat gerek akciğerlerde, gerek tüm vücutta kanın dolaşımını düzenleyen kalbin çalışma biçiminin aydınlığa kavuşması William Harvey'yi (1578-1657) beklemiştir.

Cambridge Üniversitesi'nde öğrenim gören Harvey, birkaç yıl dış ülkelerde dolaştıktan sonra İngiltere'ye döner ve bir hekim olarak çalışmaya koyulur.

1628'de Latince olarak yayımladığı küçük, fakat önemli bir kitapta Harvey buluşunu ortaya koyar. Harvey, kalpten yarım saatlik sürede geçen kanın tüm vücuttaki kan miktarına denk olduğunu, bu nedenle kanın arterlerden damarlara geçmesi ve tekrar kalbe dönmesi gereğini belirtir. "Kendi kendime acaba 'çembersel' bir dolaşımdan bahsedilemez mi, diye düşündüm. Daha sonraki çalışmalarım bu düşüncenin doğru olduğunu göster-

di.” Harvey’in “daha sonraki çalışmaları” canlı hayvan kalpleri üzerinde yaptığı gözlemsel incelemeleridir. Harvey kan dolaşımını problemini mekanik bir problem olarak ele almış ve öyle çözmüştür. Ne var ki, kan dolaşımını hipotezinin, “ispatlanması” mikroskopun icadını beklemiştir. 1661’de Bologna’lı Malpighi mikroskop kullanarak kurbağa akciğerinde atardamarlarla toplar damarların birtakım kılcal damarlar aracılığıyla bağlı olduklarını saptar. Harvey’in 1651’de yayımlanan ikinci bir kitabı embriyoloji alanında Aristoteles’den beri en büyük ilerlemeyi ortaya koyuyordu.

Rönesans ve onu hemen izleyen dönemde yaşamın kavuşturduğu görelî huzur ve güven, sanat ve edebiyatla birlikte başka bazı alanlarda da artistik duyguların canlanmasına yol açar. Yer yer, bu arada Padova, Pisa, Paris ve Leyden gibi merkezlerde kurulan botanik ve zooloji bahçeleri (Jardin du Plantes) insanların doğaya olan ilgilerini sanat yönünden olduğu kadar bilimsel yönden de beslemeye yaramıştır.

4. FİZİK VE MATEMATİKTE DURUM

17. yüzyıldan önce, William Gilbert’in mıknatıs üzerindeki çalışması dışında fizikte önemli bir gelişme göze çarpmaz. Fizik’in gelişmesi her şeyden önce deneyle matematiksel düşünmenin el ele vermesine bağlı kalmıştır. Oysa, 16. yüzyıla gelinceye dek teknik beceri ile teorik bilgi ayrı ve birbirine yabancı tutulduğundan, el becerisi gerektiren deneyin bilime girmesi pek az olanak bulmuştur.

16. yüzyılda zanaat ile kitaba bağlı öğrenim arasındaki uçurum kapanmaya yüz tutar. Bir yandan loncalar giderek zayıfladığından teknik beceri ve başarıları sır olarak saklama alışkanlığı ve zorunluluğu ortadan kalkar; öte yandan bazı bilim adamlarının teknik beceri ve bilgilere artan ilgiyle el attıkları görülür. Örneğin, bir İtalyan metal ustası yazdığı bir kitapta, metallerin eritilerek arıtılması, top ve çan dökümü, madeni para basma, barut yapı-

mı gibi konulardaki bilgi ve deneyimlerini dile getirir. Daha sonra yazılan bazı kitaplarda da belli konularda teknik bilgilerle bilimsel buluşların birlikte yer aldığı görülür. Bunun bir örneğini, emekli bir denizci ve pusula yapımcısı olan Robert Norman adlı bir İngiliz'in 1581'de yayımlanan *The New Attractive* adlı kitapçığında bulmaktayız.⁽¹⁾ Norman'ın kaydettiği ilginç gözlemlerinden biri şu: Ortasında asılı mıknatıslı bir iğnenin kuzeyi göstermekle kalmadığı, fakat aynı zamanda, “dalma açısı” denilen yerküreye dikey bir meyil yaptığı. Norman bir deneyinde demir tozlarını mıknatıslamadan önce ve mıknatısladıktan sonra tartarak mıknatısın tartılabilir olup olmadığını saptamak ister. Başka bir deneyinde, mantar üzerine yerleştirdiği bir mıknatısı suda yüzdürür. Mıknatısın yalnızca kuzey-güney yönüne döndüğünü, ama bu yönlerden ne birine ne ötekine hareket etmediğini görür ve bundan şu sonucu çıkarır: Mıknatıs bir devindirici kuvvet değil, sadece bir yönlendirme kuvvetidir.

Norman bu sonuçlara bilimin temelleri saydığı “deneyim, akıl yürütme ve ispat”la ulaştığını söylemekle yetinir; mıknatıs teorisi ile ilgili konularda kendisini çok aşan mantıkçılarla tartışmaya giremeyeceğini kaydeder.

Norman'ın kaçındığı teoriyi, teknik bilgilere ilgi duyan bilim adamı William Gilbert (1540-1603) sağlar. Gilbert, *De Magnet (Mıknatıs Üzerine)* adlı ünlü yapıtında, mıknatıs ile ilgili kendi gözlemleriyle o zamana dek birikmiş tüm bilgileri toplar. Mıknatıslar arasındaki kuvvetleri inceleyen Gilbert, yerkürenin de dev bir mıknatıs olduğunu, kutuplarının bilinen coğrafi kutuplara yaklaşık düştüğünü, ayrıca türdeş (mütecanis) bir mıknatıs taşında, mıknatıs kuvvetinin taşın kütlesiyle (ağırlığıyla değil) orantılı olduğunu ileri sürer.

Gilbert, sürtünmeyle kehribar (amber) taşının çekme kuvveti kazandığını göstererek, asılı bir iğneyle bu kuvveti ölçer. Bu tür gözlem sonuçlarını bir kelime altında toplamak için “amber” ke-

(1) Pusula bilindiği gibi 11. yüzyılda Çinliler tarafından bulunmuştur. Avrupa'ya yüz yıl sonra Arap denizcileri tarafından getirilir.

limesinin Yunanca karşılığından yararlanarak ilk kez “elektrik” kelimesini kullanır. Ona göre, mıknatıslı veya elektrikli bir madde, civarındaki maddeleri deyim yerindeyse “kucaklayan” ve kendine çeken maddesel olmayan, neredeyse “ruhsal” diyebileceğimiz türden bir etki yapar. Güneş’in ve gezegenlerin hareketini açıklamada da, onun bu tür yarı mistik kavramlar kullandığını görmekteyiz.

Gilbert ünlü yapıtını, “bilgiyi kitaplarda değil, fakat olguların incelenmesinde arayan” yeni kuşağa ve bu kuşağın oluşturduğu yeni geleneğe ithaf etmekle, skolastik geleneğe ve o geleneğe bağlı kimselere tepkisini belirtmekten de geri kalmamıştır.

Rönesans sonrası dönemde matematikte yer alan gelişmeler fizikteki gelişmelerden daha önemli görünmektedir. Gerçi bu dönemin matematikçilerini “büyük” sıfatından çok “değerli” sıfatı daha iyi niteler. Nitekim, bunların özellikle matematiksel yöntemlerin gelişiminde elde ettikleri sonuçlar son derece değerli olmuştur.

Bunlar arasında Tartaglia (Kekeme) takma adıyla ün kazanan Niccolo Fontana (1506-559) seçkin bir yer tutar. Çocukken bulunduğu kasaba Fransız istilasına uğrar; olup bitenler sırasında kafatası çatlar, çene ve damağı parçalanır. Bu yüzden sakat ve kekeme kalan Tartaglia Venedik’te matematik profesörü olduktan sonra *Nova Scientia* adlı bir kitap yayımlar. Kitapta “yerçekimi” etkisinde cisimlerin hareketi, mermi atış mesafesi gibi konuların ele alındığını görmekteyiz. Tartaglia, sayılar üzerinde yazdığı başka bir eserinde $(1 + x)^n$ ifadesinden $(1 + x)^{n+1}$ ifadesinin nasıl elde edilebileceğini göstererek binomial teoreme doğru ilk adımı atmış olur.

Tartaglia, x , x^2 ve x^3 gibi terimleri içeren üçüncü dereceden denklemler üzerinde de çalışır. Bu konuda kendisine meydan okuyan başka bir matematikçi ile yarışmaya hazırlanırken tüm küpsel denklemler için genel çözüm yolunu bulur ve yarışmayı kolayca kazanır. Ancak, çok geçmeden karşısına başka bir matematikçinin, Girolamo Cardan (1501-1576)’ın çıktığı görülür. Aslında bir hekim olan Cardan, ününü astroloji ve cebir alanla-

rındaki çalışmalarına borçludur. Cardan kör ve sağırın okuyup yazması için ne gibi yöntemlerden yararlanılabileceği konusunda da bir kitap yazmaktan geri kalmaz.

Tartaglia'nın yarışmayı kazanması üzerine, Cardan ondan küpsel denklemleri nasıl çözdüğünü kendisine göstermesini ister. Asla kimseye açıklamayacağına onur sözü vererek Tartaglia'nın gizemini öğrenir. Ne var ki, aradan on beş yıl geçtikten sonra, Tartaglia'dan söz etmeksizin, öğrendiği yöntemi cebir ile ilgili yazdığı kitabında açıklar. Buna son derece üzülen Tartaglia, sözünü tutmayan Cardan'ı matematiksel yarışma biçiminde düelloya çağırır; ama Cardan yarışma günü ortadan kaybolarak Tartaglia ile karşılaşmaktan kaçır.

Cardan'ın cebir üzerine yazdığı kitapta çok daha önemli bir konu göze çarpmaktadır: $\sqrt{-1}$ ile simgelenen sanal sayılar. İlk bakışta gerçekdışı ve işe yaramaz gibi görünen bu tür sayıların yalnız matematikte değil, dalga-hareketi ve özellikle elektrik akımı konusunda gördüğü uygulama ile fizikte de büyük önem taşıdığı bilinmektedir. Giderek önemi artan sanal sayıların daha ne gibi gelişmelere yol açacağını kestirmek güçtür. Cardan bu parlak katkısı dışında şunu da gösterir: Bir denklemin⁽¹⁾ kökü ya gerçek ya da sanal olabilir; sanal ise daima çift olarak ortaya çıkar.

Cardan'dan sonra sanal sayıları daha ayrıntılı bir biçimde gene bir İtalyan matematikçisi olan Bombelli ele alır; ancak onu izleyen iki yüzyıl boyunca, Euler ve Gauss'a gelinceye dek, kimse bu konuyla ilgilenmez. Bombelli cebirsel notasyonun geliştirilmesinde de önemli katkılarda bulunursa da bu konuda asıl kalıcı çalışmayı bir Fransız hukukçusu olan Vieta (1540-1603) yapar.

Bu dönemin çok daha değerli bir başarısı John Napier'e (1550-1617) aittir: Logaritmanın icadı. Zengin bir İskoç olan Napier'in asıl yaşam uğraşı din ve politikaydı. Matematik sadece boş zamanlarında ilgilendiği bir "meşgale" olmaktan ileri geçmiyordu.

(1) Cardan'ın sözünü ettiği denklem kuşkusuz katsayıları gerçek olan bir denklemdir.

Archimedes'den beri bilinen

$$A^m \times A^n = A^{m+n}$$

formülü, Vieta'nın üs konusunu ele almasıyla yeniden dikkati üzerine çekmişti. Bu formülden logaritmanın temel kavramına geçmek bir adımlık sıçrayıştan ileri bir şey gerektirmiyordu. Ancak Napier bu sıçramayı yaparak değil, uzun ve çetin çalışmalarla sonuca ulaşabildi. Amacı trigonometrik hesaplamaları kısaltıcı bir yol bulmaktı; bildiğimiz aritmetik işlemler onu ilgilendirmiyordu. Bu sonuncu gelişme Napier'in dostu astronomi profesörü Henry Briggs'in çalışması ile tamamlanır.

5. BİLİMDE YÖNTEM BİLİNCİ

Francis Bacon

16. yüzyılın sonlarına doğru bilimsel gelişmedeki hızlanma göze çarpan bir tempo kazanır. Öyle olmasına karşın uzun süre bilimsel düşünme ve araştırma yöntemi üzerindeki fikirler dağınık olmaktan ileri geçmemiştir. Daha önce de belirtildiği üzere, bu dönem uygulama teknikleriyle teorik bilgilerin kaynaştığı ya da kaynaşmaya yüz tuttuğu dönemdir. Bilimsel yöntem bir bakıma kendiliğinden bu kaynaşmadan doğar; bir süre bilimin belli türde bir bilgiyi olduğu kadar, doğaya belli bir yaklaşımı da içerdiği pek fark edilmez. Bilimi belli bir yaklaşım olarak anlama ve anlatma girişimine ilk kez Francis Bacon (1561-1626)'da tanık olmaktadır.

Bacon, bilimin önemini ve insanlığın refahı yönünden vaat ettiği olanakları da ilk kavrayan düşünürdür. Yetenekli ve bir ölçüde başarılı bir hukukçu ve politikacı olmasına karşın onun asıl ilgisi bilimi anlamak, bilgi edinmenin doğru ve etkili yolunu kesin bir biçimde belirlemektir. İnsanoğluna, doğayı tanıma, doğa kuvvetlerini denetim altına alma güç ve olanağını verecek genel bir yöntem bulmak onun çabasının başlıca amacı olmuştur. Ona göre, her türlü gözlem ve deney sonuçlarını toplama, kaydetme ve

sınıflama doğanın sırlarını çözmek ve yasalarını keşfetmek için yeter. Başka bir deyişle Bacon bilimsel yöntemi gözlem ve deney yolundan veri toplama ve toplanan verileri sınıflama işlemi olarak görmektedir. Hemen belirtmeliyiz, bu anlayış dar ve yetersizdir. Doğada olup biten olgular o denli çok ve o denli değişik ki, bunların tümünü gözlemeye ne olanak ne de gerek vardır. Kaldı ki, toplanan olguların sadece sınıflaması onların açıklaması için çoğu kez bir ilk adım olmaktan ileri geçmez. Gözlem veya deney kadar teorik kavram oluşturmaya ve hipotez kurmaya da ihtiyaç vardır. Bu ise sezgi, yaratıcı muhayyile ve olgusal ilişkiler üzerinde akıl yürütme gerektirir: Bacon'ın sandığı gibi, olguları sınıflama biçiminde mekanik bir işlem bunun için yeterli değildir. Bilimsel yöntem gözlem ve deneye olduğu kadar, hatta belki daha fazla, spekülatif düşünmeye yer verir. Bununla birlikte Bacon'ın, ampirik bilimlerin yöntem ve anlamı üzerinde duran ilk düşünür olarak, önemli bir hizmet gördüğü inkâr edilemez.

Bacon'ın en başta karşı çıktığı şey bilgisizlikti. O, kendi gününe dek sürüp gelen bilgisizliği ve doğa karşısındaki yılgınlık ve zavallılığı insanoğlunun bir alinyazısı olarak kabul etmez. Bu sonuç ona göre ne insan aklının yetersizliğinden, ne de doğanın anlaşılamayacak denli karmaşıklığından ileri gelmektedir; yalnızca yanlış bir yöntemle bağılıktan doğmaktadır. O, doğru yöntemi bildiği iddiasındadır ve bu indüksiyondan, yani, tüm yargı ve genellemelerimizi gözlem veya deneyle elde edilen olgusal bilgilere dayama yaklaşımından başka bir şey değildir.

Bacon'ın yanlış saydığı, karşısına çıktığı yaklaşımlar nelerdir? En başta aklın birtakım peşin konmuş ilkelerden doğa bilgisine ulaşabileceği görüşü gelir. Bu yüzden teori, gözlem ve uygulama arasında tam bir kopukluk meydana gelmişti. Ona göre, fizik ve astronomi gibi teorik bilimlerin spekülatif ve yararsız kalmasının nedenini bu kopuklukta aramak gerekir. Bilimi etkin kılmamanın başlıca yolu teori ile uygulamayı, akıl ile olgusal dünyayı birleştirmektir.

Bacon'ın karşısına dikildiği ikinci bir yaklaşım, her türlü bilimsel çözümün Aristoteles'de aranması, Aristoteles otoritesi-

ne duyulan mutlak saygıydı. Daha önce ayrıntılı olarak belirttiğimiz gibi (bkz. s. 101-103) 13. yüzyılda Avrupa'da bilimsel ilgilerin uyanması ve Aziz Aquinolu Tommaso'nun ortaya çıkmasıyla Aristoteles büyük bir ağırlıkla ön plana geçer. Onun özellikle fizik ve mantık öğretileri, hiçbir eleştiri veya kuşkuyla yer verilmeksizin olduğu gibi kuşaklar boyunca kabul edilir. Bilim adamları ilgilendikleri problemleri olgusal gözlem ve deneye giderek değil, Aristoteles'e başvurarak çözmeye çalışırlardı. Şimdi, bu tutum Aristoteles fiziği doğru olsaydı bile bilim için öldürücü olmaktan ileri geçemezdi. Kaldı ki, bu fizik hemen her yönüyle yanlıştı.

Gerçi Aristoteles çok sınırlı da olsa dedüktif mantığı kurmuştu. Onun özellikle biyoloji alanındaki gözlemsel çalışmalarını da inkâr edemeyiz. Ne var ki, o bir matematikçi olmaktan uzaktı; olgusal ilişkileri ifadede matematiksel yöntemlerin ne gücünü ne de gereğini biliyordu. Üstelik fizik ve astronomi alanlarındaki teorileri ya metafiziksel nitelikteydi ya da düpedüz *a priori* yargılara dayanıyordu. Bu tür teori veya yargılardan, gene Aristoteles'in tasımsal (syllogistic) mantığını kullanarak doğa üzerinde bilgi edinme çabalarını Bacon boş ve gülünç buluyordu.⁽¹⁾ Parlamentoda veya yargı katlarında tartışırken karşınızdakini mat etmek veya güç duruma düşürmek için tasımsal mantık belki işe yarayabilirdi; fakat bilimsel inceleme veya düşünmenin görünür hiçbir aşaması için bu mantık yeterli olamazdı. Bu nedenledir ki, Bacon, Aristoteles mantığı demek olan *Organum* (= araç)'a karşı kendi önerdiği indüktif mantığı konu alan *Novum Organum* (= yeni araç)'u çıkarır. Ona göre gerçeğe ulaşmanın iki ve yalnız iki yolu vardır. Bunlardan biri, olguları bir yana itip aradığımız doğruları dedüktif yoldan doğruluğu apaçık *a priori* ilkelerden elde etme yöntemidir. İkincisi, tam tersine, olguların tek tek gözleminden başlayıp önce genellemelere gitme, sonra da bu genellemelerden daha da genel ve kapsamlı olan aksiyomlara ulaşma yoludur.

(1) "Tasımsal mantık" ikisi öncül, biri sonuç olmak üzere üç önermeden kurulan çıkarım (argüman)'larla uğraşır. Klasik örnek: Bütün insanlar ölümlüdür; Sokrates insandır; o halde Sokrates de ölümlüdür.

Bacon skolastik düşünmenin temel özelliği saydığı birinci yolu kısır ve yararsız sayarak reddeder; buna karşı doğru ve etkin saydığı ikinci yolu bilimin biricik yöntemi olarak önerir.

Unutmamak gerekir ki, Bacon bir bilim adamı olmaktan çok bir düşünür, bir filozoftu. Onun bilime hizmetini skolastik geleneği eleştirmesinde, daha geçerli ve doğru saydığı deneysel yöntemi önermesinde aramak gerekir. Bilim felsefecisi olarak iki yünden yetersiz kaldığı söylenebilir: 1. Hipotez veya teoremin bilimde yer ve işlevini iyi anlayamamış olması; 2. Matematiksel yöntemlerin bilime sağladığı büyük olanakları görememesi. Bu iki nokta dışında, Bacon'ın bilim anlayışı ve bilimin ileriki gelişmeleri üzerindeki sağlam sezgisi bugün bile hayranlığımızı çekecek güç ve değerdedir.

Descartes'ın Yöntem Anlayışı

Bacon'da eksikliğine değindiğimiz teori ve matematik anlayışını fazlasıyla René Descartes (Dekart, 1596-1650)'da bulmaktayız. Düşüncesi, doğa bilimlerinin yöntemi üzerinde ince çözümlemelere dayanan Descartes aynı zamanda büyük bir matematikçidir. Analitik geometrinin kurucusu olarak kazandığı ünün, modern felsefenin babası sayılması ölçüsünde büyük ve haklı olduğu söylenebilir.

Bilim, felsefe ve matematikte önemli çalışmalar yapan Descartes, tüm bu alanlarda amatör olarak kalmış, herhangi bir üniversite veya öğretim kurumu ile bağlantısı olmamıştır. Doğa felsefesindeki çalışması başlıca şu iki hedefe yönelmişti: 1. Mekanik biliminde gelişen ve uygulama alanı bulan matematiksel yöntemi açıklamak ve diğer alanlara genellemek; 2. Bu yöntemi kullanarak doğanın işleyişinin genel bir mekanik açıklamasını yapmak. Galileo'nun İtalya'da engizisyon mahkemesi önüne çıkarılmasıyla Fransa'da da özgür düşünmeye olanak kalmadığı endişesine kapılan Descartes Hollanda'ya geçmek zorunda kalır; ünlü *Metot Üzerine Konuşma* kitabını orada yayımlar. Aslında matematik ve optik üzerine yazmayı tasarladığı daha kapsamlı bir yapıta önsöz

olarak hazırladığı bu kitap, iki bölümden meydana gelmiştir. İlk bölüm matematik-dedüktif yöntemin bir çözümlemesini; ikinci bölüm fiziksel dünya görüşünün genişçe bir özetini vermektedir. Daha sonra *Felsefenin İlkeleri* adı altında genişletilen bu ikinci bölüm 17. yüzyılda oldukça etkili olmuştur.

Skolastik düşünceye ve geleneksel önyargılara karşı çıkan Bacon'ı Descartes olumlu bulur. Ne var ki, yöntem üzerindeki görüşünü beğenmez. Ona göre ampirik olguları öne almakla Bacon soruna ters yönden yaklaşmıştır; oysa doğru olan dedüktif çıkarımlarımıza temel olacak genel ilkeleri saptamaktır. Bu ilkelerin doğrulukları sezgisel olarak açık, seçik ve hiçbir kuşkuyla yer vermeyecek biçimde kesin olmalıdır. Öyle ki, matematik veya geometride olduğu gibi, doğruluğu apaçık bu ilkelere çıkarılacak sonuçlar hem kesinlik kazansın, hem de evrenin önemli özelliklerini dile getirmiş olsun. Böylece akıl yürütmeye büyük yer ayıran Descartes, doğa bilimlerini matematik modele göre kurmak ister. Onun aradığı kesinliktir; matematikte ulaşılan kesinliğe aynı yoldan gidilerek bilimlerde de ulaşılabileceğini düşünür.

Dedüksiyona büyük önem veren Descartes gibi rasyonalist düşünürlerin gözden kaçırdıkları noktaları şu üç başlık altında toplayabiliriz:

- (1) Bir çıkarım veya ispat biçimi olan dedüksiyonun bir bilgi üretme yolu olarak görülmesi.
- (2) Aksiyom veya postulat denilen ilk önermelerin inkârı imkânsız birer mutlak doğru sanılması.
- (3) Akıl veya sezgi yoluyla ulaşılan, doğruluğu zorunlu ilkelere olgusal dünyaya ilişkin sonuçların çıkarılabileceğine inanılması.

Öte yandan, Descartes'ın dedüktif yaklaşımı bilimde hipotezin önem ve yerini anlama yönünden modern anlayışa çok yakındır. Optik üzerindeki araştırmalarında bizim şimdi "hipotetik-dedüktif" dediğimiz yöntemi kullandığını belirtmekten geri kalmaz. *Metot Üzerine Konuşma*'da da bazı sonuçlara hipotez kurarak ulaştığını söyler. Ona göre bir hipotezin doğrulanma-

sı verdiği sonuçlara bağlıdır. Bilimsel açıklama konusunda derin bir anlayışı gösteren şu sözleri üzerinde dikkatle durulmaya değer:

Hipotezlerden çıkarılan sonuçlar deneysel verilerle kesinlik kazandığından, hipotezler onları ispat etmemekte, ancak açıklamaktadır. Oysa, hipotezlerin ispatı bu sonuçlara bağlıdır.

Bu anlayışın, hipotezlere sırf olguları “kurtarma” için yer verildiğinden eğlenerek şikâyetçi görünen Bacon’ın tek yanlı ve çoğu kez yüzeysel kalan anlayışından çok ileride olduğu açıktır.

Descartes’ın yöntem üzerinde söyledikleri burada bitmemektedir. Analiz, sentez ve analogi gibi noktalarda ortaya koyduğu düşünceler de ilginçtir. Descartes, hipotetik-dedüktif yöntemin her zaman geçerli veya hiç değilse etkili olmadığı kanısını saklamamıştır. Örnek olarak “paralel ışınları bir noktada toplayacak merceğin biçimini bulma” problemini gösterir. Ona göre bu konuda ne gözlem ve deney, ne de matematiksel çıkarım işe yarar; yapılması gereken şey her şeyden önce problemi en basit parçalarına ayırmaktır. Bunun için inceleme, farklı ortamlarda değişik ışınların ilişkilerinden başlayarak genellikle ışığın davranış bilgisine dek sürdürülür. Analitik nitelikteki bu süreci, olgusal olarak test edebileceğimiz sonuca ulaşmak amacıyla ters yönde giden bir sentez süreciyle tamamlamak gerekir.

Descartes’ın önerdiği bu analiz-sentez yöntemiyle Bacon’ın, yüzeysel özelliklerin var ve yokluğuna bakarak olguları gruplamasını bir tutmak son derece yanlış olur. Descartes “analiz” derken, olguların yüzeyinde kalmayıp kökenine inmeyi, başka bir deyişle, olayın ilk koşullarına gitmeyi, gerçeği görünmeyen ilişkilerde yakalamayı, kastediyordu. Üstelik bu işlem yanılma-denemenin ötesinde planlı ve sistemli bir araştırma içeriyordu. Kant’ın daha sonraki deyişiyle, “soruları ile doğayı cevap vermeye zorlayan” bir araştırma yöntemiymişti bu. Yöntem konusunda son derece ihtiyatlı

konuşan Newton bile, *Optik* adlı kitabının sonunda, “analiz-sentez” yönteminden övgüyle bahseder. Ona göre, bilimsel araştırmanın güvenle kullanabileceği metodun özünü Descartes, “analiz-sentez” yöntemiyle ortaya koymuştur.

Descartes’ın metot öğretisinin aynı derecede etkili, fakat belki de daha rasyonel başka bir yanı da analogi ile ilgilidir. Analiz karmaşık bir problemi basit öğelerine indirgeyerek anlamayı kolaylaştırma aracıdır. Ne var ki, bize apaçık görünen bu basit öğeler hakkındaki bilgilerimiz her zaman güçlüklerden sıyrılmış değildir. Descartes bu güçlüğü görmüştür: Örneğin ışığın davranış niteliklerini düpedüz analiz yoluyla saptayamıyorsak bize, benzer doğa kuvvetlerine başvurarak problemi analogi yoluyla anlayabileceğimizi öğütler. Bu öğütte bilimlerin gelişmesiyle giderek önem kazanan “model” kullanma uygulamasının ilk örneğini bulmamaya olanak var mıdır?

Tüm bu görüşlerde ulaştığı inceliğe karşın, Descartes’da asıl olan matematiksel düşünmenin sağladığı kesinlik endişesidir. Onun analiz yöntemi bile matematiksel analizin bir uzantısı veya türü olmaktan ileri geçmez. Bir durum veya problem en basit öğelerine indirgendiğinde, bu öğelerin arasındaki ilişkilerin zorunluluğunun açık, seçik ve kesinlikle görülebileceğine inanıyordu. Onun aradığı, hipotezlerini yalnızca sonuçlarına giderek doğrulamak değil, fakat onları birtakım daha temel ve “ilkel doğrulara” giderek kanıtlamaktı.

Descartes bu aradığını dinamikte bulduğuna inanıyordu. Newton’dan 40 yıl önce formüle ettiği hareketin birinci yasasını buna bir örnek olarak gösteriyordu. Descartes bu yasayı doğruluğunu apaçık kabul ettiği şu ilkeden çıkarmıştı: Hareket de herhangi bir özellik gibi ait olduğu cismin bir hali olduğuna göre, bu halin değişikliğe uğraması için bir dış etken veya kuvvetin etkisine ihtiyaç vardır; yoksa, cisim düzgün hareket halini sürdürür.

Kuşkusuz Descartes aldanıyordu. Doğruluğu apaçık bir ilkeden çıkardığını sandığı yasanın öncülleri arasına farkında olmaksızın olgusal içerikli varsayımlar soktuğunu, bu arada ev-

rensel nedensellik ilkesini üstü örtük kabul ettiğini bilmiyordu. Bununla birlikte, onun haklı olduğu noktayı da gözden kaçırmamak gerekir: Bir hipotez veya yasa olguları açıklayıcı bir ilke olduğu kadar, ait olduğu bilimin en temel kavram ve ilkeleriyle de çok sıkı bir ilişki içindedir. Açıkladığı olgular onu doğrulamakta, ilişki içinde olduğu temel kavram ve ilkeler ise, ona geçerlik kazandırmaktadır.

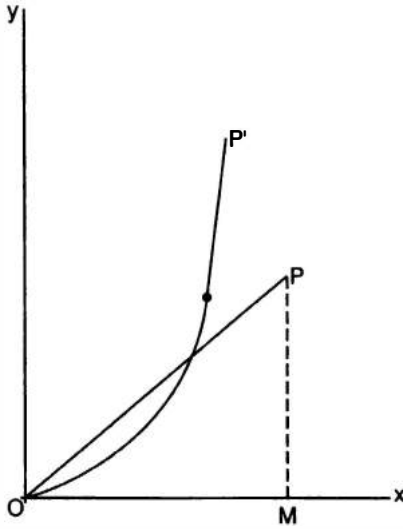
Descartes'ın Bilime Katkısı

Descartes'ın matematik ve bir ölçüde de optik dışında bilime katkısı parlak değildir. Fizik ve kozmolojiye ilişkin fikirlerinin çoğu, yaşadığı yüzyılda bir hayli etkili olmakla birlikte, yanlıştır.

Daha gençliğinde üstün matematik yeteneklerini ortaya koyan Descartes, mistik nitelikte bir deneyim yaşar: Karşısında beliren bir "ruh" veya "melek" ona doğanın tüm sırlarının anahtarının matematikte olduğunu söyler. Bunun üzerine çalışmaya koyulan Descartes çok geçmeden cebirsel yöntemleri geometriye uygulayarak analitik veya koordinat geometriyi kurar. Şöyle ki, (bkz. Şekil 5) O noktasından Ox ve Oy doğruları birbiriyle dik açı yapacak şekilde çizilir. P gibi bir noktanın konumu, x 'in üzerinde OM mesafesi, y üzerinde PM mesafesi gösterilerek belirlenir. Şayet x 'in artması ile y de düzgünce artarsa bu ilişki OP doğrusu olarak belirir. Şayet y , bir sabitle çarpılmış x^2 'ye eşitse, ortaya çıkan OP' eğrisi bir parabolüdür. Bu tür denklemler cebirsel olarak işlem görebilir ve elde edilen sonuçlar, birçok fizik problemlerinin çözümü için geometrik yünden yorumlanabilir.

Descartes'ın geometriye getirdiği bu yeniliğin, Öklid'den beri bu alanda meydana gelen en büyük gelişme olduğu söylenebilir.

Uzay ilişkilerinin analitik olarak, sayısal ilişkilerin de geometrik olarak temsil edilebileceğini gösteren bu çalışma Descartes'da tüm fiziğin uzay ilişkilerine indirgenebileceği düşüncesini uyanıdır. Nitekim o da bunu gerçekleştirmeye çalışır; hatta daha ileri giderek yıldızları, gezegenleri, canlı ve cansız varlıklarıyla tüm ev-



ŞEKİL 5

(Kaynak: Dampier, *A Shorter History of Science*, s. 59)

reni matematiksel olarak açıklamayı tasarlar. Buna paralel olarak bütün bilimlerin birleştiğini ve her şeyin tek bir yöntemle, matematikle incelenmesi gerektiğini savunur. Bu yanıyla Descartes'ın geniş ölçüde Aristoteles'i andırdığı söylenebilir. Gerçekten, Aristoteles sisteminin yıkılışı ile ortaya çıkan boşluğu Descartes daha bilimsel görünen yeni bir sistemle doldurur gibidir. Onun Kıta Avrupa'sında bir süre moda haline gelmesi belki de bu boşluğu doldurma çabasından ileri gelmiştir.

Descartes'ın oluşturmaya koyulduğu sistem, kuşkusuz, ortaçağların teolojik sistemleri gibi rahat ve kolay anlaşılır türden değildi. Duygusal olmaktan çok rasyoneldi. Evrendeki varlıklar ruh ve madde olarak ikiye ayrılmıştı bu sistemde. İnsan ruhu düşününen bir nesneydi; onun dışındaki her şey madde ve hareketten ibaretti. Bunların üstünde yer alan Tanrı da tüm olup bitenlerin matematiksel kurallara uygunluğunu sağlayan yüce güçtü.

Descartes'a göre, maddesel nesnelerin temel niteliği uzam (extension) veya yer kaplama diyebileceğimiz özelliktir. Bunun dışındaki özellikler gözlemcilerin nesnelere yüklediği niteliklerdir. Böylece Aristoteles gibi o da boşluğa olanak tanımaz. Uzayda maddeyle dolu olmayan yerlerin "esir" denilen daha ince bir maddeyle doldurulmuş olması gerekir. Katılık, ağırlık, renk ve duyular üzerindeki diğer etkiler, maddenin çeşitli biçim, büyüklük ve hareket parçacıklarına ayrılmış olmasıyla açıklanmıştır. Her türlü değişiklik sadece yersel hareketten ibarettir. Hareket gerçek olup, geçişi yalnızca bir cisimden bir başka cisme olabilir. Bu düşünce Descartes'ı ünlü girdap teorisine ulaştırır. Buna göre, dünyada temas halinde olan tüm cisimler biri ötekinin yerini alarak ve girdap yaratarak hareket eder. Gök cisimlerinin doluşımı da bu girdaplar aracılığıyla olur. Descartes doğrudan etki olmaksızın hiçbir harekete olanak görmez. Uzaktan etki düşüncesini kabul ettiği ve fiziksel nedenleri görmezlikten geldiği için Galileo'yu eleştirir. Yerçekiminin de girdaplarla açıklanabileceğini savunur. Descartes, bu girdapların zorunlu özelliklerini de belirtmeyi ihmal etmez. Ne var ki, aradan 40 yıl geçmeden bu özelliklerin gözlemlere uymadığını Newton matematiksel olarak gösterir. Girdap teorisi geçerliğini sürdürmez, ancak onun yerini alan Newton'ın yerçekimi teorisinin de tam bir açıklamaya dayandığı söylenemez.

6. GALILEO GALILEI

Özyaşamı

Modern bilimin başlamasında ve son üç yüzyıllık sürekli ve atılmırlı gelişmesinde pek çok bilim adamının katkısı vardır. Fakat bunlar içinde Galileo'nun katkısı özel bir yer tutar. Galileo yalnız astronomiye yeni bir güç ve olanak getirmekle kalmadı, Aristoteles fiziğinden modern fizik bilimine geçişi sağlamakla Newton'da tamamlanan 17. yüzyıl bilimsel devrimini başlattı. O, aynı zamanda Bacon ve Descartes'ın temsil ettikleri in-

düktif ve dedüktif görüşleri birleştirerek modern anlamda hipotetik-dedüktif yöntemin oluşumunu gerçekleştirdi. Bacon ve Descartes'da olduğu gibi, Galileo'da da yöntem ilgisi "kesin ve evrensel sonuçlara ulaşma" endişesinden doğmuştur. Skolastik düşünceye karşı çıkma ve bilime daha sağlam bir temel bulma üçünün paylaştıkları bir özelliktir. Bacon kesinliği duysal verilerde, Descartes aklın ışığında aramıştı; Galileo'nun deney ve matematiksel düşünmeyi birleştirerek yöntem anlayışında modern senteze ulaştığını görüyoruz.

Galileo Galilei (1514-1642) Pisa'da doğdu. Soylu ama yoksul olan babasının tek uğraşı müzik ve matematikti. Vallombrasa manastırında öğrenim yapan Galileo'nun skolastik veya Aristotelesçi gelenek içinde yetiştiği söylenebilir. Aldığı dersler arasında Yunanca, Latince ve mantık önemli yer tutuyordu. Bilimle ilgili derslerden ise hoşlanmadığı anlaşıyor. Öğretmenlerinin onu tarikata girmeye teşvik etmesi üzerine babası bunu önlemek için Galileo'yu Pisa Üniversitesi'nde tıp öğrenimine başlatır. Bir rastlantı olarak geometri üzerine dinlediği bir konferans, matematiğin tıptan çok daha ilginç olduğuna onu inandırmaya yetti. Tıp derslerini bir yana itip, matematik derslerini kapı aralıklarından izlemeye başladı. Bunu gören yetkililer, tıptan matematiğe geçmesine izin verirler. Ne var ki, Galileo parasızlık nedeniyle bir süre sonra öğrenimini bırakmak zorunda kalır. Yaşamını Floransa'da ders vererek kazanmaya başlayan Galileo çok geçmeden bilimsel ün kazanır; daha 25 yaşındayken eski üniversitesi Pisa'ya matematik okutmanı olarak çağrılır.

Galileo düşüncelerinde bağımsız, sözünü esirgemeyen, müstehzi bir insandı; bu yüzden çok geçmeden çevresinde sevilmeyen, istenmeyen biri olur. İki yıl sonra Pisa'yı bırakıp Padova Üniversitesi'ne matematik profesörü olarak geçer.

Tüm yaşamı boyunca kendini bilime adayan ve doğru bildiğini açıklamaktan çekinmeyen Galileo'nun kiliseyle er geç başının derde gireceği kaçınılmazdı. Kopernik teorisini teleskopla kanıtladığı iddiası yetkililerin sabrını taşırılmıştı. 1616'da Engizisyon Mahkemesi, kapalı bir oturumunda onu mahkûm etmişti. Fakat

o, baş eğmek şöyle dursun, isyankâr davranışında daha da ileri gidiyordu. 1633'te tekrar, fakat bu kez açıktan, mahkeme önüne çıkarıldı. Yetmiş yaşında dayanma gücünü kendinde göremeyen Galileo, dünyanın döndüğü savını bir daha ağzına almayacağını bildirerek tövbe eder. Söylentiye göre Galileo, kendisinden istenen bu vaadi yaparken, bir yandan da "Ama, gene de dünya dönüyor" diye mırıldanmaktan geri kalmaz. Galileo geriye kalan yıllarını kilisenin göz hapsinde yalnızlık içinde ve kör olarak evinde geçirir.

Galileo'nun Fiziğe Katkıları

Kepler gezegenlerin Güneş etrafında çembersel değil, elips biçiminde yörüngeler çizdiklerini, düzgün değil değişen hızlarla hareket ettiklerini kanıtlamakla Aristotelesçi geleneğin iki önemli önyargısını yıkmıştı. Bu geleneğin sağduyuya da uygun gelen bir ilkesi de, cisimlerin hareketi ile ilgiliydi. Aristoteles pek haklı olarak hareket halindeki bir cisim itilmezse (veya çekilmezse) er geç durur, demişti. Bu, hepimizin günlük gözlemleriyle de doğrulanan bir gerçek. Ne var ki, görünüşte kalan bu gerçek, bilimin gelişmesini uzun süre engellemekten geri kalmamıştır. Birçok hallerde sağduyu ile bilimin çatışması da buradan gelmektedir. Sağduyu görünüşle yetinirken, bilimin görünüşün ötesinde birtakım nesne veya ilişkilere gittiğini görüyoruz. Herakleitos'un çok önceleri söylediği gibi, evrenin işleyişine esas olan ölçüler gizlidir; bilimsel araştırmanın amacı bunları gün ışığına çıkarmaktır. Kaldı ki, bilim tarihindeki pek çok örneklerden gördüğümüz gibi, görünüşteki olup bitenlerin açıklanması için de bu geride yatan ilişkilerin ortaya çıkarılmasına ihtiyaç vardır.

Aristoteles'in cisimlerin hareketi ile ilgili görüşü, görünüş çerçevesinde doğru, fakat temelde sakattı. Hareket halinde bir cismin durması itilmemesinden değil, harekettten alıkoyucu birtakım nedenlerin varlığından ileri geliyordu. Bu engeller ortadan kaldırıldığında cismin hareketini sürdürmesi beklenir. Ne var ki, gerçek dünyada bir hareketin tam serbest kalması olanaksızdır. Sadece

engelleyici kuvvetler azaltılabilir veya hafifletilebilir. Nitekim pürüzsüz yüzeylerde hareketin daha uzun sürdüğünü hepimiz biliyoruz. Tüm engellerin giderildiği ideal bir durumda hareket halindeki cisimler hareketlerini sonsuza dek sürdürürler. Fiziğin bu evrensel ilkesini ilk formüle eden Galileo yalnız Aristoteles dinamiğini yıkmakla kalmaz, aynı zamanda bilimin görünüşle bağlı kalamayacağını da gösterir. Yeni ilke geleneksel öğretilerden şu iki yönde ayrılıyordu: 1. Hareketsizlik gibi hareketin de cisimlerin doğal bir özelliği olduğu; 2. Çembersel hareketin değil, fakat kelimenin özel anlamında “doğrusal” hareketin doğal sayılması gerektiği. Buna göre, hareket halindeki bir cisim için doğal olan, hareketini düz bir çizgi üzerinde aynı hızla sürdürmektir.

Galileo, cisimlerin düşme olayını da aynı yaklaşımla ele alır. Hemen herkes bilir ki, atmosferde serbest bırakılan aynı büyüklükte iki cisimden daha yoğun olanı yere daha erken ulaşır. Burada da gördüğümüz, gözlenen sonucun, düşmenin yer aldığı ortamın etkisinden dolayı görünüşte kalan bir olgu olmasıdır. İdeal bir durumda, (yani, düşmeyi engelleyen hiçbir atmosferik etkenin olmadığı tam bir boşlukta) yoğunlukları ne olursa olsun tüm cisimler aynı düşme mesafesini aynı sürede tamamlarlar. Gözlemler düşmenin sabit bir hızla değil, saniyede 32 ayak (yaklaşık 10 metre) artan bir hızla meydana geldiğini göstermiştir. Burada hareketin düzgün doğrusal değil, ivmeli olması boşlukta dahi bir etkinin araya girdiği ve doğal hareketi değiştirdiği düşüncesine yol açmıştır. Bu ise, yerçekimi kuvvetinden başka bir şey değildir.

Galileo böylece fiziğin iki önemli yasasını keşfetmiş olur. Bunlardan ilki “eylemsizlik ilkesi” diye bilinir ve şöyle ifade edilir: Her cisim bir dış kuvvetin etkisi olmadıkça hareket halindeyse hareketini aynı hızla düz bir çizgi üzerinde, duruyorsa hareket-sizliğini, sürdürür.

Daha sonra da göreceğimiz gibi, bu yasa Newton mekaniğinde hareketin birinci yasası olarak tanımlanır.

Galileo’nun keşfettiği ikinci yasa, “Cisimlerin Serbest Düşme Yasası” diye bilinir ve şöyle ifade edilir:

Serbest düşen bir cismin düştüğü mesafe, düşme süresinin karesiyle doğru orantılı olarak değişir.⁽¹⁾

Matematiksel olarak:

$$s = 1/2 gt^2$$

(Denklemden s düşme mesafesini, t düşme süresini, g sabit bir değer olup yerçekimi ivmesini simgelemektedir).

Galileo, kendisinden sonra gelen tüm bilim adamları gibi, maddenin “birincil” dediği özellikleri (kütle, biçim ve hareket) ile ilgileniyordu. “İkincil” dediği renk, tat, koku ve ses gibi özellikler ölçülemediğinden onu ilgilendirmiyordu.

Galileo’nun Astronomiye Katkıları

Galileo’nun fizikteki buluşları teorik bilgi yönünden olduğu kadar, uygulama yönünden de etkisini göstermekte gecikmez. Galileo’nun koruyucusu Toskana Dükü savaş tekniğinde ilerleme istemektedir. Galileo, atılan bir merminin izleyeceği yolu saptamaya çalışırken, bulduğu iki yasadan yararlanma yoluna gitmekle teorik bilginin uygulama değerine çok canlı bir örnek verir.

Atılan bir merminin izlediği yolu incelediğimizde, bunun aslında iki ayrı hareketin bir bileşimi olduğunu görürüz. Bu hareketlerden biri doğrusal ve düzgün niteliktedir, diğeri dikey bir düşmeden ibarettir. Birincisi eylemsizlik ilkesine, ikincisi cisimlerin serbest düşme yasasına bağlıdır. İkisinin birleşimi olan hareket ise parabol biçiminde bir yol izler. Burada toplamın paralel-kenar yasasına uyan yönlendirilmiş büyüklüklerin kompozisyonuna bir örnek görmekteyiz. Hız, ivme ve kuvvet gibi büyüklükler için de aynı yasa geçerlidir.

(1) Rivayete göre Galileo eğik Pisa Kulesi’nden farklı ağırlıkta cisimler atarak civardan geçen Aristotelesçi profesörlere düşme hızının ağırlığa bağlı olmadığını deneysel olarak “ispatlamak” istermiş. Ancak bunun tarihi gerçekliği üzerinde ciddi şüpheler vardır. Galileo böyle bir deneye başvurduğuna hiçbir eserinde değinmemiştir.

Galileo'nun astronomi alanındaki katkılarına gelince, bunlar ilk bakışta çok daha somut ve çarpıcıdır. Bacon, Tycho Brahe ve Kepler'in tersine, Galileo daha baştan Kopernik'in heliosentrik teorisini benimser ve teoriyi doğrulamak için yoğun bir araştırma içine girer.

1609'da Hollandalı bir gözlükçünün uzak nesneleri büyüten bir mercek icat ettiğini öğrenince, hemen çalışmaya koyulur; ışığın yansıma ve kırılma olguları üzerindeki bilgilerden yararlanarak ilk teleskopu yapar. Batlamyus astronomisini temelinden çöktüren buluşlar birbirini kovalamaya başlar. Ay'ın yüzeyinin, öteden beri sanıldığı gibi kusursuz ve pürüzsüz değil, yer yer kayalık, dağ ve vadilerle kaplı olduğu görülür. Samanyolunun sayısız yıldız kümelerinden başka bir şey olmadığı ortaya çıkar.

Geleneksel öğretinin, gezegenlerin yediden fazla olamayacağı varsayımı, Jüpiter gezegeninin etrafında Kepler yasalarına göre dolanan dört uydusunun saptanmasıyla bir anda geçerliğini yitirir. Galileo'nun teleskopu, Kopernik'in Venüs gezegeninin Ay gibi değişik görünüşler göstereceği ile ilgili varsayımını da doğrular.

Bütün bu buluşlar, yüzyılların pekiştirdiği birtakım önyargılara düpedüz ters düşüyordu. Padova Üniversitesi'ndeki Aristotelesçi profesörler, teleskopu şeytanca bir araç sayarak onunla göklere bakmayı reddediyorlardı. Galileo'nun Pisa'daki eski meslektaşları da onun gözlemlerinin neden doğru olmayacağını mantıksal yollardan giderek göstermeye çalışıyorlardı. Öyle görünüyordu ki, skolastik düşünceye sıkı sıkıya bağlı kafaları dogmatik uykularından uyandırmak kolay olmayacaktı. Üstelik Galileo'nun iki kez Engizisyon Mahkemesi önüne çıkarılması da gösterir ki, bu kafaları fazla rahatsız etmeye de gelmez.

Kopernik ve Kepler, gezegenlere ait hareketlerin matematiksel olarak ifade edilebileceğini göstermişlerdi. Galileo daha ileri gider, yerküre üzerindeki cisimlerin hareketlerinde de matematiksel ilişkilerin saptanabileceğini gösterir. Pisa'daki katedralde tavandan asılı bronz lambaların hareketini seyrederken, ister büyük ister küçük olsun, tüm salınımların aynı zamanı aldığını görür. Bu gözlemi onu matematiksel bir ilişkiye dayanan (sarkaç ya

da pandül) yasasını formüle etmeye götürür. Cisimlerin serbest düşme olgusunda da onun hız, mesafe, ağırlık ve zaman gibi değişkenler arasında matematiksel ilişkiler kurmaya çalıştığını görüyoruz. Önce, hızın düşme mesafesiyle orantılı olduğu hipotezi üzerinde durur. Fakat bu doğrulanmayınca, hızın düşme süresiyle orantılı olduğu hipotezini ele alır; eğik düzlemler üzerinde bil-ye yuvarlama deneyleriyle hipotezini doğrulama yoluna giderek yasayı formüle eder.

Galileo'nun eğik düzlemler üzerindeki deneyleri onu sonunda "eylemsizlik yasası" denilen ilkeyi düşünmeye de götürür: Eğik bir düzlem üzerinde düşen bir bilyenin, aynı derecede eğik karşıt bir düzlem üzerinde düşme mesafesi kadar bir yüksekliğe çıktığını gören Galileo, hareketi durduran şeyin sürtünme olduğunu sezer.

Galileo da Kepler gibi tüm evrenin matematiksel ilişkiler üzerinde kurulduğu inancındaydı. Ancak, onun inancı mistik değil, rasyonel bir temele dayanıyordu. O, "doğa matematik dille konuşur" derken ne Aristoteles geleneğinde olduğu gibi doğayı insan imajı ile düşündüğünü, ne de Pythagorasçı gelenekte olduğu gibi sayılara mistik veya tanrısal özellik verdiğini ifade ediyordu. Düpedüz insanın dışında ve onun istek ve eğilimlerinden bağımsız olan olgusal dünyanın, ancak matematiksel yöntemlerle anlaşılabileceğini anlatmak istiyordu.

7. ISAAC NEWTON

Bilim Adamı Olarak Özelliği

Galileo'nun öldüğü yıl dünyaya gelen Isaac Newton (1642-1727), genellikle tarihin en büyük bilim adamı sayılır. Onun fizik, astronomi ve matematikteki buluşlarının her biri tek başına göz kamaştırıcı parlaklıktadır. Başarılarının tümü göz önüne alındığında ortaya erişilmez bir yücelik çıkmaktadır. 16. yüzyılda başlayan modern bilim Newton'la yetkin düzeye erişir. Ondan önce elde edilen sonuçlar önemli olmakla birlikte, çoğu kez dağınık

ve birbirinden kopuk kalmıştı. İlk kez Newton'da bütün bu sonuçları kapsayan teorik düzeyde bir sistemin ortaya çıktığını görüyoruz.

Küçük bir çiftlik evinde “prematür” doğan Newton, küçüklüğünde parlak bir öğrenci değildi. 1661'de Cambridge Üniversitesi'ne girer, öğrenimini üç yıl içinde tamamlar. Isaac Barrow adında seçkin bir matematik profesöründen ders alması onun için gerçek bir talih olmuştur. Öğrencisinin büyük yeteneklerini tanımakta gecikmeyen Barrow, daha sonra kürsüsünü ona bırakmak için 1668'de istifa yoluna gider. Newton'un yaratıcı dönemi bu atamadan önceye rastlar. Veba salgınından dolayı üniversite 1665 ve 1667 yılları arasında iki yıl kapalı kalır. Newton doğduğu çiftlik evine döner ve burada geçirdiği iki yıl içinde matematik, optik ve gök mekaniği alanlarındaki büyük buluşlarının temellerini atar. O, bu kısa dönemde şimdi “differansiyel hesap” denen “fluxions” metodunu bulur; beyaz ışığın bileşik niteliğini ortaya çıkarır; en önemlisi, evrensel yerçekimi hipotezine ulaşır. Voltaire'in, Newton'un yeğeninden duyduğunu söylediği ünlü “düşen elma” öyküsü de çiftlikte geçen bu döneme aittir.

Ne yazık ki, bu eşsiz buluşlar gün ışığına ancak yirmi yıl sonra çıkma olanağı bulacaktır. Newton içine kapalı, gösteriştan hoşlanmayan, polemikten kaçan bir kişiydi. Pek çok bilim adamının tersine, onda buluşlarını yayımlama arzusu yoktu. Yakın arkadaşı Halley olmasaydı, *Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri* adlı ünlü yapıtı belki de hiçbir zaman yazılmayacaktı. O derece ki, bazı buluşlarından, bu arada optikteki çalışmalarından hocası Barrow bile uzun süre habersiz kalmıştı.

Newton ilk kez 1671'de kendi icat ettiği bir yansıtıcı teleskopu Kraliyet Bilim Akademisi (The Royal Society)'ne sunmakla kamu önüne çıkar. Teleskopun büyük ilgi toplaması üzerine Newton, Kraliyet Bilim Akademisi'ne üye seçilir. Akademiye ilk sunduğu bilimsel bildirisi, onun “şimdiye dek doğanın işleyişi ile ilgili yapılmış en garip felsefi buluş” diye nitelediği ve altı yıl önceki bir çalışmasının sonucu olduğu halde o zamana dek açıklamadığı bir buluşuyla ilgiliydi. Peki, Newton'un nerdeyse ihmal et-

tiği bu buluş neydi? Bu buluş, bildiğimiz gün ışığının bize beyaz görünmesine karşın aslında pek çok rengin bir karışım veya bileşiminden meydana geldiğini kanıtıyordu ki, pek çok bilim adamı için erişilmesi güç bir ün için yeterliydi. Sonuç beklenenin üstünde deneysel kesinlik ve açıklıkta olmasına karşın, Newton hiç hoşlanmadığı eleştirilerden kurtulamadı. Geleneksel öğretiyeye göre beyaz ışık türdeş olup, renkler cisimlerin bu ışık üzerindeki etkisinden doğuyordu. Kimsenin henüz adını duymadığı bir gencin çıkıp geleneğin ağırlığını taşıyan yerleşik öğretiyeyi tersine çevirmesi nasıl düşünülebilirdi? Eleştirilerin bir bölümü zayıf nedenlere dayanıyordu; bunlara cevap vermek kolaydı. Ne var ki, Newton'un buluşu ile ışık üzerindeki teorileri sarsılan iki bilim adamının (Hollandalı fizik bilgini Christian Huygens ile İngiliz bilgini Robert Hooke) eleştirileri Newton'ın canını sıkacak denli ciddiydi. Bunlar, Newton'ın ortaya koyduğu söz götürmez deney sonuçlarını görmezlikten gelerek kendi görüşlerinde direniyor, özellikle Newton'ın ışık üzerinde bir teori geliştirmemiş olmasını bağışlanmaz bir kusur olarak gösteriyorlardı. Newton istemeyerek de olsa bu eleştirinin etkisiyle ışığın değişik büyüklüklerdeki parçacıklardan oluşan bir akıntı olduğu teorisini ileri sürer.

Bu tür tartışmalardan hoşlanmayan Newton, küskünlük havası içinde büsbütün içine kapanır. Ne buluşlarını yayımlama, hatı ne de, gençliğinde tutkuyla bağlandığı bilimsel çalışmaları sürdürme isteği kalır içinde. Örneğin *Opticks* adlı son derece önemli yapıtını, ancak kendisine karşı çıkan Hooke'ın ölümü üzerine, 1704'te, yayınlama yoluna gider.

Newton'un Gök Mekaniği

Newton optik üzerindeki çalışmalarıyla, 17. yüzyıl biliminin gelişimini doğrudan etkileyen önemli katkılar getirmekle kalmaz, bilimin ne tür araştırmayla ilerleyebileceği konusunda da yetkin örnekler verir. Onun elinde bilim ne sadece bir olgu toplama ve sınıflama süreci olarak, ne de sadece *a priori* konmuş ilkelerden mantıksal sonuçlar çıkarma işlemi olarak görünür. Onda bilim,

kantitatif olarak ifade edilen gözlem ve deney sonuçlarını, bir ana kavrama bağlayan ve o yoldan açıklayan hipotetik-dedüktif bir girişimdir. Galileo'da olduğu gibi, Newton'da da, asıl amaç, doğanın deneye açık işleyişini matematiksel bir teori ile betimleme ve açıklamaktır. Galileo tek tek kalan kimi olgu türlerinin anlaşılmasında bu yöntemi başarıyla uygular; fakat kapsamlı bir teoriye ulaşamaz. İlk kez Newton, görünüşte aralarında hiçbir ilişki olmayan pek çok olgu türlerini (örneğin, elmanın yere düşmesi ile Ay'ın Dünya çevresinde dönmesi gibi) bir kavram çerçevesinde toplama ve açıklama olanağı sağlayan geniş kapsamlı teori düzeyine çıkabilmiştir.

Newton'ın optik ile ilgili çalışmalarında teoriden çok deneyin ağırlık taşıdığı örnekler bulmaktayız. Şimdi kısaca değineceğimiz gök mekaniği ile ilgili çalışmaları ise teorinin büyük ağırlık kazandığı örnekler vermiştir.

Kepler gezegenlere ilişkin üç yasasıyla Güneş sisteminin işleyişini özetlemişti: Gezegenlerin Güneş çevresinde elips biçimindeki yörüngelerde dolaştığı, gezegeni Güneş'e bağlayan doğru parçasının eşit sürelerde eşit alanlar kat ederek ilerlediği; ve tüm gezegenlerde dolaşma periyodunun karesinin, Güneş'e olan ortalama uzaklığın küpüyle orantılı olduğu. Bu genellemeler güvenilir gözlem ve ölçme sonuçlarına dayanıyordu. Ancak onları açıklayan, başka bir deyişle, "niçin başka türlü değildir de böyledir?" sorusuna yanıt veren teoriyi Kepler'de bulamamaktayız. Böyle açıklayıcı, gözlem sonuçlarını ve o sonuçlara dayalı genellemeleri öndemeye elveren bir teori için Newton'ı beklememiz gerekmiştir.

Gerçi Newton'a gelinceye dek birtakım fikirlerin ortaya atılmış olduğunu görüyoruz. Örneğin, daha 1645'te bir Fransız astronomu olan Ismael Boullian, iki cisim arasında onları birleştiren çizgi boyunca bir çekme kuvvetinin varlığından söz etmiş, hatta bu kuvvetin aradaki mesafenin karesiyle ters orantılı olduğunu belirtmiştir. 1666'da başka bir bilim adamı, Giovanni Borelli, bir uydunun merkezkaç kuvvetini (ki, o bunu araba tekerleğinin saçtığı çamurları örnek göstererek aydınlatmaya çalışır) uyduyu gezegene doğru çektiği sanılan kuvvetle eşit tutar. Fakat bu tür fikir-

ler dağınık kalmaktan kurtulamamış, soruna matematiksel çözümü getirmekten çok uzak kalmıştır.

Newton'ın soruna eğilmesi, daha önce de belirttiğimiz üzere, veba salgını dolayısıyla çiftlikte geçirdiği 1665-1666 yıllarına rastlar. Newton, yere düşen cisimlerle gökte dolaşan gezegen ve uyduların hareketlerinin aynı ilkeye bağlı olduğu hipotezine burada ulaşır. Düşen cisimlerin yasasını bulan Galileo bile bu tür bir ilişkiyi sezmekten uzak kalmıştı. Newton bu kadarla da kalmaz: Mesafenin karesiyle ters orantılı olarak değişen bir çekim kuvvetinin, Kepler'in üçüncü yasasını açıklayıp açıklayamayacağını görmek için uzun ve karmaşık hesaplara girer. Sonunda böyle bir çekim kuvvetinin yalnız üçüncü yasayı değil, onunla birlikte başka sonuçları da açıkladığını görür.

Ne var ki, o genç yaşında ulaştığı bu büyük sonucu ya bazı noktalardaki tereddütlerinden, ya kendisini o sıra daha fazla ilgilendiren optik çalışmalarından başını alamadığı için, ya da düpedüz olası eleştirilerden çekindiği için yayımlama veya başka biçimde açıklama yoluna gitmez.

“Principia” ve Önemi

1673'te Hollandalı bilim adamı Christian Huygens, sarkaçlı saatler üzerindeki ünlü kitabından Newton'a bir nüsha gönderir. Huygens bu kitabında, merkezkaç yasasını da geliştirmişti. Newton'ın, bu yasanın kendisinin altı yıl önce ulaştığı sonuçtan matematiksel olarak çıkarılabilir olduğunu hemen gördüğü, o sırada yazdığı bir anısal nottan anlaşılmaktadır. Fakat aradan bir altı yıl daha geçtiği halde Newton herhangi bir açıklamada bulunmaz. Sonunda, 1679'da, gene Robert Hooke'la tutuştuğu bir tartışma üzerine, yeniden çalışmaya koyulur; çok geçmeden, Kepler'in ilk iki yasasının da yerçekimi hipotezinden çıkarılabilir olduğunu kanıtlar. Ne var ki, sonucu yazıp açıklamaktan hâlâ kaçınmaktadır. Bir süre daha bu konuyu bir yana iterek kendisine daha önemli görünen teolojik sorunlara daldığı görülür.

Bu arada büyük astronom Halley de “mesafenin karesi ile ters

orantılı” hipotezinin Kepler’in üçüncü yasasını açıkladığını anlar, fakat tüm çabasına karşın kanıtlayamaz bunu. Halley, dostu Robert Hooke’in da problemin hakkından gelemeyeceğini görünce, Cambridge’e giderek Newton’a başvurur. Newton çok önceleri yaptığı matematiksel kanıtı hatırlar, ama kanıt taşıyan notlarını bulamaz. Halley’in ısrar ve teşvikiyle kanıt çalışmasına girişen Newton çok geçmeden sorunu çözer ve çözümü kapsayan notlarını 1684-1685 döneminde ders notu olarak kullanır. Halley’in sürekli destek ve ısrarı sayesinde bu notlar sonunda bilim tarihinin en ünlü kitabı sayılan *Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri* adlı başyapıtı oluşturur.⁽¹⁾

Yoğun bir çalışma ile kitabını 18 ayda tamamlayan Newton, 1685’te yerçekimi ile ilgili hipotezinin kesin ispatına ulaşır. Buna göre:

Evrende var olan herhangi iki cisim birbirlerini kütlelerinin çarpımı ile doğru, aralarındaki mesafenin karesi ile ters orantılı olarak çekerler.

Matematiksel olarak:

$$F = \frac{G m_1 m_2}{d^2}$$

İşte bu ilkenin sağladığı ışık altındadır ki, Newton elmanın yere düşmesi ile dünyanın Güneş çevresinde dolaşması gibi birbirinden pek uzak ve farklı görünen olguları bir kategoride düşünme ve açıklama olanağını elde etmiştir. Newton’ın uzun süre açıklamaktan çekindiği hipotez, kapsamı o derece geniş, içerdiği olgular o derece çeşitli ki, nihayet “Evrensel Yerçekimi Yasası” gibi yüce bir kimlik kazanır.

Edmond Halley’in teşvikiyle yazılan *Principia*, gene onun yardımıyla 1687’de yayımlanır. Basım masraflarının tümünü Halley

(1) Latince yazılan kitap, genellikle Newton’ın *Principia*’sı diye bilinir.

öder. Son derece güç olan kitabın İngilizceye çevirisi 1729'a dek gecikir. Newton, klasik geometri biçimini izlemiştir kitabında. Kitabı bilerek zorlaştırdığını söyleyen Newton, böylece matematik kafası basit kimselerin sataşmalarından kendini koruyabileceğini ummuştur.

Newton, ünlü kitabının konusunu önsözünde şöyle belirtir:

Bu çalışmayı felsefe (bilim demek istiyor)'nin matematiksel ilkeleri olarak sunuyorum; çünkü, felsefenin asıl görevi şundan ibarettir: Hareket olgularından doğa kuvvetlerini araştırmak ve sonra bu kuvvetlerden doğanın diğer olgularını ortaya çıkarmak. İşte kitabın birinci ve ikinci bölümündeki önermeler bu amaca yöneliktir. Üçüncü bölümde, evren sisteminin açıklanmasında bunun bir örneğini vermekteyim. Önceki iki bölümde matematiksel yoldan kanıtlanan önermeler aracılığıyla üçüncü bölümde, gökte olup bitenlerden cisimleri Güneş'e ve gezegenlere doğru harekete geçiren çekim kuvvetlerini çıkarıyorum. Sonunda, bu kuvvetlerden, gene matematiksel olan diğer önermelere dayanarak, gezegenlerin, kuyrukluyıldızların, Ay'ın ve denizin hareketlerini çıkarsıyorum.

Newton, bu sözleriyle ulaştığı sonuçlardan çok, izlediği yöntemi dile getirmektedir. İlk uygulama örneklerini Galileo'da bulduğumuz modern bilimsel yöntem Newton'da tam kristalize olmuş görünmektedir. Newton, "hareket olgularından doğa kuvvetlerini ortaya çıkarmak" derken bu yöntemin özünü açıklıyor: Gözlem → teori → açıklama ve öndeyi. Deyim yerinde ise, Descartes ve Bacon'ın sentezinden doğan yeni bir anlayış. Bu anlayışta Newton'ın, çok iyi kullandığı, fakat sözünü etmediği başka bir öge daha var: Yaratıcı muhayyile. Muhayyile, denetimli gözlem ve deneyle birleştiğinde sonucun ne denli verimli ve göz kamaştırıcı olabileceğinin en iyi örneklerini Newton vermiştir. Galileo'nun, Kepler'in ve daha başkalarının buluşlarını Newton gibi başkaları da bilmekteydi. Ancak, bu buluşları birbirine ilişkin

görüp bir teorinin kapsamında birleştirmek için bilgi yetmiyordu; Newton'ın yaratıcı muhayyilesine ihtiyaç vardı.

Newton'ın *Principia*'da ulaştığı sonuçlara gelince, bunları kısaca şöyle belirtebiliriz:

1. Hareketin üç temel yasaya indirgenmesi ve bu yasalara dayanılarak dinamiğin dedüktif bir sistem olarak kurulması. Hareketin birinci yasası Galileo ilkesinin tümel biçimde ifadesinden ibarettir: Bütün cisimler engellenmedikçe aynı hızla aynı doğrultuda hareketlerini sürdürür. İkinci yasa kuvveti hız veya yön değiştirmenin nedeni olarak tanımlamakta ve kütle ile ivmenin çarpımı olarak ifade etmektedir: $F = a \times m$. Üçüncü yasa, "her etkiye karşı eşit bir tepki vardır" ilkesini dile getirmektedir.

2. Temel yasaların dayandığı kavramların tanımlanması. Newton yasaları ortaya koymadan önce bazı önemli terimlerin anlamları üzerinde durur. Örneğin, "kütle"yi bir cismin yoğunluğu ile oylumunun çarpımı, "momentum"u kütle ile hareket hızıyla çarpımı olarak tanımlar. Fakat yoğunluğu, bir cismin kütlelerinin oylumuna bölümü olarak tanımlama zorunda olduğumuzdan, birinci tanım işe yaramaktan uzaktır. İkinci tanım da güçlük kendini gösteriyor: Hareket hızını nasıl tanımlayacağız?

Newton'ın yasaları geçerliğini sürdürdüğü halde, ileride de göreceğimiz gibi, tanımları çeşitli yönlerden yetersiz kalmıştır. Onun mutlak zaman ve uzay kavramı gibi kütle kavramı da çağdaş fizikte terk edilmiştir.

3. Astronomide Kopernik ve Kepler'in ilk adımlarını attıkları sistemin bilimsel bir teori olarak kurulması. Evrensel yerçekimi yasasının sağladığı geniş çerçeve içinde tüm gezegenlerin, uyduların, kuyruklu yıldızların hareketleri en küçük ayrıntılara dek açıklanma olanağı bulur. Daha önce pek anlaşılmayan veya bir tür gözlem hatası sayılan yörünge sapmaları bile bu ilkenin ışığında beklenir olgulara dönüşür. Hatta ileride değineceğimiz gibi, teorinin yüksek açıklama ve öndeme gücü sayesinde henüz bilinmeyen gezegenlerin gözlemi bile yapılır. Bu ölçüde güçlü ve kapsamlı bir teorinin tarihte bir başka örneği yoktu. Newton, Öklid'in geometride yaptığını fizik bilimlerinde gerçekleştirmiş-

ti: Birkaç genel ilkedен, daha önce gözlemsel yoldan bulunan birtakım ilişkilere dedüksiyonla ulaşılabilеceğini gösteriyordu. Üstelik teori birbiriyle bağıntısız görünen bir sürü yasal ve gözlemsel ilişkilerin (örneğin, Kepler'in üç yasası ile Galileo'nun serbest düşme yasası) aynı ilkelerin mantıksal sonuçları olabileceğini göstermekle hem doğanın bütünlüğünü, hem de bilimin daha genel ve kapsamlı ilkelere ulaşılabilеceğini bir çeşit kanıtlamış olmuyor muydu? Evrenin yapısı ve işleyişi gerçekten matematiksel nitelikte idiyse, Newton teorisinde onun etkin ve geçerli anahtarı bulunmuş demekti. Fizikte ilk kez Archimedes'in denediği aksiyometik sistem, Newton'ın elinde tam başarıyla gerçekleşmiş olur.

Newton'ın formüle ettiğı yasalar, evrenin yapı ve işleyişinin mekanik nitelikte olduğu varsayımını içeriyordu. Bu varsayım ortaçağ dünya görüşüne tamamen ters düşmekteydi. Mekanik anlayış içinde her olgunun nedeni başka bir olguda aranmak gerekirdi. Gerçi Newton, Tanrı kavramına başvurmaksızın evrenin açıklanamayacağı inancındadır. Ne var ki, kendisini izleyenler bu gereğı kabul etmemiş, evrenin salt mekanik kavramlarla açıklanabileceğı tezini savunmuşlardır. 19. yüzyılda ısı, ışık, elektrik ve kimya problemlerinin mekanik yöntemlerle çözümlenebileceğı görülünce, mekanik dünya görüşü biricik bilimsel görüş olarak kabul edilir.

Newton hakkındaki son sözü onun çapında bir bilim adamı olan Einstein'a bırakıyoruz:

*Doğa, harflerini zahmetsizce okuduğı açık bir kitap-
tı onun için. Gözlem verilerini düzenleme ve açıklama için
kullandığı kavramlar, yaşantıdan, planlayıp gerçekleştirdi-
ğı mükemmel deneylerden, kendiliğinden oluşuyor gibiydi.
O, bir tek kişide deneyciyi, teorisyeni, teknisyeni ve daha da
önemlisi, yaratıcı sanatçıyı birleştirmişti. Önümüzde güçlü,
güvenilir ve tek başına dimdik duruyor daima.⁽¹⁾*

(1) bkz. Sir James Jeans, *The Growth of Physical Science*, s. 165.

8. IŞIĞA İLİŞKİN KURAMLAR

Newton'ın, ışığın niteliği üzerinde düşündüğü bir sırada, Hollandalı bilim adamı Christian Huygens (1629-1695) başka bir teori geliştiriyordu. Bir şair ve diplomat oğlu olan Huygens, ışığın parçacıklardan değil, dalgalardan meydana geldiği düşünce-sindeydi. Teorisini ilk kez 1678'de Paris Bilimler Akademisi'nde açıkladı; sonra daha tam ve ayrıntılı biçimde 1690'da yayımladığı *Traité de la Lumière* adlı kitabında ortaya koydu. Descartes, Newton ve başkaları gibi o da tüm uzayı baştan aşağı dolduran bir "ortam"ın varlığından söz ediyordu. "Son derece ince ve esnek" nitelikte olan bu ortam, ışığın yayılma hareketi için gereki-ydi. Ona göre, ışık saçan bir nesne bu ortamda düzgün aralıklar-la bir titreşim meydana getirir. Bu titreşimlerin yol açtığı dü-zenli küresel dalgalar her yana ve yöne yayılır. Huygens bu dalga-lar üzerindeki her noktada yeni küresel dalgalara yol açan bir tit-reşimin yer aldığını, böylece dalgaların kendi kendilerini hareket geçirerek yayıldığını ileri sürüyordu.

Bu teori, ışığın gözlem ve deneyle bilinen birçok özelliklerini açıklama gücünü taşıyordu. Işığın yansımasına ilişkin yasa kolay-ca açıklanma olanağı kazandı. Üstelik, teori gereğince ışığın yo-ğun ortamda daha yavaş ilerlemesi söz konusuydu. Bu da Snell'in kırılma yasasına tam bir açıklama getiriyordu. Huygens ayrı-ca, ışığın doğru çizgiler üzerinde ilerlediğini kanıtlamaya çalıştı. Fakat sonucun tam başarılı olduğu söylenemez. Bunun gibi teo-rinin açıklamada yetersiz kaldığı başka olgular da yok değildi.

Bu olgulardan biri ışığın düz ilerlemesi, köşeleri dönmemesiy-di. Oysa dalga biçiminde yayılan sesin köşeleri rahatça döndüğü-nü biliyoruz. Bu olgulardan bir başkası da, ışığın kutuplaşmasıyla ilgilidir: Bir cam levhayı kitap sayfası üstüne koyduğumuzda al-tındaki harfler ışık kırılması nedeniyle bir parça yer değiştirmek-le birlikte açıkça görünmeye devam eder. Oysa bir kristal levha-sı (calcite) altında her harf bize çift görünür. Nedeni ise, kristalin içinden geçen herhangi bir ışını, değişik yönlerde ilerleyen iki ay-rı ışına ayırma gibi önemli bir özelliğinin olmasıdır (Danimarkalı

fizikçi Erasmus Bartholinus, “çift kırılma özelliği” denen bu olguyu 1670’te keşfetmişti). Huygens’in teorisi kristal levhanın bazı özellikleri karşısında tam bir başarısızlığa uğramıştır. Newton’ın parçacık teorisi de tam yeterli olmamakla birlikte, dalga teorisinden biraz daha başarılıydı. Şimdi ışığın “kutuplaşması” dediğimiz kavram Newton’da kendini gösterir; nitekim ışınların iki “yanlı” olduğundan söz eder; ne var ki, bu kavramın son derece basit bir yoruma elverişli olduğu noktası onun da gözünden kaçmıştır.

Huygens’in, dalga hipotezine, su ve ses dalgalarından esinlenerek ulaştığı söylenebilir. Bilindiği gibi, bir ses dalgasında hava parçacıkları “uzunlamasına” bir hareketle, öteye beriye giderek, dalgaların ilerlediği yönde ilerler. Su üstündeki dalgalarda durum farklıdır: Dalgalar su yüzeyi boyunca ilerlerken su parçacıkları yüzeye dik açıda aşağı yukarı hareket ederler. Parçacıkların hareketi dalgaların ilerlediği yöne eğri düşer.

Huygens’in tasavvur ettiği dalgaların hareketi uzunlamasınaydı; fakat İngiliz bilgini Robert Hooke ışığın eğri dalgalardan ibaret olabileceği düşüncesini ortaya atar; öyle ki, dalgaların taşındığı “esir” denen ortamın parçacıkları, ışığın ilerlediği yöne dik açı yaparak hareket ederler. Bu da Newton’ın anladığı gibi, ışığın “yanları” olduğu demektir: İki yan parçacıkların hareket ettiği yönde, iki yan da buna ve dalgaların ilerlediği doğrultuya dik açı yapan yönde olmak üzere. Biri çıkıp Newton’ın, Hooke’ın ve Huygens’in hipotezlerini birleştirebilseydi, o dönemde ışıkla ilgili bilinen tüm olguları kapsayacak güçte bir teori kolayca ortaya çıkmış olacaktı. Ne var ki, Newton’ın ağır basan otoritesi karşısında, dalga teorisinin başarısı için fazla bir şans yoktu. O derece ki, 19. yüzyılın başlarına dek parçacık teorisinin egemenliğini sürdürmekte güçlük çekmediğini görüyoruz.

Maddenin Yapısı

“Deha Yüzyılı” denen 17. yüzyıl, astronominin modern niteliğini kazandığı, fizik biliminin çeşitli yanlarıyla kurulduğu dönemdir. Optik, gök mekaniği, hareket gibi alanlar dışında mad-

denin yapısı, ateş ve ısı konularına da el atıldığını görüyoruz. Bu dönemde maddenin temel yapıtaşı olarak atom kavramının yeniden sahneye çıktığına, bazı kimyasal elementlerin bulunduğuna tanık olmaktayız.

Hatırlanacağı üzere, maddenin atomsal yapısı fikrini Demokritos ve daha sonra Epikuros gibi eski Yunan düşünürleri ileri sürmüşlerdir. Ortaçağlar boyunca dine karşı sayılan bu düşünce (belki de Platon, Aristoteles ve Galen tarafından benimsenmediği için) etkinliğini yitirir, adeta unutulur. 17. yüzyıl başlarında atom düşüncesinin Fransız filozofu Pierre Gassendi (1592-1655) ile İngiliz bilgini Robert Boyle'da yeniden canlandığı görülmektedir.

Gassendi, maddenin atomsal yapısı düşüncesiyle fizik bilimine etkili bir katkıda bulunmuştur. Ona göre, her türlü madde mutlak derecede katı ve asla yok edilemez atomlardan oluşmuştur. Atomlar nitelik yönünden benzer, fakat biçim ve büyüklük yönlerinden farklı nesneler olup, boş uzayda her yönde serbestçe hareket halindedirler. Atomların böyle tasarlanması ile maddenin gözleme konu birçok görüntü ve özelliklerinin açıklanabileceğini ileri süren Gassendi bu görüşünde aldanmamıştır. Günümüz fiziği bunu geniş ölçüde doğrulamıştır.

Gassendi ayrıca, maddenin katı, sıvı ve gaz halleri ve bir halden öbürüne geçiş üzerindeki oldukça geçerli açıklamasıyla da dikkati çeker. Ancak, ısı olgusunu özel nitelikte bir "ısı atomu"nun varlığıyla açıklamaya kalkışması, onu hataya düşürür.

Robert Boyle'a gelince, onun bu sorunla ilgilenmesi o zamana dek daha çok ölçüsüz tahminlere dayanan kimyayı daha sağlam, oldukça bilimsel bir zemine oturtmaya yarayacak denli önemlidir.

Ortaçağ skolastikleri, tüm maddeleri dört element (toprak, su, hava ve ateş)'in karışım veya bileşimi sayan ilkel Yunan düşüncesini olduğu gibi sürdürmekteydiler. Öte yandan bazıları da İslam biliminde geçerlik kazanan üç temel "ilke" (tuz, kükürt ve cıva)'yi esas kabul ediyordu. Genellikle herkes ateş aracılığıyla her maddenin bu temel element veya ilkelere indirgenebileceği inancındaydı. Boyle, bu ve benzer iddiaları basit bazı olgulara giderek çü-

rütür. Örneğin altın ve gümüş gibi maddelerin ateşten etkilenmediğini gösterir. Ateşe tutulan altın hiçbir zaman ne toprak, su, hava veya ateş olmakta ne de tuz, kükürt veya cıvaya dönüşmektedir. Gerçi bir hidroklorik ve nitrik asit karışımı olan *aqua regia* ile altını değiştirmek mümkün; ancak bu değişim geriye dönülmez değildir. Aynı şeyi altının diğer metallerle alaşımında da görüyoruz; alaşım çözüldüğünde ilk konan miktarda altın tekrar elde edilebilmektedir. Boyle, bu gözlemlerden altının sürekli ve değişmez bir niteliği olduğu sonucunu çıkararak, klasik dört element veya üç ilke düşüncesinin geçersizliğini kanıtlıyordu. 1661’de yazdığı *Kuşkucu Kimyacı* adlı yapıtında bu tür metafizik nitelikteki kavramlar yerine modern anlamda kimyasal element kavramının getirildiğini görmekteyiz.

Boyle, daha sonra, modern kimyanın “atom” kavramını ileri sürer. Ona göre, tüm maddeler, her biri kendi belirli biçimiyle var olan katı parçacıklardan meydana gelmiştir. Bu parçacıklar kendi aralarında gruplaşarak şimdi “molekül” dediğimiz daha büyük parçacıkların oluşumuna yol açarlar. Boyle’un bu düşüncelerinin kimyada etkinlik kazanması Fransız bilim adamı Lavoisier’nin gelişini bekleyecektir.

Boyle bir kimyacı olduğu kadar bir fizikçidir de. Asistan olarak yanına aldığı Robert Hooke’la birlikte gazların fiziksel özellikleri üzerinde birçok deneyler yapar. Otto von Guericke’nin icat ettiği hava pompasını daha geliştirerek havanın ağırlık, sıkışabilirlik ve elastikiyeti gibi özelliklerini incelerler. Bu incelemelerin ilk önemli sonuçlarından biri “hava yayı” diye niteledikleri bir ilişkinin ortaya çıkması oldu: Havanın sıkıştırıldığında eski oylumuna dönüşü için basıncının artışı. Dikkatli ölçmeler basınç ve oylum arasında Boyle Yasası ile ifade edilen değişmez bir ilişkinin varlığını ortaya koyar. Buna göre, belli kütlede bir gazın oylumu basıncıyla ters orantılı olarak değişir. Bu yasa, fizikte gazlarla ilgili modern teoremin gelişiminde ilk adımı oluşturmuştur.

Bazı kimselerin Boyle’dan önce bu ilişkiyi keşfettikleri sanılmaktadır. Boyle, kendi düşüncesine başkasından yararlanarak ulaştığını açıklamaktan kaçınmaz. Daha sonra Mariotte adlı bir

Fransız fizikçisinin de Boyle'ın deneylerini yineleyerek aynı sonuca ulaştığını görüyoruz. Bu yüzden Boyle Yasası'na özellikle kıta Avrupa'sında Mariotte Yasası da denmektedir.

Boyle ile Hooke'ın gazlar üzerindeki deneyleri, birçok yanıcı maddenin havasız kaldığında yanmadığını da gösterir. Böylece yanma olayında havanın gereği ortaya çıkarsa da nedeni anlaşılmaz; oksijenin ayırt edilmesi ancak yüz yıl sonra Priestley ve Lavoisier'nin çalışmalarıyla mümkün olur.

9. BİLİM AKADEMİLERİ

Bilimin 17. yüzyılda devrim niteliği kazanan gelişmesinde bazı kuruluşların rolüne de değinmek gerekir. Rönesans ve onu izleyen dönemde bilimsel çalışmaların, Aristoteles geleneğinin egemen olduğu üniversitelerden çok, üniversite dışı kuruluşlarda yoğunlaştığı görülür. Örneğin 1560'ta Napoli'de bir bilim akademisi kurulur; buna benzer bir kuruluş 1603-1630 sıralarında Roma'da kendini gösterir; nihayet 1651'de Floransa'da *Accademia del Cimento Medici* tarafından kurulur. Almanya'da da önemli olmakla birlikte bazı girişimler göze çarpar.

İngiltere'de *The Royal Society* (Kraliyet Bilim Akademisi) diye bilinen ünlü kuruluş 1645'te bazı kişilerin tartışma amacıyla periyodik olarak bir araya gelmelerinden doğar. "Görünmeyen Kolej" (The Invisible College) adı altında toplananlar arasında bilim adamları, yüksek din görevlileri, hekim, mimar ve işadamları vardı. 1662'de bir kraliyet kararnamesiyle, hiçbir dayanağı olmayan Kolej, "The Royal Society" adı altında özerk kimlik kazanır. Fransa'da *Académie des Sciences* adı altında benzer bir kuruluş 1666'da XIV. Louis tarafından kurulur.

Kraliyet Bilim Akademisi'nin kuruluş ve işleyişinde Francis Bacon'ın etkisini görmemeye olanak yoktur. Bacon, bilimi insanlığın doğa kuvvetleri üzerinde egemenliğini kurmasının en etkili aracı sayıyordu. Teorik bilgiden çok uygulamalı araştırmalara önem veriyor, işbirliğine dayalı toplu çalışmaları öngörüyor-

du. Bacon ayrıca, çeşitli işkollarındaki teknik bilgi ve becerilerle teorik bilimin el ele vermesi, kaynaşması gereği üzerinde duruyordu.

Bu düşüncelerin Akademi'nin ilk üyelerinin görüş ve tutumlarını geniş ölçüde biçimlediği görülmektedir. Örneğin, üyelerden William Petty gemicilik teknolojisi, kumaş imalatı ve boya sanayii üzerinde ayrıntılı bilgiler toplamakla meşguldü. Robert Boyle, çeşitli iş ve zanaat kollarında kimyasal işlemlerde kullanılan yöntemleri inceliyordu. Kuruluşun amaç ve işleyişini mütevellî üyesi Robert Hooke şu sözlerle dile getirmiştir:

Akademi'nin kuruluş ve çalışma amacı: (İlahiyat, Metafizik, Ahlak, Politika, Gramer, Hitabet ve Mantık gibi şeylere burnunu sokmaksızın), doğada olup bitenler ve bu arada Sanat, Üretim, Mekanik uygulamalar, Makine ve Deneysel buluşlar üzerindeki bilgilerimizi geliştirmek; halen kaybolmamış bu tür çalışmaları canlandırmak; her türlü sistem, teori, ilke, hipotez, element, tarih, doğal, matematiksel ve mekanik deneyleri incelemek, antik ve modern yazarların bu konularda toplayıp kaydettikleri deneyimleri gözden geçirmek. Nihayet: Doğa ve sanatın ürünü tüm olguları açıklamak ve olup bitenlerin nedenlerini rasyonel yoldan anlamak için tam ve sağlam bir felsefe ("bilim" demek istiyor) sistemini kurmak ve geliştirmek.

Bilimsel Devrim

Bilim tarihçileri 17. yüzyıldaki göz kamaştırıcı bilimsel gelişmeleri açıklamada tam birleşmiş değillerdir. Bir bölümü bu gelişmeleri uzun ve sürekli bir birikimin ansızın ortaya çıkan bir patlayışı olarak yorumlamaktadır. Kopernik'in Batlamyus teorisinden, Galileo'nun Aristoteles ve Archimedes'den, Kepler'in Pythagoras geleneğinden ne derece etkilenmiş olduğu Vesalius ve Harvey'in Galen'e ne denli borçlu bulunduğu göz önüne alındığında bu görüşü akla yakın bulmamaya olanak yoktur.

Kaldı ki, bilim tarihçileri giderek artan bir duyarlılıkla öteden beri 17. yüzyıla özgü sayılan kimi önemli bilimsel gelişme ve teorilerin aslında 14. yüzyılda yer alan çalışmalardan kaynaklandığını ya da hiç değilse, bu çalışmalarla öncelendiğini ortaya koymaktadırlar. Bu noktayı aydınlatması bakımından aşağıdaki alıntının gözden geçirilmesinde yarar vardır:

Modern mekaniğin Galileo tarafından kurulduğu genel bir kanıdır. Mekaniğin iki temel ilkesinin ilk açık ve bilinçli ifadesi ona mal edilir. Bu ilkelerden biri, Kuvvetin (özellikle “çekim” dediğimiz kuvvetin) cismin basit hızıyla değil, ivmesiyle ölçülmesi gereğine ilişkin ilkedir. İkinci ilke, düzgün ivmeli harekette alınan mesafeyi geçen zamana bağlayan kinematik yasayı dile getirir. Fizik ders kitaplarında bu iki ilke bildiğimiz şu denklemlerle ifade edilmektedir:

$$(1) F = ma;$$

$$(2) S = \frac{1}{2} at^2$$

Galileo bu yasaları ortaya koyarken kendisini önceleyen herhangi bir kaynağa değinmemiştir. Onun göz önünde tuttuğu ve tüm gücüyle yıkmaya uğraştığı bir tek teori vardı; o da Aristoteles’in egemen sistemiydi.

Yüzyılımıza gelinceye dek bilim tarihçileri şu iki genel varsayımdan hareket ediyorlardı: 1. Galileo modern fiziğin kurucusuydu; onu önceleyen önemli bir çalışma yoktu. 2. Aristoteles dinamiği tüm ortaçağ boyunca eleştirisiz kabul edilmiştir. Bu varsayımların yanlış olduğunu en başta Pierre Duhem’in çığır açıcı çalışmalarından öğrenmiş bulunuyoruz. Günümüzde artık ortaçağların kendine özgü bir mekanik bilim geliştirdiği ve bunu Aristoteles sisteminin eleştirisine dayandırdığını biliyoruz. Üstelik bu mekaniğin, Galileo ve Newton fizik sistemini oluşturan, pek çok fikir ve yöntemleri, hatta daha önemlisi, harekete ilişkin temel yasalardan bazılarını içerdiği ortaya çıkmıştır. Özellikle, yukarıda sözü geçen hareketin iki temel yasasının oluşturulmasında 14. yüz-

yıl Oxford ve Paris üniversitelerindeki kimi matematikçi ve fizikçilerin katkısı yadsınamayacak bir gerçektir. Onlar, öncelikle Aristoteles'in ve onun izleyen yorumcuların yerel hareket sorununa yaklaşımlarını yeterli bulmuyorlardı. Gerçi Aristoteles öğretilerine düpedüz yanlış demiyorlardı, ama bu öğretilerin açıklıktan uzak, yetersiz ve hatta tutarsız olduğu iddialarını içeren eleştirilerini de gizlemiyorlardı. Öyle ki, sistemin bu kusurlarını giderme yolundaki çabalar, sonunda Aristoteles'in yıkılmasına ve yerine tümüyle değişik yeni bir mekanik sisteminin geçmesine yol açar.

Yukarıdaki kısa açıklamada 14. yüzyıl mekanik bilimine ait, Aristoteles fiziğinden Galileo ve Newton'la gelen modern mekanik bilime geçişin simgelediği büyük devrimin temelinde yer alan iki gelişmeye değindik. 14. yüzyıla ait bu katkılar ve sözü geçen iki temel hareket yasası (ki $F = ma$ ile $S = \frac{1}{2}at^2$ denklemlerinde dile getirilir) da göstermektedir ki, modern fizik, Galileo'nun ortaya çıkışından 300 yıl önce başlayan birtakım gelişmelerden kaynaklanmıştır.

Gerçi, 14. yüzyılda başlayan bu gelişmelerin Galileo'yu ne ölçüde etkilediği sorusuna henüz kesin bir yanıt verilememektedir. Ancak şu kadarı söylenebilir belki: 17. yüzyıl fizikçilerinin çalışma ortamlarını oluşturan fikirler büyük ölçüde geç ortaçağ dönemlerinden kaynaklanmıştır.

Peki, Buridan ve Oxford matematikçilerinin bu verimli çalışmaları, modern mekanığın o dönemde gelişmesini neden sağlayamadı, diye sorulabilir. Ama unutmamak gerekir ki, o dönemde fiziğe duyulan ilgi deneysel olmaktan çok diyalektik ve soyut nitelikteydi. İleri sürülen teorileri gözlem ve deneye giderek test etme yolunda hiçbir ciddi çaba yoktu; oluşturulan kavram ya da formüllere gerçek anlamda işlemsel (operational) bir yorum verilmiyordu. Hatta matematiksel gelişmeler bile çoğu kez, bu yöntemlere yeterli simgesel notasyon yokluğu nedeniyle beklenen sonucu vermeden kalıyordu. Ne

var ki, o dönemde yeni tür bir matematiğe olan ihtiyaç ortaya çıkmıştı. Bu bile son derece önemli bir gelişmeydi; ama gene de, 14. yüzyılda atılan tohumların yeşerip olgunlaşması 300 yılı aşkın bir zaman almıştır.⁽¹⁾

Bilim tarihçilerinden bir bölümüne göre ise, modern bilimin gelişimi ancak ekonomik koşullardaki değişikliklerle açıklanabilir. Avrupa'da 12. yüzyıldan sonra başgösteren bilimsel hareketle ticaret ve sanayideki gelişmeler el ele yürümüştür. Bu gelişmeler, bilimsel çalışmaların yoğunluk kazandığı 16. ve 17. yüzyıllarda daha hızlı bir tempoyla yürümüştür. Bilimsel etkinliğin canlı olduğu Rönesans sonrası İtalya zengin bir ülkeydi. Ticaret ve sanayi Atlantik kıyılarına kayınca, bilimin de İngiltere, Hollanda ve Fransa'da boy verdiği görülür. Bilimsel akademilerin kurulduğu dönemde uluslararası ticaret son derece hareketli bir düzeyde bulunuyordu. Tacirler bilimsel faaliyetleri destekliyordu, çünkü böylece üretimi artırıcı ve maliyeti düşürücü birtakım icatları elde edebileceklerini umuyorlardı.

Bilimsel gelişmeyi ekonomik koşullara bağlayan görüşü destekleyen bir nokta da bilimle endüstrinin karşılıklı etkileşimidir. Bunun birçok örnekleri arasında birkaçına değinmek yeter. Galileo'nun pandül ile ilgili buluşunun kökeninde ortaçağ saatini bulmamaya olanak yoktur. Denizcilik ve takvim sorunlarının astronomi bilimine ilgiyi nasıl artırdığı, Kopernik, Tycho Brahe ve Kepler'in çalışmalarının temelinde evreni açıklama ilgisi kadar bu pratik ilgilerin de yattığı bilinen bir gerçektir. Teleskop ile mikroskopun ortaya çıkışı, özellikle Hollanda'da gelişmiş olan gözlük üretimi sayesinde olmuştur. Gene bu dönemde, Almanya, Macaristan ve Hollanda'da maden endüstrisinin ortaya koyduğu ihtiyaçlar hava pompasının icadı, barometre ve termometre gibi bilimsel araçların ortaya çıkışıyla sonuçlanan birçok deneylere yol açmıştır. Pompa ile su tulumlarının yaygın kullanımı

(1) Ernst Moody, "Laws of Motion in Medieval Physics", *The Scientific Monthly*, Vol. 76, 1951.

Harvey'in kan dolaşımı ile ilgili araştırmaları etkilemekle kalmamış, 1712'de Newcomen'in buhar makinesini icadına da yol açmıştır. Endüstri ve bilimde kesin ve doğru ölçme ihtiyacı, termometre ve barometre dışında, sarkaçlı saat, mikrometre ve sürgülü cetvel (slide rule) gibi ölçme duyarlılığı daha yüksek araçların icadına yol açmıştır.

Bilimsel gelişmeyi ekonomik etmenlerle açıklamanın bazı noktalarda yetersiz kaldığı da unutulmamalıdır. 17. yüzyılın büyük bilim adamlarından hiçbirinde ekonomik güdü göze çarpmaz.

17. yüzyıl toplumu, bilimin gelişimini kolaylaştırıcı koşulları taşıyordu; fakat bu koşullar tek başına bilimsel devrimi yaratmaya yeterli değildi. Galileo'nun, Newton'ın dehalarına da ihtiyaç vardı.

V. BÖLÜM

Aydınlanma Çağı ve Bilim

Aydınlanma Çağı'nın Özelliği

18. yüzyılın ilk yarısı bilimsel gelişme yönünden sönük bir dönemdir. Daha önceki dönemin parlak ve devrimci atılımları göze çarpmaz. Bu döneme, deyim yerinde ise, 17. yüzyılda yutulan büyük lokmaların sindirildiği dönem olarak bakılabilir.

Gerçekten astronomi, matematik ve mekanik alanlarında alınan mesafeler o derece büyüktü ki, bunları daha büyük mesafelerle aşmak olanaksızdı. Bir duraklama, enerji toplama ve kazanımları özümseme dönemine gereksinme vardı.

Ancak bilimde bir önceki yüzyıla göre sönük olan bu dönem, felsefede oldukça parlak görünmektedir. Bir yanda Francis Bacon geleneğini sürdüren İngiliz ampirist filozofları (Locke, Berkeley ve Hume), öte yanda Descartes'ın rasyonalist geleneğine bağlı Fransız filozofları (Voltaire, d'Alembert, Diderot, Condorcet, vb.). Bu iki geleneği bağdaştırma girişimini ise büyük Alman filozofu Immanuel Kant (1724-1804)'da bulmaktayız.

18. yüzyıl özellikle Fransa'da "Aydınlanma Çağı"dır. Fransız aydınları akıl ve bilimin, özgür koşullar altında, dine gerek bırakmayacak yeni bir dünya görüşü için yeterli olduğu inancındadırlar. Onlar, düşünme ve düşünceyi yayma özgürlüğüne, akıl, bilim ve ilerlemeye inanmaktadırlar. Dayandıkları kaynakların tümü sağlam ve verimli: Descartes'dan "yöntemli kuşkuculuğu";

Bacon'dan bilimin, doğaya egemen olmanın, dolayısıyla ilerlemenin, biricik aracı olduğunu; Newton'dan bilimsel teori oluşturma ve evreni mekanik terimlerle açıklama yolunu öğrenmişlerdi. Onlar psikoloji, siyasal bilim, ekonomi, tarih ve din alanlarında Newton'ın fizik yasalarına benzer yasalar bulabileceklerinin aşırı iyimserliği içindeydiler. "Var olan hiçbir şey doğaya karşı veya onun dışında olamaz." diyordu Diderot. Montesquieu köleliğin doğaya aykırı olduğunu, Rousseau ise doğal her şeyin yüceliğini savunuyordu. Condorcet, insanlığı dünya cennetine götürecek akıl ve bilimin yolunu çiziyordu.

Aydınlanma çağı filozoflarının bilimsel kültüre en büyük katkıları 1751-1765 arasında yayımladıkları 21 ciltlik *Ansiklopedi* olmuştur: Bu nedenle bu gruba "Ansiklopedistler" de denmektedir. Grubun ortak özellikleri arasında ilerlemeye inançları ve Hristiyan dinine karşı antipatileri başta gelir. Çoğu Tanrı'nın varlığını bile kabul etmiyordu. Bunlardan Voltaire'in, Tanrı'nın varlığını inkâr etmemekle birlikte (çünkü, ona göre, İlk Neden ve Newton evreninin mimarı olarak Tanrı'yı kabul etmek gerekir), kurulu dine, özellikle hurafe türünden inançlara büyük bir öfke ve düşmanlığı vardı. Onun gözünde, ister dinde, ister günlük yaşamda olsun, batıl inançlardan daha iğrenç bir kötülük yoktur.

Voltaire gibi Fransız aydınları Newton teorisini yerleşmiş dinsel görüşe karşı bir silah olarak kullanırken, İngiltere'de aynı teorinin bilim çerçevesinde inceleme konusu olmaktan ileri geçmediği görülür. Bilim adına dine saldırı İngiltere'de 19. yüzyılı beklemiştir.

Ansiklopedistlerin bilime ve ilerlemeye inançları 18. yüzyılın belki de en belirgin özelliğidir. Gerçi Goethe ve Schelling gibi aydınların doğaya yaklaşımları değişiktir. Onlar için doğa bir makineyi değil, verimli, canlı ve güzel bir tanrıçayı andırır. Onu anlamak için akıldan çok, bir şairin sezgisine ihtiyaç vardır. Ne var ki, bu değişik fikirler yüzyılın sonlarında ortaya çıkar; aydınlanma çağının karakterini etkileme olanağı bulmaz.

1. 18. YÜZYILDA ASTRONOMİ, MATEMATİK VE FİZİK

Euler, Lagrange ve Laplace

18. yüzyıl bir devrim ve atılım dönemi olmaktan çok bir pekiştirme ve geliştirme dönemidir. Ne matematik ne de fizik bilimlerde bir Newton yoktur; ama, Galileo ve Newton'ın açtığı yolda sağlam adımlarla ilerleyen üstün yetenekli bilim adamları eksik değildir. Bunlar alternatif teoriler geliştirmek yerine eldeki teorilerdeki boşlukları doldurma, sonuçları genelleştirme, pürüzleri giderme yönünde çalıştılar. Bunlar arasında Leonard Euler (1707-1783), J. L. Lagrange (1736-1813), P. S. Laplace (1749-1827) gibi yüzyılın en seçkin matematikçi-bilim adamları başta gelir.

Büyük bir matematikçi olan Euler, Newton'ın bir parçacığın hareketi ile ilgili yasalarından, katı bir cismin hareketine ait genel ilkeler çıkarır. Yasa niteliğindeki bu genel ilkeler, denge çarklarının (gyroscopes) hareketlerini, topaçların dönmesini, havada dönerek ilerleyen bir golf topunun uçuşunu, yerkürenin ekseninde meydana gelen eğilme ve kayma hareketlerini ve benzer başka hareketleri kapsamına alıyordu.

Lagrange'ın çalışmaları daha da önemli gelişmeler sağlamıştır. Euler, Newton yasalarının, katı cisimlerin hareketlerine uygulanması için nasıl geliştirilmesi gerektiğini göstermişti. Lagrange çok daha ileri giderek bu yasaları tasavvur edilebilecek en genel sistemleri kapsayacak biçimde geliştirir. Bu arada varyasyonlar hesabı (calculus of variations)'nı bulur ve diferansiyel denklemler konusunu sistemli bir temele oturtur. Laplace tarafından yerçekimi problemlerine uygulanan Lagrange yöntemleri, genellikle birçok fizik ve astronomi problemlerinin çözümünde etkin rol oynamıştır. *Mécanique Analytique* adlı eserinde tüm mekaniği enerji korunumu ve "virtüel" hız ilkelerine (enerjide kazanılan hızda yitirilir) indirgeyerek ele alır. Lagrange, "en küçük etki ilkesi" (the principle of least action)'nin Newton'ın hareket yasalarının bir dönüşümü olduğunu göstermekle önemli bir katkıda bulunmuştur. O, bu sonuca, cisimler Newton meka-

niği gereğince hareket ettiğinde işin en az olacağını kanıtlamakla ulaşır.

En küçük etki ilkesi, fiziğin ilkeleri arasında belki de en genel ve güçlü olanıdır. Bu ilkenin ışığında dinamiğin her problemi bir “analiz” problemi niteliği kazanmaktadır. Tıpkı analitik geometrinin her geometri problemini bir cebir problemine dönüştürmesi gibi.

Lagrange ilkeyi kanıtladığı kitabı (*Mécanique Analytique*)’na yazdığı önsözde şunları söyler:

Mekanik üzerinde yazılmış birçok kitap var elimizde; fakat benim kitabımın planı tamamen yenidir. Ben bu bilimi (mekanik) ve onun problemlerini çözme sanatını, her türlü problemin çözümünü için gerekli tüm denklemleri sağlayan genel formüllere indirgeme niyetindeyim... Burada açıkladığım yöntemler ne geometrik ne de mekanik düşünme biçimleri gerektirmektedir. Sadece cebirsel işlemlere dayanmaktadır.

Laplace’ın “Nebülöz Hipotezi”

Pierre Simon Laplace (1749-1827), Newton teorisini geliştirme, Güneş sisteminin oluşumunu açıklama, matematiksel olasılık (probabilité) teorisini kurma gibi çalışmaları ile 18. yüzyıl bilim adamları arasında önemli bir yer tutar.

Yoksul bir ailenin çocuğu olarak doğan Laplace, bazı komşuların yardımıyla ileride hademe olduğu okula devam eder. Sonra Paris’e gider; mekanik ilkeleri üzerindeki düşüncelerini bir mektupla D’Alembert’e bildirir. D’Alembert, o derece etkilenir ki, 20 yaşındaki Laplace’ın Askeri Akademi’ye öğretmen olarak atanmasını sağlar. On altı yıl sonra (1785’te), okula girişinde Napoléon Bonaparte’ın matematik sınavını Laplace yapar.

Laplace öğretmenliğe başladıktan hemen sonra yoğun bir çalışmaya girer; çok geçmeden matematik, astronomi ve fizik alan-

larında sayısız bilimsel makaleler yayımlar. Ne var ki, o, bilim çevrelerinde tañınmakla yetinmez; sosyal ve siyasal yaşama da girmek ister. Fransız Devrimi ona istediğini elde etme fırsatını verir. Laplace, önce ayaklanan kitleye, sonra Napoléon'a yanaşır. Napoléon eski hocasını içişleri bakanı yapar, fakat yönetimindeki yetersizliğini çabucak fark ederek kabineden uzaklaştırmada gecikmez. Bununla birlikte, bilim çevreleriyle olası bir bozuşmayı önlemek için ona senatörlük verir. Laplace ise Napoléon'un düşeceği bir sırada ona karşı düşmanlarıyla birleşerek vefasızlığını göstermekten kaçınmaz.

Laplace daha 22 yaşındayken Newton teorisinin birçok noktalarda derinleştirilme gereğini duyar. Newton gezegenleri yetkin birer küre, hatta birer nokta olarak düşünmüş, yörünge biçimlerini ve hareketlerini yalnız Güneş'in çekimine bağlı saymıştı. Böylece Newton'ın ulaştığı sonuçlar konuyu geniş ölçüde basitleştirici varsayımlara dayanıyordu. Laplace, konunun tüm ayrıntı ve karmaşıklığını karşılayan daha köklü ve kapsamlı bir sistem kurmaya koyulur. Birçok çetin problemi çözdükten sonra Laplace ulaştığı sonuçları bir kitapta toplayarak "Güneş sisteminin ortaya koyduğu tüm mekanik problemlerin çözümünü veren, teori ile gözlemler arasında tam bir uygunluğun sağlandığını gösteren, öyle ki astronomi tablolarında artık ampirik denklemlere yer bırakmayan", teorisini açıklamak ister. *Exposition du Système du Monde* adını taşıyan kitap bir değil, altı ciltte tamamlanır.

Laplace bununla yetinmez. Çözümlemelerini daha derinleştirerek ulaştığı sonuçları daha tam ve ayrıntılı olarak *Mécanique Céleste* başlığı altında beş ciltlik yeni bir kitapta toplar.

Laplace'ın ele aldığı konular çok ve çeşitliydi. Bunlar arasında okyanuslardaki gel-git olayları, yerkürenin ve diğer gezegenlerin yassılanmış biçimleri, gezegenlerin birbiri üzerindeki çekimlerinden doğan bir sürü başka problemler göze çarpmaktadır. Bir örnek Laplace'ın yaptığı şey hakkında bir fikir vermeye yeter:

Laplace'a göre, gezegenlerin Güneş etrafında, uyduların da gezegenler etrafında hep aynı yönde hareket etmeleri açıklanmaya

muhtaç bir olaydır.⁽¹⁾ Daha önce Newton, dikkati çeken bu tek-düzeliğin rastlantıya bağlanamayacağını, Yaratan'ın koyduğu düzenin bir gereği olduğunu ileri sürerek açıklama yoluna gitmişti. Laplace da bu kusursuz, yetkin düzenin rastlantıyla açıklanamayacağı görüşündedir. Ne var ki o, düzenin kökenini tanrısal güçte aramaz. Gerçekten, gezegenleri meydana getiren doğal nedenler onların hareketlerindeki düzeni meydana getirmez mi? Newton'ın "Yaratan" hipotezi gereksizdir ona göre.

Laplace, gezegenlerin oluşumunu açıklamak için ünlü "Nebülöz Hipotezi"ni geliştirir. Buna göre, Güneş başlangıçta uzayda dönen kocaman bir sıcak gaz kitlesinden ibarettir. Giderek soğuyan bu kitle, büzülmeye başlar. Newton mekaniği gereğince büzülmeye birlikte dönme hızı artacağından, gaz kitlesi giderek yassılaşmaya yüz tutar, sonunda bir tepsi biçimi alan kitle daha fazla yassılaşma olanağı kalmadığından birbirini izleyen halkalar halinde parçalanır. Kopan halkaların her biri, Laplace'a göre, daha sonra yoğunlaşarak bir gezegen meydana getirir (Uyduların oluşumu da aynı yolu izlemiştir).

Nebülöz hipotezi ışığında, gezegen ve uyduların tümünün neden aynı yönde hareket ettikleri kolayca anlaşılmaktadır: Çünkü başlangıçtaki sıcak gaz kitlesinin dönüşündeki hareket yönü ayrılan parçalara aynen intikal etmiştir. Buna benzer bir teori Alman filozofu Kant tarafından da ileri sürülmüştür.

Laplace teorisi uzun süre bilim çevrelerinde akla çok yakın görülerek kabul edilir. Ancak zamanla bazı noktalarda yetersiz kaldığı görülerek eleştiriye uğrar. Teorinin yetersizliğini gösteren noktalardan biri şu: Gezegenler, giderek büzülen gaz kitlesinden meydana gelmiş olsaydı bugün de bu sürecin devam etmesi beklenirdi. Şimdiki Güneş çok daha büzülmüş olduğuna göre, mütthiş bir hızla dönmesi gerekirdi. Oysa, Güneş'in kendi ekseni etrafındaki dönüşü son derece yavaştır.

(1) Bu iddia doğru değildir; Laplace'den sonra yapılan gözlemler, Jupiter, Satürn, Uranus ve Neptün gibi gezegenlerin ters yönde hareket eden uydularının olduğunu göstermiştir.

İkinci nokta da şu: Bir gaz kitlesi serbest kaldığında, kendi iç basıncı nedeniyle yayılma eğilimi gösterir, sonunda dağılarak uzayda kaybolur. Oysa, bu gaz büyük bir kitle ise, parçaların karşılıklı çekimi nedeniyle, ayrılma şöyle dursun, birleşme söz konusu olabilir. Kaldı ki, öyle büyük bir kitlenin soğuması ve büzülmesi o derece yavaş gider ki, ondan kopmalar ancak damlacıklar halinde olabilir. Yapılan hesaplar bu türlü küçük kopmaların hiçbir zaman gezegen meydana getirecek biçimde yoğunlaşmasına olanak tanımamaktadır.

Bu ve benzer nedenlerle Laplace'ın "Nebülöz Hipotezi" bugün eski değerini artık korumamaktadır.

2. LAVOISIER VE KİMYADA DEVRİM

Phlogiston Teorisi

18. yüzyılın bilime katkısı özellikle iki alanda kendini gösterir: 1. Black, Priestley, Cavendish ve Lavoisier'in araştırmaları sonunda modern kimyanın kurulması: 2. Galvani ve Volta'nın çalışmaları ile elektriğin bulunuşu.

Boyle ve başkalarının deneysel çalışmalarına karşın, kimyanın gerçek anlamda bilimsel nitelik kazanması 18. yüzyılın sonlarına doğru Lavoisier'in *Traité Élémentaire de Chimie (Kimya Bilimine Giriş)* adlı kitabının yayımlanmasını beklemiştir. Bu yapıt, kendi alanında, Newton'ın *Principia'sı*, Darwin'in *Türlerin Kökeni* ölçüsünde önemlidir. Aslında Lavoisier ne yeni bir kimyasal madde, ne de bilinmeyen birtakım olgular keşfetmiştir. Onun yaptığı, başkalarının yanma olayı ile ilgili deneysel olarak buldukları olguları açıklayan yeni bir teori geliştirmek, kimyasal birleşmenin basitliğini göstermek ve kimyasal maddeleri adlandırmak için bir sistem icat etmek olmuştur.

Lavoisier araştırmalarına başladığında eski Yunan'dan beri sürüp gelen maddenin dört element (toprak, su, hava, ateş)'ten ibaret olduğu görüşü henüz tam anlamıyla geçerliğini yitirmiş değildi. Bilim adamları kimyasal olguları (özellikle yanma ile il-

gili olgular) açıklamada “phlogiston” teorisini kullanıyorlardı. Yunanca “alev” anlamına gelen “phlox” kelimesinden türetilen phlogiston kavramını ilk kez 17. yüzyılda Becher, daha sonra onu izleyen Stahl kullanmıştır. Başlangıçta yanma olayını açıklamak için ortaya atılan teori giderek tüm kimyasal olguları kapsayacak kadar geniş bir uygulama alanı bulur.

Lavoisier’in devrim niteliğindeki başarısını iyi değerlendirmek için phlogiston teorisini kısaca açıklamaya ihtiyaç vardır.

Bilindiği gibi, bir odun parçası yandığında duman ve alev çıkar, sonunda bir miktar kül kalır. Stahl’a göre, yanma, yanan madde- nin “ateş maddesi” yani phlogiston çıkarması demektir. Örneğin, çok az kül bırakan odun kömürü büyük ölçüde phlogiston’dan ibaret sayılıyordu. Yüzyıllardan beri metal elde etmede odun kömürü kullanıldığından, phlogiston’a “metalleştirme ilkesi” diye bakılıyordu. Gerçekten:

$$\text{Metal cevheri} + \text{odun kömürü} = \text{metal}$$

Bu elde edilen metalin, yanan kömürün çıkardığı phlogiston’ı taşıdığı demektir. Kurşun gibi bir metal sıvı haline gelinceye dek ısıtıldığında “calx” (oksit katmanı) denen bir tabakayla kaplanır. Kalsinasyon (külleşme ya da kireçleşme) denen bu süreç, metalin phlogiston çıkarması biçiminde anlaşılıyordu:

$$\text{Metal} - \text{phlogiston} = \text{calx}$$

Ne var ki, ölçmeler calx’ın metalden daha ağır olduğunu gösterince teori beklenmeyen bir güçlkle karşılaştı. Bu güçlüğü gidermek için phlogiston’ın ağırlığının negatif olduğu, yani eklen- diği maddeyi hafiflettiği, çıktığı maddeyi ağırlaştırdığı düşünce- sine gidildi.

Hatırlanacağı üzere Boyle’ın deneyleri yanma için havanın ge- rekli olduğunu ortaya koymuştu. Bir mumun boşlukta yanma- dığı, havanın az olduğu bir bardak altında da kısa bir süre yan- dıktan sonra söndüğü biliniyordu. Phlogiston teorisi ışığında bu

olgı şöyle açıklanıyordu: Bir maddenin yanması için çıkardığı phlogiston'ı almaya yetecek havaya ihtiyaç vardır.

Phlogiston açıklayıcı bir kavram olarak dağınık ve birbiriyle ilişkisiz görünen birçok olguları bir düzene sokmakla ilk aşamada oldukça yararlı rol oynamıştır. Ne var ki, artan deney sonuçları karşısında teorinin yer yer yetersiz kaldığı, teoriyi kurtarmak için “negatif ağırlık” gibi garip düşüncelere yer verildiği görülür. Gerçekten, phlogiston nasıl bir nesneydi? Birçokları için bu nesne esrarengiz nitelikteydi: Onu ne görmeye, ne tutmaya, ne koklamaya, ne de tatmaya olanak vardı. Kimya biliminin gelişmesi, metafizik nitelik almış olan bu kavramın terk edilmesini gerektiriyordu.

Oksijenin Bulunuşu

Yanma olayının tam anlaşılması gazların anlaşılmasına bağlıydı. 18. yüzyıla kadar hava dışında bir gaz bilinmiyordu. Gerçi Van Helmont (1577-1644) çeşitli gazların olabileceğini düşünmüştü, fakat onları nasıl ayırt edebileceğini bilmediği için, inceleyememişti. Bu yolda ilk adımı İskoç kimyacı Joseph Black (1728-1799) atar. Black, “sabit gaz” dediği karbon dioksit (CO_2)’in havadan farklı bir gaz olduğunu gösterir. On yıl sonra (1766’da) Cavendish başka bir gazı bulduğunu açıklar. Cavendish’in “yanar hava” dediği ve asitlerin metal üzerindeki etkisinden elde ettiği bu gaz bildiğimiz hidrojeni.

Bunu izleyen birkaç yıl içinde İngiliz Joseph Priestley (1733-1804)’in on kadar yeni gaz keşfettiği görülür. Priestley son derece yetenekli bir deneyciydi. Deneylerinde alevden daha çok ısı sağlayan büyük bir mercek kullanıyordu. Bu mercek, örneğin cıva oksit (HgO)’i ısıtarak bir gazın ayrıldığını ve geride saf cıvanın kaldığını saptar. Ayrılan bu gazda mumun çok parlak yandığını görür. Azot monoksit (NO) denilen bulduğu başka bir gazda da aynı sonucu tespit etmişti; fakat ikisi arasındaki ilişkiyi bilmiyordu. İki gazı karıştırınca, her iki gazdan daha az yer kaplayan kırmızı renkte yeni bir gaz ($2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$) elde eder ve bu gazda

bir farenin aynı miktardaki havada yaşayabileceğinden iki kat daha uzun yaşadığını saptar. Daha 1771’de, solunuma ve cisimlerin yanmasına elverişliliğini yitiren havanın içine yeşil bitki konduğunda bu özelliğini yeniden kazandığını görmüştü. Priestley bu ayırt ettiği gazın yanma ve solunum için gerekli olduğunu, yeşil bitkiler tarafından havaya katıldığını biliyordu. Phlogiston’a çok düşkün gördüğü bu gaza Priestley, “phlogiston yutan hava” adını verir.

Priestley’in 1774’te keşfettiği bu gaz kuşkusuz oksijenin kendisiydi; ne var ki, Priestley phlogiston teorisinin etkisinden sıyrılıp, keşfinin değerini gereği kadar göremedi. Oysa, bu keşfin kimya bilimi için taşıdığı büyük önemi kavrayan Lavoisier, bilim tarihine modern kimyanın babası olarak geçmiştir.

Priestley’den buluşuyla ilgili bilgi alan Lavoisier, aynı deneyleri tekrarlar, sonucu 1775’te Fransız Bilim Akademisi’ne sunduğu bir bildiriyle açıklar, fakat Priestley’in adından bir sözcükle bile bahsetmez.

Lavoisier deneylerini sürdürerek daha sonra havanın sanıldığı gibi bir element olmayıp, oksijen ve nitrojen gibi iki gazdan meydana geldiğini ve kalsinasyon sürecinde metalle birleşen şeyin oksijen olduğunu gösterir.

Gazlar üzerindeki bu çalışmaların yanı sıra suyun kimyasal bileşimi ile ilgili çalışmalar da sürdürülüyordu. 1781’de Priestley bir elektrik kıvılcımı kullanarak oksijen ve hidrojen karışımı bir gazı patlatır ve bir miktar buğu veya çigin oluştuğunu görür. Cavendish bu deneyi tekrarlayarak sonucu daha ince ve ayrıntılı inceler: patlamada “yanan hava” (hidrojen)’nin tamamının, bildiğimiz havanın ise beşte birinin kaybolduğunu, oluşan çigin ise saf su olduğunu kanıtlar. Ayrıca, patlayarak su haline gelen bileşimde iki ölçek hidrojene karşı bir ölçek oksijenin yer aldığını saptar.

1783’te Paris’e giden Cavendish’in asistanı, sonucu Lavoisier’e duyurur. Hemen deneyi tekrarlayan Lavoisier, Priestley ve Cavendish’e ait buluşu kendi buluşu olarak Bilim Akademisi’ne bildirir.

Oksijeni olduğu gibi, suyun bileşimini de Lavoisier keşfetmiştir; ama her iki keşfin de teorik açıklamasını o yapar.

Lavoisier'in kimya bilimi bakımından çok önemli bir başka katkısı da, kimya terimlerini karışıklıktan kurtarıp mantıksal bir düzene sokmasıdır. O zamana dek ortaya atılmış olan adların kullanılması ve hatırdaki tutulması son derece güçtü. Lavoisier, Yunan ve Latince köklerden yararlanarak "oksijen", "hidrojen", "karbon" gibi daha belirgin adlar önerir. Başlangıçta ne Bilim Akademisi, ne de bilim adamları tarafından benimsenen bu sistemi, Lavoisier ünlü ders kitabını (*Traité Élémentaire de Chimie*) yazarak benimsetme yoluna gider. Önerdiği sistemin, kendisinden 20 yıl sonra John Dalton tarafından kurulan atom teorisine tıpatıp uyacağını o zaman tahmin etmek güçtü. Kitapta ilk kez elementlerin bir listesi de yer almıştır. Lavoisier "element"i daha küçük bir şeye ayıramayan madde olarak tanımlar.

Gene bu kitabında Lavoisier ilk kez Kütlenin Korunumu ilkesini açıklamaktadır: Kimyasal bir değişimde kütle ne yitirilir ne de kazanılır; sonuçta elde edilen maddenin kütlesi başlangıçtaki maddelerin kütlesine eşittir.

Lavoisier kitabını 1789 devriminin kanlı günlerinde yayımlamıştı. Kendisini haksız kazanç sağlamak ve başkalarının fikirlerini çalmış olmakla suçlayanlar giderek tehlikeli olmuşlardı. Lavoisier bu fırtınalı günlerde solunum, hayvan vücut sıcaklığı, yiyecek maddelerinin sağladığı enerji gibi konularda deneyler yapıyordu. 1793'te tutuklanarak hapse atılır; arkasından ölüme mahkûm edilir. Mahkemede bazı tanıklar, "Vatandaş Lavoisier'in, Fransa'ya onur getirenler arasında seçkin bir yeri olduğu üzerinde tüm bilim adamları birleşmiştir," dediklerinde yargıcın cevabı şu olur: "Cumhuriyetin bilim adamlarına ihtiyacı yoktur."

Lavoisier'i İzleyen Gelişmeler

Lavoisier'in ölümünün üzerinden çok zaman geçmeden phlogiston teorisi gözden düştü; bilim adamları için yanma oksijenle birleşme olayından, ısı ise son derece küçük madde parçacıkla-

rının hareketinden başka bir şey değildi artık. Black, Cavendish, Priestley ve Lavoisier'in dikkatli ölçme işlemleri kimyayı kantitatif bilim olma yoluna çıkarmıştı. Bundan sonra kimyasal birleşimlerin yasalarını saptamak ve bunlara geçerli açıklama getirmek işi vardı.

Bu yolda ilk adımı "değişmez oranlar yasası"nı formüle eden Fransız kimyacı Proust (1754-1826) atar. Buna göre, tüm kimyasal birleşiklerde, bileşimi meydana getiren elementlerin ağırlıkları arasında değişmeyen, belirli bir oran vardır.

İkinci, fakat daha büyük adımı İngiliz John Dalton (1766-1844) atar. Dalton, su ile zeytinyağının birbirinden ayrılması gibi havadaki ağır ve hafif gazların neden ayrılmadığını merak eder; ve şu sonuca varır: Havayı meydana getiren gazlar Demokritos'un tasavvur ettiği gibi, atomlardan ibaret olmalı ki, hava dediğimiz bu karışım meydana gelsin.

Bu düşünce, "değişmez oranlar yasası"na da ışık tutuyordu. Demek oluyordu ki, atomsal parçacıklar küçük gruplar halinde bir araya gelerek daha karmaşık maddeler meydana getirmekteydi. Dalton örnek olarak CO'nin birer karbon ve oksijen atomundan, CO₂'in ise bir karbon iki oksijen atomundan oluştuğunu gösteriyordu.

Bu doğru ise, Proust yasasının çeşitli atomların bağıl ağırlıklarını göstereceği kesin demektir. Nitekim CO₂'in 6 gram karbon ile 16 gram oksijenden ibaret olduğu biliniyordu. Buna göre, bileşimde bir karbon atomu ve iki oksijen atomu olduğundan, karbon ve oksijen atomlarının ağırlıkları 3'e karşı 8 oranında demektir.

Birçok atomun bağıl ağırlıkları böyle saptandıktan sonra, bu ağırlıkların hidrojen atomunun ağırlığının katları olduğu anlaşıldı. Bundan hareketle bazı kimselerin, örneğin, Proust'un tüm maddelerin aslında hidrojen atomlarından meydana geldiği hipotezini ortaya attığı görülür. Thales'in 2.500 yıl önce sorduğu, "Evreni oluşturan temel madde nedir?" sorusuna, "Hidrojen," diye cevap verilmeye başlandı.

Gazlarla ilgili önemli bir ilişkiyi Fransız kimyacı Gay-Lussac ortaya çıkarır: Bir bileşiği oluşturan öğelerin hepsi gaz türünden

ise, bunların bileşimdeki oranlarını oylumları ile saptayabiliriz. Örneğin, bir oylum oksijen, iki oylum hidrojen ile birleşerek su meydana gelir. Daha basit olarak sonuç şöyle genelleştirilebilir: Aynı koşullar altında oksijen atomlarının işgal ettiği yer, aynı sayıda hidrojen atomlarının işgal ettiği yere eşittir.

Bundan daha da genel olan ilişkiye İtalyan kimyacı Avogadro ulaşır:

Basınç ve sıcaklık aynı kalmak koşuluyla, belli oylumdaki herhangi bir gaz daima aynı sayıda molekül içerir.

Avogadro kendi adını taşıyan bu yasaya, Dalton ve Gay-Lussac'ın buldukları ilişkileri genelleştirerek ulaştığını saklamamıştır. "Molekül" terimiyle, atomların oluşturduğu küçük grupları adlandırır. Şimdi önemli olan belli basınç ve sıcaklık koşullarında bir gazın içerdiği molekül sayısını bulmaktır. İncelemeler, standart atmosfer basınç ve sıcaklığında bir santimetreküp gazda yaklaşık, 2.685×10^{19} molekül olduğunu gösterir.⁽¹⁾

Öte yandan, grup oluşturan elementlerin fiziksel özelliklerinin aynı olmasa bile benzer olduğu kimyacıların gözünden kaçmaz. Örneğin, bazı metal gruplarını oluşturan atomlar o denli eylemsizdir ki, bunların diğer maddelerin atomları ile birleşmeleri olanaksızdır. Çeşitli elementlerin fiziksel özellikleriyle atomsal ağırlıkları arasındaki ilişki merak konusu olunca, bu konudaki çalışmalar yoğunlaşır. Lavoisier'den beri elementleri benzer özelliklerine göre sınıflamak için çeşitli girişimlere rastlamaktayız. Örneğin, flor, klor, brom ve iyotun doğal bir aile oluşturduğu belliydi. Ne var ki, 1858'de Cannizaro, atom ağırlıklarını doğru ölçme yöntemini gösterinceye dek, önemli bir gelişmeden söz etmek güçtür.

1860'larda Londra'da bir endüstri kimyacı olan Newlands, elementlerin, atomsal ağırlıklarına göre sıralandığında, sekizer takımlar halinde kümeleştiğini ileri sürer. Buna göre, özellikle-

(1) Bu sayıya "Loschmidt-Avogadro" sayısı denmiştir.

ri yönünden sekizinci ile on beşinci, birinciyle benzerlik içindeydi. Alman bilim adamı Lothar Meyer ile Rus bilim adamı Mendeleyev'in çalışmaları sonunda kimyacılar, periyodik değişimi içeren bu düşünceyi benimsemekte gecikmediler. Mendeleyev (1834-1907) düzenlediği tabloda boş kalan yerlerin henüz bulunmamış elementlerle doldurulacağına inanıyor, hatta bunların özelliklerini betimliyordu. Gerçekten de yirmi yıl içinde, yeri boş bırakılmış galyum, skandiyum ve germanyum gibi elementler bulunur.

Akla gelen ilk şey atom ağırlığı yüksek olan elementlerle düşük olan elementlerin farklı özellikler taşımasıdır. Oysa periyodik tablo başka bir ilişki göstermektedir: Elementler artan atom ağırlığına göre sıralanıp, 1, 2, 3, ... diye numaralandığında, 2, 10, 18, 36, 54 numaralarını taşıyanların benzer özellikleri olduğu, gene 3, 11, 19 vb. numaralarını taşıyanların da benzer özellikleri olduğu görülmüştür. Elementlere ait özellikler, periyodik olarak kendilerini tekrarlamaktadır. Bunun nedeni fiziksel olup anlaşılması uzun süre almıştır.

VI. BÖLÜM

Endüstri Devrimi ve Bilim

1. FİZİKTE YENİ ATILIMLAR

Endüstri Devrimi

Uygarlığın gelişmesinde bilim ile teknolojinin ilişkisi daima önemli rol oynamıştır. Günümüzde bilime dayanmayan bir teknoloji nasıl düşünülemezse, teknolojinin sağladığı büyük olanaklardan yararlanmayan bir bilimden de söz etmek güçtür. Bilimsel bilginin uygulamaya konması teknolojiye yol açmakta; teknoloji, insan yaşam biçimini, üretim araç ve yöntemlerini değiştiren makineler ortaya koyarak endüstriye dönüşmektedir. Bilimsel bilgi ve bulguların teknoloji aracılığıyla endüstriye geçişi çağımızda büyük hız kazanmıştır. Oysa, 19. yüzyıl başlarına gelinceye dek bu geçiş hem etkisiz, hem de son derece yavaştı. Nitekim endüstri devrimi, 17. yüzyılda yer alan bilimsel devrimden 150 yıl geçtikten sonra başlayabilmiştir.

Endüstri devrimi İngiltere’de buharlı makinelerin kullanılmasıyla başlar; insan ve hayvan gücü yerine buhar ve elektrik gücüyle çalışan fabrikaların kurulmasıyla büyür. 1850’ye gelindiğinde İngiliz halkının önemli bir bölümü endüstri merkezlerinde toplanan işçilere dönüşmüş, İngiltere dünyanın bir tür atölyesi olmuştur. 19. yüzyılın ikinci yarısında Avrupa ülkelerini hızla etkisine alan endüstrileşme daha sonra Amerika’ya geçer.

Endüstri devrimine yol açan en önemli etkenler arasında iki tanesi özellikle belirtilmelidir: 1. Teknolojik uygulamaya elverişli bilgi birikimi; 2. Ticaret olanaklarının büyük boyutlar kazanması. 18. yüzyılın ikinci yarısından itibaren Batı Avrupa'da bu iki yönden de koşullar oluşmuştu.

Hem bilimi, hem de endüstriye dönüşen teknolojiyi niteleyen en önemli özellik her iki alanda da başlayan gelişmenin durmaması, giderek daha büyük bir gelişme temposu kazanmasıdır. 19. yüzyıl bu bakımdan son derece canlı bir dönem sergilemiştir.

Işığın Dalga Kuramı

Işığın yapısal niteliği eski Yunanlılardan beri merak konusu olmuştur. 17. yüzyılda ortaya atılan iki teori (dalga ve parçacık teorileri)'nin birbirine karşı sürdürdükleri üstünlük yarışması bugün bile bitmiş değildir.

Huygens ışık ve sesin benzerliğini göz önünde tutarak dalga teorisini ileri sürmüştü. Ses dalgalarının geçişi için gerekli ortamı hava sağlıyordu. Oysa, ışık havasız yerlerde de ilerliyordu. Bu nedenle, o uzayın, "esir" denilen ve küçük esnek yuvarlardan oluşan bir ortamla dolu olduğu fikrini ortaya atmıştı.

Newton, 1704'te yayımlanan *Opticks* adlı kitabında, Huygens'in teorisini reddederek, parçacık teorisini ileri sürer. Buna göre ışık, büyük bir hızla hareket eden çok küçük parçacıklardan oluşmaktadır. Hareketin birinci yasasına uygun olarak bu parçacıklar bir kuvvet tarafından saptırılmadıkça düz bir çizgi üzerinde ilerlerler. Işık yansıması bu parçacıkların yansıtıcı bir cisim tarafından geriye atılması biçiminde olur. Işık kırılmasına gelince, ortam değişikliği sırasında meydana gelen bu olay (örneğin, ışığın havadan suya geçişinde olduğu gibi) parçacıkların yeni ortam yüzeyinde uğradıkları çekimle açıklanmıştır.

Newton, teorisini şu iki nedene bağlıyordu: Her şeyden önce ışığın düz çizgi üzerinde ilerlemesini dalga teorisinin açıklayamayacağı inancındaydı. Sonra parçacık teorisi, kendi mekanik teori-

sine tam uygun düşüyordu. Oysa dalga teorisi bu uygunluğu göstermiyordu.

İki teorinin de kuvvetli ve zayıf yanları vardı. Bununla birlikte Newton'dan sonra bu konuda bir ilerleme göze çarpmaz. 18. yüzyıl boyunca parçacık teorisi egemenliğini sürdürür gibidir. 19. yüzyılın başlamasıyla durum birdenbire değişir; hem konuya karşı ilgi canlanır, hem de dalga teorisi kendini yeniden gösterir.

Işık ve ses üzerinde bazı denemeler yapan Thomas Young (1773-1829) elde ettiği sonuçların ancak ışığın dalga olması halinde açıklanabileceğini görür. Örneğin, ona göre, parçacık teorisi ışığın (ışık kaynağının niteliği ve sıcaklığı ne olursa olsun) neden daima aynı hızla ilerlediğini açıklayamamaktadır. Dalgaların hızının daima aynı olmasını bekleyebiliriz; ama parçacıklar neden daima aynı hızda olsunlar? Gene yansıma ve kırılmanın aynı zamanda olması dalga açısından bakılınca, doğaldır; fakat neden parçacıkların bir kısmı yansırken, bir kısmı kırılma gösterebilir?

Yukarıda belirttiğimiz gibi, Newton ışık dalga niteliğinde olsaydı düz çizgi üzerinde ilerleyemez, keskin gölge yapamaz, demişti. Young'ın buna verdiği yanıt şu: Şayet ışığın dalga uzunlukları yeteri kadar kısa ise hem düz çizgi üzerinde ilerlemesi, hem de keskin gölge yapması beklenebilir.

Young'ın keşfettiği bir ilke modern dalga teorisine temel oluşturmuştur. Buna göre, eğer iki ışık dalgası birbirine yarım dalga uzunluğu kadar aykırı düşüyorsa, öyle ki, birinin tepesi ötekinin tabanı ile birleşiyorsa, bu dalgalar birbirini yok eder ve karanlık meydana gelir. Oysa, böyle bir uyumsuzluk içinde değillerse, birbirlerini pekiştirerek ilerlerler. Young "girişim" (interference) dediği bu olayı kullanarak birtakım güçlükleri çözümledikten başka, ışığın dalga uzunluğunu da ölçmeyi başarır.

Açıklanması gereken bir başka olay da, şimdi "kırınım" (diffraction) denilen olaydı. Şöyle ki, Güneş ışığı küçük bir delikten karanlık bir odaya girdiğinde yolu üstündeki engellerin bir perdeye yansıyan gölgelerinin kenarlarının etrafında çift gökkuşağı renginde şeritler görünür. Fresnel adında bir Fransız bilim ada-

mı, Young'ın girişim ilkesini kullanarak kırınım olayını başarıyla açıklar. Fransız Bilim Akademisi üyelerinden birinin, teori doğru ise, küçük küresel bir cismin gölgesinin tam ortasında parlak bir noktanın görülmesi gerekir, demesi üzerine deneme yapılır; sonucun beklendiği gibi çıkması dalga teorisine yeni bir güç kazandırır.

Fizeau ve Foucault gibi bilim adamları, ışığın hızını ölçmede oldukça başarılı sonuçlar alırlar. Fizeau bu hızın saniyede 315.300 km., Foucault ise 298.600 km. olduğunu bulur. Michelson'ın yaptığı daha güvenilir bir ölçme bu değer 299.770 km. olduğunu göstermiştir.

Foucault ayrıca ışığın yoğun bir ortamda daha az hızla ilerlediğini kanıtlarıyla göstererek parçacık teorisine ölüm darbesini indirir. Çünkü, bu teori, ışığın kırılmasını, yoğun ortamda daha hızlı gittiği varsayımını dayanarak açıklayabiliyordu ancak.

Enerjinin Korunumu

Maddenin yapısı üzerindeki çalışmalar madde-enerji ilişkisini ön plana çıkarmada gecikmez. Bu alanda ilk önemli girişimi bir Fransız mühendisi olan Sadi Carnot (1796-1832) yapmıştır.

Carnot yaşamının tek yapıtı olan *Réflexions sur la Puissance motrice du Feu* (Isının İtici Gücü Üzerinde Düşünceler)'de modern termodinamiği kurar. Gerçi Carnot'ın amacı, teorik bir sistem kurmak değildi; o, bir uygulayıcı mühendis olarak endüstri ekonomisine bir katkıda bulunmak istemişti. Giderek artan ölçülerde kullanılmaya başlanan buhar makinesinin çalışması yakıtla bağlıydı. Carnot, belli miktardaki bir yakıtla ne kadar iş elde edilebileceğini, en az yakıtla en çok işin nasıl sağlanabileceğini bilmek istiyordu. İş, bir ağırlığın belli bir yüksekliğe çıkarılması biçiminde tanımlıyor, öncelikle ısının işle değişebilirliği konusu üzerinde duruyordu. Ulaştığı sonuç şöyle özetlenebilir: Isının yüksek sıcaklıktan alçak sıcaklığa düşmesi enerji üretir, tıpkı suyun yüksekte alçağa düşmesiyle değirmen gücünün ortaya çıkışı gibi.

Carnot'ın fikirlerinin etkili hale gelmesi James Prescott Joule (1818-1889) ve Lord Kelvin (1824-1907) gibi bilim adamlarını bekler.

Enerjinin korunumu ilkesi, enerjinin yoktan yaratılamayacağını ve yok edilemeyeceğini ifade eder. Enerji ancak bir biçimden başka bir biçime dönüştürülebilir.

Enerjiye ilişkin ikinci önemli ilke de, enerjinin israfıyla ilgili. Buna göre, her ne kadar bir değişimde enerji yok edilemezse de, israf edilebilir.

Enerjinin korunumu ilkesi son derece geniş kapsamlı olup mekanik, termal, optik, elektrik ve kimyasal türden birçok olgulara uygulama gücü taşımaktadır. İngiliz Joule elektrik üzerindeki çalışmalarıyla, Alman Mayer ise biyoloji alanındaki incelemeleriyle bu ilkeye ulaşırlar.

İlkenin en açık ve somut uygulaması mekanik enerjinin ısıya dönüştürülmesinde kendisini gösterir. Isıyı akıcı bir sıvı gibi ortaya koyan kalorik teori bu ilkenin ışığında yerini kinetik teorisine bırakır. Kinetik teorisine göre, ısı bir cismi meydana getiren küçük parçacıkların hareketinden doğan enerjidir. Joule'ün deneyleri bir bataryadan harcanan kimyasal enerjinin elektrik devresinde meydana gelen ısıya denk olduğunu gösterir. Daha sonra bu enerjinin, bataryanın çalıştırdığı motorun mekanik işiyle orantılı olduğunu gören Joules, iki sonucu genelleyerek kimyasal enerjinin hem ısı enerjisine hem de mekanik enerjiye eşit olduğunu ileri sürer.

Joule'ün İngiltere'de ulaştığı genel sonucu açıkladığı 1847'de, Alman fizik bilgini Helmholtz (1821-1894) aynı sonucu, ısı ve ışın belli bir oranda değişebilirlik ilkesini, bir yazısıyla ortaya koyuyordu. Joule deneysel yoldan, Helmholtz ise sürekli hareketin olanaksızlığına dayanarak soyut düşünme ile aynı sonuca ulaşmışlardı.

Lord Kelvin (asıl adı William Thomson) de tam bu sıralarda Carnot'ın ulaştığı sonucu genişletici çalışmalara girişmişti. Carnot, ısının sıcak sudan soğuk suya geçişinde neden hiçbir işin meydana gelmediği olayını açıklamadan bırakmıştı. Joule de ba-

zı noktalarda Carnot'la çelişen sonuçlar getirmekteydi. İlk kez, bir Alman bilim adamı olan Clausius, Carnot ve Joules'ün sonuçlarını, Berlin Bilimler Akademisi'ne sunduğu tebliğinde bir teori altında toplamayı başarır. Clausius bu tebliğinde termodinamiğin iki temel ilkesini, enerjinin korunumu ilkesiyle enerjinin israfı ilkesini, ortaya koyar. Kelvin'in de aynı ilkeleri (matematiksel bir temele oturtulmuş olarak) hemen hemen aynı zamanda Edinburg Kraliyet Bilim Kurumu'nda açıkladığını görüyoruz. Lord Kelvin, İngiltere'de ilk bilim laboratuvarını kurmakla da tanınır. O dönemde onun gibi hem ders veren, hem de laboratuvar çalışmalarında bulunan başka bir isim göstermek güçtür.

Kelvin aynı zamanda enerji veya ısıyı ölçmek için bir ölçek de geliştirir. Isı, madde parçacıklarının gelişigüzel hareketlerinden doğduğuna göre, bu hareketlerin olmadığı noktayı sıcaklık ölçeğinin "mutlak sıfır" noktası olarak kabul edebiliriz. Carnot teorik olarak bunun tüm maddeler için aynı olduğu sonucunu çıkartmıştı. Kelvin'in deneyleri bunun -273°C olduğunu gösterir.

Madde ve enerji ilişkisinde son derece önemli bir adımı da yüzyılımız başlarında Einstein atar. Einstein, enerjinin korunumu ilkesi ile kütle'nin korunumu ilkesini birleştirir. İlerde de göreceğimiz gibi, relativite teorisinden belli bir kütle'nin belli bir enerjiye eşit olduğu sonucunu çıkararak doğruluğu atom bombasının patlatılmasıyla kanıtlanan şu denklemi yazar: $E = mc^2$. Yarım kilodan az radyoaktif bir maddenin yok olması ile iki milyon ton kömürün yanmasından sağlanacak enerji kadar bir enerji elde edilebilir, buna göre.

Elektrik Kavramının Oluşumu

Newton'dan sonra fizik alanında en önemli gelişme 19. yüzyılda Faraday ve James Clerk Maxwell'in elektrik konusundaki çalışmaları olmuştur. Newton için fizik dünyada olup bitenler uzayda madde parçacıklarının mekanik hareketlerine dayanıyordu. Newton'ın "kuvvet" kavramına karşılık Faraday "alan" kavramını getirir. Alan ona göre, parçacıkları çevreleyen ve parça-

cıkların bir tür uzanımı olan bir uzay bölgesidir. Başka bir deyişle, elektrik, manyetik veya yerçekim kuvvetinin yer aldığı bir uzay parçası o kuvvet için bir alan oluşturur.

Gilbert'in 1600'de yayımladığı *De Magnete* elektrik ve manyetizma konularındaki bilimsel çalışmaların başlangıcı sayılır. Kitapta manyetizma konusunun daha büyük yer alması o dönemin, özellikle denizcilik yönünden, karşılaşmış olduğu pratik ihtiyaçlardan ileri geliyordu. Oysa, elektrik için bir uygulama olanığı henüz yoktu.

Eskiden beri bir kehribar parçasının sürtünmeyle hafif nesneleri çekme gücü kazandığı bilinen bir olaydı. Gilbert bu olayı çekme gücünün sürtünülen nesnede saklı olmasına bağlıyordu. İncelemesine, bir mil çevresinde yatay olarak dönen hafif bir metal iğneden ibaret kaba bir "elektroskop" aracı yaparak başladı. Bu araç, hem elektriğin var olup olmadığını, hem de varsa kabaca miktarını gösteriyordu. Gilbert çeşitli maddelerin sürtünmeden sonra bu sallanan iğne üzerindeki etkisini incelediğinde, bunların iki gruba ayrıldığını saptar. Bazıları (örneğin, cam, kükürt, reçine, vb.) kehribar gibi sürtünmeyle çekme gücü kazanmakta; oysa diğer bazıları (örneğin, bakır ve gümüş gibi) böyle bir özellik göstermemekte. Gilbert birinci türden olanlara "elektrik", ikinci türden olanlara "elektrik olmayan" nesneler adını verir. Onun elektrik olmayan nesneleri bizim "iletken" dediğimiz, elektrik akımını kolayca geçiren; elektrik nesneleri ise bizim yalıtkan (izolatör) dediğimiz, elektrik akımının depo edilebildiği maddeleri oluşturmaktadır.

18. yüzyılın sonlarına gelinceye dek, elektrik konusu ile ilgilenenler, Gilbert'i izleyerek, çalışmalarını "elektrostatik" üzerinde yoğunlaştırırlar. Ne var ki, bu yönde "elektron" kavramı ortaya çıkıncaya dek fazla bir ilerleme göze çarpmaz. Oysa, 18. yüzyılın ikinci yarısında "elektrik akımı"nın keşfiyle yeni bir dönem başlar. Özellikle bu yeni bilgiye dayanarak Volta'nın kendi adıyla anılan pili yapması bu konuda hızlı gelişmelere yol açar.

Bilimdeki birçok önemli buluşlar gibi bu da bir rastlantı sonucu ortaya çıkar: *Torpedo* ve *Gymnotus* gibi balıkların yaptığı şok

etkisi bazı fizikçileri ilgilendirmeye başlar; bu şokların, Leyden şişesinin yaptığı şokları andırması nedeniyle, elektriksel olabileceği üzerinde durulur ve bu elektriğin biyolojik yanını incelemeye yol açar. 1786'da İtalyan bilim adamı Galvani, Leyden şişesine bağladığı kurbağa bacağına birtakım spazmatik çekilmeler olduğunu görür. Galvani kasların çekilmesiyle de elektriksel olguların meydana geldiğini gösterdiğini iddia etmişse de aslında bunun kanıtı daha sonraki çalışmalarla yapılmıştır. Onun "hayvan elektriği" dediği şeyle açıkladığı bu gibi olgulara başkaları "galvanizm" demiştir.

Galvani'den sonra Volta elektriksel etkinliğin dokunma, tatma ve görme organlarını etkileyerek çeşitli duyulara yol açtığını gösterir. Örneğin, farklı metallerden yapılmış iki paradan birini dilin üstüne, diğerini dilin altına yerleştirip yüzlerini bir iletken telle elektriğe bağladığımızda, dilin tuzlu bir tat almaya başladığı görülür. Volta da buna "hayvan elektriği" demişti. Fakat aynı sonucun dil yerine salamura batırılmış kalınca bir karton parçasıyla da ortaya çıktığını görünce, söz konusu etkinin canlı bir organ olan dile bağlı olduğu fikrinden vazgeçer ve çok geçmeden çinko, kâğıt, bakır tabakalarını aynı sıra içinde istif ederek Volta pilini yapar. Bu pilde en altta bulunan çinko tabakası en üstte bulunan bakır tabakası ile bağlandığında, aradaki iletken tel den sürekli olarak elektriğin aktığı görülür. Son derece basit bir araç olan Volta pili, dinamo ortaya çıkıncaya dek her türlü elektrik üreticisi batarya ve akümülatörlerin esasını oluşturmuştur.

19. yüzyılın başlarına dek Volta pilinin ürettiği türden elektriğe "hareketli elektrik", sürtünme ile üretilen elektriğe "gerilimli elektrik" deniyordu. Bu deyimleri yeterince belirgin bulmayan Ohm 1827'de daha açık ve belirli bir terminoloji kullanır. Ohm, elektriği suyun akışına, friksiyonel (sürtüşmeli) bir makinedeki elektriği çok yüksekte düşen küçük bir suya benzetiyordu. Buna karşılık, Volta pilinin bağlayıcı iletkeninden elektrik akışı, geniş bir nehirdeki suyun çağlayansız akışı gibiydi. Bir devredeki sürekli akış, çembersel bir kanaldaki suyun akışını andırırdı. Kanalda suyun akışını sağlamak için nasıl bir pompa istasyonuna ihtiyaç

varsa, devredeki akımın sürekliliği de bir elektrik üreticisine (pil, akümülatör veya dinamoya) ihtiyaç gösterir.

Ohm, elektrik miktarı, akım şiddeti ve gerilim gibi kavramlara açıklık ve kesinlik getirir. Buna göre elektrik miktarı yukarıdaki analojide olduğu gibi, su miktarına, elektrik akımı kanalındaki suyun (bir zaman biriminde belli bir noktadan) geçişine, voltaj ise nehrin düştüğü yüksekliğe (daha kesin bir anlatımla bir birim elektriği devrede bir noktadan diğer bir noktaya taşımak için yapılması gerekli iş miktarına) karşılık alınarak açıklık kazanır.

Elektriğin Yol Açtığı Gelişmeler

Volta pilinin icadından hemen sonra, Nicholson ve Carlisle adında iki İngiliz'in pilin yapımında yaptıkları bir değişiklik önemli gelişmelere yol açar. İlk çinko levhayı son bakır levhaya bir telle birleştirme yerine, her birine pirinç bir tel bağlayarak tellerin serbest uçlarını içinde su ve tuz bulunan bir kaba yerleştirme yoluna giderler. Böylece, akım tek bir telden değil iki telden ve bir iletken olan tuzlu sudan geçmeye başlayınca tellerden birinin ucunda hidrojen gazının toplandığı, diğerinin ucunun ise okside olduğu görülür. Bu demektir ki, elektrik akımının geçişi, suyu bileşimindeki hidrojen ve oksijene ayırmıştı.

Bu sonucun gözleminden “elektrokimya” denen bilim dalının ortaya çıktığını görmekteyiz. Su gibi diğer bazı maddelerin de aynı yoldan temel elementlerine ayırabildiği çok geçmeden anlaşılır. Hatta bu yoldan, Sir Humphry Davy (1778-1829)'nin sodyum ve potasyumu buluşunda gördüğümüz gibi yeni bazı elementlerin keşfi yapılır.

Nicholson ve Carlisle'in denemesinde uçların çevresinde toplanan hidrojen ve oksijen gazlarının miktar yönünden tuzlu sudan geçen akımın miktarı ile orantılı olduğu görülmüştü. Bu ilişkinin önemini kavrayan Faraday, çeşitli maddelerin bir gramının serbest hale gelmesi için ne kadar elektriğe ihtiyaç olduğunu ölçme yoluna gider; ve görür ki, bu miktar maddenin atomsal ağırlığı ile bağıntılıdır. İncelemeler daha sonra bu miktarın serbest ha-

le gelen maddenin atom sayısıyla çok daha sıkı ilişkili olduğunu gösterir. Böylece, her atoma ilişkin bir temel elektrik yükü biriminin olduğu düşüncesi doğar ki, bu da, ileride doğacak “elektron” kavramının başlangıcı olur. (“Amper” denilen akım şiddeti birimi, bir saniyede 0,0011183 gram gümüşü serbest hale getiren akım miktarı olarak tanımlanmıştır.)

Elektrokimyanın gelişmesinde Faraday’ın rolü bununla bitmez. Bugün kullanılan terimlerin birçoğunu ona borçluyuz: Elektrik akımı geçirerek bir maddeyi bileşimindeki elementlere ayırma sürecine “elektroliz”, çözölen maddeye de “elektrolit” adını verir. Elektrolit içine konan iki levhaya “anot” ve “katot” diyerek pozitif akımın birinciden ikinciye doğru olduğunu belirler. Birincisinde toplanan çözeltiye “anyon”, ikincisinde toplanana “kasyon” veya ikisine birden “iyon” der.

Elektrik konusunun kimya ile ilişkisi böylece saptanmış olur. Bu ilişki çok geçmeden başka alanlarda da kendini gösterir. Bazı hallerde bir iletkeniden geçen akımın ısı veya ışık çıkarmış olması, elektrikten ısı ve ışık elde etme teknolojisinin ortaya çıkmasına yol açan gözlemler arasındadır. Fakat daha önemli ilişki, elektrik-liknatis arasında saptanan ilişkidir.

Elektrik akımının mıknatıslı bir iğneyi etkilediği pek çok kimsenin gözünden kaçmamıştır. Bu konuda ilk kesin gözlemi Danimarkalı bilim adamı Oersted’e borçluyuz. Oersted’in 1820’de bir iplikle asılı bulunan mıknatıslı bir iğnenin, yakınından bir elektrik akımının geçmesiyle yerinden saptığını deneysel olarak saptaması son derece karmaşık görönen telgraf teknolojisinin temelinde yatan ilişkiyi vermiştir. Aynı gözlem, “galvanometre” denilen araçla elektrik akımının şiddetini ölçme olanağını getirmiştir.

Oersted’in buluşunun önemli sonuçlar taşıdığını görenlerin başında Fransız fizikçisi Ampère gelir. Birbirine yakın A ve B gibi iki mıknatısın birbirini çekeceği ya da iteceği öteden beri bilinen bir olaydı. Oersted bunlardan birinin yerine elektrik akımının konabileceğini göstermişti. Ampère diğeri için de aynı şeyin yapılabileceğini gösterir. Böylece mıknatısla elektrik akımının eşdeğer

olduğu kanıtlanmış olur. Mıknatıslar gibi yerlerine geçen akımların da birbirini çektiği veya ittiği gerçeği ortaya çıkar. Bu sonucun ne denli önemli olduğunu Faraday'ın deneyleri gösterecektir.

Elektromanyetik Kuramın Kurulması

Yoksul bir ailenin çocuğu olarak dünyaya gelen Michael Faraday (1791-1867), hemen hiç öğrenim olanağı bulamadığı halde, dünyanın en seçkin deneysel araştırmacılarından biri olur. Çocukluğunu bir kitapçada çıraklık yaparak geçirir. Kitaplar arasında bilime ilişkin olanlara özel bir ilgi gösterir; bunları giderek artan ölçülerde okuyarak kendini yetiştirmeye çalışır. Bir rastlantı sonucu, Sir Humphry Davy'nin Kraliyet Enstitüsü'ndeki konferansına giden Faraday, çok geçmeden Davy'nin dikkatini çeker ve ona laboratuvar asistanı olur.

Faraday'ın en önemli buluşu, "elektromanyetik indüksiyon" denen olaydır. Oersted'in, 1820'deki bir akımın manyetik etkisiyle ilgili buluşunu biliyordu. O, aynı ilişkiye ters yönden bakarak, mıknatısla elektrik akımı üretme olasılığı üzerinde durur. On yıl süren deneylerden sonra 1831'de sonuca ulaşır; ancak keşfettiği olayı açıklığa kavuşturmak için incelemelerini daha bir süre sürdürmesi gerekir.

Faraday buluşunu basit bir deneyle şöyle kanıtlamıştı: Bir bobinden bir mıknatıs çubuğu geçirerek. Bobini içi boş silindir biçiminde karton üzerine 70 m. kadar bakır tel sararak elde etmiş ve üretilen akımı ölçmek için bir galvanometreye bağlamıştı.

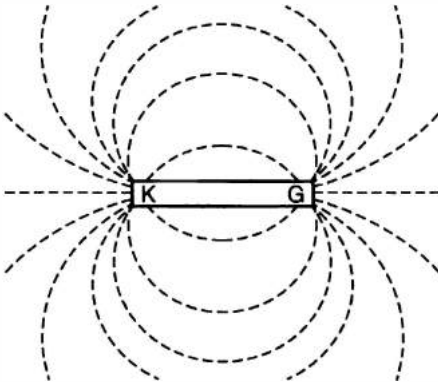
Böylece Faraday'ın, bir mıknatısın hareketi ile elektrik akımının üretilebileceğini göstermesi, mekanik enerjinin elektrik enerjisine dönüştürebileceği olasılığını yaratır. Büyük çapta bir uygulamada mıknatısın hareketi kömürle çalışan bir makine ile sağlanabilir. Bu, kömürün verdiği ısı enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek demektir. Elektrik mühendisliği biliminin doğuşu bu ilişkilerin ortaya çıkmasıyla başlamıştır. Gerçekten Faraday'ın katıksız bilim tutkusuyla sürdürdüğü deneylerden uygulama değeri büyük ve modern endüstrinin temelini oluşturan mekanik elekt-

rik üretimi ve dinamo sistemi doğmuştur. Öte yandan elektrik enerjisinin mekanik işe dönüştürülebilmesiyle de elektrik motorlarının ve tren, tramvay, asansör ve benzer her türlü elektrikli taşıt araçlarının yapımı olanak kazanmıştır.

• Faraday buluşunu başka bir gözlemden yararlanarak açıklamaya çalışır: Üstünde demir tozları bulunan bir kâğıdı bir mıknatis üzerinde tuttuğumuzda, tozların şekilde görüldüğü gibi çizgiler oluşturduğunu görürüz: (bkz. Şekil 6).

Faraday bu çizgilere “manyetik kuvvet çizgileri” adını verir. Ona göre bu çizgiler, mıknatısın çevresindeki manyetik alanı temsil etmekte, yönleri de manyetik alanın yönünü göstermektedir. Faraday, mıknatısın hareketi ile bobinde akımın meydana gelmesini, bobinin oluşturduğu devrenin, mıknatısı çevreleyen manyetik kuvvet çizgilerini kesmesine bağlıyordu. Başka bir deyişle, mıknatısın bobin içindeki hareketiyle elektrik akımının meydana gelişi, manyetik kuvvet çizgilerinin iletken devreyi bir tür taramasından ileri geliyordu.

Faraday’ın bu açıklaması matematiksel olarak daha kesin bir biçimde ifade edilebilirdi. Ne var ki, o bir matematikçi değildi.



ŞEKİL 6

Faraday’ın manyetik kuvvet çizgileri.

(Kaynak: Bruton, *The Story of Western Science*, s. 89).

Teorinin matematiksel ifadesi James Clerk Maxwell'in elinde gerçekleşir. Faraday'ın deneysel sonuçları üzerinde çalışan Maxwell "Faraday'ın Kuvvet Çizgileri" başlığını taşıyan bir çalışmasında (1856), onun bulduğu ilişkilerin matematiksel terimlerle nasıl ifade edilebileceğini gösterir.

Maxwell'in daha sonra geliştirdiği elektromanyetik teori de geniş ölçüde Faraday'ın ulaştığı sonuçlara dayanır. Bu teoriye göre, tüm uzay ışık dalgalarının geçişini sağlayan bir ortamla doludur. Işık dalgalarının geçişi, bu ortamdan bir enerjinin geçişi demektir. Enerji, ortamın bir bölümünden bir başka bölümüne geçerken değişik olarak kinetik (hareket halinde enerji) ve potansiyel (depo edilmiş halde enerji) biçimleri alır. Şöyle ki, manyetik alandaki bir değişiklik "esir" denen ortamda elektriğin yer değişimine yol açar ve bu potansiyel enerji sağlar. Yer değişiminin yeniden eski haline gelmesi bir manyetik alan yaratır, bu da kinetik enerji sağlar. Bu alan tekrar elektrik yer değişimine yol açar, ... ve bu döngül hareket sürüp gider. Böylece meydana gelen "elektromanyetik" dalga birbiriyle değişen manyetik ve elektrik alanlarından ibarettir.

Elektrik ve manyetiğin temel yasalarını matematiksel denklemlerle anlatan Maxwell, elektromanyetik dalgaların hızının ışık hızına denk olduğunu göstermekle, aynı zamanda, ışığın elektromanyetik nitelikte olabileceği düşüncesine yol açar ve o zamana dek ayrı olan optik, elektrik ve mıknatıs bilimlerinin birleşme olanağını getirir.

Maxwell'in teorik düzeyde matematiksel olarak ulaştığı bu sonucu 1887'de Alman bilim adamı Hertz deneysel olarak kanıtlar. Hertz'in elektrik kaynaklarından elde ettiği dalgalar Maxwell teorisinde öngörülen dalgayla aynı olduktan başka, ışık dalgalarının da tüm özelliklerini taşıyordu. Bunlar gerçekte şimdi radyo dalgası denilen dalga uzunluğu çok kısa dalgalardı. İşte modern radyo-yayın tekniği dediğimiz son derece ileri bir düzeye erişmiş olan karmaşık endüstrinin temeli Faraday, Maxwell ve Hertz'in bilimsel çalışmalarında yatmaktadır.

Hertz daha da ileri giderek, Maxwell'in elektromanyetik yasalarının elektrikle mıknatıs arasında bir simetri içerdiğini gösterir.

Elektrik kuvvet alanında bir değişiklik manyetik kuvvetlerin ortaya çıkmasına, manyetik kuvvet alanında bir değişiklik elektriksel kuvvetlerin ortaya çıkmasına yol açar. Üstelik, değişikliği yeni kuvvetlere bağlayan matematiksel yasalar her iki halde de özdeş tir. Hertz'in bu buluşu, elektrik ve mıknatıs kavramlarının açıklık kazanmasında çok yararlı olmuştur. 1897'de elektronun bulunmasıyla modern elektrik teorisinin esaslarının kurulması tamamlanmış olur.

2. EVRİM KURAMI VE DARWIN

Evrım Düşüncesinin Oluşumu

19. yüzyılın ortalarına gelinceye dek insanoğlunun görüşünü fizik bilimlerde yer alan göz kamaştırıcı gelişmeler etkilemişti. Kopernik dünyayı evrenin merkezi olmaktan çıkarmak, Galileo ile Newton ise yer cisimleri gibi gök cisimlerinin de mekanik yasalar uyarınca hareket ettiklerini göstermek yolundan evren görüşümüzü büyük ölçüde değiştirmişlerdi. İnsanoğlunun canlı varlıklar üzerindeki görüşünün değişimi ise başka bir bilimsel devrimi beklemiştir: Darwin'in evrim kuramı.

Darwin'e gelinceye dek, genel kanı çeşitli canlı varlıkların aynı zamanda fakat birbirinden bağımsız olarak yaratıldığı üzerinde toplanıyordu. Hristiyan din adamları evrenin yaratılışını en çok 6.000 yıl önceye götürüyorlardı. Buna göre canlı varlıkların ortaya çıkışı birkaç bin yıldan daha geri gitmiyordu. Darwin teorisine ise tüm canlı organizmaların geniş zaman süresinde ortak bir kökenden evrim yoluyla ortaya çıktıkları iddiasını temellendiriyordu.

"Evrım" kavramı Darwin'in icadı değil; kökü daha gerilere gider. Canlıların bazı belirgin türlere ayrıldığı eski çağlardan beri bilinen bir gerçek. Örneğin, balıklar, kuşlar ve insanların kesin farklarla apayrı türler olduğu açıktı. Canlıların belli bir düzen içinde sınıflanabileceği 17. yüzyıldan itibaren çeşitli kimseler tarafından gösterilmiştir. Canlılar arasındaki fark ve benzerlikle-

rin gelişigüzel değil, fakat bir düzen ve plana bağlı olduğu gözlemi çeşitli açıklamalara yol açmıştır. Bu açıklamalardan biri, eski Yunanlılara kadar gider. Buna göre evren, en üstte insanın bulunduğu hiyerarşik bir kuruluş içindedir. Daha bilimsel bir açıklamayı Fransız bilim adamı Buffon (1707-1788)'da bulmaktayız. İncelemelerini *Doğal Tarih* başlığı ile 21 ciltte toplayan Buffon, hayvanlar arasındaki benzerlikleri anlamlı görerek bunların aynı kökene bağlı olabilecekleri görüşünü savunur; ama, dinsel inançları nedeniyle evrimden söz etmekten kaçınır. Evrim kavramını açık bir dille ortaya atanlar arasında Erasmus Darwin (Charles Darwin'in dedesi) ile Fransız biyoloğu Lamarck'ı görüyoruz.

Lamarck (1744-1829) evrimin, hayvanların değişen yaşam koşullarıyla uyum kurma çabasından doğduğunu ileri sürer ve bu tezini olgusal olarak kanıtlamaya çalışır. Ona göre, örneğin, balıkçıl kuşunun uzun bacakları, sığ sularda yürüme alışkanlığına uyma gereğiyle ilgilidir. Aynı açıklama zürafaların uzun boynu ve karınca yiyenlerin uzun dili için de geçerlidir. Lamarck tüm canlıların daha basitten daha karmaşık yapılara doğru sürekli gelişme içinde olduğunu söyler. Bu doğru olsaydı, bugün artık ilkel yaratıkların kalmaması gerekirdi. Lamarck bu karşı çıkışı, ilkeller geliştikçe yerlerini yeni ilkellerin aldığı gibi bilimsel geçerliği zayıf bir argümanla karşılama yoluna gitmiştir. Onun tartışma konusu asıl tezi (bireylerin yaşam koşullarına göre kazandıkları özelliklerin kalıtsal olduğu tezi)'nin de gözlemsel olarak doğrulandığı söylenemez.

İsveçli Linnaeus ile İngiliz Lyell'in, canlıların sürekli değişim içinde olamayacağını, aksi halde yaşayan canlılarla fosilleri sınıflama girişiminin boş bir çabadan ibaret kalacağını ileri sürerek Lamarck'a karşı çıkmaları, yolu Charles Darwin (1809-1882)'e açar.

Tıp ve teoloji öğrenimi yapan, boş zamanlarını jeoloji ve entomoloji çalışmalarıyla dolduran Darwin, sönük, hatta başarısız sayılan bir öğrencilik döneminden sonra, 1831'de bilimsel inceleme amacıyla dünyayı dolaşmaya çıkan bir heyete çağrı üzerine ücretsiz olarak katılır. *Beagle* adlı bir gemiyle yapılan bu gezi beş yıl sü-

rer. Gezide, Darwin çeşitli iklim ve yerlerde canlıları doğrudan incelemek için geniş olanak bulur. Güney Amerika kıyılarında son derece çeşitli kuş, çiçek, kaya ve fosil örnekleri toplar. Gezdiği her yerde değişen koşullarla birlikte canlı varlıkların değişiklik gösterdiğini görür. Özellikle Pasifik'teki Galapagos Adaları'nda gördükleri onu evrim olgusu üzerinde düşünmeye itmiştir. Bu adalarda yaşayan dev kaplumbağaların adadan adaya kesin farklar göstermesini ilginç bulan Darwin, bunun nedenini öğrenmek ister. Fakat evrim olgusunun en açık belirtilerini Galapagos kuşları sağlar. On iki kadar türü olan bu kuşların değişik adalardaki beslenme koşullarına uygun olarak değişik biçimde gagaları vardı. Kimisi böcek, kimisi tohum, kimisi yaprak, kimisi de meyve yemeye elverişli yapıdaydı.

Gezinin tamamlanması ile Darwin notları üzerinde çalışmaya koyulur. 1838'de okuduğu Malthus'un *Nüfus* üzerindeki çalışmasından esinlenerek evrim sürecini açıklayan temel düşünceye ulaşır. Darwin artık evrimin, yaşam yarışmasında meydana gelen doğal ayıklamanın bir sonucu olduğunu görmüştür. Ancak, uzun süre çekingen kalan Darwin'in teorisini yayımlaması, beklenmedik bir olayla olanak kazanır. 1858'de genç bir bilim adamından (Alfred Russell Wallace) aldığı kısa bir incelemede kendisinin yıllarca önce geliştirdiği teoriyi işlenmiş görür. Bunun üzerine teorisini ana çizgileriyle hemen kaleme alarak Wallace'ın incelemeyle birlikte Linnaeus Kurumu'na sunar. Darwin için artık zaman kaybına olanak kalmamıştır; teorisini tüm ayrıntılarıyla 1859'da yayımlanan *Türlerin Kökeni* (*The Origin of Species*) adlı ünlü yapıtında ortaya koyar. Yayımlandığı gün 1.250 nüsha satan kitap 25 yıl içinde o dönem için rekor olan 30.000 nüshaya ulaşır.

Darwin Kuramının Bilimselliği

Türlerin Kökeni, evrim kuramını, sayı ve çeşit bakımından bol olgusal kanıtlara dayanan sağlam bir akıl yürütmeye ortaya koymaktadır. Kitabın yazarını, kurduğu teorinin gerek bilimsel niteliği, gerek çok geniş entelektüel sonuçları yönünden, Archimedes,

Kopernik, Galileo, Newton, Lavoisier ve Einstein gibi üstün bilginler arasında saymamaya olanak yoktur.

Darwin teorisinin temel düşüncelerini şöyle özetleyebiliriz:

- (1) Tüm canlı varlıklar, aynı türde olanlar bile, az veya çok farklılık göstermektedir. Hiçbir ailede her yönden birbirinin aynı (özdeş ikizleri hesaba katmazsak) iki birey gösterilemez.
- (2) Bu farklılıklar kalıtsal olup, ana-babadan yavruya geçecek niteliktedir.
- (3) Türler ve bireyler arasında çetin bir yaşam savaşımı sürmekte, farklı özelliği ile üstünlük sağlayanlar süreklilik kazanmakta, yarışmayı yitirenler ise yok olup gitmektedir.
- (4) Uzun jeolojik dönemler boyunca süren bu ayıklanma, giderek yaşama gücü daha yüksek türlerin ortaya çıkmasını sağlayarak evrim dediğimiz süreci oluşturur.

Darwin, “doğal ayıklama” dediği bu düzeneğin, evcil hayvan yetiştiricileri tarafından, istenilen yönlerde daha üstün nitelikli hayvanları üretme ve yetiştirmede kullanıldığına, panayırlerdeki yarışmaları örnek göstererek dikkati çeker.

Darwin’ın hareket noktası, türler ve türleri oluşturan bireyler arasındaki belirgin farklılaşmadır. Doğa gibi yetiştiriciler de bu farklardan yararlanarak istedikleri yönde gelişme sağlamaktadırlar. Doğal seçme ile işleyen evrim süreci bu farklılaşmadan kaynaklanmaktadır. Gözlemler, tüm canlılarda üremenin, türlerde aşağı yukarı sınırlı kalan birey sayısını kat kat aştığını göstermektedir. Bu türler ve bireyler için yaşamı sürdürmenin çok çetin bir savaşıma ya da yarışmaya bağlı olduğu demektir. Taşıyıcısına yaşam gücünde üstünlük sağlayan herhangi bir fark, kalıtım yoluyla yeni kuşaklara geçmekte, bundan yoksun olan bireyler ise ayıklanmaktadırlar.

Bireyler arasındaki yaşam savaşımı dışında, aynı bölgede yaşayan tüm hayvan ve bitkiler arasında daha karmaşık görünen başka ilişkiler de vardır. Darwin bunlara ilişkin çeşitli örnekler vermektedir. Örneğin, kediler fareleri, fareler de arı kovanlarını yok etmek-

tedir. Oysa, arılar çiçeklerin döllemesini sağladığı için, bir bölgede kedilerin varlığı ile çiçeklerin sayı ve cinslerindeki artış arasında yakın bir ilişki var demektir. Canlı doğanın böylece; ilk bakışta göze çarpmayan bir ilişkiler bütünü oluşturduğu söylenebilir.

• Darwin sağlam kanıtlara oturttuğu teorisi ile yalnız evrim üzerindeki geçersiz görüşlere son vermekle kalmaz, din ve geleceğe bağlı birçok önyargıları da temelden sarsar. Bu nedenledir ki, teoriye tepki hemen ve çok sert olur. Daha önce de insanlığının evren görüşünü temelden etkileyen teoriler ortaya atılmıştı. Kopernik, insanı evrenin merkezi olmaktan çıkarmıştı. Newton evrenin tanrısal kaprislerle değil, belli mekanik yasalara göre işlediğini ortaya koyuyordu. Darwin ise, insanın tüm canlılarla aynı kökenden oluştuğunu söylemekle daha ileri gitmekteydi.

Ne Kopernik'in ne de Newton'ın teorisi dine doğrudan bir saldırı niteliği taşımıyordu kuşkusuz. Gerçekten evreni yetkin işleyen bir makine gibi görmek, Tanrı'yı bu makineyi yapan bir düzenleyici olarak düşünmek dinin geleneksel öğretilerine uymasa bile ona açık bir tehlike de sayılmazdı. Üstelik Newton birçok çağdaşı gibi aslında dine içtenlikle inanan bir kişiydi. Oysa Darwin'in durumu çok değişikti. Öğretisi dine aykırı olduktan başka, bu öğretiyi hemen benimsemeye hazır geniş ve etkili bir kitle oluşmuştu. Yaşamın bir savaşım olduğu, ancak savaşımı kazananların yaşamı sürdürebileceği 19. yüzyıl *laissez-faire* anlayışının özü değil miydi? Darwin'in yaptığı bir bakıma bu yaygın anlayışı tüm canlı doğayı kapsayacak şekilde genişletmekten ibaretti. Daha önce de belirttiğimiz gibi, o evrim teorisinin özünde yer alan iki ilkeye (doğal seçme ile yaşamı sürdürme savaşımı ilkelelerine) Malthus'dan esinlenerek ulaşmıştı. Malthus, nüfusun geometrik dizi ile artışına karşılık yiyecek maddeleri üretiminin ancak aritmetik dizi ile artmakta olduğunu, bu nedenle kıt olan yiyecek için kişiler arasındaki savaşımın giderek daha kırıncı olacağını ileri sürmüştü. Sosyal ve ekonomik düzeyde, *laissez-faire* biçiminde beliren bu gerçeğin, doğada hiçbir kural ve sınır tanımaksızın tam bir kırıncılık içinde sürdüğü evrim kuramıyla evrensel bir ilke niteliği kazanıyordu.

3. MİKRO-BİYOLOJİ VE GEN TEORİSİ

Mikrop Kavramı

19. yüzyılın çeşitli bilimsel başarıları arasında mikrop teorisi parlak bir yer tutar. Pasteur, Koch ve Lister gibi bilim adamlarının çalışmalarına borçlu olduğumuz bu teori, tıptaki uygulamalarıyla insanlığa büyük yararlar sağlamıştır.

Tarih boyunca hastalıkların cin çarpması, bozuk hava ve en sonunda mikropla meydana geldiği görüşlerine yer verildiğini görmekteyiz.

Bir tür batıl inanç olan cin çarpması görüşü bugün bile tamamen terk edilmiş değildir. Din kitaplarında bile yer bulan bu görüş, hastalık tedavisini çoğu kez cinleri kovmaya yönelik basit hareketlere indirgiyordu. Örneğin, ortaçağlarda mide ağrılarının tedavisinde çok yaygın olan bir uygulama şöyleydi: sol elin başparmağını karnına bastır ve şu sözleri dokuz kez yinele: “Adam, bedam, alam, betur, âlem, botum.” Sonra aynı başparmağınla yere dokun ve tükür; gene aynı sözleri dokuz kez yinele...

Hastalıkların kirli veya bozuk havadan ileri geldiği görüşü hekimliğin babası Hipokrat’a kadar geriye gider. Hipokrat tedavilerinde temiz ve açık havaya önem vermiştir.

Ortaçağlar boyunca çok yaygın olan üç hastalık (cüzam, veba ve frengi) insanlara hastalıkların ya doğrudan dokunma ya da su veya hava ile geçtiği gerçeğini öğretmişti. Ancak hastalıklara “mikrop” denen son derece küçük canlı varlıkların yol açtığı gerçeğinin anlaşılması Pasteur’ün incelemelerini beklemiştir.

Bir kimya bilim adamı olan Louis Pasteur (1822-1895)’ü mikrop teorisine bazı önemli pratik problemler iter. Bu problemlerden ilki şarap yapımında geçen fermentasyon (mayalanma) olayıydı. Bilindiği gibi, üzüm şekeri çözeltisine maya konduğunda, şekerin alkole dönüşümünde karbondioksitin çıkması nedeniyle çözelti kabarmaya başlar. Pasteur bu soruna, babası alkol üreten bir öğrencisinin ısrarı ile el atar. Sonra III. Napoléon ondan şarap hastalıklarını incelemesini ister. Pasteur bu tür hastalıklara, üzümün kabuğu üzerinde yaşayan bazı mikro-organizmalarla-

rın yol açtığını bulur. Önce antiseptikle hastalığı önlemeyi deneyen Pasteur, çok geçmeden şarabın 556°C'de ısıtılmasıyla problemin çözüldüğünü görür. Süt, sirke ve bira bozulmalarını önlemede de kullanılan bu yönteme "Pastörizasyon" denmektedir.

Pasteur'den önce birçok bilim adamı, "kendiliğinden üreme" teorisine inanıyordu. İlk kez Spallanzani (1729-1799) bir deneyle bu teorinin yanlışlığını ortaya koyar. Spallanzani'yi izleyen Pasteur, hastalıklara yol açan mikro-organizmaların hava ile geçtiği üzerinde durur. Çeşitli deneylerle canlıların ancak canlılardan üreyebileceğini göstererek "kendiliğinden üreme" teorisine son verir.

Pasteur, hastalıkların mikroptan ileri geldiği düşüncesini benimsetmek, yaymak için elinden geleni yapar. 1879'da Paris Tıp Akademisi'nde lohusa hastalığı ile ilgili bir tartışmada bir üyenin ikide bir hastalığı hava zehirlenmesi olarak nitelemesi üzerine kendini tutamayan Pasteur: "Böyle bir şey yok. Hastalık mikrobiktir; yayılmasına da doktor ve ebeler aracılık etmektedir," diyerek tahtaya koşar ve mikrobun resmini çizer. Pasteur önemli buluşlarından birine tavuk kolerası üzerindeki çalışmasıyla ulaşır. Hastalığın mikrobunu bulduktan sonra et suyunda çoğaltır; derisi altına verilen bir damlanın tavuğu öldürdüğünü saptar. Ancak bir rastlantı sonucu birkaç gün beklemiş bayat kültürün aynı derecede etkili olmadığı görülür. Pasteur bununla öteden beri bilinen çiçek aşısı arasındaki ilişkiyi görmekte gecikmez. Daha önce bir kültürün yapılmış olduğu et suyunda mikrobun çoğalmaması gözlemi Pasteur'e, zayıflatılmış mikrobun kanda meydana getirdiği hücrelerin, mikrobun kanda çoğalmasına engel oluşturaçağı fikrini verir: Böylece aşırı bulan Pasteur'ün bu yöntemi çeşitli hayvan hastalıklarını önlemede başarıyla kullandığını görüyoruz. Bununla birlikte o, en göz kamaştırıcı başarısını kuduz virüsünü ayırt etme ve o zamana dek kurtuluşu olmayan bu hastalığa karşı bir aşı yöntemi geliştirmekle gösterir.

Bir Alman bakteriyoloğu olan Robert Koch (1843-1910)'un çalışmaları da mikrop teorisinin kurulmasında etkili olmuştur. Koch kendi geliştirdiği yeni bir teknikle başta tüberküloz basi-

li olmak üzere bazı basilleri ayırt etmekle ün kazanır. Ona göre, bir hastalığa yol açan mikrobu belirlemenin üç koşulu vardır: 1. Bu mikrop hasta olan organizmada mutlaka bulunmalıdır; 2. Mikrobu vücut dışında çoğaltmak mümkün olmalıdır; 3. Sağlam bir organizmaya verildiğinde hastalık yapmalıdır.

Mikrop teorisini cerrahiye ilk kez Joseph Lister uygular. Pasteur'ün incelemelerini yakından izleyen Lister, yaraların iltihaplanmasının operasyonda kullanılan araçlardan ileri geldiğini anlar. Bir yandan el ve kullanılan araçların temizliği üzerinde ısrar etmek, öte yandan yaraya geçmiş mikrobu öldürmek için önlemler düşünür. Lister'in bulduğu antiseptik yöntemlerin yerini şimdi aseptik cerrahi almış bulunmaktadır. Başka bir deyişle, mikrobu öldürme yerini günümüzde mikrobu soyutlama tekniğine bırakmıştır.

Genetik Bilimin Doğuşu

19. yüzyıl fizik bilimlerinden çok biyolojik bilimlerde yeni atılımlara tanık olmuştur. Bu dönemde evrim teorisi ve mikrop teorisi dışında fizyoloji ve kalıtım (genetik) alanında da başarılı adımlar göze çarpmaktadır.

Darwin teorisinin, son derece geniş açıklama gücüne karşın, cevapsız bıraktığı sorular da vardı. Özellikle katılıma ilişkin birçok noktalar Darwin için de karanlıktı. Herkes yeni bir yavrunun atalarının özellikleriyle doğduğunu biliyordu. Gene biliniyordu ki, kimi kez yavru ya anaya ya da babaya daha çok benziyordu. Evrim teorisi bu tür olgulara yeterince ışık tutmaktaydı. Darwin evrim sürecini doğal seçme ile ortaya çıkan değişikliklerin bir birikimi olarak görüyordu. Oysa doğada bazen hiç beklenmedik büyük değişiklikler de yer alıyordu. Bunlar üzerine ilk eğilen bilim adamı Hollandalı De Vries (1848-1935) olur.

De Vries bir tarlada üç yıl sürdürdüğü incelemeleri sırasında, tarlada bulunan yabancı bitkilerin çabuk çoğalma nedeniyle kısa sürede büyük değişiklikler gösterdiğini görür. Yeni türler deneyerek sekiz kuşakta 53.000 bitki yetiştirir; bunlardan yaklaşık

10 tanesinin çeşitli yönlerden başlangıçta ele alınanlardan kesin farklarla ayrıldığını saptar. Çarpıcı nitelikte olan bu farklar, küçük farkların bir birikimiyle değil, birdenbire tümünden ortaya çıkmıştı. De Vries'in "mutasyon" dediği bu olay evrimin, hiç değilse bazen, süreksiz fakat kesin değişikliklerle meydana geldiğini gösteriyordu.

Mutasyon teorisinin ortaya atıldığı yıl (1900) başka bir teori, Mendel'in kalıtım teorisi, gün ışığına çıkarılmıştı.

Avusturyalı keşiş Gregor Mendel (1822-1884) bulunduğu manastırın bahçesinde bezelye türleri üzerinde yaptığı önemli deneylerle kalıtım bilimini kuran kişidir. Deneylerinde 22 tür bezelye kullanarak yedi çift özellik (örneğin, tanelerin kocaman-cüce, sarı-yeşil, düz-pürüzlü olması gibi) üzerinde karışık döllendirmeler yapar. Denemelerinin bir dizisinde kocamanlarla cüceleri birleştirir; iki kuşakta elde edilen tanelerin $3/4$ 'ünü kocamanların, $1/4$ 'ünü ise cücelerin oluşturduğu görür. Tanelerin kocaman ve cüce olarak ikiye ayrılması, ikisi arası tanelerin ortaya çıkması, büyüklüğü belirleyen kalıtsal faktörlerin karışmadığını göstermekle ilginç bir gözlem idi. Bu sonuçta erkeklik, dişilik farkı da önemli değildi: Büyüklüğün belirlenmesinde ana-babanın her biri bir faktörle katılmakta.

Öte yandan, ana-babanın her birinin hücreleri tek değil çift faktör taşımış olsa (örneğin, birinde iki kocaman KK, ötekinde iki cüce kk bulunsa) yavrular KKkk faktörleriyle, bunların yavruları da KKKKKkkk gibi sekiz faktörle dünyaya gelmiş olur. Doğa böyle sonu gelmez bir savurganlık içine düşmemiştir: Her hücre faktörlerden sadece birini taşır; öyle ki, her yavru bu faktörlerden sadece ikisiyle dünyaya gelir. Bu temel ilkeye Mendel'in "ayırma" yasası denir.

Mendel'in büyüklük özelliğinin geçişi üzerindeki deneyinde, ilk kuşak yavrular ana-babalarından aldıkları K ve k faktörleri taşıdıkları halde hepsi kocaman çıkmıştır. Bu, K faktörünün başat (dominant), k faktörünün ise çekinik (resesif) olduğunu gösterir. Kendi kendiyile dölllenme yolundan elde edilen ikinci kuşağa gelince bu, K veya k faktörünü taşıyan erkek ve dişi hücreleri-

nin birleşmesinden meydana gelir. Mendel'in gözlemleri bu birleşmenin olasılık yasasına bağlı kaldığını göstermiştir. Yavruların, KK, Kk, kK veya kk faktörlerini taşıması beklenir. İlk üç faktör çifti yavrunun kocaman, sonuncusu cüce olmasını sağlar. Bu sonuca Mendel'in "bağımsız karışım" yasası denmiştir.

Mendel deneylerini başka bitkiler üzerinde de yapmıştır. Onu izleyen araştırmacıların böcekler, balıklar, kurbağalar, kuşlar ve memeliler üzerinde yürüttükleri deneylerin hiçbiri onun teorisini doğrulamaktan geri kalmamıştır.

Gen Teorisiyle Evrim Teorisinin İlişkisi

Organizmayı oluşturan hücrelerin mikroskopik incelemesi Mendel'in kalıtım teorisini daha da derinleştirmiştir. 19. yüzyılda mikroskopun gelişmesiyle hücreler üzerindeki gözlem çalışmaları da hız kazanır. Yaşayan her organizmanın hücrelerden kurulu olduğu, organizmanın çeşitli fonksiyonlarının hücre etkinliğinden kaynaklandığı görüşü giderek genellik kazanır.

Hücre ister bitkisel ister hayvansal olsun "protoplazma" denen bir maddeyle sarılı küçük bir çekirdek bölümünden oluşur. Gözlemler, hücrelerin bölünerek çoğaldığını göstermiştir. Bir hücre bölündüğünde çekirdeği, çubuk biçiminde çift sırlanmış nesnelere ayrılmaktadır. Kromozom denen bu nesnelerin her biri uzunlamasına ikiye ayrılmakta, biri bir hücrede, diğeri öteki hücrede toplanmaktadır. "Mitosis" denen bu ayrılma, organizmadaki her hücrenin kromozomlarının tam olmasını sağlamaktadır.

Her organizmada organlara ve dokulara göre işlevleri değişen milyonlarca hücre vardır. Bunların hepsi döllenmiş hücrenin bölünmesiyle meydana gelmiştir. "Döllenme" dediğimiz olay (ki, erkek hücresi olan spermanın dişi hücresi olan yumurtaya girip çekirdeği ile kaynaşması biçiminde olur) ilk kez 1875'te Hertwig tarafından gözlenmiştir. Kalıtımın, kromozomlar tarafından sağlandığı bu tür gözlemlerden sonra anlaşılmıştır.

Kalıtım üzerindeki çalışmalar, Amerikalı Morgan'ın katkılarıyla daha ileri gider. Morgan ve öğrencileri, Mendel faktörlerinin

geçişinde kromozomların rolü üzerinde dururlar. Onların “gen” dediği bu faktörler kromozomlar üzerinde, ip üzerindeki tespih taneleri gibi sıralanmıştır. Onlar bu sonuca, bir tür meyve sineği olan *Drosophila* üzerindeki denemeleriyle ulaşırlar.

• Genlerin büyükçe kimyasal moleküllerden meydana geldiği, X-ışını, veya radyoaktif maddelerin etkisiyle yapısal değişikliğe uğradığı sanılmaktadır. Mutasyon olayının gerçek nedeni bilinmemekle birlikte, bu tür dış etkenlerle ilişkisi düşünülebilir. Atom bombası patlaması ile atmosfere karışan radyoaktif tozların tehlikeli yanı birtakım zararlı mutasyonlara yol açmasındadır.

Gen teorisi organizmanın oluşumunda çevreden çok kalıtsal faktörlere ağırlık tanıdığından, bir süre Sovyet Rusya’da kabul edilmemiştir. Teoriye göre, kalıtsal değişiklik ancak bir genin mutasyona uğraması veya genlerin yeni bir düzene girmesiyle mümkündür. Organizma yaşamı boyunca kuşkusuz çevrenin çeşitli etkilerine uğrar; hatta bazı yönlerden değişebilir de. Ne var ki, bu tür değişiklikler veya çevresel etkilerle edinilen özellikler kalıtsal nitelikte değildir; sonraki kuşaklara geçmez. Sayısız gözlem ve deneylerle kanıtlanmış olan bu görüşe karşı Rus bilim adamlarından Michurin ve onu izleyen Lisenko karşı çıkarlar. Onlara göre, çevrede yapılacak değişikliklerle kalıtsal özellikleri değiştirmek olanak dışı değildi. Hatta Lisenko buğday üzerindeki deneyleriyle bunu kanıtladığı iddiasındaydı. Ne var ki, aynı deneyler Amerika’da onun varsayımını destekleyici sonuçlar vermemiştir. Kalıtımın çevresel etkilerle değişemeyeceği görüşü Marksizme ters düşse de, Lisenko genetiği SSCB’de bile uzun süre geçerliğini sürdürememiştir. Böylece, bilimsel bir teoriyi bilim dışı nedenlerle reddetmenin er geç iflas etmeye mahkûm olduğu bir kez daha ortaya çıkmış oldu.

Kalıtım teorisindeki yeni gelişmeler, bazı bilim adamlarında Darwin’in doğal ayıklama düzeneğine bağladığı evrim teorisinin yıkılabileceği kuşkusunu yaratmışsa da çok geçmeden böyle bir olasılık için elde yeterli neden olmadığı anlaşılmıştır. Gen teorisi evrimin “mutasyon” denen birdenbire ortaya çıkan değişikliklerden oluştuğu görüşünü getirmişti. Oysa Darwin’e göre evrim, or-

ganizmanın çevresine uyma çabasında meydana gelen küçük değişikliklerin birikimine bağlıydı.

Ne var ki, daha dikkatli incelemeler mutasyon türünden apan-sız ve köktenci değişikliklerin son derece seyrek olması bir yana, her zaman olumlu yönde olmadığını göstermiştir. Çağdaş gen teorisi evrim sürecinde mutasyonların rolüne olduğu kadar kalıtsal kararlılığa da önem vermektedir.

4. 19. YÜZYILIN ÖZELLİKLERİ

19. yüzyılı daha önceki yüzyıllardan ayıran en büyük değişiklik, bilim ve endüstri ilişkisinde kendini gösterir. Uzun süre, endüstri teorik çalışmalardan fazla etkilenmeksizin, ama bazı yönlerden bu çalışmaları etkileyen, kendi içinde bir gelişmeydi. 19. yüzyılın özellikle ikinci yarısında durum birdenbire değişir: Bu konuda sadece elektrik üzerindeki bilimsel çalışmaların endüstriye neler kazandırdığını düşünmek yeter. Telgraf, telefon, dinamo ve günümüzde, telsiz, radar, televizyon, bilgisayar... gibi icatlar, Faraday'ın deneysel ve Maxwell'in ona dayanan teorik çalışmalarını doğrudan izleyen uygulamaların başlıcalarıdır.

Bu dönemdeki bilimsel çalışmaları, ayrıntılarına daha önce girdiğimiz üç önemli teori etrafında toplayabiliriz. Bunlardan ilk ikisi (termodinamiğin iki ilkesi ile elektromanyetik teori) Newton mekaniği ile birlikte klasik fiziğin yapısında ana sütunları oluşturuyordu. Üçüncüsü (Darwin'in evrim teorisi) yalnız biyolojide değil, insan düşünce yaşamının başka cephelerinde de devrimsel nitelikte değişikliklere yol açan bir etkiyle ortaya çıkmıştı.

19. yüzyıl bir yandan daha kapsamlı teorilerle, bilimin çeşitli kollarında ulaşılmış sonuçları toplama ve birleştirme olanağı sağlarken, öte yandan hemen her alanda uzmanlaşma eğiliminin doğmasına ve hız kazanmasına yol açmıştır.

Bu dönemin göze çarpan bir özelliği de, bilime karşı saygı ve ilginin yaygın nitelik kazanmasıdır. Pozitivizmin düşün alanına çıkması bunu belgeleyen en önemli gelişmedir. Fransız filozofu

Auguste Comte'un öngördüğü sistem, din ve metafiziğin yerine bilime dayanan pozitivist bir dünya görüşünü içeriyordu. Buna paralel olarak, bilim adamlarının da Hegel türü idealist felsefelerle sırt çevirdikleri görülmektedir. Madde ve enerjinin korunumu ilkeleri ve genellikle Newton mekaniği bilim çevrelerinde "materyalist" diyebileceğimiz bir görüşün yerleşmesine daha elverişliydi. Gerçek dünyanın maddeden ibaret olduğu, maddesel hareketlerin de değişmez yasalara bağlı yürüdüğü bu görüşün özünü oluşturunuyordu. Fizikçi John Tyndall daha da ileri giderek yaşam ve düşünceyi de maddesel ilişkilere indirgiyordu. Ona göre, canlı varlıklar da, güzel ve karmaşık kristal biçimleri gibi atom ve moleküllerin birleşmesinden, düşünce ise beyinde yer alan birtakım kimyasal süreçlerden meydana geliyordu. Nitekim "düşünme" denilen etkinlik beynin normal çalışmasına bağlıdır; beyin zedelendiğinde düşünme diye bir şey kalmaz. O halde düşünce, maddenin bir ürünüdür.

Tyndall'ın, kiliseyi bilimin gelişmesini sürekli olarak engellemekle suçlayarak dinin bilim dışı olduğunu savunduğunu da görmekteyiz. Gerçekten, din ve bilim savaşımı 19. yüzyılda da hızından kaybetmiş değildi. Darwin'in karşılaştığı en hırçın tepki din çevrelerinden geliyordu. Thomas Huxley gibi bilim ve bilimsel yöntemi açıkça savunanlar, din karşısında "agnostik" tavır takınanlar, küçük bir azınlık olmaktan ileri geçmiyordu.

19. yüzyıl bilimsel maddeciliği Newton mekanik dünya görüşünün etkisinde "determinist" bir karakter taşır. Bu en açık biçimde Laplace'ın şu sözlerinde dile gelmiştir:

Doğada herhangi bir an etkin olan tüm kuvvetleri ve evrende var olan tüm nesnelerin o andaki konumlarını bilen bir zekâ, evrendeki en büyük cisimlerden en hafif atomlara dek tüm nesnelerin hareketlerini tek bir formül kapsamında toplayabilir; yeter ki, bu zekâ eldeki verilerin hepsini birden çözümleyebilecek kadar güçlü olsun. Böyle bir zekâ için kesin olmayan hiçbir şey yoktur; geçmiş gibi gelecek de onun gözleri önünde olacaktır. İnsan aklının astronomiye vermeyi başara-

bildiği yetkinlik, böyle bir zekânın gücü yanında zayıf bir taslak gibi kalır. Mekanik ve geometrideki buluşlar evrensel çekim teorisi ile birleşince, insan aklını, dünya sisteminin geçmiş ve gelecekteki durumunu, sözü geçen o bir tek formülün çerçevesinde kavramaya yaklaştırmıştır.

Gerçekten, Neptün gezegeninin gözlenmesinden önce kütle, hız, yörünge ve benzer özelliklerinin saptanmasına yol açan teori böyle kesin ve güçlü değil miydi? Ne var ki, klasik fiziğe duyulan bu güven ve bu fiziği niteleyen determinizm, en yüksek noktasına ulaştığı bir sırada, 19. yüzyılın sonlarında, yıkılmaya yüz tutmuştur.

“İlerleme”ye olan inanç 19. yüzyılın belki de en belirgin özelliğini oluşturur. Bu inancın temelinde kuşkusuz bilim ve teknolojiye görülen büyük gelişmeler yatıyordu. Avrupalı için ilerleme neredeyse otomatik ve kaçınılmaz bir olaydı.

Bu inancın kökü daha önce değindiğimiz gibi, Francis Bacon’a dek uzanır. Antik dünya, ilerleme fikrine yabancı kalmıştır. Ortaçağlarda ise insanlar altın çağı gelecekte değil geçmişte aramışlardı. İlk kez 18. yüzyılda akıl ve bilimin evrensel ilerlemenin kaynağı olduğu düşüncesine yer verildiğini görüyoruz. 19. yüzyılda ise bu düşünceye en güçlü desteği evrim kuramı sağlar. Evrim düşüncesini özellikle psikoloji ve sosyoloji gibi alanlara uygulamak isteyen Herbert Spencer her şeyin gelişme halinde olduğunu, daha iyiye ve yetkinliğe doğru gittiğini ileri sürüyor, ilerlemeyi evrensel bir ilke sayıyordu. Ne var ki, Newton fiziğinden sonra bu inancın da sarsıldığını biliyoruz.

VII. BÖLÜM

Çağdaş Bilim

20. Yüzyıla Girerken Durum

Galileo ve Newton'ın temellerini attığı ve onları izleyen iki yüzyıl boyunca sayısız kanıtlamalarla güçlenen mekanik teori, prestijinin en üst düzeyindeyken, yeni bazı gelişmeler karşısında yer yer yetersiz kalmaktan kurtulamaz. Bu yüzden fizik biliminin 19. yüzyılın sonlarında kaygı verici bir bunalıma düştüğünü görmekteyiz. Newton teorisi, evreni birtakım kuvvet, basınç, gerilim, titreşim ve dalgalarla işleyen bir makine modeline göre yorumlamayı içeriyordu. Doğada olup biten tüm olguların, insan deneyimine giren her şeyin, bu modele uygun açıklanabileceği çok yaygın bir kanıydı. Bilim, hiç değilse fizik bilimler, son aşamaya ulaşmış sayılıyor; geriye kalan şeyin daha duyarlı ve kesin ölçmelerle ayrıntıları derinleştirmekten ibaret olduğuna inanılıyordu. Ne var ki, teoriye ters düşen bazı gözlemlerle birlikte X-ışını, elektron, radyoaktivite, radyum, quantum ve relativite gibi kavramların ortaya çıkışı her şeyin sanıldığı kadar sağlam olmadığını gösterir. Çok geçmeden Newton fiziğinin ancak belli hız ve büyüklük limitleri içinde geçerli olduğu, atom-altı boyutlarda ve hızın ışık hızına yaklaştığı hallerde bu fiziğin yetersiz kaldığı ortaya çıkar. Bu yetersizlikten yüzyılımızın başlarında iki büyük teori, madde ve enerjinin temel birimlerini konu alan Kuantum Teorisi ile, hızlı hareket eden kütlelere ve geniş uzaysal ilişkilere yönelik Relativite Teorisi ortaya çıkmıştır. Birincisini Max Planck'a (1858-1947), ikincisini Albert Einstein'a (1879-1955) borçluyuz.

Her iki teorinin de kendi alanlarındaki olguları veya olgusal ilişkileri açıklamada matematikten en geniş ölçüde yararlandıklarını görmekteyiz.

Kısaca demek gerekirse, Einstein teorisini Newton'ın "mutlak uzay", "mutlak zaman" ve "mutlak hareket" kavramlarını reddetmekle kurmaya başlar. Hız ve ivmenin ölçümü iki olgunun hemzaman olup olmadığının bilinmesini gerektirir. Oysa Einstein'a göre, uzak mesafeler söz konusu olduğunda mutlak hemzamanlık diye bir şey yoktur. Bir gözlemci için hemzaman olan iki olgu yeri değişik başka bir gözlemci için hemzaman değildir. Her koordinat sistemin zamanı kendine göredir. Bu zamanı bilmedikçe herhangi bir olgunun oluş zamanını belirlemek olanaksızdır. Aynı şekilde mesafe de görecelidir; çünkü her koordinat sistemi diğer sistemlere göre hareket halindedir.

Einstein, Newton'ın kütle çekim kavramını da yetersiz bulur. Newton'a göre kütleler birbirlerini "yerçekimi" dediğimiz bir *kuvvetle* çekerler. Oysa Einstein, çekim (gravitasyon) olgusunu kütlelerin içinde bulunduğu uzayın geometrik yapısının bir özelliği saymaktadır.

Max Planck'a gelince, o, maddeden çıkan ısı ve ışığın sürekli bir akış biçiminde değil, fakat "kuanta" dediği kesik veya ayrı paketler halinde olduğu sonucuna ulaşarak teorisini kurar. Bu teoriye göre maddeyi oluşturan atom-altı parçacıkların davranışı klasik fiziğin nedensellik ilkesine bağlı değildir. Bir elektronun davranışını önceden kestirmek olanaksızdır. Ancak elektronları yığın halinde aldığımızda istatistiksel yoldan inceleme olanağı vardır.

Einstein bu durumu bilgimizin yetersizliği ile açıklama yoluna giderek geçici saymış, yaşamı boyunca doğanın nedensel yasalara bağlı işlediği görüşünü korumuştur. Ne var ki, mikro düzeyde, Einstein'ın direnmesine karşın, nedensellik değil, olasılık yasalarının geçerli olduğu bugün hemen tüm bilim adamlarınca kabul edilmiş bulunmaktadır.

Birbirinden temelde farklı olan iki teorinin ortak yanı, evreni mekanik modelin kavramlarıyla değil, soyut matematiksel kavramlarla açıklama yoluna gitmiş olmalarıdır. Öte yandan her iki

teori de birtakım soyut ve karmaşık kavramlara dayanmaktadır. Bunları, öteden beri alışık olduğumuz birtakım düşünce biçimleri dışına çıkmadıkça anlamak olanaksız olmasa bile son derece güçtür. Uzman bilim adamlarını bile çoğu kez uğraştıran konuları teknik ayrıntılarıyla vermeye burada ne olanak ne de gerek vardır. Bizim yapmak istediğimiz (ve yapabileceğimiz), bu teorilere ilişkin okuyucuya basit ve yüzeysel bir fikir vermekten ileri geçmez elbette.

Bilindiği gibi Einstein'ın teorisi iki aşamada ortaya konmuştur: 1905'te açıklanan bölüme "Özel Relativite", 1916'da açıklanan bölüme "Genel Relativite" adı verilmiştir. Kuantum teorisinin de 1900-1927 arasında çeşitli evreler geçirerek geliştiğini görüyoruz. Aşağıda verilen açıklama ve bilgiler bu evreler göz önüne alınarak sıralanmıştır.

1. EINSTEIN DEVRİMİ

Özel Relativite Teorisinin Doğuşu

1881'de Michelson ve Morley adında iki Amerikan fizikçisinin yaptığı bir deney bilim dünyasını bir çıkmazla karşılaştırmıştı. Deney, ışık ve elektromanyetik dalgaların ilerlemesinde ortam işlevi gördüğü tasavvur edilen "esir" in var olup olmadığını saptama amacıyla düzenlenmişti. Gerçi birçok bilim adamı için böyle bir deneye gerek yoktu. Esir kavramı olmaksızın optik olgularını açıklamak olanaksızdı. Üstelik, Maxwell'in elektromanyetik teorisi de esir türünden bir ortamın varlığını içeriyordu. Ancak, var olduğu kesinleşmiş gibi görünen bu nesnenin gözlemsel hiçbir özelliği ortaya konmuş değildi. Esir nasıl bir şeydi? Hatta "esir" denilen şey gerçekten var mıydı? Michelson-Morley deneyi bu soruya yanıt arıyordu.

Deneyin sonucu olumsuzdu. Birkaç yıl arayla yinelenen deney hep aynı sonucu verdi. Sonuca göre, ya esirin var olmadığını ya da evrenin basit olduğunu kabul etmek gerekiyordu. Oysa bilim dünyası için ikincisi kadar birincisi de güç, hatta olanaksız görü-

nüyordu. Bilim dünyası Einstein'ın 1905'te getirdiği çözüme dek, çeyrek yüzyıl, bu çıkmazdan kurtulamaz.

Einstein'ın çözümü, Michelson-Morley deneyinden çıkardığı şu iki sonuca dayanmaktadır:

- (1) Doğa yasaları düzgün hareket eden tüm sistemler için geçerlidir.
- (2) Bir gözlemciye bağlı olarak, ışığın hızı daima sabittir. Başka bir deyişle, ışık hızı tüm referans sistemleri için değişmezdir. (Bu ilke, Einstein'ın da belirttiği üzere,⁽¹⁾ birinci ilkenin içeriğinde vardır. Şöyle ki, her doğa yasası gibi, boşlukta ışığın bir yerden bir başka yere gidişine ilişkin yasa da "relativite ilkesi" denilen birinci ilke uyarınca, düzgün doğrusal hareket eden tüm sistemlerde aynıdır.)

Gerçekte bu iki sonuç, aynı zamanda Özel Relativite teorisinin iki temel ilkesi (postulası)'ni oluşturur. Bu nedenle teoriyi anlamak için bu ilkelerin anlamını açıklamaya ihtiyaç vardır. Çünkü teoride yer alan tüm diğer hipotezler bunların mantıksal sonuçları olmaktan ileri geçmemektedir.

Birinci ilke aslında Galileo'nun relativite ilkesinin daha genişletilmiş ifadesinden başka bir şey değil. Üniform (düzgün, doğrusal) hareket halindeki bir gemide, yerde olduğu gibi, top ya da hareket eden başka bir nesne ile oynayabiliriz. Sakin bir denizde bu geminin hareket halinde olup olmadığını bile saptamak olanaksızdır. Başka bir deyişle, ne mekanik bir yoldan ne de elektromanyetik olgulardan yararlanarak üniform hareketi saptamaya olanak vardır.

Klasik fizikçiler bir esirin olduğunu, durağan olan bu esire göre hareketi düzgün olan sistemin ayırt edilebileceği görüşündeydiler. Oysa, esirin var olduğu varsayımı deney sonuçlarına aykırı düşmekteydi. Gerçi Einstein esiri düpedüz inkâr etmez; fakat onun var olup olmadığını saptamanın imkânsız olduğunu söyler. Var olduğu ilkece saptanamayan bir şeyin bilimde yeri ola-

(1) Bkz. A. Einstein, *Relativity: The Special and the General Theory*, s. 18.

bilir mi? Nitekim esir varsayımına relativitede yer verilmemiştir. Einstein'ın bu sonuca, birçok deneylerin, yerkürenin uzaydaki hareketinin hiçbir şekilde ışık dalgalarının hızını etkilemediğini göstermesi üzerine ulaşmıştır.

• İkinci ilke ışığın bir gözlemciye göre değişik hızlarda olamayacağını ileri sürmektedir. Bu, kısaca şu demektir: Işık kaynağı ile gözlemcinin birbirine yaklaşması veya birbirinden uzaklaşması ne kadar hızlı (veya yavaş) olursa olsun ışığın o gözlemciye göre hızı değişmez; daima saniyede yaklaşık 300.000 km. olarak kalır. Başka bir deyişle, ışığın hızı, hangi sistemde ölçülürse ölçülsün, daima aynıdır. Işığın hızı bir sistemin içinde ne ise dışında da odur, sistemin hızıyla birleşip ne artar ne de azalır.

Her iki ilke de deneysel niteliktedir; Einstein'ın yaptığı devrimin bu denli basit gerçeklere dayanması ilk bakışta inanılmaz ve şaşırtıcı görünebilir; ancak, teorinin sonuçlarını gözden geçirdiğimizde bu şaşkınlık yerini büyük bir hayranlığa bırakmaktadır. Gerçekten gerek Michelson-Morley deneylerinin, gerek başka gözlemlerin açıklanmasında birçok hipotez ortaya atılmıştı. Ancak Einstein'ın getirdiği açıklama bunlar içinde en basiti, aynı zamanda klasik fizikten en çok uzaklaşanıydı.

Özel Relativite'nin Devrimsel Sonuçları

Einstein teorisinin önemi, iki temel postuladan matematiksel olarak çıkarılan sonuçlarda kendini gösterir. Bu sonuçlar birtakım olguları aydınlığa çıkardıktan başka yeni bazı olguların gözlenmesine de yol açmıştır. Einstein, Lorentz dönüştürme (transformation) denklemlerini kullanarak teorisinin sonuçlarını ortaya koymuştur.⁽¹⁾ Biz bu sonuçları matematik denklemlere gitmeksizin kısaca belirtmekle yetineceğiz.

Teoriden ilk çıkan sonuçlardan biri şuydu: Bir gözlemciye ba-

(1) Lorentz, Einstein'dan önce aynı sorunla ilgilenen bir Hollandalı bilim adamı. Einstein, Lorentz'i onurlandırmak için kendi transformasyonlarını böyle adlandırmıştır.

ğıl olarak hareket eden cisimlerin hareket yönünden uzunlukları kısalmakta, fakat kütleleri artmaktadır. Örneğin bir topu ışık hızına yakın (yakın; çünkü teoriye göre ışık hızını aşmaya olanak yoktur) bir hızla uzaya attığımızı farz edelim, sistemin dışındaki bir gözlemci için top bir tepsi gibi yassılaşır ve kütlesi büyük ölçüde artar. Artış miktarı, topun gözlemciye bağlı olan hızına göre değişir. Top, hızı kesildiğinde, eski biçim ve kütlesine döner. Einstein'a göre hareketi ışık hızına yaklaşan bir cismin uzunluğu sıfıra, kütlesi sonsuza yaklaşır. Bu cismin hızı ışık hızına eriştiğinde büyüklüğü yok olur, kütlesi ise sonsuzlaşır. Böyle bir sonuç tasavvur edilemeyeceğinden, hiçbir şey ışık hızıyla hareket edemez, demektir. Daha doğrusu, kütle eyleme direnç demek olduğundan, kütlenin sonsuzlaşması eylemsizliğin sonsuzlaşması, yani hareketin olanaksızlığı demektir.

Daha az şaşırtıcı olmayan bir sonuç da *zaman*'ın bağlı olması. Örneğin, birbirinin aynı iki saatimizden birini son derece hızlı bir roketle uzaya fırlattığımızı düşünelim. Roketle giden saatin yerde kalan saate göre daha yavaş çalıştığı görülecektir. Şayet roket saniyede 160.000 mil hızla ilerliyorsa, yerdeki saatin yelkovanı iki tam dönüş yaptığında roketteki saatin yelkovanı ancak bir tam dönüş yapacaktır. Ancak rokette bulunan bir kimse için böyle bir yavaşlama söz konusu değildir; saat normal hızıyla çalışıyor görünecektir. Şu kadar ki, bu kimse dünyaya, geride bıraktığı ikiz kardeşinden biraz daha genç olarak döneceğini bilmelidir.

Einstein'ın matematiksel olarak çıkardığı bu sonuçlar deneysel olarak doğrulanmıştır. Örneğin, incelemeler radyoaktif bir madde olan radyum'dan saçılan parçacıkların değişik kütlelerde olduğunu ve bu değişikliğin hızdaki değişikliğe paralel gittiğini göstermiştir. Hızı daha fazla olan parçacıkların kütlesi, hızı daha az parçacıkların kütlesinden daha büyük. Oysa bu parçacıklar saçılmadan önce hep aynı kütleye sahiptirler.

Teorem'in en önemli (ve atom bombasının patlatılmasıyla en çok bilinen) bir sonucu da, madde ve enerjinin eşdeğerliğine ilişkindi. Buna göre maddeyi enerjiye, enerjiyi de maddeye dönüştürmek olanağı vardır. Örneğin, bir uranyum (veya herhangi

radioaktif bir madde) atomunu laboratuvarında ikiye ayıracak ol-
sak, meydana gelen iki parçanın başlangıçtaki atomdan daha ha-
fif çektiğini görürüz; ancak bu ayrılımda bir miktar enerjinin aç-
ığa çıktığı da gözden kaçmayacaktır. Kaybolan kütlenin (m), aç-
ığa çıkan enerjiye (E) denk olduğunu, Einstein'ın ünlü denklemi
(denklemden c ışık hızını simgelemektedir),

$$E = mc^2$$

göstermektedir. Işık hızı, yani c çok büyük olduğundan, çok
küçük bir kütleden bile çok büyük bir enerji elde etme olanağı
var demektir. Gerçekten de nükleer reaktörlerin (örneğin, atom
enerjisi ile çalışan denizaltı ve gemilere enerji sağlayan reaktör-
ler), atom bombalarının ve benzer araçların temelinde yatan il-
ke işte kütlenin enerjiye dönüştürülebileceği düşüncesini dile ge-
tiren bu basit denklemle ortaya konmuştur.

Einstein'ın, formülünün önemini bilim dünyasına tanıtması
da kolay olmamıştır. Formülü ilk kez ortaya atan makalesini
Annalen der Physik⁽¹⁾ dergisine götürdüğünde editöre, "İşte si-
ze," der, "sıradan makalelerden çok daha ilginç bir yazı. Bazı mi-
nerallerin kütlesinde hapsedilmiş enerjinin nasıl serbest bırakıla-
bileceği ile ilgili."

"Çok üzgünüm, Herr Einstein," diye yanıt verir editör. "Biraz
geç kaldınız. Bu sayı doldu, yazıları matbaaya gönderdik bile.
Bundan sonraki sayıyı bekleyeceksiniz."

"Ama ben bu yazının hemen basılması gereğini hissediyorum.
Dediğim gibi, kütle-enerji ilişkisini inceliyor ve ulaştığım
formül herhangi bir kütledeki enerji miktarını ölçme olanağını
veriyor."

Einstein'ın bu ısrarı karşısında editör biraz istihza ile:

"Öyle mi? Öyle mi?" der ve ekler: "İki ay beklemesinde fazla
bir zarar olmaz herhalde. Dünyayı yerinden oynatacak bir şey
değil ya!"

(1) Einstein'ın 1905'te ortaya attığı Özel Relativite teorisi, "Hareket Eden Cisimlerin Elektrodinamiği Üzerine" başlığı altında bu dergide yayımlanmıştır.

“Evet, tam öyle; dünyayı yerinden oynatacak bir şey,” diyerek ısrarını sürdürür Einstein. “Hemen bu sayıda yayımlamazsanız, kendim bastırır ve üniversitelere dağıtırım. Derginizde daha önce çıkmış olan makalelerim bundan daha az önemli olduğuna göre, siz müşkül duruma düşersiniz bundan.”

Editör ciddiyeti kavramıştı. “Peki, dediğiniz olsun, Herr Einstein; makalelerden birini çıkarıp sizinkini koyacağım.”

Makale çıkar, fakat Einstein’ın beklediğinin tam tersine dünya hemen yerinden oynamaz. $E = mc^2$ ’ın dünyayı yerinden oynatması 40 yıl sonra Hiroşima’da gerçekleşir ancak.

Özel Relativite’nin felsefe yönünden önemli bazı sonuçları da olmuştur. Bunlar arasında en önemlisi, hiç kuşkusuz, zaman ve uzay kavramlarını birleştirerek evreni 4-boyutlu “uzay-zaman” uzanımı saymasıdır.

Genel Relativite Teorisinin Doğuşu

Uzay, zaman, kütle ve enerji gibi kavramların önemli yer tuttuğu Özel Relativite teorisi, birbirine göre ya sabit hızla hareket eden ya da hiç hareket etmeyen nesne veya sistemleri incelemeye yönelikti. Genel Relativite teorisi ise birbirine göre hızlanan veya yavaşlayan (yani, ivmeli hareket eden) sistemleri inceleme konusu almıştır. Bu bakımdan birinci teoriyi ikincinin özel bir hali sayabiliriz: Gerçekten değişmez hızla hareket eden sistemleri sıfır ivmeli olarak düşünürsek, bu ilişki açıklanmış olur. Einstein düzgün hareket eden sistemlerin yasalarını bulmuştu; ancak, hareketi düzgün olmayan (ivmeli olan) sistemlerin yasalarını bulmadıkça teorisini tamamlanmış saymıyordu.

Özel Relativite fizikte belli bir ihtiyacı karşılıyordu: Bazı deney sonuçlarını açıklama ihtiyacı. Oysa, Genel Relativite için böyle açıkça duyulan bir ihtiyaçtan söz edilemez. Birincisinde hastalık belliydi, sadece tedavi formülü bilinmiyordu. İkinci teori, Einstein dışında kimsenin önemini yeterince kavrayamadığı gizli seyreden bir hastalığın tedavi formülü gibiydi. Nitekim ünlü bil-

gin Planck bile Einstein'a, "her şey artık o kadar açık ki, neden başka sorunla kafanı yoruyorsun?" demekten kendini alamamıştı. Fakat Einstein'ı on yıl uğraştıran bir sorun vardı; Newton'ın kütle ile ilgili iki kavramı (Yerçekimi Yasası'nda çekim nedeni olarak belirlenen kütle ile, hareketin birinci yasasında eylemsizliğin ölçüsü olarak yer alan kütle) arasındaki yetkin görünen uyumda bir "bityeniği" seziniyordu o.

Eylemsizlik yasasına göre, bir cismin hareketini değiştirmek için gerekli kuvvet o cismin kütlesine bağlıdır: Ağır bir cisim, hafif bir cisme göre daha fazla eylemsizlik taşıdığından onu harekete geçirmek veya yavaşlatmak daha güçtür. Oysa serbest düşme bu yasaya aykırı görünüyordu. Serbest düşmede, bilindiği gibi, bütün cisimler aynı ivmeyle düşer. Newton bu aykırılığı yerçekimi yasasıyla açıklamaya gitmiştir. Yerçekiminin büyüklüğü karşısında ağır ve hafif cisimlerin eylemsizlikleri önemli bir fark oluşturmadığından, tüm cisimler için düşme sabit bir ivme ile olmaktadır.

Bu açıklamayı biraz zorlanmış gören Einstein, iki kütle arasındaki farkın "uydurma" olabileceği kuşkusuna düşer. Tüm deney sonuçları ona, "yerçekimi"nden ileri gelen hareketle, "eylemsizlik"ten ileri gelen hareketin ayrılamayacağını gösteriyordu. Deneye dayanmayan bir farka bilimde yer olabilir miydi?

Klasik Mekanik'te ve Özel Relativite'de düzgün doğrusal hareket eden sistemlerin ayrıcalığı vardır. (Galileo'nun hareketin birinci yasası ve Einstein'ın birinci relativite ilkesi yalnızca bu tür devinen sistemler içindir.) Einstein, sistemler arasında ayrıcalık olmaması gerektiğine inanır. Sıkıntıyı önce Newton görmüş, ama düzeltememişti. Daha sonra Mach, klasik mekaniğin yeni bir temele oturtulması için önemli çalışmalar yapmıştır. (Mach'ın Einstein'ı etkilediği bilinmektedir.) Sistemler arasındaki ayrıcalıkları ancak şu genelleştirilmiş relativite ilkesi ortadan kaldırılabildi: Bütün referans sistemleri (hareketleri nasıl olursa olsun) doğa olaylarının betimlenmesi (genel doğa yasalarının formüle edilebilmesi) için eşdeğerdir. Klasik mekanikten ve deneylerden (Eötvös deneyi vb.) bir maddenin eylemsizlik kütlesi ile çekim

kütlesinin aynı olduğu bulunuyordu, ama buna bir yorum ya da gerekçe getirilemiyordu. Genelleştirilmiş relativite ilkesi iki kütlenin aynı olmasını gerektirir, böylelikle bu çok önemli ilişki şans eseri gibi olmaktan kurtulur. Bundan ayrıca çekim alanı ile ivmenin farklı olmadığını belirten “eşdeğerlik” ilkesi çıkar. Bir sistemde, bir parçacığın ivmeli gözlenmesi, başka bir sistemde o parçacığın çekim alanının etkisi altında ivmelendiği gibi yorumlanabilir.

Asansöre binmiş herkes bilir ki, araç çıkışı sırasında hızlandığında vücudumuz aşağı doğru ağırlık kazanır; tersine, inişi sırasında hızlandığında vücudumuz yukarı doğru çekilir. Araç serbest düşmedeki ivme ile indiğinde ağırlığımız kalmaz ve sabun köpüğü gibi havada yüzebiliriz. Şayet aracımız yerçekimi dışında kalan uzayda düzgün hareket eden bir roket ise, durumumuzda hiçbir değişiklik olmaz: Ne ileriye, ne geriye; ne yukarıya, ne aşağıya çekilmeyiz. Ancak roketimiz düzgün hareketini sürdürürken üstümüzden görmediğimiz bir gezegen geçecek olsa (aracımızı etkilemediğini kabul ederek) vücudumuzun yukarı, tavana doğru çekildiğini, gezegen aracımızın altından geçecek olsa vücudumuzun aşağı, döşemeye doğru çekildiğini göreceğiz. Tıpkı asansörün çıkışında ve inişinde hızlanmasıyla vücudumuzun aşağıya ve yukarıya çekildiğini görmemiz gibi.

Bu benzerlik akla şu soruyu getirmektedir: Aracımız içinde yukarı veya aşağı çekildiğimizi hissettiğimizde bunun hızın değişimi demek olan ivmeden mi, yoksa yakınından geçtiğimiz bir kütlenin çekiminden mi geldiğini anlayabilir miyiz? Cevap, hayır anlayamayız. Einstein, yerçekimi kuvveti ile ivme arasında gördüğü bu eşdeğerliği, “Eşdeğerlik İlkesi” adı altında şöyle ifade etmiştir: *Uzayın herhangi bir noktasında yerçekimi kuvveti ile ivmeli hareketin etkisi eşdeğer olup, birini öbüründen ayırmak olanaksızdır.*

Newton teorisi, düzgün doğrusal hareket eden sistemlere tanıdığı ayrıcalıktan başka bir güçlkle daha karşılaşır: Bu teoriye göre, evrenin yoğun bir merkezi olmalı ve merkezden uzaklaştıkça yoğunluk azalıp boşluğa dönüşmelidir. Ama evrende madde yo-

ğunluğu her bölgede ortalama olarak aynı değerde gözlenmektedir (Kozmolojik prensip). Ayrıca Newton teorisinin öngördüğü evrende, yıldızların yaydığı ışık bir daha dönmek ve boşlukta etkileşebileceği bir madde olmamak üzere yayılır. Sonlu miktarda madde içeren böyle bir evren ise, giderek enerjisini tüketip sönmeye mahkûm olacaktır. Genel relativiteden, kozmolojik prensibin de kullanılmasıyla evrenin sınırsız, ama sonlu olduğu sonucu da çıkar. Bu ise, enerjinin kaybolmadığı, evrenin başka bir kesiminde yoğunlaşabileceği sonucuna bizi götürür.

“Çekim Alanı” Kavramı

Einstein’ın 1916’da açıkladığı Genel Relativite teorisi işte bu eşdeğerlik ilkesi üzerine kurulmuştur. Bu teori daha önce ayrı sayılan yerçekimi kuvveti ile eylemsizlik etkisini “çekim alanı” denilen bir tek kavram altında birleştirir. Einstein’ın bu noktada, Maxwell’in, elektrik ve manyetik kuvvetlerin “elektromanyetik alanı” kavramı altında birleştirmesinden esinlendiği söylenebilir. Alan kavramı ile, manyetik kuvvetin uzakta bulunan bir nesneyi uzanarak etkilediği düşüncesi terk edilmiş, yerine çekimin nesneyi çevreleyen uzayın bir özelliği olduğu düşüncesi geçmişti. Aynı şekilde Einstein da, “çekim alanı” kavramı ile, eylemsizlik ve yerçekimi etkilerini, etkilenen cisimleri çevreleyen uzayın yapısal özellikleri olarak açıklama yoluna gitmiştir. Newton fiziğinde yerçekimi, cisimleri uzaktan etkileyen bir *kuvvet* ya da sonsuz hızla yayılan bir etkidir. Genel Relativite’ye göre ise, çekim (= gravitasyon) evrende dağılmış olan kütleleri çevreleyen uzayın geometrik yapısının bir özelliğidir. Büyük bir kütlenin (örneğin, bir gezegen veya yıldızın) bulunduğu her yerde uzayın yapısı düzlüğünü kaybeder ve bir çekim alanı meydana gelir.

Uzayda ışık (ya da kendi eylemsizliği ve çekim alanından başka bir etki altında olmayan maddesel bir parçacık) en kısa yolu izleyerek ilerler. Kütlelerin etkilemediği boşlukta bu yol doğrusaldır. Kütlelerin yarattığı çekim alanları kavisli olduğundan bu alanlardan geçen ışınların da kavisli olması beklenir. Nitekim

Einstein'ın, Güneş çekim alanından geçen yıldız ışınlarının doğrultularından belli bir ölçüde sapacakları öndeyişi, sonradan gözlemsel olarak doğrulanmıştır. Güneş çevresinde dolaşan gezegenler de doğrusal bir yol değil, eğri bir yol izlemektedirler. Çünkü içinde bulundukları çekim alanının yapısı eğridir. Böyle bir alanda, tıpkı küresel bir cismin yüzeyinde olduğu gibi, iki nokta arasındaki en kısa yol bir doğru değil, doğrunun eğrisel uzay-zamana genelleştirilmesi demek olan "jeodezik" denen bir eğridir. Gene böyle bir alanda ne bir üçgenin iç açılarının toplamı iki dik açiya eşittir; ne de bir çizgiye dışındaki bir noktadan bir paralel çizgi çizmek olanağı vardır. Başka bir deyişle, çekim alanları Öklidçi geometrinin özelliklerini taşımamaktadır. Bu nedendir ki, Einstein teorisini kurarken Öklidçi olmayan bir geometri aramış ve istediğini Riemann geometrisinde bulmuştur.

Newton'ın Yerçekimi teorisini temelinden sarsan Genel Relativite canalcı nitelikte üç gözlemle doğrulanmıştır. Bunlardan ilki Newton teorisinin açıklamada yetersiz kaldığı bir gözlemdi: Merkür gezegeninin periheli (yörünge elipsi üzerinde Güneş'e en yakın nokta)'sinin kayması. Astronomlar bu kaymayı Volkan dedikleri bilinmeyen bir gezegenin etkisine bağlamak istemişlerse de, böyle bir gezegenin varlığı saptanamadığından, önerilen açıklama geçersiz kalmıştır. Genel Relativite bu kaymanın her yüzyıl için 43 açı saniyesi kadar olduğunu içeriyordu. Bu rakam ölçme ile ulaşılan değere çok yakındı.

Teoriyi doğrulayan bir başka test de şuydu: Teoriye göre çekim alanı hareket gibi zamanı da etkileyici niteliktedir. Güneş üzerinde bulunan bir saat yeryüzünde olduğundan daha ağır işler. Güneş atomlarının saçtığı ışığın frekansı dünyadaki eş atomların ışığının frekansından birazcık düşüktür ve spektral çizgilerin, spektrum'un kırmızı ucuna doğru kayması beklenir. Güneş'te gözlenemeyecek kadar küçük olan bu etki, Sırius'a eşlik eden ve son derece yoğun beyaz cüceye ait ışığın spektrumunda saptanmıştır.

Çekim alanından geçen ışınların doğrultularından sapacağına değgin öndeyi (prediksiyon)'nin olgusal olarak doğrulanma-

sı Genel Relativite'ye olan inancın güçlenmesinde en önemli rolü oynamıştır. Teorinin açıklanmasından üç yıl sonra, bir grup bilim adamının Güneş'in tam tutulmasından yararlanarak yaptıkları son derece duyarlı ölçmeler sapmanın, teorinin haber verdiği ölçüye yakın var olduğunu ortaya koymuştur. İngiliz Kraliyet Bilimler Akademisi'nin bu sonucu açıklaması üzerine, Einstein bir anda tüm insanlığın gözünde tarihin sayılı bilginlerinden biri olarak yükselir.

Özel Relativite'den daha kapsamlı ve bilimsel yönden daha önemli olan Genel Relativite garip görünen bazı sonuçlar da getirmiştir. Örneğin, teoriye göre, evren büyüklük itibariyle sonlu, fakat sınırsızdır. Gene teori, evrenin giderek ya büyümekte ya da küçülmekte olduğu gereğini içermektedir ki, uzak nebülözler üzerindeki gözlemler büyümekte olduğunu göstermektedir.

Relativite'ye ilişkin verdiğimiz açıklamaları küçük bir öyküyle noktalayalım: Einstein'ın peşini bırakmayan gazetecilerin değişmez isteklerinden biri Relativite teorisini birkaç cümleyle açıklamasıydı. Bir keresinde büyük bilim adamı, "Peki" der, "diyeceklerimi fazla ciddiye almaz, bir tür şaka sayarsanız, açıklamaya çalışayım. Relativite öncesi yerleşik görüşe göre, evrendeki maddesel nesnelerin tümünü yok etseniz bile zaman ve uzay var olmaya devam ederdi. Oysa Relativite teorisine göre, yok edilen nesnelerle birlikte zaman ve uzay da yok olur."

2. KUANTUM TEORİSİ VE ATOM FİZİĞİNİN DOĞUŞU

Planck'ın Başarısı

Doğa olgularını mekanik modellere oturtarak değil, soyut matematiksel ilişkilere indirgeyerek açıklama yoluna giden ikinci belki de daha önemli bilimsel devrim Max Planck'ın başlattığı Kuantum Teorisi ile gerçekleşmiştir.

19. yüzyılın sonlarında ısıtılarak kızıl-kor hale gelmiş bir metalin çıkardığı ısı ve ışık radyasyonunun niteliği pek çok fizikçi-

nin ilgisini çeken bir problem oluşturunuyordu. Özellikle radyasyonu yalnız sıcaklık faktörüne dayanan “kara cisim”⁽¹⁾ denilen aydınlatma standardı, ideal bir durum ortaya koyduğundan, çalışmalar daha çok bu tür radyasyon üzerinde toplanmıştı. Bilindiği gibi, ateşte kızdırılan bir maşadan, önce spektrumun kızıl-altı kesimine düşen uzun dalgalı radyasyon çıkar. Sıcaklığın artmasıyla, giderek daha kısa dalgalı radyasyonlar çıkmaya başlar. Bu süreçte maşa önce kırmızı, sonra turuncu, daha sonra sarı, en sonunda diğer renklerin eklenmesiyle beyaz görünür. Sıcaklığın daha da artmasıyla radyasyon spektrumun mor-ötesi kesimine göre gözle görülemeyecek kadar kısa dalgalara dönüşür.

Kara cisim (veya herhangi bir metal) spektrumu enerjinin farklı dalga uzunlukları arasında nasıl dağıldığını göstermektedir. Planck çalışmaya başladığında bu enerji dağılımı ölçülebilmekteydi; problem ölçme sonuçlarının beklenene uymamasından doğuyordu. Radyasyon enerjisi sürekli bir akış biçiminde kabul edildiğinden, spektrumun kısa dalga (yüksek frekans) kesiminin alabildiğine geniş olması, hatta sınırsız uzaması gerekirdi. Başka bir deyişle, dalga uzunluğunun giderek kısalmasıyla, enerjinin sonsuza doğru artması söz konusuydu. Fizikçiler bunu, “mor-ötesi katastrof” diye niteliyorlardı. Ne var ki, deney hiçbir maddenin, ne denli kızdırılırsa kızdırılsın, sonsuz enerji vermediğini gösteriyordu. Üstelik çıkan enerjinin büyük bir bölümünün orta dalga uzunlukta olduğu görülüyordu. Çözüm basitti: Mor-öteki katastrof beklentisine yol açan, ayrıca gözlemlere yeterince uymayan radyasyon enerjisinin sürekliliği varsayımından vazgeçmek. Ancak bize şimdi açık ve basit görünen bu çözüm o sırada akıldan geçirilemeyecek kadar ters ve anlamsızdı. Doğanın sürekliliği, bir hipotez ya da varsayım değil, kuşku götürmez bir gerçek sayılıyordu. Aslında problemi çözmekle büyük bir devrime yol açan Planck bile klasik fiziği reddetmiş değildi. Durum

(1) Üstüne düşen tüm ısı ışınını soğurabilecek yüzeyi olan cisim. Bir kara cisim ısı dengesinden dolayı soğurduğu spektrumda ışıını da yapar. Işıını yalnızca sıcaklığa bağlı olup kara cismin yapısı, biçimi gibi özellikleriyle ilgili değildir.

gerçekten paradoksaldı. Planck çözümü getiren formülü ortaya attığında, bunun inandığı fiziği temelinden sarsıcı olabileceğini aklından geçirmemişti. Çözümüne, ölçme sonuçlarını ve bu sonuçlar arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak dile getiren masum bir formül gözüyle bakıyordu. Kaldı ki, anlamını iyice kavramadığı formülünü açıklığa kavuşturmak için kullandığı matematiksel işlemi doğru uyguladığı da söylenemez. Ancak, formülün, kara cisim radyasyon problemine doğru bir çözüm getirdiğinden emindi. Çok geçmeden, bir tür deneme-ve-yanılma yoluyla ulaştığı denklemin temel varsayımları nasıl alt-üst ettiğini gördüğünde kendisi de şaşıracaktı.

Planck, problemin çözümünü ararken Boltzmann'ın istatistiksel metodundan yararlanma yoluna gider. Bir durumun olasılık derecesini belirlemeye yarayan bu yöntem, uygulandığı konunun sayılabilir olmasını gerektirir. Enerjiye uygulanması da enerjinin birtakım kesinti veya bölümlerden ibaret olduğunu varsaymakla ancak mümkün olabilirdi. Nitekim bu noktayı gören Boltzmann ve onu izleyenler enerjinin böyle bölünmesini elverişli, ama geçici bir hesaplama tekniği saymışlar, sonunda başka bir teknik aracılığıyla enerjiyi sürekli kılan duruma dönülebileceğinden söz etmişlerdi. Mor-ötesi katastrof beklentisine düşmekten sakınma yolunu arayan Planck, son adımda, belki de bilmeyerek, enerji bölümlerini birleştirmeden bırakır ve tam bu noktada formülünde dile getirdiği ilişki gözleri önünde belirerek amacına ulaşır. Çünkü, kesik veya bölümler biçiminde ele alınan enerji sonsuza dek bölünemez, bu da radyasyon enerjisinin sürekli veya miktar olarak sonsuz olmadığı demektir. Kaldı ki, bölümlerin eşit olmadığı düşünülürse, enerji dağılımını çoğu kısa dalgalara gitmeyecek şekilde düzenlemek mümkündür.

İşte Planck bu yoldan giderek Kuantum Teorisinin temel taşı olan basit formülüne ulaşır:

$$E = hf$$

(Formülde, E enerji, f radyasyon frekansı demektir; h ise sabit bir sayıyı, C.G.S. sisteminde 0.000 000 000 000 000 000

000 0066, veya kısaca $6,6 \times 10^{-27}$ birim erg-saniye olarak temsil etmektedir.)

Formül Planck'ın "kuantum" dediği bir enerji parçacığıyla bir dalga frekansı arasındaki ilişkiyi dile getirmektedir. Buna göre, bir kuantum enerjisini bulmak için dalga frekansını Planck sabiti ile çarpmak gerekir. Öte yandan, herhangi bir radyasyonda ve-rilen enerji miktarı dalga frekansına bölündüğünde sonucun da-ima h 'ye, yani Planck sabitine, eşit olduğu görülür. (Işık hızı gibi Planck sabiti de doğanın temel değişmezlerinden biri olarak ka-bul edilmektedir.)

Planck'ın buluşu, ışığın dalga teorisine doğrudan bir tehlike teşkil etmiyordu belki, fakat enerjinin sürekliliği fikrini temelden sarsıyordu. Kara-cisim radyasyonunda enerjinin kesik kesik veya sıçrayarak (bu sıçramalar h ile temsil edildiğine göre, son derece küçük olmalı) değiştiğini kabul etmek gereği çıkmıştı ortaya çün-kü. Eski Latin özdeyişi, "Natura non facit saltus" (Doğa asla sıç-ramaz), böylece yanlış çıkmış, klasik fiziğin dayalı olduğu sütun-lardan belki de en önemlisi, doğanın sürekliliği varsayımı, çök-müş oluyordu.

Ünlü fizikçi Max Born, Planck için şöyle diyordu: "Yaradılıştan tutucu bir kafa yapısına sahipti; devrimsel hiçbir istek ve eğilimi olmadığı gibi, spekülasyondan da hoşlanmazdı. Ne var ki, olgula-rın mantıksal sonuçlarına öyle saygılıydı ki, fiziği temelinden sar-san en devrimci fikri ileri sürmekten kendini alamadı."

Foto-Elektrik Etki

Radyasyon enerjisini sürekli bir akış değil, "kuanta" denen taneciklerden ibaret sayan Planck teorisinin devrimci niteliği, Einstein'ın 1905'te ışık üzerindeki çalışmasıyla su yüzüne çıkar.⁽¹⁾ Başlangıçta her türlü radyasyonun (ısı, ışık, elektromanyetik, vb.)

(1) 1905'te 26 yaşında olan Einstein, her biri kendi başına bir dönüm noktası oluşturan üç teoriyi birden ortaya atar: Özel Relativite teorisi, Foto-elektrik Etki teorisi ve Brown-Hareketi teorisi.

kuanta biçiminde verilip alındığı görüşünde olan Planck, daha sonra ışık radyasyonun sadece verildiğinde (veya saçıldığında) bu biçimde olduğunu ileri sürmekle yetinir. Böylece, ışığın dalgasal nitelikte olduğunu gösteren girişim ve kırınım gibi olguları açıklamaya olanağı korunmuş oluyordu.

Einstein, bir uzlaşma olan bu yolu tutmaz; tam tersine, ışık radyasyonun hem verildiğinde, hem de alındığında kuantal biçiminde olduğu görüşünü savunur. Bu görüş ona “foto-elektrik etki” denen, fizikçilerin açıklayamadıkları şaşırtıcı bir olayı açıklamaya olanağı verir. Deneyler, belli madensel levhalar üzerine düşen ışığın levhadan bol miktarda elektronun çıkmasına yol açtığını göstermişti. Özellikle Lenard adlı fizikçinin incelediği bir sonuç son derece ilginçti: Işığın etkisiyle çıkan elektronların hızı ile ışığın şiddeti arasında hiçbir ilişki yoktu. Gerçi levha üzerine düşen ışığın şiddeti yüksek olduğunda çıkan elektron sayısı daha fazladır; fakat bu elektronların hızı, ışığın şiddeti ister yüksek, ister düşük olsun, daima aynı kalmaktadır. Buna karşılık, ışığın frekansı ile elektronların hızı arasında bir ilişki vardır: Yüksek frekanslı ışık (örneğin, mor ışık) elektronların daha hızlı, alçak frekanslı ışık (örneğin, kırmızı ışık) elektronların daha yavaş olmasına yol açmakta. Işık kaynağı levhadan uzaklaştırılır, az ışık verecek şekilde karartılırsa, çıkan elektron sayısı azalır, fakat hızları değişmez. Einstein’a göre bu sonuç ancak ışığın parçacık veya enerji taneciklerinden meydana geldiği varsayımına gidilirse açıklanabilirdi. Onun “foton” dediği bu taneciklerden biri levhadaki elektronlardan birine çarptığında meydana gelen harekete benzetebiliriz. Einstein, çıkan elektronların hızı ile ışığın frekansı arasındaki ilişkiyi, fotonların enerji yükü ile açıklamıştır. Dalga uzunluğu kısa, dolayısıyla frekansı yüksek ışık fotonları, daha büyük enerji yükü taşıdıklarından, çarptıkları elektronları daha hızlı harekete geçirmektedirler. Einstein’ın “foto-elektrik yasası” diye ifade ettiği bu ilişki 10 yıl sonra fizik bilgini Millikan tarafından deneysel olarak doğrulanır ve Einstein Nobel Ödülü’nü, aradan 16 yıl geçtikten sonra, 1921’de, bu buluşundan dolayı kazanır.

Kuantum Teorisinde Gelişmeler

Einstein'ın foto-elektrik teorisi ile birlikte fizikçiler yeniden bir çıkmazda kendilerini buldular: Işığın dalga teorisine başvurmaksızın girişim ve kırınım gibi olguları açıklamaya olanak yoktu. Öte yandan kara cisim radyasyonu ve foto-elektrik etki gibi olguların açıklanması da parçacık veya kuantum teorisini gerektiriyordu.

Ancak 1913'ten başlayarak kuantum teorisinin giderek büyüyen bir ağırlık kazandığını, radyasyon olayı ötesinde teorik fiziğin daha birçok sorunlarını kapsamına aldığını görmekteyiz. Teorinin hızlı bir gelişme temposuna girmesi Danimarkalı bilim adamı Niels Bohr'un çalışmasıyla başlar.

Bohr, 1913'te kuantum teorisini Lord Rutherford'un atomla ilgili çekirdek (nuclear) teorisine uygular. Rutherford'a göre, atom Güneş sistemine benzer bir yapıdaydı: Ortada pozitif elektrik yüklü son derece yoğun bir çekirdek (proton) ve etrafında dönen negatif elektrik yüklü elektronlar. Bohr'u asıl ilgilendiren konu böyle bir atomun ışığı nasıl saçabildiği idi.

Bilindiği gibi, en hafif atom, proton çevresinde tek bir elektronun döndüğü hidrojen atomudur. Kütlesi elektronunkinden 1840 kez daha büyük olan protonun pozitif elektrik yükü, elektronun negatif elektrik yüküne denktir. Klasik fizik yasalarına göre, böyle bir atomun dengesini koruması olanaksızdır: Çünkü elektron, dalga uzunluğu giderek azalan dalgalar çıkararak protona doğru helezon çizer.

Bohr'un yaklaşımı bu sakıncayı giderir. Aslında o, kuramsal bir açıklama getirmeksizin, hidrojen atomundaki elektronun yalnız yarıçapı belli yörüngelerde döndüğünü ve yörüngedeyken radyasyon yapmadığını ileri sürer. Radyasyon, ancak elektron bir yörüngeden başka bir yörüngeye sıçradığında olur. Bu radyasyon bir kuantum (hf) olup, frekansı sıçramanın yer aldığı yörüngelere göre değişir. Bohr'un matematiksel olarak geliştirdiği bu açıklama, hidrojen atomunun çıkardığı ışığın dalga uzunluklarına ait değerleri şaşılacak bir doğrulukla önceden kestirmeye olanak verdikten başka, o zamana dek gözlenmemiş başka birtakım radyas-

yonların (hem mor-ötesi, hem kızıl-altı kesimlerde) deneysel olarak bulunmasına da yol açıyordu.

Bohr teorisinin yarattığı heyecanı, Einstein'ın o zamanki tepkisi yeterince canlandırmaktadır. Rutherford'a yazılan bir mektupta, bu tepki şöyle kaydedilmiştir: "Einstein'ın kocaman gözleri daha da büyüdü ve bana, 'Demek ki büyük bir buluşla karşı karşıyayız,' dedi."

Bohr, teorisini, atomsal yapısı hidrojenden daha karmaşık olan elementlere genelleyerek oldukça başarılı sonuçlar alır. Bununla birlikte, çekirdek çevresinde dönen elektronların sayısı iki ve daha fazla olduğunda, içinden çıkılmaz matematiksel zorluklar ortaya çıkmıştır. Örneğin, basit spektrumlu, fakat on bir elektronu olan sodyum atomu gerçekten güç bir problem oluştuyordu. Bu durumda Bohr, ışık radyasyonundan yalnızca en dıştaki elektronu sorumlu tutarak güçlüğü yenmek yoluna gider. Geriye kalan on elektron, ona göre, tam oluşmuş iki iç halkayı meydana getirmekteydi.

Tüm başarısına karşın Bohr teorisi (buna "Rutherford-Bohr Modeli" de denmektedir) her yönden yeterli olmaktan uzak kalmıştır. 1925'te Alman bilim adamı Heisenberg, atom modeli düşüncesini bir yana iterek yalnız, spektral frekans ve şiddet gibi gözlenebilir değişkenler üzerine kurduğu "kuantum mekaniği" denen teoriyi geliştirir. Son derece karmaşık olan bu teori, matematikçilerin cebirsel denklemler teorisinde işleyiş kurallarını belirledikleri matris denen sayısal tablolara dayanıyordu. Ancak teoriden çıkan sonuçlar, Rutherford-Bohr modelinin verdiği sonuçlara göre, deney verilerine daha iyi uyuyordu.

Heisenberg, Bohr'un 1920'de kurduğu Kopenhag Teorik Fizik Enstitüsü'nde çalışanlar arasındaydı. Bu enstitü, Heisenberg, Pauli, Landau, Gamov, Max Born, Dirac ve Jordan gibi seçkin fizik bilginlerinin toplandığı ve kuantum teorisi alanında öncü çalışmaları ile ün yapan bir merkezdi.

Kopenhag okulunun en büyük başarısı Planck'la başlayan kuantum teorisi ile kökleri çok daha gerilere giden dalga teorisini "Dalga mekaniği" adı altında uzlaştırabilmesi olmuştur. Bu geliş-

me Fransız de Broglie ile Avusturyalı Schrödinger'in çalışmaları-na dayanır.

Radyasyonun hem dalga hem parçacık niteliği taşıması da, Broglie'ye göre bir çelişki değildir. 1924'te ortaya attığı teori gereğince, elektronların ve genel olarak her türlü madde parçacıklarının hareketi dalgasaldı. İlk bakışta saçma görünen bu görüş çok geçmeden, elektron ışınlarında ışıktaki olduğu gibi, kırınım biçimlerinin saptanmasıyla deneysel geçerlik kazanır.

1926'da Schrödinger'in, elektronların dalgasal olduğu görüşünü hidrojen atomuna uygulayarak ulaştığı bir denklem, dalga mekaniğinin temeltaşı olur. Schrödinger, bir elektron yörüngesinde bulunan elektron dalga uzunluklarının kesire yer vermeksizin tamsayılarla ifade edilebileceğini göstermekle Bohr teorisinde karanlık kalan bazı noktaları aydınlatır; aynı zamanda, kendi dalga mekaniği ile Heisenberg'in geliştirdiği kuantum mekaniğinin eşdeğer olduğunu gösterir. Oysa, hiç değilse görünüşte iki teorisinin yaklaşımı birbirinden tümüyle farklıydı.

Schrödinger, matematiksel teorisini fiziksel olarak şöyle yorumluyordu: Hidrojen atomu, donuk bir pencere camından baktığımızda uzak bir lambda çevresinde gördüğümüz halelere benzer. Dönen elektronlara ilişkin dalgaların atom çekirdeği etrafında meydana getirdiği kırınım halesi, negatif elektrik yüklü küresel halkalardan ibarettir. Bunların yoğunluğu, dalgalarda görüldüğü üzere, çekirdekten dışa doğru değişmektedir. Schrödinger, madde ve radyasyona ilişkin dalga ve parçacık ikileminden, kuantum veya parçacıkları birer "dalga paketi" saymakla kurtulunabileceğini umuyordu. Onun "dalga paketi" dediği şey küçük bir yerde şiddetli bir yoğunlaşma ile toplanmış dalgalardı. Böylece o, hidrojen atomundan çıkan radyasyonu, elektron sıçramasından söz etmeksizin, klasik dalga teorisıyla açıklayabileceği inancındaydı.

Bu teori iki elektronlu bir atoma uygulandığında, elektron dalgalarının 6-boyutlu bir uzayda olmasını, n sayısında elektronlu atomlara uygulandığında uzayın $3n$ -boyutlu olmasını gerektiriyordu. Bu demekti ki, elektron dalgaları bildiğimiz uzaydaki dalgalardan çok farklı şeylerdir. Niels Bohr'un çalışma arkadaşla-

rından Max Born'un, bu dalgaların, elektronun varlık olasılığını temsil ettiğini ileri sürmesiyle kuantum teorisinde önemli bir gelişme dönemi daha başlar.

Schrödinger'in atomundaki halkaların görünen yoğunluğu, bir elektrik yükü yoğunluğu değil, fakat elektronun orada, Bohr'un yörüngelerinden birinde, var olduğu olasılığıdır. Aynı şekilde bir ışık ışını, dağılım olasılığı dalgalarca temsil edilen bir kuantum sürüsü sayılabilir.

Kuantum teorisinin kesinlikler değil, ancak olasılıklar düzeyinde yürüdüğü Heisenberg'in ünlü Belirsizlik İlkesi'yle tam bir açıklık kazanmıştır. Bu ilkeye göre, elektron gibi küçük bir parçacığın konum ve hızını birlikte saptamak olanaksızdır. Bu olanaksızlık ilkede olup deney tekniğindeki yetersizlikle ilgili değildir. Heisenberg bu tezini, gözlem araçlarının gözlenen nesne veya olgu üzerindeki bozucu etkisine işaret ederek açıklığa kavuşturmaya çalışır. Elektronu gözlemek için radyasyon kullanma gereği vardır. Elektronun yerini saptamak istiyorsak dalga uzunluğu kısa radyasyon kullanmak zorundayız. Bu demektir ki, kullanacağımız radyasyonun, frekansı (f) çok yüksek, kuantum enerjisi (hf) büyük olacaktır. Oysa böyle bir kuantum eletrona çarpar çarpmaz onun hızını değiştirir. Öte yandan, uzun dalgalı radyasyon kullanılacak olsa (ki bunun kuantum enerjisi küçüktür) elektronun hızı değişmemekle birlikte yerini tam saptama olanağı kaybolmaktadır. Görülüyor ki, elektronun bulunduğu yeri tam saptama hızını belirsizleştirmeye, hızını tam saptama yerini belirleyememeye yol açmaktadır.

Belirsizlik ilkesini matematiksel olarak şöyle ifade edebiliriz:

$$\Delta x \Delta v = h/m$$

(denklemden Δx ve Δv , m kütleinde bir parçacığın yer ve hızının belirsizliğini göstermektedir.) İkisinin çarpımı, elementer kuantum etkisi, h , ile orantılıdır. h nin değeri sıfır olsaydı belirsizlik diye bir şey olmayacaktı. Gerçekten, h nin sıfır olması halinde dalga mekaniği denklemlerini klasik mekaniğin denklemlerine

dönüştürmek mümkündür. Böylece belirsizliğin kökeni Planck sabitinde yatmaktadır. Nitekim belirsizlik ilkesi, hareket halindeki bir parçacığın yer ve hızı ile ilgili herhangi bir ölçümün, en az Planck sabiti ($h = 6,6 \times 10^{-27}$) kadar bir belirsizlikle sonuçlanma zorunluğunu içerir. Atom-altı düzeyde h önemli bir sayıdır; makro düzeydeki büyüklükler, örneğin cisimlerin kütleleri, bu değere göre çok büyük olduğundan, belirsizlik son derece azalmakta, dolayısıyla determinist nedensellik geçerlik kazanmaktadır. Ancak bundan makro düzeydeki ilişkilerin mikro düzeydeki ilişkilerin bir limiti olduğu, başka bir deyişle, determinist görünen klasik fiziğin aslında probabilist olan atom-altı fiziğin özel bir hali olduğu sonucuna gidilebilir.

Bilindiği gibi klasik mekanikte, bir sistemdeki nesnelerin bir andaki yer ve hızlarını bilmemiz, daha sonraki durumlarını kestirmemiz için yeterlidir. Daha önce de değinmiştik: Laplace, üstün bir zekâ için, evrendeki tüm nesnelerin şu andaki konumlarıyla hızlarının bilinmesi koşuluyla, gelecekte veya geçmişte herhangi bir andaki durumlarını tam kestirmenin olanak dışı olmadığını ileri sürmüştü. Oysa Belirsizlik İlkesi'ne göre, bu tür bir bilgi atom-altı olgular yönünden olanaksızdır. Olanak içinde olan yalnızca olguların olasılığını hesaplamaktır.

Atom-altı olguları önceden kestirmedeki belirsizlik bu olguların parçacık ve dalga niteliklerindeki ikilemle de ilgilidir. Bir elektron, yeri kesinse bize parçacık, kesin değilse bize dalga olarak görünecektir. Bu nedenle, Bohr, parçacık ve dalga kavramlarını birbirini tamamlayan vazgeçilmez iki kavram saymıştır; şu kadar ki, birini kullandığımızda öbürünü unutmuş olalım. Örneğin, bir elektronu parçacık olarak gözlemek için kullandığımız deneysel aracın onu dalga olarak gözlememizi olanaksız kılmasını gerektirmektedir. Tersine, dalga olarak gözlememiz için aracımızın onu parçacık olarak göstermesi olanak dışı olmalıdır.

Bohr'un bütүнleştirici (complementary) ilkesi, elektron gibi bir nesneyi betimlemede tek bir kavramın yetersizliğini içermektedir. Elektron bazen parçacık, bazen dalga niteliğindedir; daha doğrusu belki de her ikisidir. Aslında bilinen şey, yorumları be-

lirsiz birtakım denklemlerden ibarettir. Bu yüzdendir ki, dünyamızda olup bitenleri parçacıkların veya dalgaların hareketine indirgemekten söz edilebileceği gibi, ikisini birden kapsayan “dalçacık”lardan da söz edilebilir.⁽¹⁾ Bir tek elektronun özellikleri zaten bilim adamını ilgilendirmemektedir. Onun için önemli olan elektronların yığın içindeki davranışdır. Bu ise istatistiğin sağladığı yöntemlerle kesine yakın bir doğrulukla incelenebileceğine göre, ortada fazla bir sorun yok demektir.

Kuantum fiziğinde son girişimlerden biri, 1928-1930’da İngiliz bilim adamı Paul Dirac’tan gelmiştir. Dirac’ın amacı, çeşitli teorileri birleştirmektir; öyle ki, Heisenberg’in matris mekaniği ile Schrödinger’in dalga mekaniği daha genel bir çerçevede birer özel hal olarak yer alsın. Bu amaçla geliştirdiği matematiksel teori son derece soyut ve karmaşıktı ve doğanın temel süreçlerinin uzay ve zamanda yer alan olgular gibi betimlenemeyeceği görüşüne dayanıyordu. Ona göre doğrudan gözleme açık olmayan temel süreçlerin anlaşılması ancak inceleme sürecinde biçim değişikliğine uğrayarak yüzeye çıkmalarıyla mümkündür.

Schrödinger modelinde, çekirdek etrafında üç boyutlu uzaydaki elektronların dağılımı göz önünde tutularak, atomun yapısını tanımlayan dört kantiteden üçü belirtilmiş, zaman boyutunu temsil eden dördüncü kantiteye yer verilmemiştir. Bu nedenle Schrödinger modeli relativist nitelikte bir model değildir. Dirac’ın geliştirdiği model ise relativist nitelikte olup, elektron “spin”ini kapsayan dördüncü kuantum sayısını da içermektedir. Dirac, teorisine dayanarak, kütlesi elektron kütlesine denk, fakat elektrik yükü pozitif olan bir parçacığın var olduğunu ileri sürer. “Pozitron” adı verilen bu parçacık daha sonra deneysel olarak bulunmuştur. Buna karşın Dirac’ın relativist nitelikteki dalga mekaniğinin, çok güç ve karmaşık olması nedeniyle, birleştirmeyi öngördüğü teoriler ölçüsünde uygulama olanağı bulduğu henüz söylenemez.

(1) “Dalçacık”, “dalga” ile “parçacık” kelimelerinden, ilk ve son heceler birleştirilerek yapılmıştır.

Şurası açıktır ki, kuantum fiziğinde son söz henüz söylenmiş değildir. Tüm çaba ve girişimlere karşın kuantum teorisinin eksik veya yetersiz kalmaktan kurtulamadığı anlaşılmaktadır.⁽¹⁾ Özellikle, daha yüksek enerji ile deneyler yapan günümüz fizikçilerinin bu yetersizliği görmezlikten gelmelerine olanak kalmamıştır. Gerçekten son derece yüksek enerji koşulları altında, atomu niteleyen özelliklerin kaybolduğu görülmektedir. Günümüzün dev hızlandırıcıları (akseleratörleri)'nda yüksek enerjili atom-altı parçacıklarla çekirdek bombalandığında birtakım yeni ve bilinmeyen parçacıklar ortaya çıkmaktadır. Bunların yol açtığı sorunları çözümlemede eldeki teorinin kimi kez yetersiz kaldığı bilinmektedir. Her şey yeni bir teoriye olan ihtiyacı göstermektedir. İhtiyaç, teorinin daha kapsamlı olmasından çok, getireceği görüşün değişik olmasında kendini duyurmaktadır. Böyle bir görüş ortaya çıktığında belki de "kuanta" kavramı, parçacık-dalga ayrımı, belirsizlik ilkesi ve Kopenhag yorumu geçerliklerini yitirecek, yerlerine, ya günlük düşünme ve yaşantımıza daha yakın ya da büsbütün uzak kavramlar geçecektir. Şimdilik kesin olan bugünkü durumun sürüp gitmeyeceği, er geç daha temel ve güçlü bir teorisinin ortaya çıkacağıdır.

Öyle de olsa, sözü kuantum teorisine yönelik bir övgü ile bitirelim:

Kuantum teorisinin 1900-1927 yılları arasındaki doğuşu, hiç kuşkusuz, bilim tarihinde önde gelen gelişmelerden, belki de insanlığın en büyük entelektüel atılımlarından biridir. 17.

(1) 1930'larda John von Neuman ve diğer bazı ünlü fizikçiler için bu tür kuşku-lara yer yoktu. Onlara göre, kuantum mekaniği ampirik gözlemler arasında matematiksel ilişkiler kurarak bilimi, metafizik varsayımlardan ve bilim dışı kavramlardan arındırmış, sağlam bir temele oturtmuştur. Bunlar daha da ileri giderek kuantum teorisini fizikte kesin, kalıcı, son söz saymışlar; bunu da teo-rinin temel aksiyomu olan Heisenberg'in belirsizlik ilkesinin, bilimi gözlemin son sınırına getirdiği iddiasına bağlamışlardır. Seçkin bilim adamları arasında Einstein neredeyse tek başına bu aşırı iddiaları kuşkuyla karşılamış, bu yüzden de yaşamının son döneminde genç kuşak fizikçilerin "eski kafalı" diye küçüm-sedikleri biri olmuştur.

yüzyıl mekaniği yersel ve göksel cisimlerin hareketlerini anlamamanın temelini kurmuştu. 19. yüzyılda elektro-dinamiğin gelişmesi ise, ışık, elektrik ve manyetik olguların belli bir ilişkiler kümesi çerçevesinde açıklanmasına olanak sağladı. Son biçimini yüzyılımızın ilk otuz yıllık döneminde alan kuantum teorisine gelince, devrimsel nitelikte olan bu gelişmeyle, atom düzeyindeki tüm olguları kapsayan basit doğal ilişkileri bir temel bilimde toplama, fizik ile kimyanın kuramsal temellerini birleştirme olanağı doğmuş oldu.⁽¹⁾

(1) Friedrich Hund, *The History of Quantum Theory*, s. 5.

VIII. BÖLÜM

Çeviri Metinler

Bu bölümde yer alan on dört metinden on biri B.B.C. Üçüncü Programında yayınlanmış bir dizi konuşmayı içeren, *The History of Science: Origins and the Results of the Scientific Revolution*'dan (London: Cohen and West Ltd., 1951) çevrilerek alınmıştır. Geriye kalan üç metinden biri, "Atomun Yapısı", doğrudan çeviri olmayıp, J.C. Bruton'un, *The Story of Western Science*'dan (Cambridge: the University Press, 1966, s. 124-132) yararlanılarak hazırlanmış; ikincisi, "Darwincilik Yıkıldı mı?" yazarın iki kitabından seçilen parçalarla oluşturulmuştur. Üçüncüsü, "Albert Einstein'ın Büyüklüğü", *The Listener*'dan (25 Nisan 1955) çevrilerek alınmıştır.

Dante'nin Dünya Görüşü

Herbert Butterfield

Cambridge Üniversitesi, Modern Tarih Profesörü

Bilim tarihini anlamamıza en büyük engel, evrenin doğasına ilişkin çağdaş görüşlerden kendimizi kurtaramayışımızdır. Birkaç yüzyıl geriye baktığımızda, bizden çok daha akıllı, dünya düşünce tarihinde gerçekten seçkin yer tutan kişilerin kimi kez ilk bakışta bize aptal görünen kimseler olduğunu görürüz. Neden mi? Çünkü günümüzde çocukların okulda öğrendikleri birtakım basit bilimsel ilkeleri onlar bilmiyorlardı. Belli bilimsel bir problemin çözümünü ararken nereden başlanması gerektiğini belirlemenin bile kimi kez yüzyıllar aldığını kolayca unuturuz. Çocukların şimdi hiç güçlük çekmeden öğrendikleri bazı temel bilgi ve ilkeler, geçmiş dönemlerde uzun süren tartışma ve çatışmaların, birçok öncü kafaların ortak çabalarının ürünüdür.

Bir Ortaçağ ozan ve düşünürü olan Dante bu söylediklerimize iyi bir örnektir. Dante'nin dünya görüşünü ele almak, bu görüşü oluşturduğu için değil, tarih boyunca gelip geçmiş en üstün kafalardan biri olduğu için yararlı olur. Üstelik onun dünya görüşü, yaşadığı dönemin (14. yüzyıl başları) en seçkin kişilerinin paylaştığı inançları yansıtmaktadır. Örneğin, bize şimdi son derece doğal gelen bir ilkeden, o dönemde yaşayanların haberleri bile yoktu. Her cismin bir ağırlığı olduğunu, bazı nesnelerin bırakıldığında yere düşeceğine havada yükselmesinin, tahta parçalarının küvette su yüzüne çıkışında olduğu gibi, bu nesnelerin içinde bulundukları havadan daha hafif olmalarından ileri geldiği-

ni anlamıyorlardı. Dante'nin yaşadığı dönemde nesnelerin birbirine ters düşen iki eğilim gösterdiğine ya da ilkeye bağlı olduğuna, inanılıyordu: Nesnelerin bir bölümünde yere düşme eğilimi, bir bölümünde ise, tersine göğe çıkma eğilimi egemendi. Ayrıca, o dönemde henüz kimyasal element kavramı da yoktu; aslında bu kavramın oluşması Dante'yi izleyen dört yüzyıllık dönemi (ki, modern bilimin kurucuları Galileo ve Newton'ı da kapsamaktadır) de aşmıştır. Örneğin suyun bir element olmadığı, iki elementi içeren bir bileşim olduğu düşüncesinin yerleşmesi 18. yüzyılın ikinci yarısında bile süren çetin tartışmalar sonunda gerçekleşmiştir. Nitekim, hangi maddelerin asal olduğu ortaya çıkıncaya dek, en üstün kafalar için bile, kimya alanında dişe gelir bir ilerleme göstermek çok güç olmuştur.

Dante döneminde yaşayan bilginler, sıradan saydıkları yerküre ve atmosferini kapsayan “ay-altı” kesiminde, yalnızca dört asal maddenin var olduğuna inanıyorlardı. Bunlar toprak, su, hava ve ateşti. Yerkürede görülen tüm öteki maddeler ise bu dört asal maddenin değişik karışım ya da katkısından oluşan maddelerdi. Toprak ve suyun “gravite” denilen bir ilkeyle yere çekildiği, oysa hava ile ateşin, tam tersine, “levite” denilen bir ilkeyle yükseldiği sanılıyordu. Ne var ki, hava, toprak ve toz parçacıklarının karışması nedeniyle saflığını yitirdiğinden fazla yükselememekte, yerkürenin çevresinde kalmaktadır, deniliyordu. Kaldı ki, “gravite” kavramı bizimkinden çok farklıydı: Örneğin, elmanın düşmesi olayı, yerin elmayı çektiği biçiminde değil, elmada onu yere götüren bir eğilim olmasıyla açıklanıyordu.

Bilginler o dönemde dünyanın küresel olduğunu biliyorlardı. Onlara göre, elementlerin evren düzenindeki yerleri ideal olarak şöyleydi: Tüm evrenin tam ortasında elementler arasında en ağırlı olan topraktan oluşan yerküre yer alıyordu. Katı ve küresel olan yerküre, okyanus suları ile sarılıydı, öyle ki, yerküre bir su küresi içindeydi. Su küresini hava, yani atmosfer çevreliyordu. En sonunda, hepsini çevreleyen bir ateş küresi vardı. Onlar, elementler ideal yerlerinde olduğunda, dünyayı böyle imgeliyorlardı. Ne var ki, öyle bir dünya ölü bir dünyadır; çünkü bu düzende ne toprak,

ne su, ne hava, ne de ateş ait olduğu yerinden bir başka yere gitme gereksinimi duymayacaktır.

Gerçek dünyada gözlenen doğrusal hareketlere gelince, buna elementlerin kendilerine özgü yerlerinde olmamaları yol açmaktadır. İdeal düzendeki evreni bir yana bırakıp gerçek dünyaya bakarsak, Dante dönemindeki bilginlerin, çevremizde gördüğümüz ve ellediğimiz maddelerin değişik elementlerin (yani, dört asal maddenin) birbiriyle karışması sonucunda oluştuğuna neden inandıklarını anlarız. Bu, kimi elementlerin daima kendi küreleri dışında kaldığı; dünyadaki hareket, rastlantı ve canlılığın, çözülüp bozulmaların da bundan kaynaklandığı demekti. Bazı durumlarda maddeleri sıkıp suyu çıkarma olanağı vardır. Çıkan su serbest kaldığında kendine özgü yere yönelir; engellenmezse akıp denize karışır. Kimi maddelerde ise ateş tutsaktır; bunlar yandığında ateş kurtulur, kendine özgü küreye gitmek için yükselir.

Ne var ki, özellikle paradoksal olan bir durum var: Bir elementin ait olduğu yerin dışına taşmış olması. Örneğin, kimi yerlerde insanların yaşaması için yerkürenin özel olarak deniz düzeyinden daha yükseklerle çekildiğini görmekteyiz. Dante bu durumun yalnızca kuzey yarım küresinde olduğuna, kara parçalarının, sabit yıldızların etkisiyle deniz düzeyinin üstüne çıktığına inanır. Böyle yükseltilmiş toprağın Cebelitarık'tan Ganj nehrine, güneyde Ekvator'dan kuzeyde Arktik Çemberi'ne kadar uzandığını, yaşamaya ayrılan bu alanın tam ortasında da, Kutsal Kent, Kudüs'ün bulunduğunu söyler. Afrika'da kara parçası gördüklerini söyleyen gezginler yok değildi; ama Dante bildiği bilimle çatışan bir şeyle karşılaşınca tipik bir rasyonalist gibi davranmasını bilirdi: Bu gezginlerin doğruyu söyledikleri kuşku götürürdü, o zaman.

Unutmamak gerekir ki, Dante'nin döneminde (1300 yıllarında), Batı Avrupa antik dünyanın bilim ve düşüncesini daha yeni aramaya koyulmuş, eski Yunan ve Roma'ya ait parlak uygarlığa (ki, bu uygarlık büyük ölçüde, Roma İmparatorluğu'nu çökerten barbarların sürekli saldırılarıyla yüzyıllar boyu yok ol-



Aristoteles'in Evren Görüşü

maya yüz tutmuştu) tırmanma çabasına henüz yeterince girmemişti. Dante'nin fiziksel dünyaya ilişkin görüşleri gerçekte antik dünyanın, özellikle Aristoteles'in görüşleriydi. Onun gözünde Aristoteles bilim ve felsefenin büyük ustasıydı. Aristoteles'in Newton'a gelinceye dek iki bin yıl boyunca çeşitli bilgi kollarında sürdürdüğü egemenlikle karşılaştırılınca Newton'ın son üç yüzyıl içinde bilim adamları üzerinde kurduğu egemenlik bir hiç kalır. Dante'nin evren görüşünün pek küçük ayrıntılar dışında, 17. yüzyılın başlarına dek etkinliğini sürdürdüğünü görmekteyiz.

Geniş ölçüde 17. yüzyılda oluşan ve modern bilimi ve bilimsel dünya görüşümüzü biçimleyen bilimsel devrimden söz ederken unutmamamız gereken nokta şu ki, bu devrim antik dünyada gelişen, ortaçağlar boyunca, hatta İtalyan Rönesansı'nı izleyen yüzyıllarda etkinliğini sürdüren temel düşünceleri yıkmıştır. Gerçekte, Kopernik'ten Newton'a gelinceye dek sürdürülen tüm

çaba, Aristoteles'in öğretilerini ve evreni anlayış biçimini yıkmaya yönelik olmuştur. Bu yazıda incelediğimiz şey de, başlıca öğelerini Dante'de bulduğumuz, bilimsel devrimin geçersiz kıldığı işte bu öğreti ve dünya anlayışıdır.

Bu, özellikle ay-altı kesimden göksel kesime geçtiğimizde, Dante'nin tüm evren, bu arada, göksel cisimlerin davranış ve yapısına ilişkin görüşünü ele aldığımızda kendini gösterir. O dönemde yıldız ve gezegenlerin boş uzayda dolaştıkları sonsuz bir göğü imgelemek olanaksızdı. Boş ve sonsuz bir uzayda göksel cisimlerin kendilerine özgü yerlerde tutunabileceği düşünülemezdi bile. Gene boş bir uzayda cisimlerin birbiri üzerinde "çekme etkisi"ne sahip olduklarına inanmak güçtü. Newton'ın çekim kuramı türünden bir şey onlar için boş söz olmaktan ileri geçmezdi. Aristoteles'den, cisimlerin birbirini, doğrudan temas olmadıkça, etkileyemeyeceklerini öğrenmişlerdi. Bu yüzden, tüm yıldız ve gezegenlerin bir şeye bağlı olmaları gerektiğine inanıyorlardı. Gece göğe baktığımızda yıldız ve gezegenlerin yalnızca parıltısını görebilmemiz doğaldı; tıpkı karanlıkta bizden uzaklaşan bisikletin sadece arkasındaki kırmızı ışığı görmemiz gibi. Nasıl ki, kırmızı ışığın kendi başına değil, bisiklete bağlı olarak ilerlediğini biliyorsak, aynı şekilde, yıldız ve gezegenlerin de görülmesi olanak dışı bir şeye bağlı seyrettiklerini düşünmek o dönem insanları için doğaldı. Göksel cisimlerin bağlı oldukları bu şey bir tür kristal küreydi; yerküreyi çevreleyen ve giderek büyüyen iç içe bir dizi küre ya da gök katları.

Dante'nin betimlediği evren, tüm sistemin ortasında yer alan yerkürenin çevresinde iç içe bir dizi küreden kurulmuştu. Bu küreler birbirini izleyen bir dizi gök oluşturunuyordu; ne var ki, bunların saydam, hatta gözle görülemez olması gerekiyordu. Görünen yalnızca bu cama benzer kürelere bağlı gezegen ve yıldızlardı. Dante gezegenleri kürelere kakılmış değerli taşlara benzetiyordu. Ama bu konuda başka kuramlar da vardı. Örneğin, 16. yüzyılda şöyle bir görüşle karşılaşmaktayız: Gezegenler bağlı oldukları kürelerde yoğunlaşmış Güneş ışığını yansıtan birer noktadır; tıpkı bir tahta üzerindeki düğümler gibi.

Başlangıçta bu kürelerin çok ince ve özel nitelikte bir maddeden oluştuğu düşüncesi vardı; çok kolay devinen, pürüzsüz ve ağırlıktan yoksun bir madde. Ancak zamanla madde daha katı bir nitelik alır; saydam, ama geçilemez bir tür kristal cam. Dante döneminin bilimsel görüşü, bizim modern anlayıştan bir başka anlamda da farklıydı. O da, yerkürenin daha önce sözü geçen dört elementten oluşmasına karşılık, göksel cisimlerin çok değişik nitelikte, özel bir maddeden, her bakımdan yetkin bir beşinci elementten oluştuğu görüşü. Yerküre üzerindeki her şeyin değişip bozulması söz konusuysen gökleri oluşturan madde hiçbir değişme ve bozulmaya açık değildi. Kaldı ki, bu maddenin, zaten kendine özgü kesimde yer alması nedeniyle, düşme ya da yükselme gibi bir gereksinmesi olamazdı. Kendisini ne yere yönelten “gravite”si, ne göğe yönelten “levite”si vardı. Bu nedenle göksel cisimler yerlerini asla değiştirmeden bir çember üzerinde dönmekle yetinirlerdi. Gene bu nedenle göklerdeki tüm devinmelerin, hatta kimi gezegenlerin düzgün olmayan devinimlerinin daima çembersel bir devinme biçimine indirgenmesi zorunluydu.

Dante’ye göre, bu küre ya da göklerden 10 tane vardı: Yerküreye en yakın olan küre Ay’ı, üçüncüsü Venüs’ü taşıırken, sekizincisi üzerinde tüm sabit yıldızlar yer alıyordu. Bu küreler üzerlerindeki yıldız ve gezegenlerle yerküre çevresinde dönmekteydi. Hepsini kuşatan onuncu küre “Empyrean Heaven” adını taşıyordu; ama küreler içinde en ilginç olanı dokuzuncusuydu. Bu kürenin varlığını gösteren bir belirti olmamakla birlikte, onu var saymak mantıksal bir zorunluktuk. “Primum Mobile” denen bu küre, gece ve gündüzün oluşması için tüm gökleri birlikte ortada hareketsiz duran yerküre çevresinde yirmi dört saatte bir kez döndürme işleviyle yükümlüydü. Dış kürelerden biri olması nedeniyle çok hızlı dönmesi gerekiyordu; kaldı ki, onun işlevini tutku ve titizlikle yerine getirmesi için nedeni vardı: Empyrean Heaven küresinin en yakın komşusu olmanın ayrıcalığına sahipti.

Aristoteles’in biçimlediği bu düzen, aradan geçen uzun süre içinde pek çok değişikliklere ve düzeltmelere uğramıştı. Göz-

lemciler kimi gezegenlerin beklendiği gibi devinmediklerini biliyorlardı. Bunlardan bazılarının, yerküreden bakıldığında, hızlarını değiştirdiği, düzgün olmayan bir yol izlediği, hatta kimi kez gökte durduğu ya da ters yönde ilerlediği görülüyordu. Bunları açıklamak için düzeni giderek daha karmaşık hale getiren birtakım eklemelere gidilmiş, bir saati işler tutan çarklar gibi, kürelerin sayısı artırılmıştı. Örneğin, Venüs gezegeni, bir küreye bağlı olarak gezinirken, o küreyi bir başka küre taşımaktaydı. Modern çağa gelindiğinde bu kürelerin sayısı sekseni bulmuştu. Buna karşılık gözlemler son derece dikkatli yapılıyordu ve yüzyıllar boyunca biriken bu gözlemlere dayanılarak gezegenlerin ileriki konumları pek az bir yanılma payı ile belirlenebiliyordu. Dante'nin *İlahi Komedyası*'nda, o dönemde kullanılan takvimin yüz yılda bir gün gibi bir hata içerdiğini söz konusu eden bir parça vardır. Bu hata, daha sonra 16. yüzyılda, yüz yılda bir, bir artık yılı (kebi-se yılını) düşürmekle düzeltilmek yoluna gidilmiştir.

Bu sistemin yalnız temel ilkelerinin değil, ama tasarladığı tüm evren düzeninin modern bilim anlayışına aykırı düştüğü gözden kaçmayacak kadar açıktır. Örneğin, Dante'ye göre yerçekimi yalnızca yerküreye ve onun üzerindeki nesnelere özgü bir ilkedir. Bir taş parçasını uzak bir gezegene götürüp bırakacak olsak, taş o gezegene değil, geri dönüp yerküreye düşer, diye düşünülüyordu. Tüm sıradan cisimlerin eğilimi yerkürenin merkezine yönelmektir; çünkü bu aynı zamanda evrenin merkezidir. İki düşünce sistemi arasındaki bu temel farkın her alanda insan düşüncesini, çeşitli sorunlara yaklaşım biçimlerini etkilediğini bilmekteyiz. Örneğin, Dante döneminde Ay sıradan, renksiz bir cisimken, daha sonraki dönemlerde romantik bir nitelik kazanmıştır. Çünkü, Dante'nin betimlediği yerküreye yakın olan Ay'ın konumu son derece düşüktür. Dante'yi büyüleyen şey, Ay değil Güneş'tir. Oysa, onun düzeninde Güneş de diğer gezegenler gibi yerküre çevresinde dolaşan bir cisim olmaktan ileri bir konuma sahip değildir. Dante ile bizim dünyamızı ayıran, modern bilimin başlaması için öncelikle yenilmesi gereken engeli oluşturan temel farklardan biri hareket sorununda kendini göstermiştir. Bizim elimizde eylemsiz-

lik ilkesi denen bir hareket yasası vardır. Buna göre, bir cisim hareket halinde ise, kendisini durduran, yavaşlatan ya da saptıran bir dış etki olmadıkça, hareketini doğrusal olarak sürdürür. Oysa arabayı çeken at benzetimine bağlı kalan Aristoteles için hareket halindeki bir cismin hareketini sürdürmesi için bir şeyin o cismi durmadan itmesi ya da çekmesi gerekiyordu. Cismin eylemsizlik ilkesi gereğince hareketini sürdüreceği düşüncesine yabancıydı o. Aristoteles'in görüşü, daha baştan, kapıyı birtakım ruhlar için aralık tutmuştu. Çünkü bir şey hareket halinde ise, onu harekette tutan bir başka şey olmalıydı ve bunu bulabilmeliydik. Dante göksel küreleri ve cisimleri harekete geçiren ve harekette tutan "zekâlar"ın varlığından söz ediyordu. Bu küre ve cisimleri döndürmek kolaydı, çünkü bunlar ağırlığı olmayan, pürüzsüz (sürtünmeye yol açmayan), özel bir maddeden yapılmıştı. Onlar için, daha önce de değindiğimiz gibi, çembersel hareket doğaldı. Oysa 17. yüzyıla dek etkinliğini sürdüren Aristoteles fiziğinde kocaman, katı yerküre kütlesini harekete geçirebilecek bir şey tasavvur etmeye olanak yoktu. 16. ve 17. yüzyıllarda bilim adamlarını köstekleyen en büyük engel de işte antik dünya anlayışını yansıtan fizikteki bu güçlüktü.

Ortaçağlarda Bilim Neden Geri Kalmıştı?

Michael Postan

Cambridge Üniversitesi, Ekonomi Tarihi Profesörü

Ortaçağların, klasik dönemin bilimsel birikimini daha sonraki dönemlerin kullanımı için koruduğu genellikle kabul edilir. Bu yargı Ortaçağ uygarlığının, bilim yönünden hem başarısını hem de başarısızlığını dile getirir. Başarısı, dolaylı olması nedeniyle daha da büyüktür. Ortaçağ insanları yaşadıkları Batı imparatorluğunda, Arapların doğu kesiminde buldukları ölçüde zengin bir bilim geleneğine sahip değillerdi. Batı kesiminde bilim daha sonra, 12. ve 13. yüzyıllarda Arap ve Yahudilerin etkisiyle başladı. O dönemde kendilerine o denli uzak ve yabancı insanlardan bilimsel bir kültürü almak ve özümsemek gerçekten küçümsenebilecek bir başarı değildir. Ama, sadece bu kadar, daha fazla değil. Bir kez aldıkları bilimi pek zenginleştirdikleri söylenemez. Nitekim bilim katkılarını o denli azdı ki, bilim tarihçileri ortaçağları bir duraklama dönemi saymakta birleşirler.

Gerçi bu duraklamada hiçbir kıpırdama yoktu denemez. Ortaçağ insanları yüzyıllar boyunca bir ölçüde pratik el sanatlarını, biraz da doğa bilgilerini geliştirmekten geri kalmadılar. Hatta 12. ve 13. yüzyıllardaki başarıları, bilimsel bir uyanma ya da Rönesans'tan söz etmemize olanak verecek derecede önemliydi. Bu uyanışın sonucu olarak bilimsel alanda daha önceki düzeyi çok aşan bir bilgi birikimi oluştu. 11. yüzyılın başlarında bile matematik bilgisi basit hesaplamalardan, Pythagoras öncesi ge-

ometriye ait birkaç önermeden, “abakus” denen sayma çerçevesi ile ondalık kesirler bilgisinden ileri geçmiyordu. Oysa, 13. yüzyılın sonlarına gelindiğinde durum değişmiştir: Matematikçiler artık Pythagoras geometrisinin üst düzeydeki problemleriyle uğraşmakta, konilerin kesişmeleri yoluyla kübik denklemlerin çözümüne yaklaşmakta, küresel trigonometriyi tartışmakta, hatta diferansiyel hesaplar yönteminin eşğine adım atmış bulunmaktaydılar. Aynı dönemde, astrologlar yalnız antik dünyaya ait Batlamyus (Ptolemy) astronomisini özümsemekle kalmamışlar, aynı zamanda, göklerin haritasını çıkarmayı, gezegen ve yıldızların geçiş yollarını da öğrenerek, Kopernik’in büyük devrimine yol açmışlardır. Gene o dönemde simyagerlerin, metal ve gazların özelliklerine ilişkin kimi yeni bilgilere ulaştıklarını görüyoruz. Öte yandan, işlenmiş büyü ya da değerli taş listeleriyle yararlı bitki ve özellikle hayvanların huy ve özelliklerine ilişkin alegorik masal koleksiyonları, o dönemin daha sonra 16. ve 17. yüzyıllarda botanik ve zoolojide girilen büyük sınıflama çalışmalarına zemin hazırlayan etkinlikleriydi. Kimi araştırmacı ve meraklı kişiler daha da ileri gitmişlerdi. Pek çoğumuz II. Frederick’in hayvanlar üzerindeki teşrih (diseksiyon) çalışmalarını duymuşuzdur; ama bu tür araştırmalara girişen bir tek o değildi. Gerçekten ortaçağların sonuna geldiğimizde, büyük ölçüde anatomiye, biraz da insan fizyolojisinde, önemli bir bilgi birikimiyle karşılaşmaktayız. Hatta ilkel düzeyde de olsa, yer yer birtakım deneysel çalışmaların da yapıldığı gözden kaçmıyor.

Daha pratik düzeyde de, kayda değer bazı teknik ilerlemelere tanık olmaktayız. Örneğin, karanlık çağ dediğimiz ortaçağların başında, çiftçiler o dönem için yepyeni bir sistem olan bir tarımsal tekniği icat edecek ya da hiç değilse, benimseyecek kadar atılım gücü göstermişlerdi. İki veya üç tarla düzeni ile ekin rotasyonuna dayanan bu sistem ağır tekerlekli pulluk, daha da önemlisi, hayvanları omuzlarından koşumlamak gibi Romalılarca bilinmeyen, bilinse bile kullanılmayan, yenilikleri içeriyordu. Aynı dönemde, Avrupa’nın pek çok ülkesinde üstten vuruşlu değirmen çarkı ve dişli çarklı transmisyon ile donatılmış büyük su de-

girmenleri, İrlanda ya da Norse tipi denen küçük yatay su değirmenlerinin yerini almıştır. Gene olasıdır ki, 10. ve 11. yüzyıllarda Hollanda'da, 12. ve 13. yüzyıllarda Doğu Almanya'da denizden toprak kazanıldığı sıralarda köylüler daha düzenli yerleşim biçimlerine, ileri bir kanalizasyon sistemine, hatta daha yoğun bir tarıma geçmiş olsunlar. Dahası var: Madencilikte, savaş araçlarının yapımında, özellikle kuşatma yöntemlerinde büyük teknik ilerlemelere tanık olmaktayız. Ortaçağ pratik sanatları içinde en önemli yeri tutan görkemli bina inşaatındaki gelişmeler ise göz kamaştırıcıdır. Denebilir ki, bina inşaat tekniğinde o dönemde sağlanan gelişme, o dönemi izleyen beş yüz yıllık sürede gözlemlediğimiz Rönesans mimarisinden, hatta günümüzdeki betonarme inşaat tekniğinden daha ileri ve hızlı olmuştur.

Görülüyor ki, ortaçağlar hem entelektüel, hem de teknik düzeylerde bazı gelişmeler kaydetmiştir. Ne var ki, dönemin geniş yaşam panoraması ya da, M.Ö. 4. yüzyıldaki Antik Yunan ve onu izleyen Helenistik çağ biliminin başarılarıyla karşılaştırıldığında bu gelişmeler sönük kalmakta; 17. yüzyılın bilimsel etkinliği karşısında ise büsbütün önemsiz görünmektedir. Peki bu durgunluğu nasıl açıklayabiliriz?

Bu soruya değişik pek çok yanıt verilebilir, verilmiştir de. Fakat çoğunda ortak nokta, ortaçağ yaşamında "bilimsel özendirme" diye nitelenmek istediğim tutumun yokluğu üzerinde toplanmaktadır. Bilimsel gelişmeye yol açan temel etkenler konusunda bilim tarihçileri ve bilim felsefecileri çoğu kez anlaşmazlığa düşerler. Kimine göre, temel etken kişilerin evreni anlama ya da gerçeği bulma tutkusudur. Kimi ise, bilimsel gelişmeyi, insanların doğaya egemen olma yolundaki çabalarının, üretim araç ve yöntemlerindeki ilerlemelerin bir sonucu sayar. Bu tartışmada şu ya da bu yanı tutmak niyetinde değilim; ancak ortaçağların ne entelektüel ilgi, ne de pratik kaygı yönünden yeterli bir düzeye eriştiği kolayca söylenemez. İki yönden de başarısız kalmıştır kısacası.

Entelektüel başarısızlığı açıklamak daha kolay görünmektedir. Ortaçağlar bir inanç dönemidir; bu niteliği ile bilimsel dü-

şünmeye yönelik olması beklenemez. Gerçi, bilim yasaklanmış değildi, bilim adamlarına suçlu gözüyle bakılmıyordu. Bilimsel düşüncelerinden ötürü kovuşturmaya uğrayan pek az kimse vardı. Daha fazla da olamazdı, çünkü bilimle uğraşanlar zaten parmakla sayılabilecek kadar azdı. Bu demek değildir ki, “entelektüel dev” diye niteleyebileceğimiz hiç kimse yoktu. Kuşkusuz vardı; ancak kendini inanca bırakmış bir dönemde üstün yetenekli kişiler de uğraş ve ilgilerini inanç dünyasında bulmuşlardı. Dinsel konuların açıklanması, dogmalar üzerindeki tartışmalar ve dinsel zaferler – işte herkes gibi onları da meşgul eden sorunlar bunlardı. Kısacası, bilim gibi bir uğraş için ne zamanları ne de ilgileri vardı.

Üstelik bilim gibi bayağı ve sıradan bir işle uğraşmak için neden de yoktu. Dinsel dogmaların gücünü ve bütünlüğünü sürdürdüğü bir dönemde, entelektüel sorunlarla bilimsel yöntemlerin en azından önemsiz sayılması kaçınılmazdı. Bilindiği gibi, bilimsel araştırmanın amacı bize evreni, evrenin işleyiş ve kökenini açıklayan kapsamlı bir kuram oluşturmaktır. Oysa ortaçağlarda böyle bir araştırma ve açıklama çabasına gerek var mıydı? İnsanlar, o zaman, dünyanın nasıl oluştuğu, ne amaçla, hangi araçlarla ve nasıl yönetildiği konularında istedikleri açıklamaları, tümüyle, Tanrı kavramında, İncil’in Yaratılış’a ilişkin öykülerinde ve her şeye egemen yüce Tanrısal istenç öğretisinde bulmuyorlar mıydı? Tüm duygusal doyuruculuğu ve bütünlüğüyle bir açıklama varken, yorucu ve sıkıntılı bir çalışmaya girip yeni bir kuram oluşturma çekici olabilir miydi?

Entelektüel özendirme yokluğuna ilişkin söylediklerimizi keşip, pratik alana bakalım. Aynı ilgisizliği burada da bulmaktayız. Doğayı daha iyi anlama pratik alandaki gelişmelerden beklene mezdi; çünkü, teknik gelişmeler zaten çok azdı. Ortaçağ meslekleri yüzyıllarca önemli bir değişikliğe uğramadan aynı yöntemlerle sürüp gitmiştir. 11. yüzyılın sonlarındaki büyük gelişmeden sonra, Avrupa’nın büyük bir bölümünde tarım tam bir duraklama dönemine girmiştir. Demir işleme, dokuma ve çömlekçilik işlerinde zaman zaman kimi gelişmelere rastlamak olasıdır; ne var

ki, ortaçağlar bütünüyle göz önüne alındığında teknik gelişmelerin son derece yavaş ve yetersiz bir düzeyde kaldığı gözden kaçmaz.

Bu durumdan en başta o dönemin ekonomik düzenini sorumlu tutmak gerekir. Yüzyıllarca yaşam, bu arada ekonomik etkinlikler, sıkı bürokratik kurallar ağı içinde sarılmıştı. Köylerde bu kurallar, yarıcıların toprak ağasına karşı olan sorumluluklarını düzenlemek için gerekliydi. Ayrıca, köy topluluğunu oluşturan kişilerin hakları, ödev ve borçları da sıkı kurallarla belirlenmişti. Kentlerin pek çoğunda da durum farklı değildi: Aşırı kazançları önlemek, fiyat ve kalite denetimini sağlamak, ücretleri belli bir düzeyde tutmak ve özellikle iş sahiplerini rekabete karşı korumak bir yığın yasa ve kuralların konmasına yol açmıştı. Ne var ki, ne amaçla olursa olsun, konan kurallar teknik gelişmeleri tıkamıştı. Çünkü, yasa ve kurallar, eldeki teknik yöntemler çerçevesinde oluşturulduğundan, yeni buluş ve gelişmelere olanak tanımıyordu.

Üstelik denetim ve koruma eğilimi o denli kök salmış, öylesine ileri gitmişti ki, her işkolunda teknik yöntemler tam bir gizlilik içinde tutuluyordu. Ortaçağ loncaları kendilerine "gizemli" bir görünüm vermeye özen gösterir, öyle kalmak isterlerdi. Bir örnek olsun diye Bologna ipek endüstrisini ele alalım. Son derece zengin ve tüm Avrupa'da ünlü olan bu endüstri, başlangıçta yeniliklere açıktı; pek çok yeni araç ve süreçlerden yararlanabiliyordu. Ancak gizlilik burada da etkisini gösterdi; örneğin, Bologna'lı Borghesano'nun 1272'de icat ettiği ipek atma makinesi (ki, Bologna ipek endüstrisinde ortaçağların sonlarına doğru geniş ölçüde kullanılmıştır) 1538'e gelinceye dek gizli tutulmuş, Bologna dışında bilinmemiştir. Makinenin yaygınlık kazanması, 17. yüzyılda bir İngiliz'in, gizli tutulan tasarımı hileyle ele geçirmesinden sonra olur. Bu sıkı gizlilik yerel sanatların pek çoğunda vardı. Bilginin bir giz olarak saklanması, örneğin madencilik ve kumaş dokumacılığı gibi ileri tekniğe dayalı endüstrilerin belli merkezler dışına yayılmasını önlemişti. Bilgi alışverişine yalnızca göç ya da yeni yerleşim durumlarında olanak vardı.

Endüstri ve pratik sanat kollarında bin bir güçlkle oluşturulan bilgilere, bu durumda bilim dünyasının yabancı kalması kaçınılmazdı. Öte yandan bilim adamlarının ulaştıkları birtakım sonuçlar da gene bu yüzden endüstriyi etkilemekten uzak kalmıştı. Nitekim; demirin başlıca özellikleri, bu arada esnekliği, daha ortaçağların başlangıcında keşfedilmişti; ne var ki, 15. yüzyıla gelinceye dek spiral yay'ın 17. yüzyıla gelinceye dek de yaprak yay'ın bilindiğine ilişkin ortada hiçbir belirti yoktur. Arap rakamlarının Avrupa'ya geçişinden yüzyıllar geçmesine, bu rakamların kullanışlığını açıklayan kitapların yayımlanmasından hiç değilse yüz elli yıl geçmesine karşın, ticaret ve devlet muhasebesinde hesapların kullanışsız Roma rakamlarıyla yapılması sürdürülmüştür. Öte yandan, endüstride pompanın, özellikle basit şırınga tipi pompanın kullanılmasından yüzyıllar geçmesine karşın teorik mekanik, boşluk kavramından yararlanamaması nedeniyle yanlışlıklar içinde bocalayıp duruyordu. Başta askeri alanda olmak üzere çeşitli alanlarda su ve hava basıncı ya da ısıtılan hava ve buharın genişmesi gibi olgulardan yararlanılarak yapılan araç ve makinelerle ilişkin bilgi ve deneyimlerin hiçbir, yerleşik hidrostatik teorii, gazların genişmesi veya atmosfer basıncı teorisini etkileyememişti. Gerçi çok eskiden beri kaldıraç kullanılmakta idiyse de, mekanik bilimi "kuvvet momenti" (tork)⁽¹⁾ kavramına 13. yüzyılın sonlarına gelinceye dek yabancı kalmıştır. Ortaçağ çiftçilerinin, hayvan besleyicilerinin pratik bilgileri de hiçbir şekilde biyolojik teoriiyi etkileyememiştir. Boyacıların ve sabuncuların deneyimleri de aynı şekilde kimya bilimini etkilemekten uzak kalmıştır. Ortaçağlarda teknoloji ve bilim her biri kendi dünyasında ama, birbirinden uzak donuk bir yaşam sürdürmüştür.

Gerçekten bu genel durgunluğu hiçbir şey, değindiğim istisnalardan daha iyi örnekleyemez. Ortaçağların ilk sıralarında tarımda yer alan büyük yenilikler, nüfus hareketlerinin canlılığını koruduğu, ekonomik örgütlenmenin henüz katı bir biçim almadığı bir zamana rastlar. Daha sonra, 12. ve 13. yüzyıllarda Hollanda

(1) Bir kuvvetin uygulandığı cismi döndürme eğiliminin ölçüsü. (Çeviren)

ve Almanya'da gözlenen tarımsal atılım da gene nüfusun hareket canlılığı kazanması ve yeni yerleşim yerlerinin ortaya çıkmasıyla olanak kazanır. Endüstriyel mesleklerdeki teknik buluşların da endüstrinin yerel yönetimlerin buyruğu dışında kalabildiği yer ve zamanlarda ortaya çıktığını görmekteyiz. Savaş teknolojisi prenslerin hizmetindeydi; prensler ise loncaların düzenlendiği ekonomik kurallara bağlı değildi. 14. yüzyılda İngiliz kumaş endüstrisindeki büyük değişiklikler, endüstrinin kent yönetimlerinin yetki sınırı dışında kalan köylere kaçmasıyla ancak olanak kazanmıştır. Bina yapımındaki görkem de özgür masonların, yani kent yönetimlerinin denetim ve buyruğu dışında serbestçe iş arayabilen ustaların eseridir.

Salt entelektüel düzeyde 12. yüzyılın sonlarında başlayıp 13. yüzyılda devam eden İtalyan Rönesans'ı da kimi yönlerden bir istisnadır. Bu uyanışı yalnızca çeviri salgınının bir ürünü saymak yanlıştır. Çeviri hareketinin bilimsel etkinliği açıklaması şöyle dursun, kendisi açıklanmaya muhtaç bir olgudur. Antik felsefe üzerindeki yorumlarıyla Araplar üç yüzyıldan beri İspanya'daydılar. Ve onlarla temas olanağı, 850 yıllarına göre 1250 yıllarında daha fazla değildi. Oysa ortaçağların ne başlangıç ne de kapanış dönemlerinde bu denli yoğun ve bol bir çeviri etkinliğine rastlamaktayız.

O halde, 13. yüzyıldaki uyanışı nasıl açıklayabiliriz? Herhalde gerçek neden, ne İtalyanların Doğu Akdeniz'deki ticaretleri, ne de Haçlı Seferleriydi. Pek az çeviri Doğu Akdeniz'den gelmiştir; Haçlı Seferlerini düzenleyenler ise, İtalyan tacirleri gibi, çeviri hareketinin tümüyle dışında kalmıştır. Daha temel ve entelektüel ilgiye doğrudan ilişkin bir neden olmalıdır. Çünkü, karanlık çağa özgü boğucu hava yerini yepyeni bir esintiye bırakmıştı. Hatta artık dinsel inancın, insanların biricik ilgi odağı olmaktan çıktığı bile söylenebilir. Felsefe ve edebiyatın, tümüyle dinsel bir karakter taşıyan bir ortamda birdenbire boy vermesi şaşılacak bir olaydır. Din alanında bile değişik manastır düzenlerini de içine alan azınlık hareketleri yüzyıllarca bütünlüğünü sürdüren düşünce düzenini sarsıntılara itmiştir. Ortaçağ eğitiminde anlaşmazlıklara, din-

sel dogmaları temelinden sarsan felsefi çatışmalara, hatta en masum fikir ayrılıklarının arkasında son derece derine inen kuşku-
lara bu dönemde tanık olmaktadır. Fransız kültür tarihçisi Taine'in
.13. yüzyılı "kuşku içinde kıvranan bir dönem" diye nitelemesi
başuna değildir. Daha sonraki dönemlerde de gördüğümüz gi-
bi, bu kuşku, entelektüel öğrenme merakına, yasak soruları yeni-
den ortaya atma isteğine, doğru yanıt bulma yolunda her kayna-
ğa başvurma cesaretine yol açmıştır. İşte antik felsefe ve bilim öğ-
retilerine yönelen ilginin, Yunan'lardan ve Arap'lardan öğrenme
isteğinin, nedeni bu kuşkuda yatmaktadır. Çeviriler de bu öğren-
me merakının bir sonucudur.

Böylece, "İtalyan Rönesansı" denilen bu dönem, ortaçağlar
hakkındaki yargıyı tümüyle doğrulamaktadır. Bilimsel ilgiden
yoksun ortaçağ insanları elbette dinsel dogmaların ötesine geçe-
mezlerdi. Pratik sanat kollarında ya da antik öğrenimi koruma ve
yayma yolunda ne gibi başarıları varsa, bunları, olduğu kadarıyla,
ortaçağ damgasını taşımayan kimliklerine borçludurlar.

Kopernik ve Gezegenler

Herbert Dingle

Londra Üniversitesi, Bilim Tarihi ve Felsefesi Profesörü

Bu yazıda ele aldığım çalışma, olup bitenlere bakış biçimimizde yapılan küçük bir değişikliğin çok büyük sonuçlara yol açabileceği olgusuna tarihte çarpıcı bir örnek verdiği için önemlidir. Genellikle Kopernik devrimi denen bu çalışma, ortaçağlardan modern dünyaya, şimdi bize masal dünyasına ait görünen bir görüşten, günümüzün gerçekçi anlayışına geçişin yüce simgesini oluşturmaktadır. Oysa, bu devrim özünde ne büyük bir buluşa, ne yeni bir düşünceye dayanmakta, ne de devrimi başlatanın kendi felsefesinde köktenci bir değişikliği içermektedir. Kopernik devriminin tüm önemi yol açtığı büyük gelişmede yatmaktadır, diyebiliriz.

Kopernik geçmiş çağlarda birkaç örneği olan, ama bizim karmaşık modern dünyamızda eşine rastlamayı pek ummadığımız evrensel dehalardan biridir. Din adamı, devlet adamı, bilgin, hukukçu, sanatkâr, şair, hekim, ekonomist, matematikçi, astronom — o, bunların hepsiydi; ama onun asıl tutkusu —eğer “tutku” bu denli ılımlı ve ince bir düşünür için yerinde bir sözse— matematiksel astronomiydi. 1473’te Polonya’nın Torun kentinde doğmuştu. Önce Kraków Üniversitesi’nde, daha sonra Bologna ve Roma’da uzun süren bir öğrenim döneminden sonra, 1506’da 33 yaşındayken Frauenburg Katedrali rahipliğini üstlenmek üzere ülkesine döner; 1543’te ölünceye kadar çeşitli etkinliklerini sürdürür; ama, onu sürekli uğraştıran şey, kafasında oluşturduğu astronomi sistemini yetkinleştirmektir.

Bu sistem neydi? Bilindiği gibi, Kopernik'in yaşadığı dönemde insanlar, yerküreyi, çevresinde yıldız ve gezegenlerin döndüğü, küresel evrenin tam ortasında sabit bir yer sayıyorlardı. Buna göre, göksel cisimler (Güneş, Ay, tüm gezegen ve yıldızlar) kürelere bağlıydı ve hareketleriyle, dolaylı olarak, kürelerin nasıl hareket ettiğini gösteriyordu. Belli bir gezegenin (örneğin, Mars'ın) hareketindeki düzensizlik, her birinin kendine özgü yarıçapı, eksen ve dönme hızı olan pek çok kürenin hareketinin sonucuydu. Kürelerin kendileri görünmediğinden onların sayısı ve özelliği görünen göksel cisimlerin hareketlerinden çıkartılıyordu. Böylece astronominin başta gelen sorunu, görünen hareketlerin, düzgün hareket eden kürelerin ne tür bir kombinezonundan oluşabileceğini bulmaktı. Gökteki tüm cisimlere ilişkin olan bu sorun, astronomları 1.400 yıl boyunca uğraştıran başlıca sorundu.

Şimdi, bu görüş çok kez sanıldığı gibi ne basit bir tahminin, ne de aptalca bir önyargının ürünüydü. Antikçağ'ın ilk döneminde böyle herkesin kabul ettiği bir sistem yoktu; hatta sistemin özünü oluşturan nokta (yerkürenin evrenin merkezinde sabit konumu) bir araştırma ve tartışma konusuydu. Görünüşe bakılırsa, yerkürenin sabit olduğunu kabul etmek gerekiyordu. Ancak kimi düşünürler (en başta M.Ö. 2. yüzyılda yaşayan Sisam'lı Aristarchus) yerkürenin kendi eksenini çevresinde dönmekle kalmadığını, aynı zamanda, Güneş'in etrafında dolaştığını, gökteki hareket görüntülerinin ise yerkürenin bu hareketinin bir sonucu olmaktan başka bir şey olmadığını ileri sürmüşlerdi. Ne var ki, M.S. 2. yüzyılda İskenderiyeli Batlamyus (Ptolemy) tüm sorunu inceler; özellikle yerkürenin döndüğü olasılığı üzerinde dikkatle durur; ama sonunda, kendisine kesin görünen, o zamanki bilgi düzeyi düşünülürse gerçekten akla yakın gelen birtakım nedenlere dayanarak bu olasılığı reddeder. İşte bundan sonradır ki, yer-merkezli sistem herkesçe kabul edilir. Ancak sistemin göksel cisimlerin hareketlerinde gözlenen düzensizlikleri karşılamak için durmadan eklenen yeni küreler nedeniyle giderek içinden çıkılmaz bir karmaşıklığa büründüğünü görmekteyiz.

Kopernik'in duyarlı matematik kafasını rahatsız eden şey de işte sistemin aldığı bu karmaşıklıktı. 15. yüzyıla gelindiğinde, "görüntüleri karşılamak için" eklenen kürelerin sayısı sekseni aşmıştı; ama gene de gözlenen düzensizliklerin tümünün açıklandığı söylenemez. Tüm işlerinde yetkin olan Tanrı'nın böylesine çirkin bir evreni yaratabileceği Kopernik'e son derece aykırı geliyordu. Bu nedenle o, çoktan saygınlığını yitirmiş yerkürenin döndüğü düşüncesine yönelir; bu teorinin gözlenen göksel hareketleri daha iyi açıklayıp açıklamadığını görmek ister. Çok geçmeden bunun olanaklı olduğunu görünce, yaşamının son otuz yılı boyunca daha basit yeni bir sistem oluşturmak için çalışmaya koyulur; bir an durmaksızın notlar alır, düşüncelerini eline geçen kâğıt parçalarına, kitap kenarlarına, hatta duvarlara kaydederek, açıklama gücü Batlamyus (Ptolemy) sisteminden daha yüksek, üstelik küre sayısını otuza indiren daha basit sistemini kurmayı başarır. Çalışmasının tüm öyküsünü Latince kaleme aldığı *De Revolutionibus Orbium Caelestium* (Göksel Kürelerin Dönüşleri Üzerine) adlı büyük yapıtında veren Kopernik'in, kitabının ilk nüshasının yatağında ölümle pençelediği son günlerinde eline geçtiği söylenir.

Kopernik'in kitabını, engizisyonun kovuşturmasından korktuğu için yayımlamayı geciktirdiği pek çok kez söylenmişse de, bunu kanıtlamak mümkün olmamıştır. Tam tersine, sistemin bir özetini ölümünden yıllarca önce *Commentariolus* adlı yapıtına koyduğunu, 1540'ta öğrencisi Rheticus'a kitabını bastırması için izin de verdiğini biliyoruz. Kaldı ki, yaptığı çalışma hem Papa tarafından, hem de Roma Kilisesi Yüksek Şûra'sı üyelerince yakından bilinmekte ve beğenilmekteydi. Gerçekte Kopernik'i alıkoyan şey, alay konusu olmaktı. O dönemde yerkürenin sabit durduğu o denli açık bir gerçektir ki, tersini savunmak aptallığın da ötesinde gülünç olmak demektir. Kopernik, gülünç olmayı göze alamayacak denli duyarlı bir kişiydi. Bu yüzden sistemini uzun süre yalnızca anlayışına güvendiği dostlarına açmakla yetinmişti.

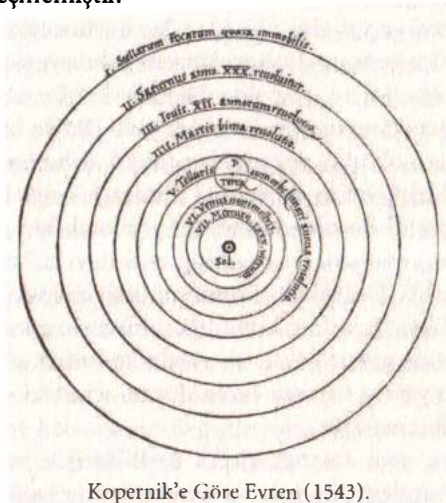
Peki öyleyse, kurduğu sistem neden ölümünden yüz yıl geçtikten sonra dünyanın tanık olduğu en sert entelektüel çatışmalar-

dan birinin merkezi oldu? Nedenini hemen belirtelim: görünürde basit ve zararsız olmasına karşın, etkisi yönünden Ortaçağ düşüncesine ölüm darbesi indirmişti getirdiği sistem! Ortaçağ anlayışının bir bütün oluşturduğu olgusunu bilimin değişik ve çok kez birbirinden kopuk sayısız kollara bölündüğü günümüzde anlamak son derece güçtür. Bizim astronomi, fizik, kimya, teoloji, psikoloji, fizyoloji vb. diyebildiğimiz konular o zaman bir tek sistem içinde kaynaşık toplanmıştı. Astronominin en dış küresinin üstünde teolojiye ait küre yer alıyordu. Yıldızlar şimdi bildiğimiz gibi uzak gaz kitleleri değil, insanların kişiliklerini etkileyen, bir ölçüde alınyazılarını belirleyen göksel varlıklardı. Gezegenlerin yerküreye benzer özellikleri vardı. İnsan bedeni küçük ölçekte evreni temsil ediyordu. Örneğin, bizim “madde” dediğimiz her şey Ortaçağ düşünürlerine göre dört elementin (toprak, su, hava ve ateşin) değişen ölçülerde karışımından oluşuyordu. Örneğin, sıvılarda su, katılarda toprak elementi ağır basıyordu. Aynı şekilde insan kişiliği de “hümor” denilen dört şeyin değişik ölçülerde karışımından oluşuyordu. Öyle ki, karışımda ağır basan “hümor”un türüne göre, kişileri duygusuz, huysuz, iyimser ya da üzgün diye dört gruba ayırma olasılığı vardı. Elementler maddesel dünya için ne ise “hümor”lar da ruhsal dünya için oydu. Aradaki koşutluk o derece ileriye ki, Shakespeare’in bir oyununda Antonius, Brutus’u şöyle niteler: “Elementler onda öylesine karışmıştı ki, doğa ayağa kalkıp tüm dünyaya şöyle seslenebilirdi: ‘İşte bir insan!’” Bu dünyada, ya da daha sonra, insanın başına gelen hiçbir şey yoktu ki, evrensel sisteme bağlı olmasın. Yerleşik astronomik sisteme bir kez dokundunuz mu tüm düşünce sistemini alt üst etmiş olurdunuz.

Ne ki, ilk bakışta Kopernik, astronomik sistemi temelden sarsacak bir şey yapmış değildi. Gerçi yerküreyi değil, Güneş’i evrenin ortasına yerleştirmişti; ama, gezegen ve yıldızlara egemen olan göksel küreler ve onların oluşturduğu esas düzen yerli yerinde duruyor, değişmez, düzenli hareketlerini sürdürüyordu. Kaldı ki, Kopernik sisteminin daha basit yapısıyla, tüm evreni Tanrı’ya özgü bilgeliğin bir anlatımı sayan bir felsefeyi içermekle dinsel

görüşe ters düşmediği söylenebilir. Ne var ki, sonuç hiç de öyle olmadı: Ortaçağ inanç ve düşünce sistemi tümüyle çöktü.

Bu gelişmeyi anlamaya çalışırken, her şeyden önce, kendimize kürelere neden gerek görüldüğünü soralım. Onları görmek ya da doğrudan gözlemlemek olanaksızdı; öyleyse, onları var sayma yoluna neden gidildi? Yerkürenin evren ortasında sabit durduğunu varsayıp göğe birkaç dakika bakacak olursanız, bu soruya yanıt bulmada güçlük çekmezsiniz. Tek bir eksen çevresinde günde tam bir dönüşle çember çizen bir sürü yıldız görürsünüz. Bunların birbirinden bağımsız hareket ettiklerini, hareketleri arasındaki düzenli ilişkinin rastlantı olduğunu söylemeye olanak var mı? Tüm yıldızları taşıyan tek bir küreye bakmadığını bir deliden başka kim söyleyebilir? Yıldızların bağlı oldukları bir küre varsa, o zaman, aynı düzenle hareket eden Güneş, Ay ve gezegenlerin de bağlı oldukları dönen küreleri vardır. Kürelerin varlığı böyle bir akıl yürütmeye yüzyıllar boyunca kabul edildikten sonra, insanların bu konuda en ufak bir kuşku duymaları beklenemezdi artık. Astronomi sorunu üzerinde uzun yıllar kafa yoran Kopernik'in bile, aklından kürelerin uydurma olabileceğine ilişkin en küçük bir kuşku geçmemiştir.



Kopernik'e Göre Evren (1543).

Öyle de olsa, kurduğu sistemle küreleri içeren temel düşünceyi yıkmıştır. Onun sisteminde, yıldızların bağlı olduğu düzenli hareketlerin yerkürenin dönüşünün bir sonucu olduğu düşüncesi vardır. Yerkürenin dönüşü yıldızların düzenli hareketini açıklıyorsa, o zaman, yıldızların dönen bir küreye bağlı olduğu düşüncesine yer kalır mı? Bir küre olmasa bile, hatta yıldızlar birbirinden çok uzak mesafelerle ayrı yerlerde olsa bile, görünüş farklı olmazdı. Gerçekte içinde yıldızların rastgele dağıldığı uzayın sınırsız olduğunu düşünmemek için bir neden yoktu. Yıldızlar için bir küre varsayma gereği yoksa, gezegenler için de yok demektir. Kopernik'ten sonra bu tür düşünenler uyanabilirdi, nitekim uyandı da. 16. yüzyılın sonlarına doğru Bruno, merkezsiz, sonsuz bir evren düşüncesini işlemeye, yıldızların her birinin bir Güneş olduğunu söylemeye başladı. Kepler, kürelerin gerektirdiği çembersel hareketi bir yana itip, gezegen yörüngelerinin elips biçiminde olduğunu kanıtladı. Galileo teleskopunun aracılığıyla Bruno'nun hipotezini doğruladı; Samanyolu'nun çok sayıda yıldız kümesinden başka bir şey olmadığını ortaya koydu; Jüpiter gezegeninin bir küreye bağlı olamayacağını, çünkü çevresindeki uyduların gezegenin çevresinde dolaştığını ileri sürdü. Giderek küre düşüncesi geçerliğini yitirdi ve bu düşünceyle birlikte bütünlüğü sarsılan ortaçağ düşünce düzeni çökmeye yüz tuttu.

Bu çöküntünün, 16. yüzyılda düşünen kafalar üzerindeki etkisini yeterince kavramamız kolay değildir. Böyle bir olayın bir daha yaşanması olasılığı yok gibidir; çünkü, daha önce de değindiğim gibi, bizim bilim dünyamız Ortaçağa özgü bütünlükten yoksundur; şimdi bir alanda meydana gelecek bir çöküntü, diğer alanları pek etkilemez. Oysa, Kopernik devrimi tüm bir sistemi altüst etmişti. Değişiklik astronomi çerçevesinde de kalmadı; kürelerle birlikte, Tanrı'nın kutsadığı ruhlar için ayrılmış gök kesimi (cennet) de gider; göksel ve ay-altı kesimleri arasındaki ayırım anlamını yitirir; insanın evren düzeni içindeki yeri tümüyle bir kararsızlık içine itilir.

Astrolojiyi, yani insanın kişilik özellikleriyle yaşam uğraşının göksel cisimlerin konum ve hareketleriyle belirlendiği, dü-

şüncesini ele alalım. 17. yüzyıl ortalarında bu düşünce aydınlar gözünde bilimsel kimliğini yitirir, batıl bir inanç düzeyine düşer. Niçin acaba? Astroloji gücünü şöyle bir akıl yürütmeden alıyordu: Tanrı'nın amaçsız, işe yaramaz cisimler yarattığı düşünülemezdi. İnsan tüm varlığın merkezinde özel bir yer tutuyordu; öyleyse, gezegenlerin insan açısından bizim ortaya çıkarabileceğimiz bir önemi, bir etkisi vardı. Ama bir kez yerkürenin sonsuz sayıdaki yıldızlar arasında sıradan bir yıldızın çevresinde dönen küçük bir gezegen olduğu, insanın evrenin merkezinde özel bir yer tutmadığı gerçeği ortaya çıkınca o akıl yürütme tümüyle geçersiz kalmaktan kurtulamazdı. Bir gezegen üzerindeki insanların alınyazıları neden diğer gezegenlerce belirlenmiş olsun? Bizim bilmediğimiz çok daha önemli başka işleri olabilir; ama o işleri bize yönelik saymak düpedüz bir kuruntu değil midir?

Bu yüzdendir ki, Kopernik devriminin kaçınılmaz sonuçları belirginlik kazandıkça, tepki büyür, ele geçen her araçla yeni görüş bastırılmak istenir. Kurulu düzene bağlı olanların değer saydıkları düşünce, inanç ve görüşlerin yıkılıp gitmesine göz yumacakları beklenemezdi kuşkusuz. Ama biz tüm olaya başka bir açıdan bakabilecek durumdayız. Bizim için o zaman olup bitenler yalnız bir düşünce düzeninin çökmesini değil, yeni bir görüşün, bilimsel bir çağın oluşmakta olduğunu simgelemektedir. Aslında Kopernik'in kendisi, böyle bir çağın hiçbir anlamda öncüsü değildir. Dünya görüşü yönünden tümüyle Ortaçağ düşüncesine bağlıydı. Çalışmasının ileride ne gibi sonuçlara yol açacağını görebilseydi, ilk dehşete kapılan kişi kuşkusuz kendisi olur, oluşturduğu teoriden hemen vazgeçmekten çekinmezdi. Kurduğu teori bir devrim niteliği taşımaktan çok, baştan kestirilemeyen bir devrime yol açıcı bir nitelik taşımaktaydı.

Kısacası, olup biten şuydu: Hareketin anlamı konusunda Batlamyus (Ptolemy) ile Kopernik arasında insanları tereddüde düşürecek bir sorun yoktu. Her şey son derece açıktı: Bir cisim yerküreye göre konumunu değiştiriyorsa hareket ediyor demektir; yoksa durmaktadır. Oysa Kopernik'ten sonra, görüşünüz ne olursa olsun, hareketin başka bir şey demek olduğu olasılığını göz

önünde tutmak zorundasınız. Bir cismin hareketi Güneş'e göre konum değiştirmesi anlamına da gelebilir artık. Benimsediğiniz görüş hangisi olursa olsun, diğerinin yanlış olduğunu göstermeye çalışabilirsiniz; ama düpedüz saçma olduğunu ileri sürüp işin içinden çıkamazsınız. Galileo'nun 17. yüzyıl başlarında "yerel hareket" denilen ve bilimin temelini oluşturan öğretisine yol açan durum da buydu. Bu öğretiye göre, elimizde her biri, değişik sabit hızla hareket eden birkaç cisim varsa, bunlardan herhangi birini yerinde sabit kabul edebilirsiniz. Bunlardan hangisinin gerçekten sabit durduğunu sormaya gerek yoktur; çünkü size uygun geleni seçebilirsiniz.

Basit bir örnek, hareket konusunda sağlanan basitleştirme hakkında bir fikir vermeye yeter. Saatte 60 mil değişmez hızla ilerleyen bir trende iseniz, her şey size sanki evinizde oturuyorsunuz gibi gelir. Aynı rahatlıkla okuyup yazabilirsiniz; havaya bir top atıp, indiğinde tutabilirsiniz. Öyleyse, diye düşünmüştür Galileo, treni yerinde sabit kabul edebilir, koridorunda yürüdüğünüzde saatte 4 mil hızla ilerlediğinizi güvenle söyleyebilirsiniz. Ama Kopernik'ten önce böyle bir iddianın doğru sayılmasına olanak yoktu. Tren koridorunda ilerlerken hızının 4 mil değil 64 mil (yani, trenin hızı + koridordaki yürüyüş hızı) diye hesaplanırdı. Buradaki hesap yeterince basittir. Ancak hareket halindeki cisimler değişik yönlerde, değişik hızlarla ilerliyorsa, tümünü yerküre standardına indirgemeye kalktığımızda ortaya çıkacak karmaşıklık hareketin bağlı olduğu herhangi bir yasayı bulmaya olanak bırakmaz.

Daha sonraki bir bölümde okuyacağınız üzere, Newton bu düşüncenin sağladığı özgürlükten yararlanma yoluna gitmiştir.⁽¹⁾ Gezegenlerin hareketlerini incelerken, Kopernik'in önerdiği gibi, Güneş'i yerinde sabit kabul eder; bahçesinde elmanın yere düşüşünü incelediğinde ise, Kopernik'in karşıtları gibi yerküreyi yerinde sabit kabul eder. Böylece genel çekim yasasının hem gezegenler hem de dalından düşen elma için geçerli olduğunu göster-

(1) Bkz. 7. çeviri metin: "Newton ve Evreni."

meyi başarır; Galileo'nun ilkesine dayanan ve modern bilime temel olan hareket yasalarını oluşturur. Hikâye burada bitmiş değildir, çünkü bilimin daha ne gibi gelişmeler getireceğini tahmin bile edemeyiz. Ama gelişmeler ne olursa olsun, bilimin kendine özgü niteliğinden bilmekteyiz ki, bundan sonraki gelişmeler ister istemez bundan önceki gelişmelerden kaynaklanmış olacaktır. Öyleyse, ileride yeni bilgiler ortaya çıktıkça (belki sizin de katıldığınız bir çabayla), unutmayınız ki, bu ve benzeri gelişmeler yerleşik düşünce düzenini basitleştirme çabasında olduğunu sanan, ama sonuçta bilmeyerek insanlığa yepyeni bir düşünce yönü veren bir kişinin (Kopernik'in) düşünce atılımıyla olanak kazanmıştır.

Bacon ve Deneysel Yöntem

Charlie Dunbar Broad

Cambridge Üniversitesi, Felsefe Profesörü

Bacon'ın yaşamını kalın çizgilerle vererek başlayacağım; öyle ki, okuyucu onun kimliğini ve yaşadığı toplumu kısaca tanıma fırsatı bulmuş olsun. 1561'de, Kraliçe Elizabeth I'in tahta çıkışından iki yıl sonra Londra'da "York House"da dünyaya geldi. Babası, Nicholas Bacon, kraliyet mühürdarıydı, annesi Anne Cook, Kral Edward VI'nın özel öğretmeni Sir Anthony Cook'un kızıydı. Böylece Bacon ailesinin üst düzeyde kamu hizmeti gören bir sınıfa mensup olduğunu söyleyebiliriz.

Bacon daha küçüklüğünde çok parlak zekâsı ile dikkati çekmişti; Kraliçe Elizabeth, onunla konuşmaktan hoşlanırdı. Çok erken bir yaşta (13 yaşındayken) Cambridge Üniversitesi Trinity College'e gönderilir. Burada iki yıl okuduktan sonra, ileride mesleği olan hukuk öğrenimi ve stajına başlar. Kraliçe'nin hizmetinde daha çok yasama ve siyasa işlerine bakar; ancak Elizabeth'in ondan pek hoşlanmadığı, hatta ona yeterince güvenmediği anlaşılmaktadır. Nitekim, kendi döneminde, ona önemli bir görev vermez. Ancak 1603'te Bacon'ı çok beğenen James I'in tahta geçmesiyle ona yükselme yolu açılır. Başsavcı, Mühürdar, Lord Chancellor (Adalet Bakanı) ve nihayet 1620'de Aziz Albans vikontu olan Bacon artık çok varlıklı bir kişidir; ne var ki, ufukta bazı kara bulutların belirmesi gecikmez. Paraya değer vermeyen Bacon son derece müsrif bir yaşam sürmektedir. Yaşadığı dönemde âdet olduğu üzere iş sahiplerinden hediye kabul etmekten çe-

kinmemekte, aldığı hediyelerin tutumunu etkilemediği, bu yüzden rüşvet sayılamayacağını söylemekte ise de, rüşvet suçlamasıyla yargılanmaktan kurtulamaz. Mahkemede suçunu itiraf etmek zorunda kalır, 40.000 Sterling (o zaman için çok yüksek bir para) ödeme cezasına çarptırılır; kamu hizmetine bir daha alınmamak üzere işini kaybeder. Bu olay 1621'de geçer. Bacon daha beş yıl yaşar, ancak o artık tükenmiş biridir. Ölümüne yol açan son hastalığının soğuk algınlığı olduğu söylenir: Bir deney için kışın dondurucu havasında dışarı çıkar; karla doldurulmuş bir tavuğun düşük sıcaklıkta ne kadar süre bozulmadan kalabileceği üzerinde sürdürdüğü araştırma yaşamına mal olur. Bacon, Nisan 1626'da ölür.

Bacon kamu yönetiminde yetenekli ve bir ölçüde başarılı bir hukukçu ve politikacı idiyse de, onu asıl çeken iş bu değildi. Onu içten kavrayan ilgisi, maddenin yapısı ve temel yasalarına ilişkin insanoğluna bilgi sağlayacak bilimsel yöntemi bulmak ve yaymaktı. Bacon böylece insanın doğa üzerindeki egemenliğinin giderek artan bir ölçüde kurulacağına inanıyordu. Doğa yasalarına ulaşmak için çok sayıda gözlem verisine, bunun için de büyük bir araştırma örgütüne ihtiyaç olduğu düşüncesindeydi. Erkek ve kadın çok kalabalık bir araştırmacı grubunun çeşitli düzeylerde örgütlendirilmesini, pahalı bina ve araçların sağlanmasını öngören bir projesi vardı. Çok külfetli bir girişim olacaktı bu. Bacon için bunu gerçekleştirmenin tek umudu, kendisinin yeterince zengin ve kamu gözünde etkin olmasıydı. Ancak böyle bir güçle, kilise ileri gelenlerini, soyluları ve nihayet Kral'ı ikna edebilirdi. Amacına ulaşmak için Bacon, yetkililerin aptallıklarına, kötülüklerine göz yummaya, kaprislerini okşamaya, hatta gerektiğinde onlara yaranmaya hazırdı. Kafasına koyduğu şeyi sonuna dek götürür, üstünkörü davranmazdı. Başarı için durumu son derece titizlikle inceler, hiçbir ayrıntıyı gözden kaçırmazdı. Kanımca, pek çok zeki idealist gibi o da para ve siyasal gücü, çıkar gütmeyen bir amaç için; hiç değilse başlangıçta bir araç olarak görmüş, ne yazık ki, araç olarak gördüğü şey, zamanla amaca dönüşmüştü. Bir kuşku da şu: Gene o türden insanlar gibi Bacon da ken-

dini çok zeki sanma hatasına düşmüştür; ne küçümseyip kullanmak istediği kimseler onun sandığı kadar aptaldı, ne de kendisi onların erişemeyecekleri düzeyde zekiydi. Bacon çevresinde istediği güveni yaratamamıştı.

- Bacon'ı ileriye gören, bakış açısı geniş özgün bir düşünür olarak değerlendirmek, hata ve yetersizliklerini yerli yerine koymak istiyorsak, onu günümüzün bilimsel ölçütleriyle değil, yaşadığı dönemin bilim düzeyine göre ele almalıyız. Örneğin, bilimin temelini oluşturan mekanik henüz ortaya çıkmamıştı. Çağdaşı Galileo (1564-1642) fiziği kurmaya çalışıyor, bir yandan da icat ettiği teleskopla Güneş'te saptadığı lekeleri, ay yüzündeki pürüzleri inceliyordu. Astronomide (Kopernik'e karşı) insanlar hâlâ evreni tam merkezinde hareketsiz duran yerküre ve onun çevresinde dolaşan Güneş ve gezegenlerden oluşan bir sistem olarak görüyorlardı. Ama bilim hızlı bir atılım içine girmişti. Gezegenlerin hareketlerine ilişkin Kepler (1571-1630)'in bulduğu üç temel yasa Bacon'ın yaşam dönemine rastlar. Ancak Bacon'ın ömrü, Newton'ın sahneye çıkışını ve onun, Kepler ile Galileo'nun gözleme dayalı yasalarını kapsamlı bir ilişki içinde açıklayan, hareket yasalarıyla evrensel çekim yasasından oluşan büyük teorisini görmeye yetmemiştir. Gerçi Gilbert (1540-1603)'in, doğal mıknatıslar üzerindeki bulguları biliniyordu; ama ne elektriğin varlığı, ne de onun mıknatısla ilişkisi hakkında bir bilgi vardı henüz. Birtakım reçeteler ötesinde kimyanın bir bilim olarak ortaya çıkması için daha yüz elli yıllık bir sürenin geçmesi gerekiyordu. Bilginler hâlâ Aristoteles'in öğretisi gereğince, yerküre üzerindeki maddelerin dört temel element (toprak, su, hava ve ateş)'ten, yerküreden tümüyle farklı göksel cisimlerin ise "özün özü" diye bilinen bir beşinci elementten oluştuğuna inanıyordu.

Bilimlerdeki bu yetersizliğe koşut teknoloji de son derece geriye. Mekanik enerji sağlayan araç olarak yalnızca saat, su çarkı ve yel değirmeni vardı. Kara taşımacılığın tümü yaya, at sırtında, su üstü taşımacılığı ise kürek veya yelkene bağlı kayak ve mavnalarla yapılmaktaydı. İnsanlar sürekli yerel ve mevsimlik kıtlık tehlikesiyle baş başaydı; zaman zaman nedenini bilmedikleri ve bu

yüzden önleyemedikleri salgın hastalıklara yakalanıp kaderlerine teslim oluyorlardı. Bacon bu çaresizlikten, çaresizliğin yol açtığı kötü sonuçlardan etkilenmişti. “Bilgi kudrettir” diyen Bacon’dan, insanların bir gün ele geçirdikleri kudreti kötüye kullanıp başlarına bilgisizlikten kaynaklanan doğal felaketlerden daha korkunç felaketler açabileceklerini kestirmesi beklenemezdi elbette.

Her ne ise, Bacon, cehaletin ve cehaletten kaynaklanan doğa karşısındaki çaresizliğin insanlar için kaçınılmaz bir alınyazısı olmadığına inanmış bir kişiydi. Cehalet de, ona dayalı çaresizlik de, ne insan zekâsının yetersizliğinden, ne de doğanın düzensizlik ya da içinden çıkılmaz karmaşıklığından kaynaklanıyordu. Bu durumun tek sorumlusu yanlış bir yöntem seçmiş olmamızdı. Bacon doğru yöntemi bildiğinden emindi; insanlık bir kez bu doğru yöntemi benimseyip geniş ölçüde uygulama yoluna gitsin, o zaman, ne artan bilgimize ne de doğa üzerinde kuracağımız egemenliğe hiçbir engel ya da sınır olmayacaktı. Bacon’dan günümüze değin olup bitenlere bakınca haklı olduğunu kolayca görmekteyiz. Hatta, söylediklerinin besbelli şeyler olduğunu bile düşünebiliriz. Oysa bize şimdi son derece açık görünen sözleri o zaman hiç de açık değildi. Tam tersine, geçmiş deneyimlere bakınca Bacon’ın büyük bir öngörüyle ussal bir inancı dile getirdiğini görmekteyiz.

Bacon’ın yanlış diye nitelediği yöntem ya da yöntemler neydi? Doğa ile ilişkimizde onun yanlış saydığı başlıca yaklaşımlar arasında şunlar sayılabilir: Her şeyden önce, kuram, gözlem ve deneyimlerimiz pratik uygulamalardan nerdeyse tümüyle kopuktu. Elde birikmiş bir sürü deneysel bulgu ile birbiriyle ilişkisi kurulamamış çok sayıda ampirik kural ya da reçeteler vardı. Ne var ki, bu deneyler ve kurallar çoğunluk simyagerlerle kocakarların ürünüydü. Bunların büyük bölümü ise yarı-çılgın şarlatanlardan oluşuyordu. İçlerinde dürüst ve akıllı olanlar bile deneylerini yarar arayan pratik amaçlara yöneltmişlerdi. Örneğin, kurşunu altına dönüştürmek, tüm hastalıklarda iyi gelen evrensel bir ilaç bulmak... gibi deneyler. Bu tür deneyler belli bir kuramsal temele dayanmıyordu, amaçları da doğa yasalarını bulmak ya da mad-

denin yapısını incelemek değildi. Üstelik yapılan çalışmalar birbirinden bağımsız kalıyor ve sonuçları tam bir gizlilik içinde tutuluyordu.

Bacon için bilim, hem doğayı anlamamız açısından, hem de doğa güçlerine egemen olma yönünden değerliydi. Kendi dönemindeki fiziğin yararlı pratik uygulamalarının olmamasını, fiziğin yanlış bir yol izlemesine bağlıyordu. Ancak bilim adamlarının tek tek şu ya da bu probleme çözüm arama gibi bir darlık içine düşmelerini de bilim için son derece sakıncalı buluyordu. Ona göre, bilimsel araştırma, iyi düzenlenmiş deney ve deneye bağlı sağlam yargılama yolundan, doğanın temel yapısı ve işleyişine ilişkin evrensel yasaları bulmaya yönelik olmalıdır. Bilim böyle anlaşılmadıkça, ne kuramsal bir başarı beklenebilir, ne de istenen pratik uygulamalara gidilebilir. Elektro-manyetizma, kimya ve tıp alanlarındaki modern uygulamaları gözden geçiren herkes bunların tümüyle olmasa bile geniş ölçüde, Faraday ile Maxwell'in, Dalton ile Avogadro'nun ve Pasteur'ün kuramsal çalışmalarına dayandığını görecektir, Bacon'ın ne denli haklı olduğunu anlayacaktır.

Bacon'ın kendi dönemindeki bilimde bulduğu ikinci kusur, kuramsal nitelikteydi. 12. yüzyılda Avrupa barbarlıktan sıyrılma yoluna girip dış dünyaya yönelik bilimsel ilgiler canlandığında, Antikçağ filozofu Aristoteles'in fizik üzerindeki çalışmaları yeniden okunmaya başlandı. Üstelik ortaçağların en büyük ve etkin düşünürü Aziz Aquinolu Tommaso (1226-1274) tutkun bir Aristotelesçi olarak ortaya çıkar. Beklenebileceği gibi Aziz Tommaso atılgan bir düşünür olarak kuvvetli bir muhalefetle karşı karşıya kalmıştı. Ancak, Aristoteles'in fiziği ve mantığı o zaman var olan bilgilerden öylesine daha iyi, Aziz Tommaso muhaliflerinden o denli üstündü ki, Aristoteles'in yöntem ve kavramlarının tam bir zafer sağlaması güç olmadı; ondan sonra da herhangi bir eleştiriye uğramadan kuşaktan kuşağa olduğu gibi aktarıldı.

Artık bilim adamları tüm bilimsel sorunları gözlemsel olgulara giderek değil, Aristoteles'in yanılmaz yetkisine sığınarak çözme işine koyuldular. Tıpkı günümüz komünistlerinin her sorun-

da Marx, Engels ve Lenin'e sığındıkları gibi. Bilindiği üzere bu tutum, Aristoteles'in fiziği doğru olsaydı bile, bilim yönünden bir yıkım demektir. Oysa, Aristoteles büyük bir düşünür olmakla birlikte, onun asıl gücü doğal tarih ve dedüktif mantık'ın bazı dallarında kendini göstermiştir. Matematik'e uzak kaldığı gibi, fizik ve astronomi kuramları yönünden de diğer bazı Yunan filozoflarından daha düşük durumdadır.

Bacon haklı olarak, Aristoteles'in birkaç yüzeysel gözleme dayanarak ileri sürdüğü birtakım genel ilkeleri gözü kapalı doğru sayan bilim adamlarını kınamıştır. Bu ilkeleri öncül kabul edip doğaya ilişkin sonuçlar çıkarmak ve birbiriyle kılı kırk yaran tartışmalara girmek bu kimselerin bilim adına uğraşları olmuştur. Aristoteles'in "tasım" denen akıl yürütme biçimi bilimsel yöntemin özü sayılıyordu. Örneğin, şu argüman,

Tüm metaller iletkenidir

Tüm bakır teller metaldir

O halde, tüm bakır teller iletkenidir

tasımsal çıkarım biçimine dayanmaktadır. Tasımsal çıkarımların bir bölümü geçerli, bir bölümü ise geçersizdir.⁽¹⁾ Aristoteles geçerli ve geçersiz tasım biçimlerini ayırt etmek için birtakım kurallar koymuştur. Aslında bu küçümsenecek bir başarı değildir. Şu kadar ki, bu başarı halk deyimiyle Aristoteles'in bir bakıma "başına vurmuş" ve gözünde tasımsal çıkarım değerini gereğinden fazla büyüttüştür. Onun yapmada yetersiz kaldığı şey, "Tüm metaller iletkenidir," türünden bir genellemeyi nasıl bulup doğruladığımızın yöntemini bize verememiş olmasıdır. Çünkü böyle genellemeler öncül olarak kullanılmadan tasımsal çıkarıma olanak yoktur.

(1) Öncülleri doğru saydığımızda, sonucu da doğru saymak zorunda isek çıkarım geçerli, aksi halde çıkarım geçersizdir. Örnek geçerli bir çıkarımı göstermektedir. (Çeviren)

Bacon, tartışmada ya da yargı katında, muhalifinizi alt etmede ne denli işe yararsa yarasın tasımsal akıl yürütmenin, doğa yasalarına ulaşmada ya da pratik sorunların çözümünde tümüyle etkisiz kaldığını biliyordu. Ona göre gerekli olan şey, bizi gözlenen olgulardan daha kapsamlı ve köklü genellemelere güvenle götürecektir bir yöntemi bulmaktır; öyle ki, ulaştığımız genellemeyi her adımda olguların sınavından geçirelim, bir tek olguya bile ters düşmediğini kanıtladıktan sonra doğru sayalım.

Bu yöntem ya da sürece “indüksiyon” diyoruz. Kuşkusuz, Bacon’ın da çok iyi bildiği gibi, insanlar bu yöntemi çoğu kez bilinçsiz ya da düzensiz bir biçimde de olsa daima kullanagelmışler. Onun yaptığı bu tür akıl yürütmeyi daha belirgin hale getirmek ve dayandığı genel ilkeleri saptamaktır. Böylece insanlar indüksiyon yöntemini daha sistemli kullanacak, yaptıklarının tam bilinci içinde olacaklardı. Bacon’ın bu konudaki en büyük hizmeti belki de bir genellemeyi kanıtlama sürecinde gözlem ya da deneyin önemini göstermesi, deney sonuçlarından en az birine uymayan genellemenin reddedilmesi gereğini belirtmiş olmasıdır.

Bacon her insanın çoğu kez bilincinde olmadığı birtakım düşünsel düğümlerin etkisinde olduğunu söyler. Bu düğümleri, bizi düşüncelerimizde hatalara sürüklenme eğilimi göstermeleri nedeniyle yakından tanımamız gerekir. Bacon “putlar” adını taktığı bu düğümlerden dört tür ayırt etmiştir. Bunların başında “tiyatro putları” dediği, insanların kimi ünlü kişi veya gruplara ait dogmaları benimseme eğilimleri gelmektedir. “Kabile putları” dediği düğümler tüm insanların paylaştığı bazı zihinsel eğilimleri oluşturmaktadır. Örnek olarak inançlarımıza uygun düşen ya da hoşumuza giden olguları izleme, diğerlerini gözden uzak tutma eğilimlerimizi gösterebiliriz. Bir de “pazaryeri putları” dediği düğümler vardır. Bunlara, atalarımıza ait pek çok yanlış inanç ve gözlemleri içinde taşıyan, çoğumuzun bilinçsiz bir şekilde benimsediği birtakım sözcükler ve tümceler yol açmaktadır. Son olarak, “mağara putları” dediği düğümlerden söz eder, Bacon. Bunlar kişinin mizacına ve yetiştiği ortamın özelliklerine göre değişen, bireysel yanılığ ya da önyargılara kaynaklık eden eğilimlerdir.

Bacon hakkında söylediklerimi, söylemek istediğim daha pek çok şey olmasına karşın, burada kesmek zorundayım. Sonuç olarak şunu da eklemekten geçemeyeceğim: Bacon, dar anlamda bir bilim adamı değildi; onu böyle değerlendirmek de doğru olmaz. Onun bilime sağladığı hizmet yaşadığı dönemde geçerli sayılan kötü yöntemleri eleştirmek, onların yerine geçecek daha iyilerini formüle edip sunmak, bunların izlenmesi halinde ulaşılabilecek sonuçları parlak ve etkili bir biçimde dile getirmek olmuştur. Onda gözden kaçmayan en büyük eksiklik, bilimin gelişmesinde matematik'in oynayacağı yaşamsal rolü görememiş olmasıdır, denebilir. Fakat diğer yönlerden Bacon'ın sergilediği büyük öngörü ve anlayış her türlü övgünün üstünde tutulacak değerdedir. Üstelik düşüncelerini nükteli ve bilgece dile getirmekle İngiliz yazını her zaman övünebileceği bir biçim ve anlatım gücüyle zenginleştirdiğini söyleyebiliriz.

Harvey ve Kan Dolaşımı

Sir Henry Dale

Ulusal Tıp Araştırmaları Enstitüsü

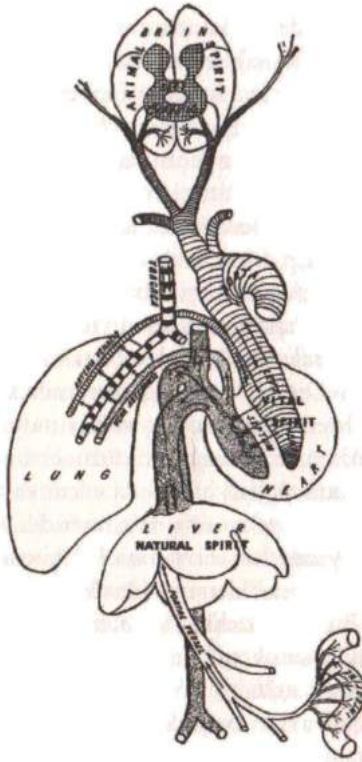
Hemen herkesin, kan dolaşımını William Harvey'in keşfettiğini bildiğini sanıyorum. Bu buluşun pek çok insan gözünde hekimlik için gerekli bilgilerin elde edilmesi bakımından çok önemli bir gelişme oluşturduğu açıktır. Daha da ileri gidecek, modern anlamda tıp biliminin gerçek başlangıcını, William Harvey'in araştırma sonuçlarını içinde toplayan, *Kalp ve Kan Hareketleri Üzerinde Anatomik Bir İnceleme* adlı ilginç küçük kitabının yayımlanması tarihi (1628) olarak gösterebiliriz. Kaldı ki, Harvey'in çalışması doğal bilimlerin tüm dalları yönünden büyük bir önem taşır. Bu çalışma o zaman için henüz çok yeni, hatta devrimsel olan, doğayı gözlem ve deney yoluyla inceleme yönteminin ilk ve çeşitli bakımlardan en doyurucu örneklerinden birini vermiştir. Çünkü, bundan önceki bölümlerde de değinildiği üzere Harvey'e gelinceye dek geçen son bin yıl boyunca Avrupa'da insanların doğayı böyle bir yöntemle inceleme girişimlerine rastlanmamıştır. Antik Yunan filozoflarının kendi gözlemlerine dayanarak kurdukları teorilerin, kilise aracılığıyla, birer dogma niteliğini kazandığını biliyoruz. Harvey'in kendi ilgi alanı olan fizyolojide, Yunan döneminin ünlü hekimi Galen'in, bir ölçüde de Aristoteles'in yazdıkları, yüzyıllarca söz götürmez doğrular olarak benimsenmişti. Öyle ki, bunları şu ya da bu şekilde eleştirmek bir tür günah işlemek, dolayısıyla tehlikeyi göze almak demekti.

Harvey'in yaşam döneminde, insan düşüncesine vurulmuş bu zincirler gevşeme ve kırılma sürecine girmiştir. 1543 yılının bir ayı içinde bilim tarihi yönünden çok önemli iki olaya tanık olmaktadır. Bunlardan biri Kopernik'in Güneş-merkezli sistemi içeren modern astronominin temelini atmış olması; diğeri Padova'da tıp profesörü olan Vesalius adlı bir Belçikalının, gerçek teşrih (diseksiyon) çalışmalarına dayanan insan vücudu anatomisini ilk kez tam ve doğru betimleyen *İnsan Vücudunun Yapısı* adlı kitabını yayımlamış olmasıdır. Daha sonra gene Padova'da profesör olan Galileo'nun, hareket yasalarına ilişkin deneysel araştırması, basit bir teleskopla Jüpiter gezegeninin uydularını keşfetmesi gibi çalışmaları gelir. Genç Harvey, Cambridge Üniversitesi'ndeki öğreniminden sonra tıp öğrenimini tamamlamak için Padova'ya geldiğinde, o öncü bilim adamlarının anıları henüz tazeliğini koruyordu. Harvey'in yanında çalışmaya başladığı anatomi hocaları Fabricius, Vesalius'un hemen ardından, aynı kürsüyü işgal ediyordu. Fabricius'un kendisi toplardamarlardaki kapakçıkların ilk ve tam bir betimlemesini yapmış olmakla tanınıyordu. Harvey bu bilgiyi daha sonra kanın toplardamarlarda yalnızca tek yönlü (yani, kalbe doğru) geçtiği olgusunu ortaya koyduğunda kanın vücutta dolaştığı savını doğrulayıcı önemli bir kanıt olarak kullanır. Görülüyor ki, Padova'da öğrenimini sürdürürken Harvey'in, İngiltere'de çok geçmeden "yeni felsefe" diye adlandırılan, "kişi doğaya ilişkin bilgisini kendi gözlem ve deneyleriyle geliştirmelidir" öğretisinin canlı havasını özümsemesi doğaldı.

Harvey ülkesine dönüp, Londra'da Aziz Bartholomew Hastanesi'nde hekim olarak işe koyulduğunda, doğaya bu yeni yaklaşımın tüm heyecanını taşıyordu. Kaldı ki, bu yeni hava o daha dönmeden İngiltere'yi sarmıştı. Kraliçe Elizabeth I'in hekimi William Gilbert, mıknatısın özellikleri üzerindeki kitabını yayımlamıştı bile. Bu kitap, Gilbert'in, mıknatısla ilgili daha sonraki tüm çalışmaların temelini oluşturan dikkate değer bir dizi gözlem ve deneylerini sergiliyordu. O sırada Francis Bacon da, doğaya yeni yaklaşımı felsefi yazılarında son derece açık ve doyurucu bir dille işliyor, doğa bilgisinin ancak gözleme dayalı induksi-

yonla, teorinin deneysel teste tabi tutulmasıyla gerçekleşebileceği tezini savunuyordu. Gariptir ki, Bacon, Harvey'in hastalarından biri olmasına karşın, önerdiği bilimsel yöntemi o denli başarıyla uygulamakta olan hekiminin çalışmasından, ne o sırada, ne de daha sonraki yazılarında, söz etmektedir. Öte yandan Harvey'in de, Bacon'ı pek beğendiği söylenemez; nitekim ondan söz ederken, Bacon'ın felsefeyi (deneysel bilimi demek istiyor) bir "Lord Chancellor (Adalet Bakanı) gibi" yazdığından yakındığı söylenir. Oysa bilimsel yöntem konusunda ikisinin görüşleri tam bir uygunluk içindeydi. Bacon gibi Harvey de, doğa bilimlerinin ancak deney ve gözleme dayalı indüksiyonla gelişebileceği tezini savunuyordu. Doğayı, "Kitaplardan değil, diseksiyon masasından öğrenebiliriz" tümcesi, kalp ve kan dolaşımı üzerinde yazdığı kitabın önsözünde yer almaktadır. Hayvanların üremesi üzerinde daha sonra yazdığı bir kitabında yeni yöntemi göklere çıkarırken, eski skolastik düşünme yöntemini küçümsemekten kaçınmaz ve şöyle der: "Doğa, tüm genişliği ve zenginliğiyle önümüzde serpilmişken, bilimi başkalarının yazdıklarında aramamız, sorunları kitaplardan derleyip bunlar üzerinde sonu gelmez, anlamsız tartışmalara girmemiz utanılacak bir olaydır. Niçin doğrudan doğanın kendisine gitmiyoruz? Onun önümüzde açtığı geniş yollardan cesaretle yürüeyebiliriz. Kendi duyu verilerimize, giderek daha karmaşık düzeylere çıkan gözlemlerimize dayanarak doğanın gizemli kalbine girebiliriz.

İşte Harvey bu anlayış içinde kan ve kalbin hareketleri üzerindeki çalışmasına koyuldu. Ancak onun başarısını anlamak için daha önceki bilgi düzeyi hakkında bir fikir edinmeye ihtiyaç vardır. Yan sayfadaki şema, bize çok garip gelmekle birlikte, o zaman bile etkisini sürdürmekte olan Galen'in düşüncelerini yansıtmaktadır. Buna göre, mide ve bağırsaklardan özümşenen yiyecek maddelerinin portal (kanı toplar) damar tarafından karaciğere taşındığı, orada kana dönüştürülerek, "venacava" denen büyük toplardamar aracılığıyla kalbin sağ yanına iletildiği, o kesimin genişlemesiyle kanın içteki boşluğa geçtiği sanılıyordu. Yine sanılıyordu ki, kalbin büzülmesiyle kan dışarıya veriliyor, bü-



Galen'e Göre Kan Sistemi.

yük bir bölümü büyük toplardamar ve ona bağlı dallar tarafından tüm vücuda, geriye kalanı ise bizim şimdi “pulmonari arter” dediğimiz akciğer atardamarları aracılığıyla akciğerlere iletiyor. Bir tür gel-git hareketi söz konusuydu: Kalbin sağ yanının genişmesi ve büzülmesiyle kan toplanıp boşalmaktaydı. Peki öyleyse kan, kalbin sol yanına, oradan da vücudun büyük atardamarına (aort’a) ve bronşlarına nasıl geçebiliyordu? Galen sisteminin en kayda değer özelliği de belki buydu. Bu özellik yüzyıllarca doğruluğundan hiç mi hiç kuşku duyulmayan bir teorinin ne

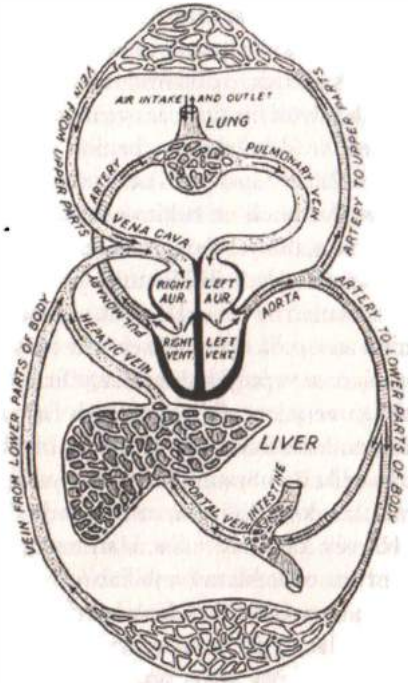
tür kanıtlara dayanabileceği konusunu aydınlatması bakımından da önemlidir. Galen'in açıklaması basitti: Kalbin sağ ve sol karıncıklar arasındaki kalın ve kastan yapılmış bölme tam katı görünüşüne karşın, kanın geçişine elverişli süngerimsi bir yapıdaydı; öyle ki, ona göre sol yana geçen kan, kalbin atışlarına uyarak aort'un aracılığıyla vücuttan toplanıp vücuda yayılmakta, şimdi "pulmonary" damarları dediğimiz, akciğer atardamarları aracılığıyla akciğerlere gidip gelmektedir. Ancak sistemi karmaşıktıran bir iki noktaya değinmeliyiz. Bunlardan biri karaciğer, beyin ve kalbin kendisi tarafından kana yüklendiği sanılan doğal, hayvansal ve yaşamsal ruh türünden birtakım belirsiz niteliklere ilişkin öğretiydi. Diğer, kan gibi havanın da kalbe akciğer damarları aracılığıyla emildiğini içeren varsayımdı. Bununla birlikte Galen sisteminin özünü oluşturan düzenek basitti. Kanın atar ve toplardamarlar aracılığıyla bir yanda vücut ve akciğer, öte yanda kalp arasında gidip gelmesine dayanıyordu. Bu arada bir de kanın, kalbin sağ yanından sol yanına hiç kimsenin görmediği, ancak varsayılan kılsal delikler aracılığıyla membran'dan geçmesi sorunu vardı. Bu kılcal delikleri saptamaya çalışan, ama bulamadığını belirten Vesalius'un bile, Galen'e karşı çıkma cesaretini gösterememiş olması ilginçtir. Aynı şekilde Fabricius da toplan-damarlardaki kapakçıkları betimlemesine ve öğrencisi Harvey'e göstermesine karşın bunların, kanın kalpten akıp gitmesini önleyen yetkin kapakçıklar olduğunu ileri sürmekten çekinmiş, sadece kan akışını yavaşlattığını belirtmekle yetinmiştir. Birçokları gibi o da Galen'e bağlıydı.

Ancak unutmamak gerekir ki, Harvey'in deneysel yoldan saptadığı çift dolaşım sistemi, ondan önce başka gözlemcilerin de dikkatini çekmişti. Özellikle Cesalpino adlı bir İtalyan'ın sistemi keşfetmenin eşğine geldiği bilinmektedir. Ama, keşfi önleyen, Cesalpino'nun başarısızlığında da açıklığa kavuşan bir neden vardı. Bir kez Cesalpino, deneysel çalışan bir bilim adamı değil, felsefede ve o zamanki bilimsel diyebileceğimiz konularda derin bilgisi olan bir kişiydi. Teolojiye tutkuya varan bir ilgisi, tartışmaya özel bir sevgisi vardı. Bu yüzden ne onun, ne de ondan önce ge-

lenlerin yazdıklarının çağdaşları üzerinde önemli bir etkisi olmuştu. Bu yazıları yakın geçmişte ortaya çıkarmak ve şayet doğrudan gözlemlere dayanmış olsaydı, o dönemde ne denli önemli olabileceklerini göstermek büyük bir tarih araştırması gerektirmiştir.

Harvey, İngiltere'ye dönüşünden hemen sonra Londra hekimlerinin Kraliyet Bilim Akademisi'ne üye seçilir; ardından da, Aziz Bartholomew Hastanesi'ne hekim olarak atanır. Bir yandan hastalarıyla uğraşırken, öte yandan geri kalan zamanında deneylerini sürdürür. Bu deneylere ilişkin tuttuğu ve halen Britanya Müzesi'nde saklı bulunan notlarından, kalp ve kanın hareketi üzerindeki incelemesi sırasında en az seksen ayrı tür hayvan üzerinde diseksiyon çalışması yaptığı anlaşılmaktadır. Bu amaçla özellikle balık, kurbağa ve yılan gibi soğukkanlı hayvanları seçmiştir. Çünkü bu hayvanların kalbi, kendileri ölse bile bir süre atmaya devam eder. Üstelik, bu hayvanlarda kalbin yavaş atması çıplak gözle incelemeye olanak verdiği gibi, çalışmayı da kolaylaştırmaktaydı. Böylece, Harvey, kalbin üst odacıklarının veya kulakçıklarının, büzülüp kanı ana odacıklara (veya karıncıklara) nasıl boşalttığını, sonra da bunların büzülerek kanı aort'a ve akciğer atardamarına nasıl yolladıklarını görür; kalpteki ve büyük atardamarların kalp bölmelerinden çıkış yerlerindeki kapakçıkların kan akışını nasıl aynı yönde tuttuğunu saptar. Arka sayfadaki şema bunu göstermektedir.

Harvey, arterlerin bağlandıkları zaman, bağlantı yerinin kalpten uzak tarafında boşaldıklarını, toplardamarlardaki Fabricius kapakçıklarının kan akışını nasıl daima kalbe doğru, fakat vücudun geri kalan kısmından uzak tuttuğunu gözlemledi. Sonra, her atışta ne miktar kanın salıverildiğine, bir dakikadaki kalp atış sayısına bakarak, kalbin yarım saat içinde vücuttaki tüm kanın yarısından fazlasını atardamarlara salıverdiğini hesapladı. Ona göre, bu miktardaki kanın aynı süre içinde kesin özsuları ile karşılaşmasına olanak yoktu. Kaldı ki, kan bir şekilde dokular aracılığıyla atardamarlardan toplardamarlara, oradan da kalbe geçme olanağı bulmadıkça atardamarların çok geçmeden patlamaktan, toplardamarların ise kısa zamanda boşalmaktan kurtulama-



Harvey'e Göre Kan Sistemi.

yacağı kesindi. Bunu gören Harvey şöyle düşündüğünü yazmaktadır: “Çembersel türden bir dolaşım hareketinin olup olamayacağı sorusu üzerinde düşünmeye koyuldum.” Çok geçmeden ikili bir devre sisteminden söz etmek gereğini anlar, gerçekten. Şöyle ki, kan kabin sağ yanından akciğerlere, oradan kalbin sol yanına gidip dönmekle bir devre; sol yanından tüm vücuda, oradan sağ yanına gidip gelmekle diğer bir devre tamamlanmaktadır. Böylece, Harvey düzenli deneylerle kendisinden önce gelenlerin ve Cesalpino’nun akıl yürütme ve tartışma yolundan yaklaştıkları, ama çözemedikleri bir sorunu açıklığa kavuşturmuş oluyordu. Gerçekten, Sir Michael Foster’in *Fizyoloji Tarihi* adlı yapıtın-

da söylediklerine katılmamaya olanak yoktur: Harvey'in büyük başarısı yalnızca kan dolaşımını bulması değildir; teorik düzeyde de olsa başkaları da bu çözüme yaklaştı. Onun asıl başarısı bu çözümü, deneysel yöntemi kullanarak hiçbir kuşkuya yer vermeyecek bir biçimde ortaya koyması ve kanıtlamış olmasıdır.

Ne var ki, Harvey'in çalışması öyküyü noktalamış değildir. Kanın atardamarların (arterlerin) görünebilen en ince dallarından, toplardamarların görünebilen en ince dallarına geçtiğini ve öylece kalbe döndüğünü Harvey kesinleştirmişti. Ancak bunun nasıl oluştuğunu araçsız, çıplak gözle belirlemesi olanaksızdı. Bu bilgi için mikroskopla çalışan Malpighi'yi beklememiz gerekmiştir. Malpighi, mikroskop kullanarak arterlerle toplardamarlar arasındaki ilişkiyi sağlayan kılcal damarlar ağını görüp betimlemeyi başarmıştır. Kaldı ki, Harvey'in akciğerlerde kılcal damar ağından geçen kana ne olduğunu anladığı da söylenemez. Sadece solunum hakkında bir kitap yazmak niyetinde olduğunu açıkladığını biliyoruz. Denebilir ki, çalışmaları iç savaşla aksatılmış olmasaydı daha ileri gidebilirdi. Gerçekten, Harvey, iç savaşta yan tutmamış olmakla birlikte, Kral Charles'ın hekimi olarak kuşku altındaydı; bu yüzden de notlarının büyük bir bölümü yok edilmiştir. Ama onun asıl önemi deneysel yöntemin gücünü ilk kez tüm açıklığıyla ortaya koymuş olmasındadır. Gerçi, Kraliyet Bilim Akademisi (The Royal Society)'nin kuruluşundan üç yıl önce ölür; ama onun açtığı yolda ilerlemeye hazır ve onu tanıyan genç kuşaktan Boyle, Hooke, Mayow, Lower, Christopher Wren gibi aydın kafalar Akademi'de yer almıştı. Nitekim onların çok geçmeden fizik ve kimyayı birer deneysel bilim olarak ele aldıklarını biliyoruz. Son bir nokta: Harvey'in Hekimler Kraliyet Koleji'ne bağışladığı şeyler arasında her yıl tekrarlanan açılış konuşmasında onun şu mesajı genç kuşaklara iletilir: "Doğanın gizemlerini incelemek ve açıklamak yolunda deneysel yöntemle bağlı kalınız!"

17. Yüzyılda Bilimsel Araçların Gelişmesi

S. Lily

Cambridge Üniversitesi, Öğretim Üyesi

Günümüzde bir araştırma laboratuvarına bakacak olursanız, bilimsel çalışma amacıyla yapılmış pek çok aracı görmeden edemezsiniz. Oysa ortaçağlarda bilimle uğraşan hiç kimsenin odasında birkaç basit araç dışında bir şey yoktu. Kuşkusuz, araçla çalışma bakımından kişiden kişiye, bilim dalından bilim dalına bazı farklar yok değildi. Ama genellikle kendine bilim adamı diyen (gerçi “bilim adamı” sözü o zaman daha kullanılmıyordu) bir kimsenin çalışma odasında kitap, kâğıt, kalem, mürekkep hokkası dışında bir şey göze çarpmazdı. Ortaçağ “bilim adamı” doğayı masa başında düşünerek inceleyebileceğini sanırdı.

Modern bilime yol açan değişikliklerden başlıcası, doğayı, düşünerek değil, deneysel yoldan ve özel araçlar yardımıyla öğrenebileceğimiz görüşünün ağırlık kazanması olmuştur. Bu değişiklik, 16. yüzyıldaki bazı gelişmelere dayanmakla birlikte, büyük ölçüde, 17. yüzyılda gerçekleşmiştir.

Bugün fizik laboratuvarlarında gördüğümüz araçların çoğu bilimsel araştırma amaçları için özel olarak hazırlanmıştır. Bilimsel devrimin başlangıç yıllarında durum böyle değildi. Gerçi, yüz yıl öncesine göre bu dönemde (16. yüzyılın sonları ile 17. yüzyılın başlangıç yıllarını kapsayan dönemde) laboratuvarlar araç yönünden daha zengindi. Ama kullanılan araçların çoğu bilimsel amaçlara yönelik hazırlanmış değildi. Bunlar genellikle bi-

lim adamlarının diğer çalışma alanlarından hazır buldukları araçlardı. Örneğin, bunlar arasında en çok “surveyor”ların kullandıkları ölçme araçları, kuyumcu terazileri, marangoz aletleri vb. yer alıyordu. En yaygın kullanılanı da, denizcilikten alınmış araçlardı. Denizcilik o sırada çok hızlı gelişen bir alan olarak araç geliştirme bakımından da bir hayli ilerdeydi.

Örnek olarak William Gilbert’i ele alalım. Gilbert, modern manyetik biliminin öncüsü olan *Mıknatıs Üstüne* adlı kitabını 1600’de yayımlamıştır. Bu kitap, akademik öğrenim görmüş bir araştırmacının başka araştırmacılar için yazdığı, deneysel yaklaşıma dayanan ilk kitap sayılabilir ve bu niteliği ile kitabın konusunu aşan bir önemi vardır. Gilbert’in kullandığı araçlar başta gemi pusulası olmak üzere daha çok denizcilik araçlarıydı. Ancak onun kendi araştırma amaçları için özel olarak yaptığı birkaç önemli araç var ki, bize bu alanda beklenen gelişmeleri bir parça sezdirmektedir. Bu araçlardan biri, onun terrela “minik yerküre” dediği manyetik malzemeden yapılmış küresel yer modeliydi. Gilbert bu modelle “minik yerküre”ye yaklaştırılan mıknatısların pusulaların gerçek yerküre yüzeyinde davrandığı gibi davrandığını göstermek ve böylece yerkürenin manyetik çekimini açıklamak istiyordu.

İşte bilimsel devrimin başlangıç döneminde durum kısaca buydu: Kullanılan araçlar büyük ölçüde pratik sanat kollarından alınıyor, ancak pek seyrek de olsa bilimsel amaçlar için özel araç yapımına gidildiği de oluyordu. 17. yüzyıl ortalarına geldiğimizde durum tümüyle değişmiştir; artık laboratuvarlarda hazır alınmış araçlar değil; araştırma amacına uygun özel yapılmış araçlar çoğunluktadır. Gerçekten bu konuda en büyük gelişme 1600-1670 yılları arasındaki döneme rastlar. Şimdi, bu dönemde geliştirilen araçlar arasında önemli yer tutan bir tanesinin, hava pompası veya tulumbasının, evrimini izleyelim.

Öykü bilim dışı bir alanda başlar. 16. yüzyılda özellikle madencilikte olmak üzere endüstride göze çarpan bir gelişme olmuştur. Madencilik hızlı gelişen bir endüstri koluydu ve maden ocakları giderek büyüyüp derinleşiyor, derinleştikçe onları sel ve su taşıma-

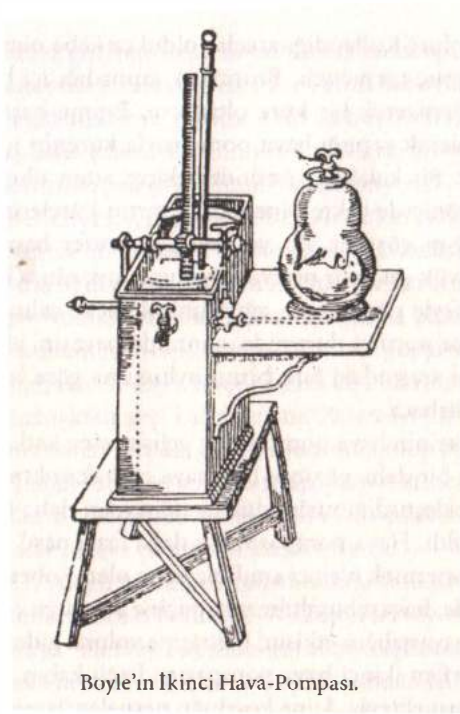
larından korumak güçleşiyordu. Bu sorunu çözmek için madencilerin tulumbaları düzeltme ve geliştirme yolunda büyük bir çabaya girdiklerini görmekteyiz. Ayrıca, o sırada büyüyen kentlerin su ihtiyacını karşılama çabası da tulumba konusunu ön plana çıkarmıştı. Değişik türden pek çok tulumba kullanılıyordu. Bunlardan bizi şimdi ilgilendireni, günümüzde bile kırsal kesimde gördüğümüz emme-basma tulumbadır. Başlangıçta bazı bilim adamlarının tulumbalarla ilgilenmesi, maden kuyularını kurutma ve kentlere su sağlama yolunda yardımcı olma arzusuyla olmuştur. Ama tulumbaların kullanılışı o denli yaygınlık kazanmıştır ki, bunlarla doğrudan ilgilenmeyen diğer birçok bilim adamlarını bile zaman zaman uğraştırmaktan geri kalmamıştır. Zaten iyi bir bilim adamının özelliklerinden biri de, günlük yaşamda olup bitenler arasında bilimsel nitelikte olan sorunları sezip ayırt etmesi değil midir? Tulumbaların çok geçmeden duyarlı bilim adamları için bazı bilimsel sorunlar ortaya çıkarması kaçınılmazdı.

Nitekim 17. yüzyıl biliminin gelişmesinde tulumbaların rolü büyüktür. Bundan önceki bölümde William Harvey ve kan dolaşımı ele alınmıştı. Harvey'i keşfine götüren düşüncelerden biri, kalbi tulumbaya benzetmesi olmuştur. Öte yandan içinizde kiminiz Galileo'nun tulumbalara ilişkin bir sorun üzerinde özellikle durduğunu bilirsiniz. Emme-basma tulumbaların suyu belli bir yükseklikten yukarı çıkarmaması onu düşündüren bir sorundu. Bu sorunun daha sonra bulunan çözümü atmosfer basıncı kavramının ortaya çıkmasına, dolayısıyla barometrenin icadına yol açmıştır. Bunun öyküsünü Bibliyografya'da verilen bir kitapta (bkz. Conant, *On Understanding Science*) bulabilirsiniz.

Buraya kadar su tulumbalarından söz ettik. Ne var ki, 1635 ile 1654 tarihleri arasında Otto von Guericke (ki o sıralarda Magdeburg Belediye Başkanıdır) son derece parlak bir düşünce ortaya atar. Aslında o pratik bir kişidir; Otuz Yıl Savaşları'nda orduda istihkâm mühendisi olarak görev yapmıştı. Öyle de olsa, düşüncesi pratik yaşam kaygılarını çok aşan bir değer taşıyordu. Düşüncesi şu soruda dile gelmekteydi: Emme-basma tulumbayı, su çekmek yerine bir kaptan hava boşaltmada kullanırsak,

sonuç ne olur? Kullandığı araçlar oldukça kaba olmasına karşın, ulaştığı sonuç çarpıcıydı. Bronzdan yaptırdığı içi boş iki yarım küreyi birleştirerek bir küre oluşturur. Emme-basma tulum-bayı örnek alarak yaptığı hava pompasıyla kürenin içindeki havayı boşaltır. Bir kalabalık önünde sekizer attan oluşan iki takım atın ters yönlerde çekmesine karşın yarım kürelerin birbirinden ayrılmadığını gösterir. Bu yoldan o atmosfer basıncının bilinmeyen büyük gücünü ortaya koymuş oluyordu. Guericke, başka bir deneyle de havanın ağırlığını ölçmeye çalışır: İçi boş bir küreyi önce normal durumda, sonra da havasını aldıktan sonra tartar; ikisi arasındaki fark birim oylumuna göre havanın ağırlığını verir kabaca.

Guericke'nin hava pompasının gelişmesine katkısı önemliydi; ancak ona bir deha gözüyle bakmaya olanak yoktur. Geliştirdiği araç, gerçekleştirdiği yarım düzine deneyden daha fazlası için elverişli değildi. Hava pompasından daha fazla nasıl yararlanılabileceğini göstermek birinci sınıf bir deha olan Robert Boyle'a kalmıştı. Boyle, havası boşaltılmış kap içine koyduğu çeşitli nesneler üzerinde havasızlığın etkisini belirleme yoluna gider. Şeması arka sayfada verilen ikinci hava pompasına bağlı kabın sağ yanda yer aldığını görmekteyiz. İçine koyduğu nesneler üzerinde havasızlığın etkisini gözlemek için bu kap camdan yapılmıştı. Deney sırasında, dışardan müdahalelerle, içeri hava girmesine olanak vermeksizin, kabın içindeki nesneler oynatılarak havasızlığın etkisini belirlemek için son derece ince yöntemler kullanılmıştı. Boyle'ın pompasıyla yaptığı ilk deney dizisi 1658 ve 1659 yıllarına rastlar. Sonuçlar 1660'ta yayımlanmıştır. Kendi dönemindeki pek çok bilim adamında görüldüğü gibi, Boyle'ın da bilim sevgisi, bilimin önemli pratik yararlar sağlayacağı inancıyla pekiştirilmişti. Nitekim kitabında, başta gelen amacının, solunum üzerinde daha iyi bilgi edinerek insanoğlunun sağlıklı yaşamına yardımcı olmak olduğunu söylüyor. Öte yandan kitabı okuyanlar, pratik yarar kaygısının ötesinde, ondan daha güçlü başka bir ilginin varlığını sezmekte gecikmezler; bu da, Boyle'ın katıksız bilgi arayışı, deneysel yöntemle yeni şeyler keşfetme tutkusudur. Kullandığı



Boyle'in İkinci Hava-Pompası.

yöntem temelde çok basitti: Aklına gelen değişik nesneleri havası boşaltılmış kaba koymak, havasızlığın bunlar üzerindeki etkisini saptamak.

Örneğin, ince bir ipliğe bağlı bir saati kabın içinde sarkıtır. Kabın havası henüz boşaltılmadan saatin tik, tak vuruş seslerini duymakta bir güçlük yoktur. Ama havası boşaltılınca tik, tak sesleri giderek zayıflar ve kaybolur. Oysa saatin çalıştığı kollarının hareketinden bellidir. Boyle bu deneyle, sesin iletilmesi için havaya ihtiyaç olduğunu göstermiştir. Daha doğrusu, şimdi bildiğimiz gibi, sesi havadaki dalgalar taşımaktadır. Havasız bir yerde ses duyulmaz. Biraz önce saatin çalıştığı kollarının hareketinden bellidir, demiştim. Demek ki, havasızlık sesin duyulmasını engellediği halde, kolların hareketini görmeyi engellememiştir. Başka bir de-

yişle, havanın aracılığı olmadan da, ışık nesneden gözümüze gelmektedir. Bu öylesine açık bir olaydı ki, Boyle ayrıca belirtme gereğini bile duymamıştı. Ama yine de deneyden ses ile ışığın farkını açıkça görmekteyiz: Sesin geçişi hava ortamına bağımlıyken ışığın geçişi bu ortamdan bağımsızdır. Deneyin ortaya koyduğu bu fark bilimin ilerdeki gelişmesi için son derece önemli olmuştur. Aslına bakılırsa, Boyle'ın deneylerinin birçoğu bu tür farkları ortaya çıkarmaya yönelik olmuştur: Ses gibi havaya bağımlı olgularla, ışık gibi havadan bağımsız olgular diye doğada olup bitenleri iki ana sınıfa ayırmak. Örneğin, ışık gibi manyetik çekimin de havaya bağımlı olmadığını belirlemiştir, Boyle.

Boyle kabın içine başka şeyler, örneğin mum ve kömür parçası türünden yanan nesneler de koyar ve görür ki, kaptan havayı boşalttığında bu yanan nesneler sönmektedir. Bu demektir ki, sesin geçişi gibi yanma da havaya bağımlı bir olaydır. Sonra deneyi canlılar üzerinde sürdürür: Kabın içine kuş gibi küçük hayvanlar yerleştirir (şemada, kapta bir fare görmekteyiz). Hava boşaltıldığında, hayvanların solunum güclüğü çektiği, çok geçmeden öldüğü görülmüştür. Böylece havanın solunum ve yaşam için gerekli olduğu anlaşılır. Boyle, bir adım daha ileri giderek, iki olgu arasında ilişki aramaya koyulur: Örneğin, yanma havaya bağımlı bir olaydır, solunum da öyle. Peki bundan bu iki olayın ortak bir özelliği olduğu sonucu çıkarılamaz mı? Boyle bu soruyu bir olasılığa işaret etmek için çekinerek ortaya atar; ama şimdi onun haklı olduğunu biliyoruz. Bilindiği gibi yanmada, yanan nesne havadaki oksijenle birleşir. Solunumda da, havadan ciğerlere alınan oksijen, kan aracılığıyla vücudun diğer bölümlerine taşınır ve gittiği yerde diğer maddelerle birleşerek bir tür yavaş bir yanma oluşur. Bu noktanın açıklık kazanması yüz yıldan fazla zaman alır, ama ilk adımı Boyle atmıştır.

Boyle'ın hava pompasıyla yaptığı deneylerin birçoğuna değinmedim bile. Bunlar arasında dolaylı olarak ortaya çıkan bir sonuç var ki, değinmeden geçemeyiz: Şimdi "Boyle Yasası" dediğimiz, bir gazın basınçla oylumu arasındaki ters ilişkinin keşfi. Fizik okuyan herkes, onun ne demek olduğunu bilir.

Sözünü ettiğimiz hava pompası, 17. yüzyılda icat edilen pek çok araçtan yalnızca bir tanesiydi. Bunlardan bir diğeri de teleskoptu. Teleskopun kökeni oldukça karanlıktır; ancak onun bilimsel araç olarak değerini ilk kez 1609'da anlayan ve ortaya koyan Galileo olmuştur. Teleskopu kullanarak Galileo, Jüpiter'in çevresinde dönen uyduları keşfeder. Önceki bir bölümde Profesör Dingle, bu keşfin, Kopernik'in Güneş-merkezli sisteminin kabul edilmesinde oynadığı büyük rolü belirtmişti. Ne Kopernik döneminde, hatta ne de yüzyıllar sonra Kopernik teorisini doğrulayan kanıtlar yoktu ortada. Yalnızca olguları açıklamada ve yapılan hesaplamalarda çok daha kolay ve basit olduğu gösterilerek savunuluyordu. Galileo, Jüpiter'in uydularının gezegen çevresinde dolaştıklarını görünce, bunun Güneş-merkezli sistemin bir minyatürü olduğu düşüncesine ulaşmakta gecikmedi. Benzeyişe dayanarak, Kopernik teorisinin doğruluğunu ileri sürebilirdi.

Dahası var: Galileo, yeni teleskoptan yararlanarak, gökteki samanyolunun aslında, çıplak gözle birbirinden ayırt edemediğimiz çok sayıda yıldızdan oluşan bir küme olduğunu ortaya koyar. Güneş lekelerini de keşfeder; böylece göksel cisimlerin pürüzsüz, yetkin nesneler olmadığı ortaya çıkar. Ay yüzündeki dağları saptar; gölgelerini ölçerek kabaca yüksekliklerini hesaplar. Bu saydıklarımız yalnızca bir başlangıçtı; yüzyılın kalan bölümünde teleskop astronomide gerçek bir devrim etkisi yapar.

Hava-pompası ve teleskoptan başka 17. yüzyılda ortaya çıkan bilimsel araçlar arasında mikroskop, termometre, barometre, sarkaçlı saat gibi daha bir sürü araç yanında ölçme konusunda sağlanan gelişmeler sayılabilir. Biz yalnızca hava pompası ve teleskop aracılığıyla yapılan keşiflerin bazılarına değindik; oysa bunlar gibi daha yirmi kadar aracın yol açtığı çok sayıda çarpıcı keşif göstermeye olanak vardı. Bunları tümüyle göz önüne aldığımızda, 17. yüzyılda bilimin gösterdiği hızlı ilerlemeyi bilimsel araçlara borçlu olduğumuzu anlarız. Daha kesin bir anlatımla söylersek, yüzyıllarca "bilimsel" çalışmalarında olup bitenler üzerinde sadece kafa yormakla kalan ya da en çok bilinen basit deneylerin ötesine geçmeyen bilim adamlarının, 17. yüzyılda nihayet

doğanın gerçeklerini ancak bu amaçla hazırlanmış araçlara dayanan gözlem ve deneylerle öğrenebileceğimizi anladıklarını görmekteyiz.

Demek ki, ilk çıkaracağımız genel sonuç şudur: Bilimsel araçlar tarihte ilk kez 17. yüzyılda büyük ölçüde kullanılmış ve bunun bir sonucu olarak hiçbir dönemde görülmeyen bilimsel keşif ve ilerlemeler sağlanmıştır. Hepsi bu kadar da değil. Daha önemlisi, araçlı çalışmayla modern bilimi niteleyen deneysel yöntem sağlam bir zemin üzerine oturur. Kuşkusuz araçsız da bazı deneyler yapılabilir; ama bunların sayısı birkaçı geçmez. Üstelik bu tür deneyler, fazla bir sonuç vermediği gibi deneysel yöntemin eski yönteme (sadece düşünerek gerçeği araştırma yöntemine) üstünlüğünü de yeterince göstermemektedir. 17. yüzyılda, araçla birleşen deneysel yöntem öylesine etkinlik kazanır ki, üstünlüğü çok kısa bir sürede tartışmasız kabul edilir.

Öte yandan, değindiğimiz noktalar bilimin öteki yaşam koşullarından nasıl etkilendiği hakkında da bize bir fikir vermektedir. Hatırlanacağı üzere, hava-pompasına, madenciliğin ilerlemesiyle yaygınlaşan emme-tulumbaları yol açmıştı. Kuramsal olarak emme-tulumbaların yaygın kullanılmadığı bir ortamda da hava-pompasını bulmaya olanak vardır. Ama bu son derece zayıf bir olasılıktır. Bu nedenle, hava-pompası ancak madenciliğin geliştiği bir ortamda ortaya çıkabilirdi, diyebiliriz. Kuşkusuz ne eskiden, ne de günümüzde bilimsel araçları tümüyle ve doğrudan endüstrinin ürünü saymak doğru olmaz. Ancak bu tür araçların ortaya çıkması için endüstrinin belli bir düzeye erişmiş olması gerektiği de yadsınamaz. Bu noktayı tam aydınlatmak için daha fazla ayrıntıya inmek gerekir. Ne var ki, Boyle'ın hava-pompasına ilişkin çalışmalarını içeren kitabını okuduğumuzda, deneylerin pek çoğu için zamanın en yetenekli usta ve teknisyenlerine başvurduğunu görürsünüz. Oysa, yüz yıl önce böyle bir gereksinme söz konusu değildi; üstelik o araçların yapımı için teknik bilgi yeterli değildi. Kaldı ki, Boyle'ın bile, ara sıra, tasarladığı kimi deneylerini, gerekli aracı yapacak usta ya da zanaatçı bulamadığı için gerçekleştirememekten yakındığını görüyoruz.

Bu beni başka bir noktaya getirmektedir. Tarih boyunca tüm dönemlerde bilim adamlarının ellerindeki araçlardan daha iyisini yapacak usta ve teknik beceriyi bulma olasılığı daima var olmuştur. Ama değişik biçimde sürdürülen kendini beğenmişlik, bilim adamını mütevazı işçi ve ustadan herhangi bir şey öğrenmekten alıkoymuştur. Pratik sanatlarda çalışanların uğraşları, bilgin geçinenlerin el şüremeyecekleri kadar aşağı görülüyordu. Bu yüzden ustanın becerisi ve araçları “bilimsel” çalışmanın dışında kalmıştır. 16. ve 17. yüzyılların ayırıcı bir özelliği bu “kendini beğenmişliğin” bu dönemde silinmeye yüz tutmuş olmasıdır. Nitekim Gilbert, Galileo, Guericke ve Boyle gibi seçkin bilim adamlarının, usta ve zanaatçılardan elden geldiğince birtakım şeyler öğrenmekten, onların araçlarından yararlanarak amaçlarına uygun yeni araçlar geliştirmekten kaçınmadıklarını görüyoruz. Örneğin, Gilbert, gemi kaptanlarından, denizcilik alanındaki diğer ustalardan araç edinme yoluna gitmiştir. Yine Galileo yazdığı en önemli kitabında Venedik Tophanesi’ndeki ustalardan çok şey öğrendiğini belirtmekten geri kalmaz. Boyle’a gelince, o daima pratik sanatların bilimden olduğu kadar, bilim adamlarının da usta ve zanaatçılardan öğreneceği çok şey olduğu üzerinde durmuştur. 17. yüzyılın bu bilim adamları, pratik sanatlardan ve ustalardan işlerine yarayan her türlü bilgi, beceri ve deneyimleri alarak kendi kuramsal öğrenimlerinin sağladığı bilgi ve anlayışla birleştirmesini bilmiş ve bundan bugün bildiğimiz bilimsel araçları ve deneysel bilimi yaratmışlardı. 17. yüzyıl bilim adamlarının kendini beğenmişlikten kurtulup bu yeni yaklaşımı nasıl benimsediklerini bu yazıda açıklamaya olanak yoktur. Sadece şunu söyleyebilirim: Bu değişikliğin, endüstrinin artan öneminden, toprak sahibi eski aristokrasi karşısında yaşamını sanayi ve ticarete bağlamış kişilerin büyüyen etkisinden kaynaklandığı düşünülebilir.

Newton ve Evreni

Herbert Butterfield

Cambridge Üniversitesi, Modern Tarih Profesörü

Buraya kadar, Bilimsel Devrim'in değişik yönlerini gözden geçirerek, 17. yüzyılda, hem bilimsel yöntemde, hem de düşünme biçiminde gözlenen değişiklikleri inceledik. Öykümüz, can alıcı doruk noktasına, yüzyılın son çeyrek bölümünde Sir Isaac Newton'la ulaşır. Bu aşamada, yeni yöntem anlayışının tümüyle egemen kesildiğini, yepyeni bir evren düzeninin ortaya çıktığını görmekteyiz.

1670 ve 1680'lerde, özellikle Londra ve Paris'te etkinlik gösteren çok sayıda bilim adamı yeni bir dönemin ortaya çıktığını simgeliyor, toplumsal düzeyde gözle görülür bir heyecan ve uyanışın canlılığı yaşıyordu. İngiliz Kraliyet Bilim Kurumu (The Royal Society) ile Fransız Bilimler Akademisi (Académie des Sciences) kurulmuş, böylece bilim adamları arasında iletişim ve işbirliği büyük ölçüde artmıştı. Bir yandan "periyodik" türünden yayınlarla yeni buluş ve çalışmalar hemen duyurulurken, öte yandan tartışmalı toplantılarla bilgi alışverişi gerçek bir etkinlik kazanıyordu. Bilimsel kuruluşların bir başka yararı daha vardı: Geçmişte deneysel çalışmaları yürüten kişiler masraflarını da yüklenmek zorundaydılar; oysa bilimsel kuruluşların ortaya çıkmasıyla tek tek kişilerin çoğu kez altından kalkamadıkları ağır masrafları karşılamak daha bir kolaylaştı. Aynı dönemde, özellikle XIV. Louis Fransa'sında, halkın, kimi kez soyluların, seçkinlerin ve yabancıların da katıldığı büyük kalabalıkların bilimsel kon-

feranslarla deneysel gösterilere üşüşüğünü görmekteyiz. Bilime, yeni düşünce ve buluşlara karşı, geniş halk kesimlerini saran canlı bir ilgi göze çarpmaktadır. Başka bir şeye daha tanık olmalıyız: Bilimi “popülerize” etme yolunda yoğun bir çaba. Fransız yazarı Fontenelle’nin, bilimi, bayanların son çıkan bir romanı okudukları gibi kolayca izlemeleri için özel bir çalışmaya koyulduğunu biliyoruz.

Değişen durumu kavramak için, Newton’a gelinceye dek geçen yüzyılı gözden geçirmemiz ve bu dönemde yer alan gelişmeleri, Bilimsel Devrim’i oluşturan atılımları, yakından bilmemiz gerekir. Her şeyden önce unutulmaması gereken bir nokta var: Sir Isaac Newton büyük bir bilimsel gelişmeyi, deyim yerindeyse, taçlandırma olanağını değerlendirmiştir. Gerçekten, onun başarısı, kendisinden önce gelenlerin bulgularını toplamak, bunlardan tümüyle özgün bir senteze ulaşmak olmuştur, denebilir. Her şeyden önce, şunu belirtmeliyiz: Kopernik’in teorisi gökte olup bitenlerin doyurucu bir açıklaması olmaktan uzaktı. Yerkürenin kendi eksenini çevresindeki dönüşüne ilişkin tartışmalar, ölümünden neredeyse altmış yıl geçtikten sonra (yani, 16. yüzyılın sonlarına doğru) ancak yoğunluk kazanmıştır. Hatta o zaman bile dünyayı sarsan şeyin Kopernik’in teorisi olduğu söylenemez. Kiliseyi ayağa kaldıran başka yeni fikirler ve buluşlar vardı. Bunlardan ilki 1572’de yeni bir yıldızın ortaya çıkmasıydı. Çok parlak olan bu yıldız gökte ancak iki yıl kalır, sonra kaybolur. Böyle bir olay sarsıcıydı, çünkü yetkin sayılan göklerin ve göksel cisimlerin değişmesi, yenilerinin ortaya çıkıp kaybolması olanaksız görülüyordu. Bu olayın arkasından 1577’de yeni bir kuyruklu yıldız ortaya çıkar; yerleşik teoriye bağlı kalmak giderek güçleşmekteydi. Kopernik’ten sonraki dönemde gözlem tekniklerinde meydana gelen gelişmeler, yerleşik teorinin tam tersine, bu kuyruklu yıldızın Ay ötesi yüksekliklerden, geçilemez sanılan kristal küreler yoresinden geçtiğini kuşkuyla yer vermeyecek bir biçimde kanıtlıyordu.

Bu olaydan önce insanlar, “kuyruklu yıldız” dediğimiz bu nesnelerin, yerküreden çıkan dumanların atmosferin üst kesiminde

toplanıp tutuşmasıyla oluştuğunu sanıyor, bu nedenle onları göksel nitelikte görmüyorlardı. Oysa bu olay, kuyrukluysıldızların da öteki göksel cisimler türünden olduğunu ortaya koyduktan başka, göklerde de birtakım beklenmeyen düzensizliklerin olabileceğini gösteriyordu. Kopernik teorisini bile içine sindiremeyen kimseler, şimdi artık eski teorinin, hiç değilse bir ölçüde, yanlış olabileceğine inanmaya başlamışlardı. Hatta bunlardan bazıları, tüm tutucu görüşlerine karşın, birbiri içine yuvalanmış ortak-merkezli kristal kürelerin gerçekte var olmadığı, Güneş'in, yıldızların ve gezegenlerin hiçbir şeye bağlı olmaksızın, uzayın boşluğunda yüzdüğü düşüncesine yer veriyorlardı. Daha da ileri gidip, "astronominin yenilenmesi" diye nitelenen tüm sistemin gözden geçirilmesi çağrısında bulunanlar vardı. Bu çağrı göksel cisimlere ilişkin gözlemlerin gözden geçirilmesi ve düzeltilmesi çabasına dayanıyor, yoksa Kopernik'in yaptığı gibi, yeni bir sistem oluşturma amacını içermiyordu. Nitekim, gözlemsel çalışmalarıyla tanınan Danimarkalı astronom Tycho Brahe, Kopernik teorisini benimsememiş, yalnızca teleskopun icadından önce, gözlemlerin elden geldiğince yetkin olmasını sağlamaya çalışmıştı. Aslında Tycho Brahe, uzlaşıcı bir çözüm ortaya koymaktan da geri kalmamıştı. Onun da, 17. yüzyıl boyunca değişik biçimleriyle bir tür moda haline gelen, Kopernik teorisi ile eski teori arasında bir teori oluşturduğu bilinmektedir. Tycho'nun teorisine göre, Kopernik sisteminde olduğu gibi, gezegenlerden bazıları Güneş çevresinde, Güneş ile diğer gezegenler ise yerkürenin çevresinde dolaşmaktaydı.

Ama gene de, göksel cisimler uzay boşluğunda bir şeye bağlı olmaksızın dönüp dolaşıyorsa, bunların konumlarını ve izledikleri yolları neyin belirlediğini kestirmek güçtü. Bu yüzden pek çok kimse, William Gilbert adında bir İngiliz deneycisinin o sırada ilginç gelen görüşüne katılmaktan kendilerini alamaz. Gilbert, yerkürenin bir tür mıknatıs olduğunu düşünmüş ve göksel cisimleri yerlerinde bu kocaman mıknatısın tuttuğunu ileri sürmüştü. Böylece, "çekme" kavramı ilk kez tartışmaya girmiş oluyordu.

Entelektüel yönden daha büyük sarsıntıyı Galileo yarattı. Teleskopuyla Güneş yüzündeki lekeleri keşfeden Galileo, göksel cisimlerin sanıldığı gibi kusursuz özel bir maddeden yapılmış olmadığını ortaya koyuyordu. Ancak gel-git olayının yerkürenin hareket halinde olduğu görüşünü kanıtladığını, okyanusların kabarıp çekilmesinin içinde bulunduğu kabın sallantısından doğduğunu söylediğinde pek az kimse inanmıştı ona.

Soruna yalnızca astronomi bilimi açısından baktığımızda, tüm bu buluş ve değişik fikirlerin, insanların zihinlerini altüst ettiğini ve herkesin, kendine göre, bir dünya görüşü arayışı içine düştüğünü görürüz. Fakat bunun da ötesinde, özellikle 17. yüzyılın ilk otuz yılında, tümüyle değişik bir alanda, değişik bir sorun olan hareket konusunda, yoğun bir araştırma göze çarpmaktadır. Bu çalışma astronomi yönünden de yararlı olmuştur; çünkü, göksel cisimleri hareket halinde neyin tuttuğu sorusu yanıtsızdı henüz. Kaldı ki, bu hantal yerküreyi harekete sevk eden gücün ne olduğu açıklığa kavuşturulmadıkça Kopernik teorisini doğru sayma çok güçtü. Hareket konusunda Galileo'nun yeri özellikle önemlidir; çünkü, bizim şimdi "eylemsizlik ilkesi" dediğimiz modern öğreti üzerindeki çalışmaları sonuçlandıran bilim adamı odur. Galileo'ya göre bir cisim bir kez hareket halinde ise, onun hareketini neyin sürdürdüğünü sormamıza gerek yoktur; hareket bir dış engelle karşılaşmadıkça, kendiliğinden sürüp gider. Hareketi ancak bir dış kuvvet durdurabilir, yavaşlatabilir, hızlandırabilir ya da yönünden saptırabilir. Başka bir deyişle, açıklanmaya muhtaç şey hareketin kendisi değil, durdurulma, yavaşlama, hızlanma ya da saptırılma gibi uğradığı değişikliktir. Galileo'nun ulaştığı bu sonuç çok geçmeden Descartes'ın elinde "eylemsizlik yasası" adı altında kesin biçimini alır: Hareket halindeki her cisim, hareketini, bir doğru üzerinde sonsuza dek sürdürme eğilimindedir.

Böyle bir ilke fizik bilimi için gerekliydi; çünkü harekete ilişkin eski öğreti, mermi gibi atılan cisimlerin hareket biçimini rasyonel bir yoldan açıklamada yetersizdi. Eski öğretiye göre, hareket halindeki bir cismin hareketini sürdürmesi, ancak iten ya da çeken bir kuvvetin etkisiyle mümkündü. Bu doğru ise, yайдan

uzaklaşan bir okun ya da namludan çıkan bir top mermisinin hareketini iten ya da çeken bir kuvvet olmadığı halde, nasıl sürdürdüğünü açıklamaya olanak yoktur. Oysa, bir kez, hareket halindeki her cismin bir engel çıkmadıkça hareketini bir doğru üzerinde sürdüreceği ilkesi doğru sayılınca, pek çok şey daha açık ve daha anlaşılır olmaktadır. Ancak eylemsizlik ilkesi hareketin teğet doğrultusunda sürmesini içermesine karşın, göksel cisimlerin, örneğin ünlü astronom ve matematikçi Kepler'in gezegenler için gösterdiği gibi, neden elips çizdiğini açıklayamıyordu.

Bilinçli ya da bilinçsiz insanlarda, yerküre üzerindeki hareket açıklanırsa, göksel cisimlerin hareketini açıklama da olanak kazanır gibi bir inanç, kendini göstermeye başlar. Başka bir deyişle, göksel cisimlerin kendine özgü bir maddeden yapıldığı, dolayısıyla hareketlerinin başka yasalara bağlı olduğu inancı gücünü yitirmekteydi. Bu nedenle dinamik biliminin temeli, ister istemez, yani astronominin gelişmesi için büyük önem taşıyacaktı. Bu önemi kavrayan Galileo, bu iki bilimi (dinamik ile astronomiyi) birbirleriyle kaynaştırma çabasına girmiş, hem yerküreye ait hareketleri hem de göksel hareketleri aynı yasalarla açıklamaya çalışmıştır. Galileo aynı zamanda yerkürenin kendi eksenini çevresinde döndüğü savına karşı yöneltilen önemli bir itirazı da çürütmeye yardım etmiştir. Onun bu konuda kullandığı argümanı şöyle dile getirebiliriz: Yerkürenin döndüğünü fark etmeyiz, çünkü yerküreyle birlikte, hava dahil dünya üzerindeki her şey döner; tıpkı gemi kamarasında her şey gemiyle birlikte hareket ettiği için geminin yerinde hareketsiz kaldığı izlenimine kapılmamız gibi. Bu argüman, yerkürenin hareket halinde olmasına karşın, yerinde nasıl sabit durduğu izlenimini verdiğini açıklamaktadır; ancak Güneş'in değil yerkürenin hareket ettiğini ispatlamamaktadır.

Bu gelişmelerin yanı sıra, bilimsel düşüncenin başka bir alanında da birtakım yeni gelişmelere tanık olmaktadır. Bu alan "yerçekimi"ydi; ama pek az insan, ileride astronomiye ilişkin sorunların çözümünde bu gelişmelerin oynayacağı rolün önemini o zaman kavrayabilmişti. Hatırlanacağı üzere kökü Aristoteles'e uzanan eski teoriye göre, cisimler evrenin merkezi ile çakışan yer-

kürenin merkezini “arzuladıkları” için serbest bırakıldıklarında yere düşmekteydiler. Örneğin, bu görüşe göre buradan Mars gezegenine bir miktar taş ya da toprak taşınacak olsa bile, serbest bırakıldıklarında yerküreye düşme eğilimini gösterirler. Oysa göksel cisimler ağırlığı ve gravitesi olmayan maddeden oluştuğu için yerküreye düşme eğilimleri yoktur.⁽¹⁾ Şimdi, yerkürenin Güneş çevresinde döndüğü doğruysa, böyle bir görüş savunulamazdı artık. Çünkü Güneş çevresinde dönen yerküre, evrenin merkezi olamazdı; oysa gravite, evrenin merkezine yönelme eğilimi sayılıyordu. İşte bu nedenle, bir aralık, şöyle bir görüşün ortaya atıldığını görürüz: Yerküre gibi ay da, Güneş de birbirinden bağımsız merkezler olarak çekim (gravite) gücüne sahiptir. Daha önce Kopernik, maddenin kürelerde toplanma eğilimi nedeniyle nesnelerin Güneş’e, Ay’a ya da yerküreye çekileceğinden söz etmişti. Daha 17. yüzyıl başlarında gravitenin bir tür manyetik çekim olduğu; kütlesi büyük bir cismin kütlesi daha küçük bir cismi, aralarındaki mesafeye göre değişen bir kuvvetle çektiği görüşü yaygınlık kazanmaya başlamıştı. Bir süre sonra, daha az yaygın olmakla birlikte, çekimin kütleler arasındaki mesafenin karesiyle ters orantılı olduğu düşüncesinin yer aldığını görmekteyiz. Hatta birisi bir adım daha atarak, çekimin Güneş’e, Ay’a ya da yerküreye özgü bir olay olmadığını evrende var olan irili ufaklı tüm maddede parçacıklarının birbirini karşılıklı çektiğini savunur. Eski görüşe göre, elmanın yere düşmesi, elmanın ait olduğu yere, yerkürenin merkezine ulaşma eğiliminden doğan bir olaydı; oysa şimdi tam tersine, kütlesi büyük yerkürenin elmayı çekmesi biçiminde yorumlanıyordu aynı olay. Çekim sorununa tümüyle değişik bir açıdan bakılıyordu artık. Son derece modern olan şu görüş bile ortaya atılmıştı: Yerkürenin çekim gücünün etkisi olmasa, Ay bir teğet doğrultusunda uzaklaşıp gider.

Görüldüğü gibi, 17. yüzyılda önce göksel cisimlerin hareketine, sonra yerküreye ait cisimlerin hareketine, daha sonra da gra-

(1) “Gravite” terimi cisimlerin birbirini çekme ya da yerkürenin merkezine yönelme eğilimini dile getirir. (*Çeviren*)

vite ilkesine ilişkin çeşitli düşünceler ortaya atılmıştır. Ne var ki, bu düşünceler henüz hiç kimsenin kafasında tutarlı bir bütünlük kazanmamıştı. Kimisi hareket konusunda doğru düşünürken, çekim konusunda yanlış düşünüyor; ya da tersine, çekim konusunda doğru düşünürken, hareket konusunda yanlış düşünüyordu. Henüz kimse değişik konulardaki doğruların bir araya getirilmesiyle kendi içinde uyumlu bir teorinin oluşturulabileceğini aklına getirmiyordu. Üstelik böyle bir teoriye olanak sağlayacak başka bir bilim dalının aydınlığa kavuşması gerekiyordu. Çembersel hareket ve bizim şimdi “merkez-kaç” dediğimiz kuvvet eski çağlardan beri insanlar için daima ilginç olmuştur. Bu konularda büyük Galileo’nun bile tam aydınlık içinde olduğu söylenemez. Ancak 1659’da, ünlü bilim adamı Huygens sorunu çözümlemeye koyulur; bir sapan ucunda çembersel çevrilen bir taşın teğet doğrultusunda kaçıp gitmesini önleyen kuvvetin formülünü bulur. Bu formül sorunun kesin çözümünde yaşamsal rol oynar; birbirinden bağımsız görünen doğruların bir teorinin bütünlüğünde kaynaştırılması böyle olanak kazanır.

Sir Isaac Newton, 1665-1666 yıllarında parça parça doğruları seçip bir teorinin bütünlüğünde birleştirme düşüncesine ulaştığı zaman, üniversite öğrenimini henüz yeni bitirmiş genç bir delikanlıydı. Göksel cisimlerin uzay boşluğunda yüzdüğü, evrendeki tüm cisimlerin, bu arada göksel cisimlerin, birbirini belli bir kuvvetle çektiği ve bu kuvvetin cisimlerin birbirine görecel kütleleriyle doğru, aralarındaki mesafenin karesiyle ters orantılı değiştiği... gibi başlıca öğretileri benimsemişti. Dahası var: Galileo’nun, daha sonra Descartes’ın, formüle ettiği eylemsizlik ilkesini gezegenlere uygulayarak hareketlerini açıklamaya çalışır. Şöyle ki, gezegenler de hareket halindeki her cisim gibi, hareketlerini doğru bir çizgi üzerinde sürdürme eğilimindedir. Ancak, havaya atılan bir top mermisinin kendi ağırlığı nedeniyle yere doğru bir eğri çizerek çekilmesi gibi, gezegenler de gravite etkisiyle eliptik bir yörünge izlemeye zorlanır. Newton, Ay’ı bir teğet doğrultusunda kaçma eğiliminde olan sapan ucundaki taş benzettir. Onu yörüngesinde tutan kuvvet, gezegenlerde olduğu gibi, gravite etki-

sidir. Newton, Ay'ı yörüngesinde tutan kuvvetin, dalından kopan elmayı yere çeken kuvvete (yani, gravitasyona) matematiksel olarak eşdeğer olduğunu hesaplar. Gerçekten, elmayı yere çeken kuvvetle, Ay'ı yörüngesinde tutan kuvvet (görecel ağırlık ve mesafeler dikkate alınmak koşuluyla) aynı kuvvettir.

Newton, hesapladığı gravitasyon kuvvetini göz önüne aldığında, gezegenlerin Güneş çevresinde çizdiği yörüngelerin, Kepler'in belirlediği şekilde, eliptik olması gerektiğini matematiksel olarak gösterir. Ancak bazı nedenlerle, ilk hesaplamalarını doyurucu bulmaz; kendisini rahatsız eden kuşkularını giderinceye dek ulaştığı sonuçları aradan yirmi yıl geçtikten sonra yayımlar. Bu arada yerküre üzerinde ve gökyüzünde daha önce yapılmış ölçmeleri düzeltici birtakım yeni gözlem sonuçları elde edilmiştir. Newton, ulaştığı sonuçları 1687'de çıkan *Principia* adlı yapıtında toplar. Bu kitapla Bilimsel Devrim doruk noktasına ulaşır. Newton'ın, sistemi kurmak için bir araya getirdiği ilke ve düşüncelerin bir bölümünü yeniden oluşturmak durumunda kaldığı söylenebilir; çünkü bunlar daha önce başkaları tarafından bulunmuş olsa bile çoğunluk bilinmemekteydi. Örneğin, merkez-kaç ve gravite'ye ilişkin matematiksel formüller daha önce bulunmuş, ancak yayımlanmamıştı. Ayrıca hem Newton'ın hem de kendisinden önce gelen diğer bilim adamlarının bazı çalışmaları, gerekli matematiksel araçların yeterince geliştirilememiş olması nedeniyle beklenen sonucu vermemiştir. Newton'ın, bu güçlüğü üstesinden gelmek için kendi çalışmasında gerekli gördüğü matematiksel teknikleri de geliştirdiği bilinmektedir.

Böylece, Newton'ın oluşturduğu sistemde evren kurulu bir saati andırmaktadır. Tanrı'nın bir kez kurmasıyla işlemeye başlayan bu makine tam bir düzen içindedir. İlk kez bu sistemde, yerkürenin yörüngesinde dönen bir gezegen olduğu rasyonel gerekçesini bulmuştur. Newton teorisi yerküre gibi katı, ağır ve hantal bir cismin hareketini nasıl sürdürdüğünü doyurucu bir biçimde açıklayarak, Kopernik sistemini her türlü tartışmanın üstünde doğrulamıştır. Bu teoriyle, yerdeki ve gökteki tüm hareketlerin aynı formülde toplandığını, aynı yasalara bağlandığını ve tüm ev-

renin değişmez ve birleştirici genel bir ilke çerçevesinde işlediğini görmekteyiz.

“Newton mekaniği” denen bu sistem, birtakım olayları açıklamakla kalmamış, tüm bilim kollarında, bu arada biyoloji gibi mekanik açıklamanın yetersiz kaldığını bildiğimiz alanlarda bile, özenilen bir örnek olmuştur. Newton’ın başyapıtı *Principia* çeşitli yönleriyle insan düşüncesini o denli etkilemiş, dünya görüşümüzü öylesine biçimlemiştir ki, 1687 yılını uygarlık tarihinde son derece önemli bir dönüm noktası sayarsak yeridir. (Bu etkilerden bazılarına bundan sonraki bölümde değinilecektir.)

Modern Kimyanın Doğuşu

Douglas McKie

Londra Üniversitesi, Bilim Tarihi Öğretim Üyesi

17. yüzyıl bilimsel devriminin sonuçları arasında en başta astronomi, mekanik ve fizikteki ilerlemeler göze çarpar. Oysa, kimya biliminin modern anlamda gelişme yoluna çıkması hemen hemen 18. yüzyılın sonlarını beklemiştir. Bu gecikmenin önemli bir nedeni, maddenin yapısına ilişkin eski teorinin hâlâ egemenliğini sürdürmüş olması, bir başka nedeni de, 17. ve 18. yüzyıllarda ortaya çıkan yeni yanma teorisiydi.

Bilindiği gibi, maddenin yapısına ilişkin eski teori Antik Yunan döneminde ortaya çıkan özellikle M.Ö. 4. yüzyılda yaşayan Aristoteles tarafından geliştirilen bir teoriydi. Bu teoriye göre, dünyayı dolduran ve çevremizde gördüğümüz çok sayıdaki değişik maddeler, toprak, su, hava ve ateş diye belirlenen dört temel elementin değişik oranlarda birleşmesiyle oluşmuştur. Örneğin, iki maddeden daha iyi yananı, ötekisine göre ateş elementini daha yüksek oranda içeren maddedir. Aynı şekilde, iki maddeden daha akışkan olanı, ötekisine göre su elementini daha yüksek oranda içeren maddedir. İki bin yılı aşkın bu uzun süre boyunca, toprağın, suyun, havanın ve ateşin element olduklarını saptayan kimyasal hiçbir kanıt yoktu, kuşkusuz. Üstelik tüm maddelerin bu dört temel elementten oluştuğu görüşü de bir iddia olmaktan ileri geçmiyordu. Ama öyle de olsa teorinin pek çok olguyu herkesin anlayabileceği bir şekilde açıkladığı da bir gerçektir.

Kimyanın reform yolundaki gecikmesinin diğer nedeni, Becher ile Stahl adında iki Alman kimyacısının formüle ettiği yanma teorisiydi. Bu teoriye göre, tüm yanan ya da tutuşabilen maddelerde, Stahl'ın "phlogiston" adını verdiği ortak bir yanma ilkesi vardır; öyle ki, madde yandığında phlogiston'un ateş, ya da alev biçiminde ortaya çıktığı varsayılıyordu. Bu yanmanın bir çözülme olayı olduğu demekti. Akla yakın bir açıklamaydı bu doğrusu. Sonraki buluşlara dayalı bilgilerimiz olmasa, pek çoğumuz, bir kibrit çakıldığında ya da bir mum yandığında yanan cisimden bir "yanma-maddesi"nin ayrıldığını kolayca kabul edebiliriz. İlk bakışta tüm yanma olaylarında böyle bir ayrılma göze çarpmaktadır.

Ne var ki, "phlogiston" teorisinin bir uygulaması kimyacıları içinden çıkamadıkları, sonunda teorisinin yıkılmasına yol açan bir bunalım içine iter. Bakır ya da kurşun gibi bir metal yandığında, metal niteliğini yitirir, pudramsı bir maddeye dönüşür. (Aynı şeye, demirin bildiğimiz paslanması olayında da rastlamaktayız.) O dönemin kimyacıları bu olayı, metal yanan bir maddedir, ısıtıldığında "phlogiston"unu yitirir ve geriye, onların "calx" dedikleri pudramsı artık kalır, diye açıklıyorlardı. Üstelik onlar bu artığın, odun kömüründe yeterince ısıtıldığında tekrar metale dönüştüğünü biliyorlardı. Ayrıca, odun kömürünün, yandığında hemen hemen tümüyle tükenmesine bakarak "phlogiston" yönünden çok zengin olduğu söyleniyordu. Odun kömüründe ısıtılan "calx"ın tekrar metale dönüşmesini, "calx"ın daha önce yitirdiği "phlogiston"a kavuşması diye açıklıyorlardı. Görülüyor ki, bu teoriye göre bir metal, "calx" ile "phlogiston"dan oluşan bir bileşimdir; "kalsinasyon" denen süreç (metalin ısıtıldığında pudramsı bir artık "calx" bırakması süreci) metalden "phlogiston"un ayrıldığı bir tür yanma olayıdır.

Öte yandan, yanma olayında geriye kalan pudramsı artığın, "calx"ın, metalin yanmadan önceki ağırlığından daha ağır olduğu bilinmekteydi. Ancak bu anlaşılır gibi değildi: Yanan metalden "phlogiston" denen bir madde ayrıldığı halde geriye kalan "calx" nasıl daha ağır olabilirdi? "Phlogiston" teorisine bağlı kimyacılar-

dan bir bölümü bu soruyu şöyle bir açıklamayla yanıtlama yoluna gider: “Phlogiston” serbest kaldığında diğer maddeler gibi yer merkezine doğru değil, tam tersine gökyüzüne doğru çekilir. Bir başka deyişle, göksel bir nitelikte olan “phlogiston”, deyim yerindeyse, negatif ağırlık taşımaktadır. Ne var ki, deneyimlerimizin dışında kalan “garip” bir nesnenin varlığını içeren böyle bir açıklama doyurucu olmaktan uzak kalır; çok geçmeden deneyimlerimizle uyumlu daha basit bir açıklama bulunur.

Böylece, dört-element teorisi ile “phlogiston” teorisi reddedilinceye dek, modern kimyaya geçilemedi. Her şeyden önce, toprağın, suyun, havanın ve ateşin dünyamızı oluşturan elementler olmadığı; maddelerin içlerinde “tutuşturucu” ya da “ateş-maddesi” denen bir nesneden dolayı yandıkları düşüncesinin yanlışlığı anlaşılmalıydı.

Bu teorilerin reddedilmesi gazların, özellikle havanın beşte birini oluşturan oksijen gazının keşfedilmesini bekler. İlk sıralarda, gazların, bildiğimiz havanın özellikleri yönünden pek az değişiklik gösteren türleri olduğu sanılır. Ne var ki, 1755’te Joseph Black “sabit hava” dediği bir hava türünü bildiğimiz havadan kimyasal olarak ayırır. (Şimdi buna “karbon dioksit” diyoruz.) Black bu gazın odun kömürünün yanmasında, teneffüs sırasında akciğerlerden çıkan havada ve mayalanma ve ekşimede ortaya çıktığını saptar. 1766’da Henry Cavendish, bizim şimdi “hidrojen” dediğimiz “tutuşan hava” adını verdiği başka bir gaz bulur. 1772’yi izleyen yıllarda ise, onun hâlâ “değişik türlerden hava” dediği yedi gaz daha keşfeder.

Bir kilise adamı olan Joseph Priestley, kimya deneycilerinin en büyüklerinden biriydi. Ağustos 1774’te, Bowood House (Calne, Wiltshire)’da yaptığı en çarpıcı deneylerin birinde, yeni bir “hava” bulur. Bu havada bir mum alevi bildiğimiz havada olduğundan çok daha parlak yanar. 1775 Mart’ında bu yeni “hava” üzerinde yürüttüğü deneylerinde (bu deneyleri Londra’da, Mayfair semtinde, Lansdown House’da yapar) bunun bildiğimiz havaya göre daha arı ve solunum için daha iyi olduğunu saptar. Bizim şimdi “oksijen” dediğimiz bu “hava” ile ilgili olarak da-

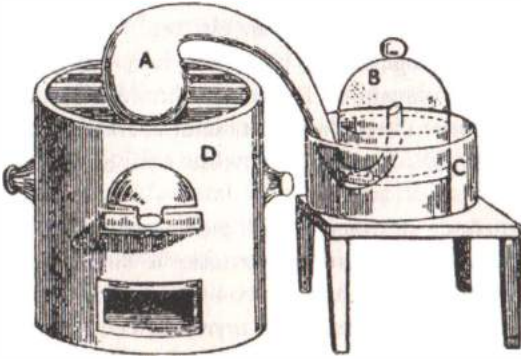
ha sonra yapılan iki uygulamaya Priestley'in daha o zaman değindiğini görmekteyiz. Bunlardan biri yeni "hava"nın ateşi daha kuvvetli yakacağı, diğeri bazı kötü hastalıklarda akciğerler için çok yararlı olacağıydı. Priestley, solunuma ilişkin denemelerini önce fareler üzerinde, sonra kendi üzerinde gerçekleştirir; ve şöyle yazar: "Bu 'hava'yı ilk teneffüs etme şerefi farelerle bana aittir."

1774 güzünde Priestley, Paris'e gider; orada modern kimyanın kurucusu Antoine Laurent Lavoisier'le tanışır; konuşmaları sırasında ona bulduğu, mum alevini çok daha parlak yakan yeni "hava"dan söz eder; üstelik onu yanmış cıva veya kurşun artıkları (calx'ları)'nı ısıtarak elde ettiğini de söylemekten geri kalmaz.

Yanma ve kalsinasyon olayları uzun süredir Lavoisier'in uğraştığı sorunlardı. Daha 1772'de yanmada havanın önemli rolüne değinmiş; fosfor ve sülfür gibi iki yanıcı maddenin, yanma sırasında havayla birleştiğini ve bu birleşmeyle ağırlıklarının arttığını belirtmişti. 1773 yılı boyunca Lavoisier'in pek çok deneyler yaptığı bilinmektedir. 1774-75 arasında, Priestley ile olan görüşmesinden sonra, kalsinasyon sürecinde metallerin ağırlık kazanmalarını da hava ile birleşmeleriyle açıklar. Ancak o, henüz yanan maddelerle birleşen havanın bildiğimiz hava olduğunu sanıyor, yoksa onun bir parçasını oluşturan oksijenin bu birleşmeyi gerçekleştirdiğini bilmiyordu.

1777'deki deneyleri sonunda Lavoisier, yanma, solunum ve kalsinasyon süreçlerinde havanın ancak bir bölümünün (daha ağır bir bölümünün) işe karıştığı; ayrıca, havanın basit bir element değil, iki tür "hava"dan oluştuğu sonucuna ulaşır. Bu "hava"lardan birini solunabilir, yanmayı sağlayan, kalsinasyonda metallerle birleşen (kendi deyimiyle, "sağlığa elverişli") hava olarak niteler; diğeri yanma ve solunuma yaramayan, kalsinasyonda birleşme özelliği olmayan, kısacası yanmaya ve yaşama elverişsiz (belki de zararlı) hava sayar.

Bu arada, 3 Mayıs 1777'de, Lavoisier, Paris Bilimler Akademisi'ne, uzun, bilim tarihinin en önemli deneylerinden biri sa-



Lavoisier'in, oksijeni ayırt ettiğinde kullandığı aygıt.

İçinde 120 gram kadar cıva bulunan camdan yapılmış A kabının boynu B kavanozundaki hava ile temas edecek şekilde bükülmüştür. B kavanozu, C leğenindeki cıva üzerine ters konmuştur. Odun kömürü yakan D sobasını 12 gün yaktıktan sonra, A'da kırmızı "calx" ya da cıva oksit parçacıkları oluşur. B'deki hava beşte biri kadar azalır. Geriye kalan havada mumun söndüğü ya da hayvanın öldüğü görülür. Bu hava nitrojendir. Lavoisier daha sonra başka bir aygıtta kırmızı cıva oksit parçacıklarını ısıtarak çıkan gazı ölçer, yanmaya ve solunuma elverişli olan bu gazın B kavanozunda azalan havaya eşit olduğunu saptar. Bu gaz oksijendir.

yılan bir çalışmasını sunar. Yukarıdaki şekilde aygıtı gösterilen bu deneyde Lavoisier A kabına koyduğu yaklaşık 120 gram cıvayı 12 gün boyunca ısıttığında B kavanozundaki su⁽¹⁾ yüzeyinin yükseldiğini ve o ölçüde üst bölümdeki havanın azaldığını görür. (A kabı ile B kavanozu şekilde gösterildiği gibi birleştirilmiştir.) Geriye kalan havada mum alevi sönmekte, hayvanlar ise ölmektedir. Sonra A kabında ısıtılma dolayısıyla oluşan "calx" parçacıklarını benzer bir aygıtta yeniden ısıtarak, deneyin ilk aşamasında cıva ile birleşen "hava"nın açığa çıkmasını sağlar. Bu "hava" solunuma elverişliydi; geriye kalan hava ile karıştırdığında yeni-

(1) Daha sonraki deneylerde su yerine cıva kullanılır.

den bildiğimiz havayı elde etmiş oldu. Solunuma elverişli olan bu “hava”ya bugün de kullandığımız “oksijen” adını verdi. Lavoisier, oksijeni ayırt ettiği bu klasik deneyde bildiğimiz havanın birbirinden tümüyle farklı, hatta birbirinin tam zıddı özellikleri olan, iki “hava”dan oluştuğunu ortaya koymuş oluyordu.

Lavoisier’in teorisi, eski düşünceye koşullanmış çağdaşlarınca pek iyi karşılanmadı. Hatta, 1783’te kendi buluşlarının ışığında “phlogiston” teorisini eleştirmeye kalktığında bile fazla etkili olmadığı görülmektedir.

Ancak yine 1783’te Lavoisier’in, Henry Cavendish’in deneylerine dayanarak, teorisini suyun bileşimini açıklamayı da kapsayacak biçimde genişletebildiğini görmekteyiz. Şimdi “hidrojen” dediğimiz yanıcı gazın da, diğer yanan maddeler gibi, yeni teori gereğince, yandığında oksijenle birleşmesi gerekirdi. Ne var ki, tüm çabalara karşın, Henry Cavendish bu yanıcı gazın havada ya da oksijen içinde yandığında suyun oluştuğunu gösterinceye dek, beklenen sonuç alınamamıştı. Lavoisier bu deneyi öğrenir öğrenmez sonucu bir deneyle doğrular; ve suyun oksijenle, daha sonra “hidrojen” (yani, “su oluşturunca”) adını verdiği yanıcı gazın bir birleşimi olduğunu, suyu deneysel yoldan bu iki gaza ayırarak gösterir.

Çok geçmeden, oksijenin solunum ve kalsinasyondaki rolünü doyurucu bir biçimde açıklayan yeni yanma teorisi etkinlik kazanma yoluna girer, tüm direnme ve tartışmalara karşın eski teorinin yerini alır. Bir zamanlar, yanan maddenin taşıdığı “phlogiston”undan ayrılması diye düşünülen yanma şimdi artık oksijenle kimyasal bir birleşme (yani, yanan maddenin havadaki oksijenle birleşmesi) olarak düşünülüyordu. Solunum olayında da akciğerlerle çekilen oksijenin karbon dioksit dönüşürdüğü görülmeye başlandı. Lavoisier, matematikçi Laplace’ın da işbirliği ile solunum olayının aslında yavaş seyreden bir tür yanma olduğunu ortaya koyar; bu arada, hayvan vücudunun değişmeyen sıcaklığının da solunum süresinde oksijenin kandaki karbonlu maddelerle birleşmesinden ortaya çıkan ısıyla sağlandığını açıklığa kavuşturur.

Artık ne havanın ne de suyun birer element olmadığı; havanın iki değişik gazın bir karışımı, suyun ise oksijenle hidrojenin kimyasal bir bileşimi olduğu anlaşılmıştı.

Lavoisier ayrıca, kimyasal değişmelerde maddenin ne yenisinden yaratıldığını, ne de yok edildiğini gösterir. Kimyasal değişmeyle ortaya çıkan ürünlerin toplam ağırlığı, değişmeye giren maddelerin toplam ağırlığına eşit olduğu ilkesini getirir. Böylece kimya nicel bir temele oturtulur ve ilk kimyasal bilanço düzenlenir.

Bu büyük ilerlemelerin hemen ortaya çıkan en önemli bir sonucu, kimya dilindeki reform oldu. Kuşkusuz maddelerin eski adlarının maddelerin yapı ya da bileşimiyle bir ilişkisi yoktu; çünkü maddelerin bileşimleri zaten bilinmiyordu, bilinmesine de ne gibi elementlerden oluştukları ortaya çıkarılmadıkça olanak yoktu. Bu nedenle, Robert Boyle'ın 1661'de elementi, "daha basit bir nesneye ayrılamayan bir madde" diye belirleyen tanımını ihtiyatlı bir biçimde uygulayan Lavoisier, ilk bakışta daha basit nesnelere ayrılamaz gibi görünen maddeleri element kabul etmek yerine tersi kanıtlanıncaya dek element saymak gerektiğini önerir. Bu düşüncenin ışığında, oksijeni, hidrojeni, bizim şimdi "nitrojen" dediğimiz azotu, kükürtü, fosforu, karbonu ve çok sayıda metali içine alan ilk elementler tablosunu düzenler. Kuşkusuz, o zamandan bu yana süren buluşlarla elementlerin sayısında büyük artışlar olmuştur. Ne tür maddelerin element sayılabileceğini böyle belirledikten sonra, Lavoisier ve onu izleyen diğer Fransız kimyacıları, her maddeye, kimyasal bileşimine uygun bir ad vermeye esas olacak kimyasal bir adlandırma sistemi geliştirmeye koyulurlar. Daha önceleri ad vermede değişik yollar izlenmişti: Bir madde adlandırılırken ya fiziksel özelliği, ya hazırlanma biçimi göz önünde tutulur, ya da maddenin bulunduğu yerin veya bulucusunun adını unutturmama amacı güdüldü. Ancak verilen adlar çoğu kez kullanışlı olmadığı gibi, kimi kez de düpedüz saçma olmaktan ileri geçmezdi. Örneğin, arsenik ve antimon bileşimleri gibi iki son derecede zehirli maddeye verilen adlar "arsenik yağı" ve "antimon yağı"ydı!

Oysa Lavoisier bir bilim dalında kullanılan dilin bile çözümleyici (analitik) bir araç olmasında ısrarlıydı. Küçük değişikliklerle günümüze değin kullanageldiğimiz yeni kimyasal adlandırma sistemi her maddeye bileşimini veya kimyasal doğasını açıkça simgeleyen bir ad verme olanağını sağlamıştır.

Lavoisier'in büyük yapıtı *Traité Élémentaire de Chimie* (Kimya Bilimine Giriş)'nin 1789'da Paris'te yayımlanmasıyla kimya devrimi tamamlanır, modern kimya başlamış olur. Yeni düşüncüyü Fransız zekâsına özgü tüm etkileyici berraklığı ile sergileyen bu kitap, hemen İngilizceye çevrilir ve 1790'da *Kimya'nın Elemanları* adıyla Edinburgh'da yayımlanır. Bilim tarihindeki yeri bakımından Newton'ın *Principia*'sıyla aynı düzeyde olan bu kitaptan, yazarının yalın ve ölçülü görüşünü açığa vuran bir tümce almakla yetineceğiz: "Kendimi daima şu kuralla bağlı gördüm: Bilinmeyene attığım her adımda yalnızca bilinenden kalkmak ve doğrudan deney ve gözleme dayanmayan hiçbir sonuç çıkarmamak!"

Yeni kimya çok geçmeden sonuçlarını vermeye başladı. Hemen modern gelişme içine giren kimya mühendisliğinde, süreçler daha iyi anlaşılmaya, ilerlemeler birbirini izlemeye başladı. Lavoisier kendisi Fransız hükümeti için birçok araştırmalar yürüterek ülkesinin hizmetine giren ilk bilim adamı örneğini verir. Bu yolda yüklendiği ilk önemli görev, güherçile (potasyum nitrat) ve barut imalatını bilimsel ve ekonomik bir temele oturtmaktır. Ardından, Mongolfier Kardeşler'in ilk balonu uçurmaları üzerine, bu konuyu incelemek ve dayandığı ilkeleri belirlemek çalışmasına koyulacaktı. Kimyanın gerçekten çözümüne katkıda bulunacağı bu tür sorunlardan birçoğuna el attığını, böylece bir bilim olarak kimyanın insan yaşamı için ne denli önemli olduğunu gösterdiğini biliyoruz.

Çoğu kez, bilimin ya da bilim adamlarının yalnızca gerçeğe ulaşma peşinde olduğu, uygulamaya yönelik sorunlarla, özellikle yaşamın insancıl yanlarıyla, ilgilenmediği sanılır. Modern kimyanın kurucusu bu düşüncenin yanlışlığını göstermiştir; onun gözünde en yetkin teori en verimli uygulamaya yol açan teodir; bi-

lim, insancıl sorunlara sırt çevirmiş bir uğraş değildir. Yaşadığı dönemin en seçkin kimya bilgini olarak Fransız hükümeti ondan hastane ve hapishane koşullarına ilişkin rapor isteyince, Lavoisier'in temizlik ve havalandırma sorunlarını aşan çok kapsamlı öneriler getirdiğini görürüz. Hastaneler konusunda, hastaların hastalık türlerine göre sınıflandırılması, geri zekâlıların öteki hastalardan ayrı tutulması; hapishaneler konusunda azgın suçlularla basit suçluların birbirine karıştırılmaması gerektiği üzerinde durur; cezanın asıl amacının suçlunun ıslahı ve iyi bir vatandaş olarak topluma kazandırılması olduğunu vurgular. Ayrıca, "çocuğun eğitimini toplumsal bir görev" sayarak bir devlet eğitim sistemi kurulması, hastalık ve yaşlılık için isteğe bağlı bir sigorta oluşturulması önerileriyle insancıl sorunlara ne denli duyarlı olduğunu gösterir. Lavoisier'in bilimsel devrimini incelerken bu tür etkinliklerini göz önünde tutmak; Fransız Devrimi'nin "eski yönetimin işbirlikçileri" diye suçlanan kurbanları arasında, giyotinle noktalanan yaşamının acı gerçeğini de unutmamak gerekir.

19. Yüzyılın Başlangıç Döneminde Bilimsel Gelişmeler

Frank Sherwood Taylor

Londra Bilim Müzesi Müdürü

19. yüzyılın ilk yılları bilim tarihi yönünden son derece önemlidir. Yeni bulunan olgu ve teoriler bilimlerin birçoğunu tümüyle değiştirici nitelikteydi. Daha da önemlisi, bilimlerin endüstriye uygulanması insanların dış yaşam biçiminde görülmedik bir değişikliği başlatmıştı.

Bilimin uğradığı böyle bir değişikliğe örnek olarak, John Dalton'un atom teorisinin kimya üzerindeki etkisini gösterebiliriz. Bu teori kimyaya modern görüşü kazandırdığı gibi, ona başlıca amacını (yani, bir maddenin atomsal bileşimi ile özellikleri arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma amacını) da göstermiştir. Dalton'dan önceki kimyacıların (Lavoisier dışında kuşkusuz) düşünceleri, deneyleri ne denli parlak olursa olsun, bize geçersiz gelmektedir. Oysa Dalton'u izleyen kimyacılar (örneğin, Berzelius veya Liebig)'in düşünceleri ise bize akıllıca ve geçerli gelmektedir: Öyle ki, adeta bizim dilimizi kullanmakta, bizim şimdi yaptığımızı yapmaya çalışmaktadırlar. Hemen her bilim dalında bu dönemdeki bilimsel buluşlar öylesine köklüydü ki, her biri yeni bir dönem açacak nitelikteydi. Bunların etkileri uzun yıllar sonra ancak kavranmıştır. Hepsi bu kadar da değil. Bilim adamlarının amacı, yalnızca yeni olguları bulmak, yeni ilişkileri belirlemek, doğayı daha dikkatli ve doğru betimlemek değildir. Onlar aynı zamanda elde ettikleri bilgileri insanların istek ve gereksin-

melerini karşılayacak biçimde uygulamak isterler. 1800-1850 döneminde bilim, kömürde saklı olan enerjiyi kullanıma açmakla insan yaşamında bir devrim gerçekleştirmiştir. Kuşkusuz, bilimsel bir ilkenin bulunmasıyla, o ilkenin uygulanmaya konması arasında daima bir zaman kaybı vardır. Üstelik 150 yıl önce, bilim adamlarının henüz endüstride etkin olmadıkları bir dönemde bu zaman kaybı çok daha fazlaydı. Nitekim 19. yüzyılın ilk yarısında endüstride uygulamaya konan bilgiler, 18. yüzyıldaki bilimsel çalışmalara dayanıyordu. Aynı şekilde 19. yüzyılın başlarında edinilen bilgilerin ancak o yüzyılın ikinci yarısında uygulamaya konabildiğini görmekteyiz. Şimdi kısaca o dönemdeki bilimsel çalışmalarla bu çalışmaların daha sonra uygulanmaya konan sonuçlarını gözden geçirelim.

Önce fizik ve uygulamaları üzerinde duralım. Fizik'in bir bölümünü oluşturan mekanik çok gelişmişti. Bu konuya yüz yıl önce Newton'ın sağladığı temel, geçerliğini ve bütünlüğünü koruyordu. Öyle ki, 18. yüzyıl fizikçileri mekaniğe ait sorunları ele almanın en iyi yolunu, yani matematiksel yöntemi biliyorlardı. Kaldı ki, onlar (saat ve diğer bilimsel araçlar yapmada kazandıkları becerilerle) mekanik sanatları özellikle metale istenilen geometrik biçimi verme becerisini, iyi öğrenmişlerdi. Dahası var: Isı biliminin ilkelerinin, 18. yüzyıl ortası pompa makinelerine uygulanması James Watt'a, 1780'den sonra, yüzlerce değişik makinenin çark ve şaftlarını döndürerek makineleri üretme olanağı sağlamıştı. 19. yüzyıla girmeden hemen önce, buharla işleyen makinelerin yapılabileceği anlaşılmıştı; bunu izleyen elli yıl süresince endüstrinin öyküsü buharlı makinelerin yapımı, geliştirilmesi ve kullanımıyla ilgilidir. 18. yüzyılın son yirmi yılı, buhar gücünün tekstil sanayiine uygulandığı dönemdir. 19. yüzyılın ilk on yılı bitmeden buharlı lokomotif ve gemiler ortaya çıkar. Giderek daha büyük makinelere duyulan istek, o zamanki demirci ve mühendislerin sınırlı becerilerini çok aşan bir ölçü kazanmıştı. Daha o yıllarda endüstrinin tüm sonraki gelişmelerine kaynaklık eden yeni bir kavramın (güçle işleyen makineler kullanarak makine yapma kavramının) ortaya çıktığını görmekteyiz. 18. yüzyıl tü-

müyle ayakla çalışan torna tezgâhlarıyla, kol gücüne bağlı törpü ve çekiçlere dayanıyordu. Oysa, 19. yüzyılın başlarında ayak ve kol gücünün yerini, buhar gücü alır. Bu yeni teknoloji öylesine yaygınlık kazanır ki, çok geçmeden ülkenin (İngiltere'nin) özvarlık ve işçi kaynaklarının en büyük bölümü, önce tekstil sanayiine, ardından kara ve denizi demiryolu ve buharlı gemilerle kaplama yolunda makine mühendisliğine ayrılır.

Denebilir ki, uygar dünyanın o sırada ilgisini çeken en önemli konu enerji sorunuydu. Üstelik bu ilginin bilimsel çalışmalara yansıyan bir yanı vardı. Kuşkusuz ısı, ışık, elektrik, mıknatıs, kimyasal çekim gibi “doğal güçler” sorunu, teorik düzeyde de olsa öteden beri tartışılmaktaydı. Ancak şimdi sorun değişik bir nitelik kazanmıştı. Artık, örneğin, ısı konusunda en büyük sorun, ısı'nın işe nasıl dönüştürüleceği noktasında toplanıyordu. Aynı şekilde, yeni bulunan elektrik akımının ısıya, ışığa ya da işe nasıl dönüştürüleceği araştırılıyordu. Örneğin, elektrik akımıyla, elektroliz türünden kimyasal değişime gidilebilirdi; kimyasal değişim de elektrik akımına, ısıya, ışığa ya da işe yol açabilirdi. Giderek bilim adamlarının, tüm bu “güçlerin” deyim yerindeyse belli bir gösterge tablosuna göre birbirine çevrilebileceği ve hepsinin tek bir kavram, enerji kavramı altında toplanabileceği görüşüne ulaştıklarını görmekteyiz. Nitekim endüstrinin bu soruna verdiği önemin, “enerjinin korunumu” denilen bilimsel genellemenin ortaya çıkmasına yol açtığı düşünülebilir. Ama yine de endüstri ile bilimin bu denli doğrudan bir ilişki içinde olduklarını söylemek güçtür. Öyle görünüyor ki, o dönemin en büyük bilimsel buluşlarıyla endüstri arasında gözle görülür bir ilişki yoktu, olduğu kadarıyla da son derece zayıftı.

Örnek olarak Volta'nın 1799'da bulduğu ve ilk kez sürekli ve görecel olarak önemli ölçüde elektrik akımı sağlayan elektrik pili ele alalım. 18. yüzyıl bilim adamları yalnızca miktarı yönünden çok az, ama voltaajı çok yüksek olan durgun (sürtünmeyle elde edilen) elektriğin etkilerini bilmekteydiler. Volta'nın buluşu yüzyılın başlarında, elektrolizin, elektriksel ark'ın, elektro-man-yetizma ve indüksiyon bobininin bulunmasına yol açar; bunlar

da daha sonra Faraday'ın manyetik bir alanda bir iletkenin hareketiyle elektrik üretimini olası kılan büyük buluşuna yardımcı olur. Dinamo ve elektrik motoru diye bilinen üreteçler böylece başlamış oluyordu. Bu gelişmeyle birlikte şimdi hepimizin bildiği elektromotif güç (veya voltaj), direnç, akım gibi kavramlar ortaya çıkar; sonunda elektromanyetik yasaların formüle edilmesine gidilir. Oysa pratik uygulamaya baktığımızda, elektriğin 1840'a gelinceye dek endüstride kullanıldığını görmemekteyiz. Elektrikli telgraf ve elektro-kaplama ancak bu tarihten sonra ortaya çıkmıştır. Gerçekten, 1800-1835 arasında yer alan elektriğe ilişkin bilimsel buluşların endüstride uygulamaya konması 1870-1900 arasında olmuştur.

Yine fizikte en büyük buluşlardan biri olan ışığın, maddede olduğu gibi küçük parçacıkların akımından değil, enine dalga hareketinden oluştuğu düşüncesinin ortaya çıkışı 1800-1820 arasına rastlar. Ne var ki, bu buluşun optik endüstrisini etkilemesi yüzyılın son yıllarını beklemiştir.

1800'de fizik, bilimler arasında en ileriydi. Oysa kimya bile, Lavoisier'in sağladığı büyük atılıma karşın, bileşimlerin betimlenmesinden ve bileşimleri oluşturma reçetelerinden pek ileri gitmiş değildi henüz. Kimya tarihinde belki de en büyük ilerleme 1803-1808 arasında ortaya çıkan Dalton'un atom teorisiyle sağlanır. Aslında atom teorisi iki bin yıl boyunca zaman zaman ortaya çıkıp kaybolmuştu. Ama ilk kez Dalton'la bilimsel bir kimlik kazanan teorinin, kimyasal elementlerin görünürde gelişigüzel oranlarla bir araya gelip bileşimler oluşturma olayına akla uygun bir açıklama sağladığını görmekteyiz. Yeni kimliğiyle teori, daha önce sözü geçen tüm diğer buluşlardan çok daha çabuk bir şekilde endüstriyi etkileme olanağı bulur. Her şeyden önce teorinin, kimyasal eşdeğerliliklere ve formüllere yol açar. Bu sonuçlar kimya endüstrisinin bilimsel denetimine olanak veren kimyasal çözümleme teorisinin temelini oluşturmuştur. Üstelik, teorinin kimyasal maddelerin birbiriyle olan ilişkilerine tuttuğu ışık, insanoğlu için son derece değerli olan bazı maddelerin bulunmasına yol açar. Bunun parlak bir örneği kloroformdur. Bununla

birlikte, Dalton ve çağdaşlarınca ortaya konan atom teorisi pek çok güçlükler taşıyordu. Teoriyi açık, tutarlı ve tüm kimyasal olgulara uygulanabilir kılan Avogadro hipotezinin benimsenmesi (Cannizzaro'nun çabasıyla) 1850'leri beklemişti. Teorinin egemenliği ancak bu tarihlerde başlar. Yararlı ilaçları, güzel boyaları ve de yıkıcı patlayıcılarıyla organik kimyanın gelişmesine, teorinin bir sonucu olarak bakılabilir. Ama 19. yüzyılın ilk yarısında, kimya endüstrisindeki en büyük buluşlar hiçbir teorinin ürünü olmamıştır. Örneğin, kömürden güç elde etme ve dağıtma sürecinin herhangi bir teoriye bağlı olarak ortaya çıktığını söylemek güçtür. Yüzyılın ilk yıllarında başlayan ve 1815'te günümüzde kentlere hizmet veren dev gaz üreticilerinin küçük örneklerini oluşturan tesisler kurulmuştu bile. Daha o zaman amonyum tuzları gibi yan ürünleri elde etmek, pek çok yaşamsal önemde kimyasal maddelere kaynaklık eden katran üzerinde araştırma yapmak olanak kazanmıştı.

Biyolojiye gelince, fizik ve kimyaya göre çok daha geri bir durumdaydı. Biyologların başlıca gözlem aracı olan mikroskop henüz ilkel bir düzeydeydi. Dollond akromatik teleskop merceklerini 1758'de icat etmişti; ama 1825'e gelinceye dek hiç kimse bir akromatik mikroskop objektifini yapmamıştı. Bu yeni buluş, güçlü mikroskopların yapımına olanak verdi: 1838-39 yıllarında Schwann ile Schleiden, biyolojinin belki de en temel kavramı olan hücre teorisini ortaya attılar. Ama biyologların gereksinme duydukları şey yalnızca mikroskop değildi. Çünkü canlı madde- nin en temel etkinliği kimyasal niteliktedir; kimya ise o dönemde henüz biyologların ihtiyacını karşılayacak düzeye erişmemişti. Bununla birlikte, kimyacılar, canlı organizmaların kimyasının, birçok yönlerden, laboratuvar kimyasıyla özdeş olduğunu göstermekten geri kalmazlar. Hatta daha ileri giderek, canlı maddelerin yapısını oluşturduğu varsayılan "yaşam gücü" türünden gizemli bir kavramın gereksizliğini ortaya koyarlar.

Ama yine de, canlılara ilişkin kimya istenilen açıklığa kavuşmadı, bu nedenle biyolojide sağlanan en göze çarpıcı gelişmeler, organizmaların görünen özelliklerine bu arada özellikle geç-

miş dönemlerde ortadan silinmiş türlere ilişkin olmaktan ileri geçmedi. Burada iki araştırma bir noktada birleşiyordu. Cuvier gibi karşılaştırmalı anatomistler canlı organizmaların yapılarını, jeologlar ise yerkabuğu katmanlarını inceliyordu. Çok geçmeden görüldü ki, katmanlardan her birini taşıdığı fosillerle belirleme olanağı vardır. Bunun anlaşılması, fosil bilimi olan paleontolojinin gelişmesine büyük bir hız verir; o güne dek bilinmeyen yerkürenin tarihi önemli ölçüde aydınlığa çıkarılır ve gezegenimiz üzerinde gelip geçmiş canlılara ilişkin yepyeni bir görüş oluşur.

Bu gelişmelerin endüstri üzerinde doğrudan bir etkisi olmakla birlikte, tümüyle onun dışında kaldığı da söylenemez. Bir kez, demiryolu inşaatı tünel ve yar açma nedeniyle büyük ölçüde kazılar gerektiriyordu. Bu kazılardan elde edilen önemli jeolojik bilgilerin, hem inşaat mühendisliğinin gelişmesine hem de geçmiş dönemlerin aydınlatılmasına, dolayısıyla Evrim Teorisi'nin oluşmasına yaradığını biliyoruz.

Bu dönemde biyolojik bilimlerin tıp üzerindeki etkisi henüz çok azdır. Tıptaki başlıca gelişmeler klinik gözlemlere ve deneylere dayanıyordu. Örneğin, Jenner'in aşısı buluşu, herhangi bir teoriden değil, düpedüz dikkatli gözlemden kaynaklanmıştır. Yine o dönemin başka bir buluşu olan anesteziyi (ki, 1840'lar da uygulamaya konmuştur) deneysel çalışmalara borçluyuz. Gerçi bu konuda kimyada sağlanan bazı ilerlemelerin (diazot monoksit ve kloroformun bulunması gibi) de rolü olmamış değildir.

Baştan beri değindiğimiz gibi, 1800-1840 döneminde bilimin hemen her dalında önemli buluşların yanı sıra, endüstride güç kullanımında da büyük bir gelişme olmuştur. Bu atılım ve gelişmelerin insan yaşamı üzerindeki etkileri ise beklenileni çok aşmıştır. Kırsal kesimden fabrikalara doluşan köylülerin, endüstriyi besleyen kömür ve demir ocakları çevresinde birikerek kentleri bir bakıma istila ettikleri görülür. Sonucu kısaca söylemek gerekirse, İngiltere kısa bir süre içinde, çiftçilerle zanaatçılardan oluşan bir toplum olmaktan çıkar, kentlerde yaşayan fab-

rika işçilerinden oluşan bir toplum kimliği kazanır. Üstelik bu geçişi kolaylaştırıcı hiçbir önlem de alınmış değildir. Her yanda, son derece ucuz ve niteliksiz inşaatla, basit sağlık koşullarından yoksun yoğun yerleşim kesimleri oluşur. Çok geçmeden bulaşıcı hastalıklar ciddi boyutlara ulaşır. Bu korkunç durum karşısında Edwin Chadwick, Southwood Smith gibi birkaç kişinin kişisel çabaları dışında herhangi bir önlemin alındığı da görülmemektedir. Pislik ile hastalık arasındaki ilişkiyi fark eden bu kişiler, çabalarını öncelikle sağlık koşulları üzerinde yoğunlaştırırlar. Ancak iki nedenle bu çabalar beklenileni vermekten uzak kalır. Bir kez, pislik ile hastalık arasındaki ilişki ispatlanmış değildi. Gerçi halkın “humma” dediği hastalıktan ölenler daha çok kalabalık, pis çevrelerde yaşayanlar arasında görülmüyordu; ama “humma”ya temiz çevrelerde yaşayanlar arasında da rastlanıyordu. Sağlık koşullarını düzeltmek güç ve pahalıydı; kâğıt üzerinde alınan kararlarla çözümlenecek bir sorun değildi. Kanalizasyon, su dağıtım sistemi ve yerleşim düzeni konusunda, bir yandan yasal düzenlemelerin yokluğu, öte yandan o dönemde egemen anlayış ve tutum yüzünden etkili önlem alınamıyordu. Kişilerin yaşam biçimlerine kimsenin karışmasına hakkı yoktu; yaygın deyişle; “Her İngiliz’in evi kendi köşküydü”; kişi dilediği gibi yaşardı. Bu anlayış ve tutum 1880’lerde Pasteur’un hastalıklara ilişkin mikrop teorisini ortaya atmasına gelinceye dek sürer. Ancak bundan sonradır ki, hastalıkların ortaya çıkma, bulaşma ve yayılma koşulları öğrenilir; etkili önlemlerin alınması yoluna gidilir.

Buharlı taşımacılıkta sağlanan ilerlemelerin yol açtığı iletişim olanaklarından ve bu olanakların dünyayı birleştirmeye yönelik etkilerinden söz etmeye bu konuşmada ne yazık ki, yer yoktur. Günümüz dünyasını 19. yüzyıl öncesinden ayıran başlıca gelişmeler üzerinde biraz düşününce bu etkilerin ne olduğu kendiliğinden açıklık kazanır, sanıyorum.

Son olarak, bilimin büyük başarısının, insanların gözünde onun önemini artırdığını belirtmek gerekir. Bol sayıda “popüler” yayın, isteyen hemen herkese çok düşük bir fiyatla “yararlı bil-

gi" edinme olanağını sağlıyordu. Ülkenin tüm kentlerinde bilimsel konularda verilen konferanslar herkese açıktı. Pek çok bilim heveslisi, evinin salonunu ya da bodrum katını laboratuvara dönüştürerek deney yapıyordu. Oysa bilimsel konuların okul programlarına girmesi, üniversitelerde okutulması kolay olmamıştır. Tıp öğretim merkezlerinde kimya öğretimine verilen yer buna bir istisnadır. İngiltere'de durum böyleyken, kıta Avrupa'sında değişik bir görünüm göze çarpmaktadır: Üniversitelerde değişik dallarda fakültelere daima yer verilmiş, Fransa, Almanya ve İsviçre'nin pek çok kentinde bilim öğrenimi beklenenin üstünde ilgi toplamıştır. Bilime ilgi duyan birçok İngiliz'in de öğretimden yararlanmak için o kentlere koştuğunu biliyoruz. Oxford ve Cambridge gibi eski üniversitelerimiz gençlere meslek eğitimi vermeyi kendi geleneksel işlevleri arasında saymıyordu. Onlar, öğrencilerine klasik metinler yoluyla antik dünyayı inceletmeyi ya da çok sıkı bir matematik disiplini kazandırmayı yeterli sayıyordu. Bu üniversitelerde bilim dallarında lisans derecesi ancak 1850'den sonra verilmeye başlanmıştır. Bunu 1860'larda bilimsel konuların oldukça "sulandırılmış" olarak okul programlarında yer alması izler.

Tüm bunlara bakarak 1800-1850 dönemini nasıl nitelemeliyiz? Her şeyden önce şunu söyleyebiliriz: Bu dönem bilimlerin halk arasında yaygınlık kazandığı ve eğitim programlarına girdiği bir dönemdir. 17. yüzyılda bilimsel yöntem ortaya çıkar; 18. yüzyılda olgusal bilgi alanında büyük bir birikim oluşur; birçok yeni araştırma tekniği yanında matematikte bir sonraki yüzyılın ortalarına gelinceye dek bilim adamlarının gereksinmelerini çok aşan ilerlemeler sağlanır. 19. yüzyılın ilk yarısı bilimde yeni atılımlara tanık olmuştur. Bu dönemi, modern fiziğin, kimyanın ve biyolojinin başlangıç dönemi sayabiliriz. Yine bu dönemin, kömür ve buhar gücünün endüstride kullanılmasıyla dünyanın değişmesine yol açtığını unutmamalıyız. Kısacası, 19. yüzyılın ilk yarısında uygar dünya, hem fiziksel dünyayı açıklama yönünden, hem de doğa güçleri üzerinde denetim kurma aracı olarak bilimin değerini kavramaya başlamıştır. O zaman henüz bilimin ne dini za-

yıflatma yoluyla bir tehlike oluşturduğu düşünülüyordu, ne de ulusları teknolojik işbirliği yoluyla birbirine yaklaştıracığı gibi dünyayı sarsan siyasal sonuçlara yol açacağı tahmin ediliyordu. Her şey yolunda, insanların gönlünce gidiyordu. Dünya, bilim ve endüstrinin sağladığı olanaklarla gerçeği öğrenme, refaha ulaşma yolunda ilerleyecekti. Kafalarda egemen düşünce ilerlemek, durmadan ilerlemektir.

Darwincilik Yıkıldı mı?(*)

Julian Huxley

Kraliyet Bilim Akademisi Üyesi

Darwin'in başyapıtı, *Türlerin Kökeni*, iki temel noktayı kapsamaktadır. Bunlardan biri türlerin değişmezliği öğretisine ilişkindir. Darwin çok sayı ve çeşitte olgusal kanıtlar getirerek, kilisenin resmi görüşünü de yansıtan o yerleşik öğretinin dayanaksız olduğunu gösterir. Belli doğa olgularını açıklama bir evrim kuramı oluşturmayı gerektirmekteydi. Canlı dünyada, sürekli yeni türlere yol açan ama yavaş giden değişim genel kuraldı.

İkinci nokta, Darwin'in "Doğal Seleksiyon" dediği evrim sürecinin düzeneğine ilişkindir. Buna göre, tüm ereksel görünümüne karşın, canlıların evrimi doğrudan ve de yalın bir biçimde hiçbir amaç içermeyen mekanik terimlerle açıklanabilirdi.

Darwin'in çalışmasını meslekten biyologlar arasında etkili kılan işte bu ikinci noktaydı. Biyologların çoğu zaten evrim düşüncesini kabul etmeye hazırды; ancak, 1859'dan önce hemen hiçbir biyolog evrimin oluşum düzeneği üzerinde "bilimsel" diyebileceğimiz bir düşünceye sahip değildi. O dönemin seçkin bilim adamlarından T.H. Huxley, örneğin, *Türlerin Kökeni*'ni okuduktan sonra, "Bunu düşünmediğim için ne kadar aptal olmalıyım!" demekten kendini alamaz. Huxley'in geriye kalan meslek çalışması Darwinciliği savunma ile geçer.

(*) Bu metin Julian Huxley'in iki kitabından seçilen parçalarla oluşturulmuştur. Bkz. *Man in the Modern World*, A Mentor Book, New York, s. 162-64; *Evolution: The Modern Synthesis*, George Allen and Unwin, London, s. 14-15.

Darwin'in evrim görüşü, 19. yüzyılın sonlarına dek biyologlar tarafından genellikle benimsenir. 1890'dan sonra su yüzüne vuran kimi kuşku ve doyumсуuzluk belirtileri giderek yoğunluk kazanır; öyle ki, 1910'a gelindiğinde kimi eleştiricilerin, Darwinciliğin artık öldüğünü ileri sürdüklerine tanık olmaktadır. "Darwincilik" derken kuşkusuz evrimin doğal seleksiyon yöntemi söz konusuydu. Yoksa, 1859'dan sonra bir iki eski kafalı ya da şarlatan dışında biyologların hemen hiçbirі evrim olgusunu sorgulama yoluna gitmemiştir.

Yüzyılımızın başlarında evrim kuramına yönelik bu kuşku-cu tutum iki temel nedene dayanmaktaydı. Bir kez, o zaman bilinen Darwincilik giderek salt spekülatif bir öğreti olma yoluna girmiş; doğal seleksiyon, olgusal verilere gitmeksizin de her şeyi açıklayan, doğruluğu apaçık bir ilke diye algılanmaya başlanmıştı. Sonra, genetik alanında "mutasyon" denen yeni bir olay ortaya çıkmıştı. Buna göre, kalıtsal değişim, adım adım değil sıçrayarak ilerlemekteydi. Bu demekti ki, evrim Darwin'in ileri sürdüğü gibi yavaş giden bir değişim değil, büyük sıçramalar içeren bir süreçtir.

Ne var ki, evrim ve kalıtım çalışmalarında daha sonra ortaya konan çok sayıda yeni olgusal kanıtlar, Darwinciliğe yöneltilen eleştirilerin yersizliğini gösterir; dahası, dengeyi kanımca bir daha tersine dönmeyecek şekilde Darwincilik lehine çevirir. Bu kanıtlar arasında en başta mutasyonların büyük çoğunluğunun sıçramalar biçiminde değil, belki küçük adımlar biçiminde birer değişim olduğu bulgusu gelir.

Görülüyor ki, Darwinciliğin yıkıldığı savı en azından bir abartma olmaktan ileri bir şey değildi. Gerçekten, yüzyılımızda ortaya konan tüm biyolojik bulgular doğal seleksiyonu evrimin temel yöntemi olarak kanıtlayıcı niteliktedir. Öyle ki, bu yöntem şimdi Darwin'in bıraktığından daha sağlam bir dayanak üstündedir. Bir noktayı hemen belirtelim: evrime ilişkin alternatif açıklamalar inandırıcı olmaktan çıkmıştır. Bunların başında, sonradan edinilen özelliklerin (yani, bireyin yaşam döneminde çevresindeki değişikliklerin etkisiyle, ya da, organlarını kullanıp kul-

lanmama nedeniyle uğradığı değişikliklerin) kalıtsallık savını içeren Lamarckçılık vardı. Bu artık geçerliğini tümüyle yitirmiş bir teoridir: açıklamada yetersiz kaldığı birçok olgunun yanı sıra, pek çok olguya da açıktan ters düşmektedir. Üstelik açıklar görüldüğü olgular da ya birtakım yanlışlıklar içermekte ya da daha doyurucu alternatif açıklamalara elverişli görünmektedir. Her ne ise, teorinin kendi içinde yeterince tutarlı olduğu bile söylenemez.

Gene inandırıcılığını yitiren bir başka açıklama da “orthogenesis” denen, evrimin önceden konmuş belli bir yönde ilerleyen bir süreç olduğu görüşüdür. Gerçi fosiller üzerindeki incelemeler evrimin çoğu kez doğrusal bir çizgi izlediğini göstermektedir. Bunun en çok bildiğimiz bir örneği, atın koşma hızına, tektırnaklı ayağa, ot çiğneme de oldukça etkili dış yapısına yönelik kararlı evrimidir. Ne var ki, evrimin nerede daha etkili bir organ ya da organsal işleve yönelik olduğu görülmüşse, orada doğal seleksiyonu bulmaktayız. Kaldı ki, filler ile bir maymun türü olan şebekler (baboons) örneğinde olduğu gibi evrimin doğrusal bir çizgi izlemediğini, tersine, zaman zaman yön değiştirdiğini gösteren pek çok gözlem verisi vardır. ...

Evrimi açıklamada bir de Bergson’un élan vital’i türünden gizemli yaşam-gücü ya da bilinç-altı ereksellik içeren teorilere başvurulduğunu biliyoruz. Öyle bir teori çarpıcı da olsa, gerçek anlamda bir açıklama olmaktan uzaktır. Yaşamın élan vital denen gizemli atılım gücüyle evrimleştiğini söylemenin, uçağın élan uçak olduğu için uçtuğunu söylemekten farkı yoktur.

Durum yalnızca sözünü ettiğimiz alternatif açıklamaların geçerliklerini yitirmesiyle değil, aynı zamanda doğal seleksiyon kuramını destekleyen pek çok yeni kanıtın toplanmasıyla da Darwincilik için güvence sağlamıştır. Darwin’in kendi kuramına ilişkin sıkıntılarından biri (ki, bu sıkıntı onu istemeyerek de olsa, bazı noktalarda Lamarckçılığa sığınmaya itmiştir) bizim şimdi “küçük mutasyon” dediğimiz ufak çapta kalıtsal varyasyonların, çiftleşmeye karşın nasıl korunabildiğini görememesiydi. Bu, o sıra yaygın olan “kalıtsal kaynaşma” düşüncesine bağlı olmasından ileri gelen bir sıkıntıydı. İki farklı tip arasındaki çiftleşme-

de, iki tarafın kalıtım özelliklerinin yavruda kaynaştığı (tıpkı ayrı renkteki iki mürekkep damlasının kaynaşması gibi) varsanılıyordu. Öyle ki, yeni bir özelliğin çiftleşme nedeniyle bozularak çok geçmeden ortadan silineceği beklentisi vardı. Oysa Mendelciliğin özü, genlerin ya da kalıtım birimlerinin (çok az rastlanan mutasyonları hesaba katılmazsa) öbür genlerle birleşme biçimleri ne olursa olsun değişmeden kaldığıdır. Mutasyonla oluşan genlerin birçoğunun, koşullar elverip çoğalma olanağı buluncaya dek, üreme hücresi plazmasında etkisiz olarak kaldığı bilinmektedir. Mutasyonla oluşan yeni bir gen çekinek (recessive) ise, yani belirlenlik etkinlik göstermesi için çift dozda ortaya çıkması gerekiyorsa, azıcık zararlı da olsa, tek dozda uzun süre kalabilir...

[Darwinciliğin özü doğal seleksiyon ilkesinde saklıdır; öyleyse, öncelikle bu ilkeyi anlamamız gerekir.]

Darwin doğal seleksiyon teorisini gözlenebilir üç doğa olgusuyla bu olgulardan kalkan iki mantıksal çıkarsamaya oturtmuştur. İlk olgu tüm organizmaların geometrik diziyle çoğalma eğilimidir. Organizmaların bu eğilimi, yaşamlarının ilk aşamasında yavruların sayı bakımından ana-babalarını daima aştığı olgusunda yansımaktadır. Bu kural canlıların üreme biçimi nasıl olursa olsun (doğum, yumurtadan çıkma, hücre bölünmesi vb.) tüm durumlar için geçerlidir.⁽¹⁾

İkinci olgu, değindiğimiz bu daha fazla çoğalma eğilimine karşın, türlerde nüfusun aşağı yukarı sabit kaldığıdır.

Bu iki olgudan Darwin ilk ilkesini, yaşam savaşımı ilkesini, çıkarır. Şöyle ki, yaşamını sürdürebilenden daha fazla yavru ürettiğinden, bunlar arasında yaşamda kalma savaşımı kaçınılmazdır. ...

Darwin'in üçüncü doğa olgusu varyasyondur: tüm organizmalar birbirlerinden önemli ölçülerde farklılık gösterir. Bu olguyla birinci çıkarsaması ona ikinci çıkarsaması olan doğal se-

(1) Buna bildiğim tek istisna artış hızı kesilen kimi insan topluluklarında gösterilebilir.

leksiyon ilkesini verir. Bireyler arasında yaşam savaşımı olduğu, bireylerin de farklı özellikler taşıdığı göz önüne alındığında, yaşam savaşımında kimi özelliklerin üstünlük, kimi özelliklerin de tersine yetersizlik oluşturacağı kaçınılmazdır. Öyleyse, özellikleri üstünlük sağlayan bireylerin yaşamda kalma ve üreme olasılığı yetersizlik içinde olan bireylerden daha fazladır. Söz konusu özellikler çoğunluk kalıtsal olduğundan, yaşam savaşımında başarı sağlayan özellikler kuşaklar boyu birikirken, yetersizliğe yol açan özellikler, bireylerin ayıklanmasıyla, giderek yok olur. Böylece doğal seleksiyon, canlıların çevre koşullarına daha uyumlu olmalarını sağlamakta, uzun sürede türlerin evrimine yol açmaktadır.

Biyolojinin tarihsel gelişiminin ışığında, değindiğimiz noktalar üzerinde biraz daha durmak, hem Darwin'in teorisine ilişkin kendi görüşünü, hem de günümüzün bakışını aydınlatma bakımından yararlı olacaktır.

Darwin'in belirlediği ilk olgu herhangi bir sorgulamaya uğramadan kalmaktadır. Tüm organizmalar geometrik diziyle çoğalma gizilgücüne (potansiyeline) sahiptir. Kuşkusuz, üreyen yavruların ana-babaya oranı sabit değildir; bu, yerden yere, mevsimden mevsime farklılık gösterebilir. Bununla birlikte, tüm durumlarda çoğalma eğilimi aritmetik değil, geometrik artış sergilemektedir.

Türlerin nüfus sayısındaki genel kararlılığa ilişkin ikinci olgu da herhangi bir kuşku ya da itiraza yol açmamıştır. Darwin'in de özellikle belirttiği gibi, nüfus sayısındaki kararlılık kesin değil yaklaşık bir belirlemedir; öyle ki, kimi türlerde nüfus sürekli artış gösterirken, diğerlerinde tersine bir gidiş olabilir. Ancak sürekli bir artış halinde bile çoğalma hiçbir zaman potansiyelin elverdiği düzeye ulaşamaz: yavruların bir bölümü daha ilk aşamada ister istemez ayıklanır. Üstelik artan ekoloji bilgimize dayanarak, pek çok türlerin sayılarında dönersel (cyclical), çoğu kez gözden kaçmayan bir düzgünlükle yürüyen büyük çapta artış ya da azalışların olduğunu söyleyebiliriz. Ama bu durum, kimi ilginç evrimsel sonuçlarına karşın, genel ilkeyi geçersiz kılmamaktadır.

İlk iki olgu kabul edildiğinde, onlardan çıkarsanan sonucu yadsıyamayız: canlılar dünyasında yaşam savaşımı, daha doğrusu ayıklanmaktan kurtulma savaşımı, kaçınılmazdır...

Özetlersek, Darwinciliğin günümüzde tüm canlılığıyla sürdüğünü söyleyeceğiz. Daha da ileri giderek, modern evrim kuramımızda Darwin'den daha çok Darwinci olduğumuzu söyleyebiliriz. Darwin'in evrim kuramına özel katkısı doğal seleksiyon ilkesiydi; ancak döneminin bilgi yetersizliği nedeniyle organ kullanım veya kullanımsızlık sonuçlarının, çevresel etkilerin doğrudan yol açtığı modifikasyonların kalıtsallığı gibi Lamarckçı hipotezlere başvurarak teorisini pekiştirme zorunda kalmıştı. Bugün biz o türden ikincil destek hipotezleri gerekli görmekteyiz. Tüm canlı dünyaya egemen doğal seleksiyonun evrimin nerdeyse tek yönlendirici aracı olduğu yeterince kanıtlanmıştır, artık!

Darwin'e haklı olarak, biyolojinin Newton'u diyenler vardır. Newton gibi o da bilime, kendi uğraş alanının tüm dallarında geçerli, birleştirici bir kuram getirdi. Biyolojinin her dalında evrimsel sonuçlar içermektedir. Örneğin, bir fizyolog insan bedenine ilişkin süreçler üzerinde son derecede ayrıntılı çözümlemeler verebilir; ama, evrimsel tarihimizi göz önünde tutmazsa, verdiği çözümlemeler yetersiz kalmaktan kurtulamaz.

Kavramın birleştirici gücü, evrim üzerindeki çalışmaların biyolojinin çok farklı inceleme alanlarına başvurma, sorunlarını çözmede bu alanları birleştirme tutumunda da kendini açığa vurmaktadır. Karşılaştırmalı anatomi, embriyoloji, doğal tarih ile ekoloji, sınıflama, paleontoloji, genetik, davranış ve hücre bilimi, ... tüm bu ve benzer çalışmalar yeni evrim sentezinde birleşmekte, birbirini aydınlatmaktadır.

Öte yandan, evrim, çağdaş bilimsel görüşte giderek odaklaşan görecelik anlayışına ilk gereksinme duyan bilim dallarından biri olmuştur. Evrim açısından bakıldığında, bir organizmanın kendi başına bir anlamı yoktur; onun anlamı belli bir çevreyle, düşmanları ve rakipleriyle, geçmişi ve geleceğiyle ilişkisinde belirgin-

lik kazanır. Tüm bu noktalar, Darwin'in kuramını ustaca işleminde üstü-örtük de olsa vardır.

Evrım kavramı, insanın kendisi, doğaya ilişkin genel anlayışı, doğa içindeki konumu bakımından da önemli içeriklerle yüklüdür. Evrım kuramıyla birlikte insanın geçmişte aradığı Altın Çağ yokluğa karıştı. Aynı şekilde, durağan yaşam beklentisi de yerini dinamik, durmadan değişen, yeniliğe açılan, ilerleyen bir yaşam anlayışına bıraktı; insanın geçmişten gelen ve geleceğe açılan yaşam serüveni gözümüzde binlerce kat büyüdü.

Newton, hareketin genel ilkelerinin yersel cisimler gibi göksel cisimleri de kapsadığını gösterdi. Darwin de yaşam savaşımı, doğal seleksiyon, onlara bağlı çevreye uyum gibi birkaç basit ilkeyle insanın canlı dünyanın; maymundan çiçeğe, bakteriden amibe uzanan değişen ve kaçınılmaz ortak bir ağın parçası olduğunu ortaya koydu. Newton fiziğinin temel ilkelerinin şimdi yerini daha kapsamlı ilkelere bıraktığını biliyoruz (gerçi bu ilkeler belli bir düzeyde uygulama geçerliliklerini tümüyle korumaktadır). Darwin'in ilkelerine gelince, ayrıntılarında daha büyük değişikliklere uğramakla birlikte, bunların yerini başka temel ilkelere bırakacağı zayıf bir olasılıktır. Evrimsel biyolojinin sürgit Darwinci kalmayacağını gösteren hiçbir işaret görmüyoruz ortada.

Atom

Sir Lawrence Bragg

Cambridge Üniversitesi, Deneysel Fizik Profesörü

Bilim adamları tam bir güvenle atomdan, atomun davranış biçiminden söz ederler; sanki sözünü ettikleri bu nesneyi görmüşler, ne olduğunu biliyorlarmış gibi. O kadarla da kalmaz, onu gözümüzde canlandırmak için nerdeyse resmini çizmeye koyulurlar. Örneğin, atomun küçüklüğünü şöyle bir karşılaştırmayla belirtmekten kendilerini alamazlar: Bir damla suyu dünya büyüklüğünde tasavvur edersek, içindeki atomlar tenis topu büyüklüğünde olur.

Bu yazının amacı, bilim adamlarının atomların yapı ve özelliklerine ilişkin oluşturdukları teorilere yol açan deneylerle düşünce biçimleri üzerinde okuyucuya bir fikir vermektir.

Antikçağ düşünürlerini yakından ilgilendiren sorulardan biri: “Maddenin, temel yapısı nedir?” sorusuydu. Onların bu konudaki düşüncelerine girmek için şöyle bir yol izleyelim: Elinize aldığınız bir madde parçasını küçük parçalara, sonra bu küçük parçaları da daha küçük parçalara ayıralım. Şimdi yanıtlamamız gereken soru şu: Bu parçalara ayırma işlemini durmadan hep böyle sürdürebilir miyiz, yoksa er geç artık bölünmesi olanaksız tüm maddeleri oluşturan yapıtaşları diyebileceğimiz birtakım ufacık parçalara sonunda ulaşır mıyız? Demokritos, ulaşabileceğimizi öne sürmüş ve bu ufacık parçalara bir daha bölünemez anlamına “atom” adını vermişti. Kuşkusuz, onun yaptığı spekülasyondan ileri gitmiyordu; ama biz şimdi onun bu düşüncesine

“atom” sözcüğünü de kullanarak daha kesin bir biçim verebilmekteyiz. Şöyle bir deney yaptığımızı düşünelim: Sabundan, boyutu 3 cm. olan bir küp kesiyor (sabun bu işlem için elverişli bir maddedir), sonra ilk adım olarak bu küpü, boyutu 1/10 olan daha küçük küplere ayırıyoruz. Şimdi, pek kolay olmamakla birlikte, ikinci adımda bu küçük küplerden birini alıp, keskin bir jileti ustaca kullanarak, yeniden boyutu 1/10 olan daha ufak küplere ayıralım. Üçüncü adım başdöndürücü bir incelik ve beceri isteyecektir: Artık ufacık parçaları görmek için mikroskop, işlemi sürdürmek için mikro-manipulator kullanmak gerekir. Ne var ki, bu araçlar öylesine güçlü ve ince ki, onlarla dördüncü adımı bile atabiliriz. Bu aşamada ulaştığımız küplerin boyutu, işe başladığımız ilk küpün boyutunun on binde biri kadardır. İlginç olan şey, bu noktada atoma giden yolun ilk yarısını almış olmamız. Ayırma işlemini sürdürebilirsek, yedinci adımda moleküllere ya da, sabunu oluşturan atomların küçük kümelerine; sekizinci adımda ise bireysel atomlara inmiş oluruz. Daha kesin bir deyişle, maddede atomlar arasındaki uzaklık 10^{-3} cm.’nin 1 1/2 ile 4 katı kadardır; bu ise yaklaşık 1 cm.’nin kırk milyonda biri demektir.

Görmek inanmak demektir, derler. Kuşkuculara bu ufacık atomları bir mikroskop altında gösterebilseydik, atoma ilişkin söylediklerimize inanmazlık edemezlerdi herhalde. Ne yazık ki, buna olanak yoktur. Işık dalgaları, atomlar arasındaki uzaklığın bin katından fazla uzunluktadır. Kullanacağımız mikroskop ne denli güçlü ve yetkin olursa olsun, ışığın dalga uzunluğundan daha küçük ayrıntılara inebilmemiz olanaksızdır. Hukuk mahkemelerindeki deyimle, dolaylı kanıtlara dayanmak zorundayız. Atomlara ilişkin ilk inandırıcı kanıtı 19. yüzyılın başlarında yaşamış ünlü İngiliz bilim adamı John Dalton’a borçluyuz. Dalton, kimyasal bileşikler oluşturan çeşitli elementlerin bağıl ağırlıklarını incelemiş, bunların kendi özelliklerine göre daima düzgün oranlarda birleştiklerini göstermiştir. O, bu oranları, elementlerin, hepsi birbirine benzeyen ve özellikle aynı ağırlıkta olan atomlardan oluşmasıyla açıklamıştır. Ona göre, kim-

yasal bileşikler de, aynı şekilde birbirine özdeş moleküller (yani, bir araya gelmiş atom kümeleri)'den oluşmaktaydı. Örneğin, 2 hidrojen atomuyla 1 oksijen atomunun birleşip bir su molekülünü oluşturması gibi. Dalton'un bu düşüncesi modern kimyaya temel olmuştur. Ne var ki, gösterdiği kanıtlar, inandırıcı olmakla birlikte, dolaylıydı. Üstelik, Dalton bize atomların gerçek ağırlıklarını değil, yalnızca birbirine göre birleşme oranlarını vermekle kalmıştır.

Burada atomu bizim için bu denli gerçek yapan buluşların tümünü ele almaya olanak yoktur; ama bunlardan ilginç saydığım birkaçına, bizi bu küçücük nesnelerin düşüncesine götüren kimi deneylere değinmek istiyorum. Bu deneylerden biri, sizin de yapabileceğiniz kâfur⁽¹⁾ hareketlerine ilişkindir. Bir tencere temiz suya, bıçakla kâfurdan olduğunca ufak parçalar yontunuz. Parçacıklar suyun üstünde, toplu durgun su birikintileri üstündeki böcekler gibi, her yönde ve durumda seğırtmeye koyulurlar. Bu olay yüzey gerilim etkisi olarak bilinir. Her parçacığın önündeki temiz suyun çekimi, peşindeki suyunkinden daha fazla olduğu için parçacık daima temiz suya doğru çekilir. Ancak suyun yüzü ince bir yağ tabakası ile kaplandığında temiz su yüzeyinde görülen hareket kalmaz, parçacıklar "canlılık"larını yitirirler. Rayleigh, temiz suyun yüzey gerilim etkisini gideren yağ tabakasının en az ne denli inceltilebileceğini ölçmek yoluna gider. Bunun için alanı belli bir su yüzüne damlatılmak üzere son derece zayıf bir yağ çözeltisi hazırlar ve yüzey gerilim etkisi kayboluncaya dek suya damlatır. Ölçme bu en az yağ tabakası kalınlığının yaklaşık bir 1 cm.'nin dört milyonda biri kadar olduğunu gösterir. Rayleigh bundan şu sonucu çıkarır: Demek ki, bu kalınlık, tek tabaka olarak su yüzünde yayılan yağ moleküllerinin büyüklüğünü temsil etmektedir. Moleküllerin büyüklüğüne ilişkin bu ilk ölçme bildiğimiz gibi, kabaca da olsa, gerçeği yansıtmaktadır.

(1) Uzak Doğu'da yetişir bir çeşit taflandan elde edilerek hekimlikte kullanılan beyaz, yarı saydam, kolayca parçalanan, çok ıtırılı bir madde. (Çeviren)

“Brown hareketi” denen başka bir etki daha vardır. Çok güçlü mikroskopla son derece küçük parçacıklara (örneğin, su içine damlatılan bir süt damlasındaki minik yağ küreciklerine, ya da havaya karışan sigara dumanındaki parçacıklara) baktığımızda bunların gelişigüzel her yana durmadan seğırttiğini görürüz. Pek çoğumuz göl üzerine attığımız ufak ekmek parçalarının zaman zaman kıpırdadığına, yukarı aşağı titrediğine tanık olmuşuzdur. Kuşkusuz bu hareket gözle göremediğimiz küçücük balıkların ekmeğe saldırısından ileri gelmektedir. Brown hareketi buna benzerde ve benzer nedene dayanmaktadır. Havadaki ya da su içindeki parçacığın durmadan kıpırdanması, gelişigüzel devinen moleküllerin çarpmasından doğmaktadır. Parçacık büyükse, kıpırdamaz görünür, çünkü her yandan gelen molekül darbeleri birbirini götürür, parça dengesini korur. Ama parçacık gerçekten küçükse, bu denge korunamaz, çünkü gelişigüzel gelen darbeler çoğu kez bir yanda veya öbür yanda daha fazla olur, ya da çarpan moleküllerin hızları değişiktir. Kanımca bu, hava gibi bir gazın neden sürekli değil, bir sürü tanecikten (yani, durmadan sağa sola gelişigüzel seğırtten ve önlerine çıkan parçacıklara çarpıp dönen moleküllerden) oluştuğunu gösteren son derece inandırıcı bir gözlemdir.

Son örneğimi, tüm bilimsel yaşamımda beni ilgilendirmiş olan bir çalışma alanından seçiyorum. Bu da X-ışınının kırınımı olayıdır. Işık ne zaman düzgün biçimli bir nesne tarafından saçılrsa, çok çarpıcı bir kırınım etkisi ortaya çıkar. Bunu basit bir şekilde siz de deneyebilirsiniz. Uzaktaki cadde lambasına gergin tutulan bir mendilden baktığınızda, mendilin iplikleri arasındaki deliklerin düzgün dağılımının lamba çevresinde renkli noktalardan oluşan güzel bir biçim yarattığını görürsünüz. Bu, ışık dalgalarının deliklerden geçtikten sonra uğradığı girişimden ileri gelir. Oluşan biçimin büyüklüğü ile ışığın dalga uzunluğu göz önüne alınarak mendildeki ipliklerin aralıklarını hesaplayabiliriz. Şimdi kristal dediğimiz şey de atomların düzgün bir biçimdeki düzenidir. Görünen ışığı kristal düzeniyle kırınıma uğratmak olanaksızdır, çünkü, ışık dalgaları yeterince kısa değildir. Ama

X-ışınları ışığa benzer; üstelik dalga uzunluğu on bin kez daha kısadır. X-ışınları kristalden geçince bir kırınım düzeni oluşur; tıpkı mendil örneğinde olduğu gibi, atomların kristalde nasıl düzenlendiğini ve aralarındaki mesafeyi hesaplayabiliriz. Bu kadar da değil, biz artık pek çok madde biçiminde atomların nasıl düzenlendiğini gösteren çizimler ya da ölçekli modeller yapabilmekteyiz. Bu da kuşkusuz atomların özelliklerine ilişkin bilgi ve anlayışımızı büyük ölçüde artırmıştır.

Bunlar sadece birkaç örnek. Ama bu kadarı bile bilim adamları için atomu sanki mikroskopla görmüş ya da teraziyile tartmış gibi gerçek yapan düşünme biçimini göstermeye yeter, sanıyorum.

Peki atomlar nasıl oluşmuştur? Çok eskiden atomlar bölünemeyen, her biri kendine özgü özelliği ile düşünülmüştü. Ama hatırlayacağınız üzere, geçen yüzyılın sonlarına doğru, J.J. Thomson elektronu bulur. Thomson bir gazdaki elektrik boşalımında atomdan hafif negatif elektrik yüklü, birtakım küçücük parçacıkların koparılabilceğini görmüş; geldikleri atomların türü ne olursa olsun bu parçacıkların özdeş olduğunu saptamıştı. Bunlar, radyo lambasındaki kızgın telden kaynaklanan ve onun içinde elektrik akımını boş uzayda taşıyan elektronlardı. Sonra Rutherford, atomun merkezinde yer alan pozitif elektrik yüklü ve elektronları çevresinde tutan (tıpkı Güneş'in gezegenleri yörüngelerinde tuttuğu gibi) çekirdeği bulur. Ama bundan sonra büyük sorun ortaya çıkar; atom nasıl işlemektedir? Atomu oluşturan çekirdek ve elektronlar nasıl oluyor da her atoma kendine özgü özelliğini veriyor? Başka bir deyişle, örneğin bir oksijen, bir bakır ya da bir kükürt atomu nasıl meydana geliyor?

Şimdi kafanızı gerçekten karıştırıcı bazı düşüncelere değineceğim: Belki de bunları ortaya sermenin yeri burası değildir, ama gene de değinmeden edemeyeceğim. Böylece, hiç değilse, bilim adamlarının geliştirmeye çalıştıkları düşüncelere ilişkin size bir fikir vermiş olurum.

Atomu betimlemede ilk girişimler daha çok mekanik modeller geliştirmeye yönelikti. "Mekanik" derken atomu oluşturan

ran parçaların makine parçaları gibi davrandığını demek istiyorum. Başka bir deyişle, büyük cisimler gibi atom-altı parçacıkların da Newton yasalarına bağlı olduğu sanılıyordu. Şimdi, biz enerji, hız ve eylemsizlik gibi kavramlara öylesine alışmışız ki, (çünkü, tüm gözlemlerimiz ve yaptıklarımız bunlara ilişkin yasalara bağlıdır) başka türlü davranan nesnelerin varlığını tasavvur etmemiz son derece güçtür. Geliştirilen atom modelleri konusunda asıl söylemem gereken şey, bunların hiçbirinin beklenen sonucu vermediğidir. Nitekim çok geçmeden anlaşılmıştır ki, sorun doğru modeli bulamamakta değil, hiçbir mekanik modelin işe yaramayacağına yatıyordu. Örneğin, yerküremizin Güneş çevresinde döndüğü gibi elektronun çekirdek çevresinde döndüğünü düşünelim. Elektronların ileri-geri gidip gelirken birtakım dalgalar çıkarması beklenir; tıpkı telsiz istasyonlarındaki antenlerde yukarı aşağı seğirtirken radyo dalgaları çıkarmaları gibi. Öyleyse elektronlar bu hareketlerinde enerji kaybederler; bu yüzden hızları düşer ve sonunda çekirdeğe düşerler. Aynı şekilde Dünya çevresinde dönen Ay'ın hızını kesip durduracak bir fren uygulayabilsek, Ay da Dünya'ya düşer. Bu açmazdan kurtuluş yoktur.

Çaresizliğin verdiği sıkıntı içinde, ivedi bir çözüm bulma çabasına ilk girişen bilim adamı Danimarkalı büyük fizikçi Niels Bohr olur. Getirdiği çözüm kısaca şöyle özetlenebilir: Anlamadığımız bir nedenle elektronların çekirdek çevresindeki kimi yol ya da yörüngelerinin ayrıcalıklı (imtiyazlı) olduğunu düşünelim. Bir elektron bu tür yörüngelerde kaldığı sürece dalga çıkarmaz. Sadece bir yörüngeden bir diğer yörüngeye atladığında dalga çıkarır. Böylece, atomun özellikleri düzgün ve simetrik bir biçim kazanmakta, üstelik bu özellikleri açıklama olanağına kavuşmaktayız; yeter ki, Bohr'un ne tür yörüngelerin ayrıcalıklı olduğu konusundaki tepeden inme yargısına boyun eğmiş olalım. Bu çözüm tam doyurucu değildi; ama nerede yanlışlığa düştüğümüzü göstermesi bakımından önemliydi. Mekanik modellerini oluştururken bilim adamları aşağı yukarı şöyle düşünüyorlardı: "Bir tenis topu atomlardan kurulmuştur; atomlar ise atom-altı

parçacıklardan oluşmuştur. Öyleyse bu parçacıklar tenis topu gibi davranır.” Bu uslama tümüyle bir mantıksızlık örneği olup, kısır döngü içindedir. Parçalar neden oluşturdıkları bütün gibi davranırsın? Atom-altı dünyasını betimlerken, büyük nesnelere göre kurulmuş bakış ve düşünme alışkanlıklarımızı bir yana itmek zorundayız.

Bu bize doğal görünse de, başlangıçta anlaşılması kolay bir şey değildi. Nitekim, vazgeçmemiz gereken temel fikirlerden birini açıklarsam, düşüncemizde ne denli devrimci olmak zorunda kaldığımızı kolayca görürsünüz. Örneğin doğruluğu bize apaçık gelen “bir nesne aynı zamanda birden fazla yerde olamaz” düşüncesinden vazgeçmemiz gerekmiştir. Bunun düpedüz bir saçmalık olduğuna karar vermeden önce vereceğim açıklamayı sabırla dinlemenizi istiyorum.

Karşılaştığımız güçlük, elektronun çekirdek çevresinde dönerken, Bohr’un “ayrıcılık” diye nitelediği yörüngelerden birinde ise, neden dalga çıkarmadığıdır. Sonra “dönerken” sözünden ne anlıyoruz? Denebilir ki, bu, elektrona baktığımızda onu önce atomun bir ucunda, sonra diğer ucunda görmemiz anlamına gelir. Ancak, elektronu yalnızca dalga çıkardığı zaman görebiliriz; oysa az önce ayrıcılık yörüngedeyken dalga çıkarmadığından söz etmiştik. Öyleyse, böyle bir yörüngedeyken nerede olduğunu (tanım gereği) bize bildirmediğine göre, onun atomun bir ucunda ya da diğer ucunda olduğunu, daha açıkça, çekirdek çevresinde döndüğünü söylemenin anlamı var mıdır? Gerçekte, en doğrusu, gözlenmediğinde onu aynı zamanda, atomun çevresinin tümünde var saymak. Yaptığımız deneyde “elektronu gördüğümüzü” söylüyorsak, bununla belli bir yerde küçük bir parçacığın olduğunu demek istiyoruz. Gözlenmediğinde yine de bir yerdedir, demenin anlamı yoktur. Bu yaklaşım kılı kırk yarma, ya da üst perdeden spekülasyon yapma gibi görünebilir; öyle de olsa, güçlüğe bir çözüm getirmektedir. Matematiksel biçimde söylersek, atomun özellikleri hesaplanabilir ve hesaplandığı ölçüde deney sonuçlarıyla tam ve güzel bir uyum göstermektedir.

Bir benzetme aracılığıyla ne demek istediğimi açıklayayım. Bir zamanlar ünlü bir okulun başöğretmeni ödül dağıtım töreninde: “Okulumuzda iyi bir hava vardır.” demiş. Bu iyi hava okulun neresindedir? Doğusunda mı, yoksa batısında mıdır? Yoksa, bu iyi havayı başöğretmen masasının çekmecesinde mi saklı tutmaktadır? Var olduğu söylenen iyi hava nerede olduğunu açığa vurmamakça her yerdedir, ya da belli hiçbir yerde değildir. Ama kendini açığa vurursa, bir an için şu veya bu yerdedir diyebiliriz. İyi hava kimi davranış, ya da ilişkilerde kendini açığa vurabilir. Örneğin, öğretmenlerin çocukların sorunlarıyla yakından ilgilenmelerinde, büyük çocukların küçükleri korumalarında, okul ve çevresini temiz ve bakımlı tutmada, vb... Atomlardaki elektronların konum ve davranışları üzerinde de böyle düşünebiliriz. Atomda kaldıkları ve dışarıya dalga göndermedikleri sürece, onları dönen birer parçacık gibi değil, aynı zamanda tüm atomda yaygın bir şeymiş gibi düşünmek zorundayız. Buna karşı, “biz manevi havadan değil, maddesel parçacıklardan söz ediyoruz.” diye itiraz edebilirsiniz. Gerçekten de tenis topu gibi bir nesne belli bir anda belli bir yerde olmak zorundadır, başka türlü olamaz. Ama biz bu düşünceye birçok elementten oluşan büyük cisimlere ilişkin deneyimlerimizle ulaştığımızdır. Yukarıda sözünü ettiğimiz başöğretmene İngiltere’nin haritasını verip, iyi havanın nerede olduğunu sorsak, hiç kuşkusuz iğneyi okulunun bulunduğu kente batırarak, “işte burada” diyecektir. Elektron için de aynı şeyi söyleyebiliriz. Atom düzeyine indiğimizde, “belli bir yerde olma” düşüncesi giderek belirgin olmaktan çıkar, bir tür belirsiz olasılığa dönüşür, hatta sonunda tümüyle anlamsız olduğu görülebilir; ta ki, elektron dalga çıkararak nerede olduğunu açığa vurmuş olsun. Bu mesajı almadıkça, elektronun nerede olduğundan söz etmek anlamsızdır.

Eskiden bilime “Doğal Felsefe” denirdi; kanımca bu yerinde bir nitelemeydi. Bilimde asıl ilginç olan birtakım olguları gün ışığına çıkarmak değil, o olguları açıklayan yeni bir düşünce oluşturmaktır. Oluşturulan düşünce belli ölçütlere uygun olmalıdır. Bir kez olgular arasındaki ilişkileri dile getirmeli; sonra, da-

ha önemlisi, olduğunca çok sayıda olguyu birkaç temel ilke çevresinde toplayıp açıklayabilmelidir. Atomun doğasını bu ölçütler çerçevesinde anlama yolundaki çaba, bizden önceki kuşağın büyük başarısı olmuştur. Konuşmamın amacı, bu başarıya yol açan ilginç düşünce serüvenleri hakkında okuyucuya bir fikir vermekti. Bunu bir ölçüde de olsa yaptığımı umuyorum.

Atomun Yapısı⁽¹⁾

Gazların matematiksel betimlemesine temel oluşturan Dalton'un atom teorisi, 19. yüzyılın sonlarına doğru yetersiz kalmıştı. Dalton'un minik bir küre olarak tasavvur ettiği atomun, özünde elektriksel olduğunu gösteren bazı kanıtlar ortaya çıkmıştı. Faraday, elektroliz (kimyasal bileşiklerin elektrik akımı ile çözülmesi) üzerinde yürüttüğü deneylere dayanarak böyle bir düşünceye ulaşmıştı.

Atomun elektriksel yapısını ortaya çıkarmaya yol açan olay, ince ve çok düşük basınçlı gazlardan elektrik akımının geçirilmesi idi. Normal atmosfer basıncı altında hava gibi bir gaz, kısa bir kıvılcım dışında elektrik geçirmez. Ancak gazın basıncı, atmosfer basıncının $1/1.000$ 'ne düşürüldüğünde, günümüzde aydınlatmada kullanılan floresan lambalarında gördüğümüze benzer ışık parıltısı biçiminde sessiz bir parıltının geçtiği görülür. Gazın basıncı daha da düşülürse, parıltı metal katot (elektrik kaynağının negatif kutbuna bağlı olan çubuk)'tan uzaklaşmaya başlar; sonra parçalanarak katoda yakın yeni bir parıltı belirir. Bir atmosferin $1/100.000$ 'i bir basınçta parıltının tümü kaybolur, gaz kararır, cam tüp soluk yeşil bir ışıltı haline dönüşür. Katot görünmeyen ışınlar saçar gibi görünür. 1876'da Goldstein bu ışınlara "katot ışınları" adını verir.

Bu katot ışınlarının doğası, Cambridge'de Cavendish Laboratuvarında J. J. Thomson (1856-1940) tarafından aydınlatılır.

(1) Doğrudan çeviri olmayan bu metin, J.G. Bruton'un *The Story of Western Science* adlı yapıtından yararlanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Thomson'un çalışması X-ışınının Röntgen tarafından bulunmasını izlemiştir. Röntgen buluşuna, bir bakıma "şans" diyebileceğimiz bir tesadüfle ulaşır. Şöyle ki, laboratuvarında çok düşük basınçtaki gazlardan elektrik geçirilmesi üzerinde deney yaparken yanında duran bir ince baryum platino-siyanid plakasının, elektrik salan tüpün yakınına konduğunda ışıldadığını fark eder. Elini tüple plaka arasına koyduğunda plaka üzerine el kemiklerinin gölgesinin düştüğünü görür. Bu son derece güçlü ışımanın tüpten geldiği açıktı. Gözle görülmeyen, ama katı maddelerden geçebilen bu ışına "Röntgen ışını" ya da "X-ışını" diyoruz.

Gazların elektrik iletme gücü üzerinde X-ışınlarının etkisini inceleyen Thomson, bu ışınların bildiğimiz atmosfer basıncındaki bir gazı elektrik iletkeni yaptığını saptar. Öte yandan, gazın cam elyafından geçirilmesi halinde iletkenliğinin yok olduğunu da görür. Bundan iletkenliğin parçacıklardan ileri geldiği anlaşılır. İletkenlik, gazın elektrik yüklü plakalar arasından geçirilmesi halinde de yok olmaktadır. Bu da parçacıkların kendilerinin elektrik yüklü olduğunu gösterir.

Ters yönlerde akan pozitif ve negatif yüklü parçacıkların bir sıvı çözeltiden elektrik akımı taşıdıkları bilinmekteydi. "İyon" denen bu elektrik yüklü parçacıklar çözelti moleküllerinin atomlara ya da atom öbeklerine bölünmesiyle oluşmaktadır. Bu süreç "iyonlaşma" adı verilmiştir.

Aynı sürecin X-ışınlarının etkisi altındaki bir gazda da sürdüğü sanılmaktaydı. Thomson ile Rutherford, iki metal plaka arasında X-ışınlarına tutulmuş bir gazdan gelen akımın belli bir noktadan daha fazla artırılamadığını saptadılar. Onların açıklaması, plakaların iyonları, X-ışınlarının onları çıkarır çıkarmaz topladığı biçimindeydi.

Thomson elektrik salan bir tüpteki katot ışınlarının gaz halinde negatif iyonlar olduğuna inanmıştı. Deneyler bunların hem atomlardan hafif olduğunu, hem de yüksek hızla devindiklerini gösteriyordu. Thomson, bunların hidrojen atomundan 1.000 kez daha hafif olduğu sonucuna ulaşmıştı.

Hertz ve Lenard'ın deneyleri katot ışınlarının ince altın taba-

kadan ya da alüminyum pencereden geçebileceğini gösterdi. Oysa bunlardan atom geçemiyordu. Bu parçacıkların atomdan daha ufak olduğu demektir.

30 Nisan 1897’de, Thomson bilinen en hafif atomdan daha hafif parçacıkların olduğunu kanıtlayan deney sonuçlarını açıkladı. Thomson, bu parçacıklara “korpüskül” demişti, biz şimdi “elektron” diyoruz. Daha sonraki deneylerinden elektrona ilişkin yeni bilgiler ortaya çıktı; elektronların her türlü maddede var olduğu anlaşılmıştı.

Atomun yapısı üzerinde çalışmalarını sürdüren Thomson, her atomun eşit miktarda pozitif ve negatif elektrik yükü taşıdığı sonucuna ulaşır. O, atomu, içinde elektronların yer aldığı tekdüze pozitif elektrik yüklü bir küre olarak tasavvur etmişti.

Şubat 1896’da Henri Becquerel, Röntgen’in X-ışınları buluşundan daha önemli bir buluş ortaya koyar. Becquerel, X-ışınlarının cam tüp üzerinde katot ışınlarının çarptığı ışıyan bir parçadan kaynaklandığını görünce, tüm ışıyan maddelerin aynı ışınları saçıp saçmadığını araştırmaya karar verir. Deneyler çok geçmeden uranyum tuzlarının da o tür ışınlar çıkardığını gösterir. Bu olaya Marie Curie “Radyoaktivite” adını verir.

Marie Curie (1867-1934) Nobel Ödülü’nü iki kez alan tek bilgin olarak ünlüdür. Kendisinden sonra bilimde bu ödülü alan tek kadın bilgin de kızı, Irène Joliot-Curie olmuştur. Polonya, doğumlu olan Marie 23 yaşındayken Paris’e bilim öğrenimi için gider; sonra Paris Fizik ve Kimya Fakültesi’nde Profesör olan Pierre Curie ile evlenir.

Marie, öğrenimine, yeni bulunmuş radyoaktivite olayını incelemekle başladı. X-ışınları gibi uranyum ışıması da bir gazı elektrik iletkenine dönüştürecek ve elektroskoptaki elektrik yükünün dışarı sızmasına yol açacak özelliğe sahipti. Bu özelliği göz önünde tutan Marie, ışımanın kullanılan uranyumun ağırlığı ile orantılı olduğunu saptar; oysa uranyumun birleştiği diğer elementlerin ağırlığı ya da niteliği ile ışıma arasında böyle bir ilişki yoktur. Radyoaktivite atomsal bir özelliktir öyleyse.

Buluşlarından biri de, uranyum hammaddesinin saf uran-

yumdan dört kat daha fazla radyoaktif olmasıydı. Bu uranyum hammaddesinin bilinmeyen radyoaktif bir element taşıdığı demekti. Marie ve kocası Pierre bu elementi ayırt etme ve atomsal ağırlığını belirleme çalışmasına koyulurlar. Avusturya hükümeti, onlara, Bohemya uranyum madenlerinden bir miktar işe yaramaz artık'tan verir. Hammaddeyi oluşturan elementleri ayıran karıkoca, bunları radyoaktivite yönünden teker teker test eder; sonra radyoaktif olanları çözümlemeye tabi tutar. Çalışma koşulları zor ve son derece elverişsizdi; ama yine de 1902'de "radyum" adını verdikleri atomsal ağırlığı 225 olarak belirlenen bir elementi ayırt ettiklerini açıklayabildiler. İşlemeye koydukları 6 tondan fazla hammaddeden bir gramın yaklaşık binde yedisi ağırlıkta saf uranyum elde edilebilmişti. Ertesi yıl, Becquerel ile birlikte Nobel Ödülü'nü aldılar. Amerika'da kanserin tedavisinde kullanılmak üzere radyum üretimine karar verildiğinde, Curie'ler, bilimin ruhuna aykırı düşer, diye, üretim sürecine ilişkin verdikleri bilgi karşılığında para kabul etmezler.

Nisan 1906'da Pierre, Paris'te uğradığı bir atlı araba kazasında ölür. Büyük bir acı içine düşen Marie için tek teselli bilimsel araştırmalarıydı. Sonunda 30 yıl üzerinde çalıştığı radyoaktif ışıma etkisiyle o da yaşamını yitirir.

Radyoaktivite süreçlerini araştırma ve bu olayları açıklayıcı teoriyi geliştirme etkinliğinde en önemli rolü oynayan bilim adamı Ernest Rutherford (1871-1937) oldu. Rutherford, Faraday düzeyinde büyük bir deneysel fizikçiydi. Bilimsel tüm düşünce ve deneyleri son derece yalın ve açıktı; tükenmez çalışma gücü ve kuvvetli ilgisiyle büyük bir kişiliği vardı. Radyoaktivite üzerindeki çalışmasına 1897'de Cavendish Laboratuvarı'nda başladı. Işımların "alfa" ve "beta" ışınları olmak üzere hiç değilse iki türden oluştuğunu bulur. Daha sonra, "gamma" ışınları dediği üçüncü bir tür daha keşfeder.

Rutherford, Cambridge Üniversitesi'nden ayrılıp Kanada'da McGill Üniversitesi'nde çalışmaya başladıktan sonra, toryum elementinin çıkardığı bir tür radyoaktif gaz üzerinde araştırmasını sürdürür. Sonra Soddy ile birlikte bu gazın doğrudan

toryum'dan değil, "toryum X" dedikleri bir ara maddeden çıktığını belirler. Gazın pozitif elektrik yüklü parçacıklardan oluştuğunu ve bu parçacıkların kütlelerinin hidrojen ya da helyum atomları ölçüsünde hafif olduğunu saptarlar. Helyum, radyoaktif minerallerde bulunduğundan, elde edilen kanıtlar alfa parçacıklarının elektrik yüklü helyum atomları olduğunu gösteriyordu. Büyük bir enerji taşıyan alfa parçacıkları saniyede 16.000 km. hızla saçılıyordu. Rutherford'un gözünde bu radyoaktif maddelerden çıkan ısıyı açıklayan nedendi. Artık o, radyoaktivitenin işleyişini anlamaya başlamıştı. Toryum atomları kendiliğinden parçalanıyor, çıkan parçalardan bir bölümü alfa parçacıkları olarak dışarı saçılıyor, "toryum X" denen yeni bir atom türüne dönüşüyordu. Sonra bu toryum X, toryumdan çıkan gaza dönüşmekteydi. Rutherford ile Soddy geliştirdikleri bu teoriyi Eylül 1902'de yayımladılar.

Atomların yapısını anlamada bu teori önemli bir adımdı. Radyoaktif atomlar bir alfa parçacığı (ki, elektrik yüklü bir helyum atomudur bu) fırlattığında, atomsal ağırlıkları azalır, Periyodik Tablo'da, kimyasal özellikleri farklı yeni bir elementler ailesinin yer aldığı alt düzeye inerler.

Rutherford, alfa parçacıklarının davranışını dikkatle inceler. Bir alfa parçacığı normal olarak bir doğru üzerinde büyük bir hız ve enerjiyle hareket eder. Ne var ki, kimi kez, geriye yansıdığı olur; bu da onun ara sıra bir molekül ya da atomun merkezine sokulduğunu, dolayısıyla son derece yüksek elektrik gücünün etkisine girdiğini gösterir. Yansıma olayını Geiger ve Marsden'in işbirliği ile inceleyen Rutherford, sonunda şöyle bir yargıya ulaştı: Atom, yapısı yönünden, merkezinde pozitif elektrik yüklü yoğun bir çekirdek, çekirdek çevresinde dönen negatif elektrik yüklü elektronlarla minyatür bir Güneş sistemini andırıyordu.

Bundan sonraki adım, çekirdekteki pozitif yükünün Periyodik Tablo'da yer alan bir elementten öbürüne nasıl arttığını ortaya çıkarmaktı. Elektrik yükünün atomların Periyodik Tablo'daki ordinal sayıları olabileceği ihtimali vardı; öyle ki, 1 hidrojen, 2 helyum, 3 lityum, ... vb., sonunda 92 uranyuma kadar çıkar. Moseley

(1887-1915)⁽¹⁾ bir dizi önemli deneylerle elementlerin atomsal sayılarını saptar. Her element için bu sayı, atom çekirdeğindeki pozitif elektrik yükünün, aynı zamanda, çekirdek çevresinde dönen elektronların sayısına eşittir. Örneğin, hidrojenin atomsal sayısı 1'dir; çünkü, hidrojen atomun çekirdeğinde 1 pozitif elektrik yükü vardır; çekirdek çevresinde dönen elektron sayısı da 1'dir. Helyumun atomsal sayısı 2'dir; çünkü, çekirdeğindeki pozitif elektrik yükü 2'dir, elektron sayısı 2'dir. Moseley'in çalışması elementleri yeni ve daha doyurucu bir biçimde sınıflama olanağını sağladı. Atomsal sayı, atomsal ağırlıktan daha önemlidir, çünkü bir atomun kimyasal özellikleri çekirdek çevresinde dönen elektron sayısı ile belirlenir.

Fransız bilim adamı Urbain'e göre, Moseley'in bulduğu ilişki (buna "Moseley Yasası" da denir), bilim tarihinin en parlak sayfalarından birini oluşturur. Ancak her şey bununla bitmiş değildi; Moseley ilişkisi atomsal ağırlıkları açıklamıyordu. Eğer tüm atomlar aynı birim parçacıklarından oluşsaydı, ağırlıklarının da, en hafif olan hidrojen atomunun katlarıyla belirlenebileceği, dolayısıyla atomsal ağırlıkların tamsayılarla gösterebileceği beklenebilirdi. Oysa, aşağıdaki tablo bunun böyle olmadığını göstermektedir.

Atomal Sayı	Element	Atomal Ağırlık
1	Hidrojen	1,0080
2	Helyum	4,003
3	Lityum	6,940
4	Berilyum	9,02
5	Boron	10,82
6	Karbon	12,010
7	Azot	14,008
8	Oksijen	16,000
9	Flor	19,00
10	Neon	20,183

(1) Rutherford'un öğrencisi H.G.J. Moseley, Gelibolu çıkarmasında İngilizlerin yitirdiği, kariyerinde son derece parlak genç bilim adamı. Bilim dünyasının yanı sıra İngiliz halkının da, onu cepheye süren yönetim anlayışsızlığını bugün bile bağışlamadığını biliyoruz.

J.J. Thomson, Tablo'da onuncu element olan Neon'un kütleleri 20 ve 22 olan iki tür atomdan oluştuğunu ortaya koyarken; Soddy de kimyasal özellikleri yönünden aynı, ama kütleleri farklı atomların var olabileceğini saptamıştı. Örneğin, atomsal ağırlığı 207,2 olan kurşun, atomsal ağırlıkları 206 ve 208 olan iki izotop'tan oluşur. Deneyler 92 elementin 275 kararlı (yani, hemen bozunmayan) izotoptan oluştuğunu gösteriyordu.

Bilim adamları o sırada artık atomun iki temel parçacıktan (negatif yüklü elektronlarla, pozitif yükü bunlara eşit, ama kütlesi 1.840 kez daha büyük protondan) oluştuğuna inanıyordu. Sonraları bunlara üçüncü bir parçacık, elektrik yükü sıfır, kütlesi protonunkine denk olan nötron eklendi.

Kütlesi, 1 olan hidrojen atomu, bir proton ve bir elektron taşır. Kütlesi 2 olan ağır hidrojen (pek az rastlanan bir izotop) atomunun, çevresinde tek bir elektronun döndüğü, bir proton ve bir nötrondan oluşan bir çekirdek vardır.

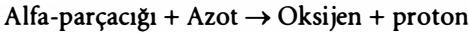
Hafiflikte hidrojenden sonra gelen helyum atomu, yükü 2, kütlesi 4 (2 proton ve 2 nötron) olan, çevresinde 2 elektron dönen bir çekirdeğe sahiptir.

Tüm elementlerin atomsal yapısı aynı şekilde açıklanabilir. En ağır doğal element olan uranyumun çevresinde 92 elektron dönen, 92 protonu olan bir çekirdeği; birkaç da değişik izotopu vardır. Bunlardan en çok bilineni kütlesi 238 (92 proton + 146 nötron) ile kütlesi 235 (92 proton + 143 nötron) olan izotoplardır.⁽¹⁾

Rutherford, atomun parçacıklardan oluştuğunu ortaya koyduktan sonra, bir elementi başka bir elemente dönüştürmek için parçacıklardan birini ya da daha fazlasını atomdan dışarı atma olasılığı üzerinde çalıştı. Alfa parçacıkları kullanarak radyumdaki azotu dışarı atmak için bombaladı; azottan gelen parçacıkların alfa parçacıklarından daha uzun ranjlı olduğunu gördü; bunların hidrojen atom çekirdekleri ya da protonları olma ihtima-

(1) İzotop, proton sayısı aynı, ama nötron sayısı farklı olduğu için atom ağırlıkları değişik olan elementlere denir.

li vardı. Şöyle bir sonuca ulaştı: Alfa parçacıklarının çarptığı azot atomu parçalanarak oksijene dönüşmektedir. Bunu şöyle gösterebiliriz:



Rutherford, daha sonra Chadwick ile birlikte sürdürdüğü deneylerde azot gibi daha bir düzine hafif elementin, alfa parçacıklarıyla bombalayarak, diğer elementlere dönüştürülebileceğini gösterir.

Fizikçiler şimdi artık atomun yapısını o denli iyi bilmektedirler ki, atomu parçalamakla kalmamakta, istediklerinde yeni atomlar bile oluşturabilmektedirler. Örneğin, doğada olmayan iki atom (teknetiyum ile prometiyum) yapay olarak radyoaktif biçimde oluşturulmuştur. Doğada en ağır element olan uranyumdan daha ağır birtakım elementler de, az miktarda da olsa, ortaya konmuştur.

Günümüzde Bilim

Mark Laurence Oliphant

Birmingham Üniversitesi Profesörü

İnsanoğlunun doğal öğrenme ve bulma merakı bildiğimiz teknik uygarlığın oluşmasına, bilgi dağarcığımızın alabildiğine zenginleşmesine yol açmıştır. Bu merak “kültür” diye nitelediğimiz son derece ince bir kafa olgunluğuna erişirmiştir bizi. Kısacası, yaşam ve düşün alanlarındaki tüm ilerlemelerimizi insanoğlunun doğuştan getirdiği bu meraka borçluyuz. Modern dünyada bilgiye olan bu tutku, kendini en güçlü bir biçimde bilimsel etkinlikte açığa vurmaktadır. Yeryüzünün gidilmeyen, öğrenilmeyen köşesi hemen hemen kalmadı; ama Drake ve Cook gibi büyük gezginlerin ruhu şimdi atom-altı dünyaya inen, canlıların olduğu, karmaşık molekülleri inceleyen bilim adamlarında yaşamaktadır.

Daha önceki konuşmalarda bilimsel düşünce ve deneylerin değişik kolları üzerinde duruldu. Geçmişteki başarıların gözden geçirilmesi düşünce ve davranışlardaki devrimsel değişikliklerin nasıl oluştuğunu göstermesi bakımından önemlidir. Bilimsel ilerleme şimdi o denli hızlı, ortaya konan sonuçlar öylesine çabuk benimsenmektedir ki, bunun üzerimizdeki etkisini yeterince değerlendiremem, bu yüzden de, bizi götürdüğü yeri yeterince anlayamama tehlikesiyle karşı karşıya bırakmıştır. Bu konuşmanın amacı, doğaya ilişkin bilgilerimizdeki baş döndürücü artışın bizi nereye götürdüğü sorusunu yanıtlamaktır.

Her şeyden önce, şunu belirtmeye ihtiyaç vardır: Bilimde gözlenen hızlı ilerlemenin insanların yaşamı üzerindeki etkisi son de-

rece büyük olmakla birlikte, pek çok kimse bilimin sağladığı en basit açıklamalardan bile habersiz yaşamaktadır. Bu demektir ki, insanların büyük çoğunluğunun geleceği, şimdiki sosyal ve siyasal görüşleri, giriştikleri eylemler tümüyle kendi denetimleri dışında kalan gelişmeler tarafından belirlenmektedir. Bu son derece tehlikeli bir gidiştir; bunu düzeltme yolunda elimizden geleni yapmak geleceğe karşı borcumuzdur. Ne yapılabilir? Öncelikle, kişileri olup bitenler üzerinde daha tam aydınlatmak gerekir. Kanımca bilimsel ilerlemenin yol açtığı sıkıntıları gidermenin başlıca yolu, garip de görünse, daha fazla bilgi edinmek ve edinilen bilgiyi halk arasında yaymaktır. Bunun yanında bilimin uygulanmasıyla elde edilen olanakların, insanlığın yararına dönük kullanılması da hızla sağlanmalıdır. Değirmek istediğim bir diğer nokta, bilimin dünya görüşümüzü biçimlemede ne denli etkin bir güç olduğu, bugün geçirdiğimiz değişikliğin geçmişteki tüm devrimleri kat kat aşan bir nitelik taşıdığı gerçeğidir. Son olarak bilimin, kötüye kullanılmazsa, uluslararası barış ve anlayışın kurulmasında ne denli büyük bir olanak sağladığı inancını belirtmek istiyorum.

İlk bakışta modern bilim olgu ve hayalden oluşan son derece karmaşık bir görünüm vermektedir. Bir yanda, dikkatle düzenlenmiş gözlem ve deneylerin sonucu olgular, öte yanda alabildiğine atılgan teorik düşünceler — bilim bu iki ögenin değişen ölçülerde bir karışımı. Yıldızların içyapısına ilişkin kuramsal hesaplamalar; fizikte nötrinolara ya da kimyada enzim sistemlerine ilişkin denetlenemez hipotezler; hayvanların davranışları üzerinde tahminler... Bunlar öylesine şaşırtıcı bir tablo çizmektedir ki, bilim adamı olmayanların neye inanmaları gerektiğini bilmelerine olanak yoktur. Oysa, gözlemsel olguları açıklayan hipotezler oluşturmak bilimin en belirgin özelliğidir: Bir hipotez ya da tahmin, onu doğrulayacak deneye yol açar; deneyin denetimine girmeyen hipotez ise bilimsel nitelik kazanamaz. Kuşkusuz, eldeki bilgileri aşan spekülasyonlar heyecan vericidir; üstelik bunları, gereğinden fazla ciddiye almadığımız, ya da olgu yerine koymadığımız sürece sakıncalı saymak da yanlıştır. Tam tersine, in-

san zekâsının bu parlak atılımları bilimin gelişmesi için zorunludur. Ancak bilimde tahmin yürütmek ne denli zorunlu ise, tahminleri gözlem veya deney sonuçlarına giderek denetlemek de o denli zorunludur. Böylece yanlış tahminler, ya da yeterince doğru olmayan tahminler acımasızca ayıklanıp atılır; yerlerine doğruları aranır. Bilimin nasıl işlediğini anlamada sıradan insanların uğradığı güçlüğü bir kaynağı alışılmadık teknik terimler ise bir kaynağı da bilimsel doğrulama ya da kanıtlama sürecinin karmaşıklığıdır.

Aslında bizim gerçekten anladığımız şey son derece basittir. Örneğin, “kristalin hidrat sodyum karbonat” düpedüz çamaşır sodası; “relativistik olmayan iki boyutlu uzay” geometride üzerine şekil çizdiğimiz düz yüzey anlamına gelir. Aynı şekilde bildiğimiz sofraya tuzu kristalinde klor ve sodyum atomlarının nasıl yerleştiğini çıkarsamamız karmaşık kanıtlara dayanmakta ve baştan sona teknik nitelikte ise de, atomların kristal küplerin köşelerinde bulunduğu olgusu basittir.

Bilimde kanıtlanmış sonuçlar çok geçmeden yaşamımızı etkileyen uygulamalara dönüşmektedir. Her şeyden önce, çocuklarımızın okullarda, üniversitelerde okudukları ders kitaplarına geçer bu bilgiler. İlk ortaya çıkarıldığında o denli heyecan verici görünen ölçülmüş büyüklükler arasındaki matematiksel ilişkiler şimdi uygulamalı matematiğin örnekleri ya da alıştırma problemleri olmuştur. Endüstride çalışan bilim adamları bu bilgileri kullanarak yeni süreçler bulmakta, tarımda değişik bitki türleri, daha verimli hayvan cinsleri yetiştirmekte, bize yeni ürünler, eğlence araçları ve biçimleri sunmaktadırlar. Bu tür yeniliklerin ve gelişmelerin modern yaşama girmesi beklenilenden daha az zaman almaktadır.

Bizim için, yerkürenin Güneş çevresinde döndüğü ya da madenin atomlardan oluştuğu gibi olguların oldukça yeni sayılabilecek buluşlar arasında olduğunu anlamak pek kolay değildir. Örneğin, biz elektriksiz bir dünyayı tasavvur bile edemeyiz. Oysa elektrik mühendisliğinin temelini oluşturan Faraday’ın elektrik ile mıknatıs arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmaya yönelik çalışma-

ları üzerinden yüz elli yıl bile geçmiş değildir. Doksan yıl önce ne elektronlara, ne de radyoaktiviteye ilişkin bir şey biliyorduk. Oysa yüzyılımıza girişte, J. J. Thomson, Röntgen, Becquerel, Curie ve Rutherford gibi bilim adamlarının buluşlarından radyo ve televizyon endüstrileri doğdu; aynı şekilde maddenin atomsal yapısı ve atom enerjisi üzerindeki tüm bilgilerimiz de bu çalışmalardan kaynaklanmıştır. Gowland Hopkins'ın "ikincil yiyecek faktörleri" üzerindeki araştırması, eczane raflarını vitamin kutularıyla doldurmuştur. 1940 başında penisilin Fleming için merak konusu bir buluştu; üzerinden on yıl geçmeden, Florey'in övünç verici çalışmalarıyla pek çok hastanın tedavisinde kullanılmaya başlanmıştır.

Görülüyor ki, doğaya ilişkin olguları öğrenmemizle bunların yaşamımıza girmesi giderek daha az zaman almaktadır. Edindiğimiz yeni bilgileri ve buluşları kitaplarda, dergilerde ve kimi kişilerin kafalarında toplamaktayız. Öte yandan giderek artan ölçüde günlük yaşamımız bu bilgi ve buluşların uygulanmasıyla elde edilen ürünlere dayanır hale gelmektedir. İnsanları bilime olan tepkileri bakımından üçe ayırabiliriz: Bir bölümü bilgi edinme tutkusunu içindedir, anlayabildiği her şeyi öğrenir; bir başka bölümü, bilimi insanların buyruğunda görür, dünyayı insanlığın rahat ve mutluluğu için biçimlemek yolunda bilgi ve becerilerini geliştirmeye önem verir; üçüncü bölümü de, bilime karşı ilgisiz olmakla birlikte, bilimin yaşam üzerindeki etkisinden en geniş ölçüde etkilenir. Birinci grup meslekten bilim adamlarıyla birlikte, doğal tarihe, astronomiye, ya da radyoya derin ilgi duyan tüm amatörleri içine almaktadır. Bu sonuncular Fred Hoyle'ın BBC Üçüncü Programı'ndaki konuşmalarını tutkuyla izleyen, zamanlarını bilime ilişkin popüler kitaplar okumakla geçiren kimselerdir. İkinci grup, endüstride uygulanan teknik ve temel bilgilerin bilimsel araştırmaların sonucu olduğunu bilir; bu araştırmalara dayanan teknik icatlarla ilgilenir: İnsanlığın ne yazık ki büyük çoğunluğunu içine alan üçüncü grup ise, ancak dolaylı bir biçimde ve bilinçsiz olarak bilimsel gelişmelerden etkilenir; yaşadığı dünyanın bilimin uygulanmasıyla süre-

li ve giderek artan bir hızla değişmekte olduğunun farkında bile değildir.

Gerçek bilim adamları üzerinde fazla bir şey söylemem gerektiğini sanmıyorum. Temel bilimlerde itici güç, doğruyu bulma heyecanından, olguları açıklayıcı yeni hipotezler oluşturma da duyulan sarsıcı entelektüel coşkudan kaynaklanır. Uygulamalı bilimlerde de eşin kaynağı, yeni araç ve süreçler ortaya koymanın sağladığı heyecanda yatmaktadır. Gerçi burada “endüstriye katkısı” diye niteleyebileceğimiz daha somut olan amaç, bilim adamının araştırma alanını oldukça sınırlı tutar. İnsanların büyük çoğunluğu kendi organizmalarında olup bitenlere olduğu gibi doğanın işleyişine karşı da genel bir ilgisizlik içindedir. Hatta birçoğu için yaşadıkları dünyayı anlama çabası doğaya aykırı bir görüşlülük örneği ya da densizce bir davranıştır. Bunların gözünde, Güneş’in batışındaki ışık cümbüşünün bilimsel açıklanması, grubun tüm gizemli görkemini yok eder. Aynı şekilde, bir bebeğin döllenmiş bir yumurtadan nasıl oluştuğunu betimlemeye kalkmak, cinayet işlemek gibi kaçınmamız gereken korkunç bir şeydir. Oysa böyle düşünenler, bilimin yaşamımıza kattığı tüm nimetlerden en küçük bir duraksama göstermeksizin yararlanırlar; hastalandıklarında yeni ilaçları kullanır; gezilerinde en ileri kara, deniz ve hava taşıtlarından yararlanır; modern yöntemlerle korunan yiyecekleri bol bol yerler, flüorışıl aydınlatma, radyo, televizyon ve diğer tüm kolaylıklar onların yaşamına da girmiştir. Dahası var: İlk bir ürperti gösterisinden sonra onlar da herkes gibi bilimin daha az istenen sonuçlarını (örneğin, kimyasal ve bakteriyolojik savaş teknikleri, yıkıcı gücü giderek artan atom bombaları ya da, açgözlülükle sömürülen toprağın yozlaşıp verimini yitirmesi...) benimsemekten geri kalmazlar. Bilimden kaynaklanan ve yaşamımızı her yönüyle biçimleyen güçler karşısında bu genel ilgisizlik ya da kayıtsızlık iki nedene bağlanabilir. Bunlardan biri, okul programlarında bilime verilen yerin yetersizliği, dolayısıyla toplumun bilime karşı yabancı kalması ise, ikincisi (ki, çok daha önemlidir) yığınlarda gözlediğimiz resimli magazinlere bakmayı okumaya, futbol seyretmeyi düşünmeye, bahisli ya-

rışmaları araştırmaya yeğleyen davranışların simgelediği yaygın kafa tembelliğidir.

Şimdi insanların az önce belirttiğim üç şekilde bilime tepki gösterdikleri bir dünyada gördüğümüz manzara nedir? Bir kez unutulmaması gereken nokta şudur: Böyle bir dünyada hiçbir ulus, bilimin en geniş ölçüde ve son derece yoğun bir biçimde savunma, endüstri ve sağlık sorunlarının çözümüne uygulamasını sağlamadığı sürece, ön sırada yer alamaz. Gerçekten, bir zamanlar bireylerin (örneğin, tiranların, kralların ya da despotların) devlet ve ordu üzerinde ele geçirdikleri gücün yerini bugün hemen tümüyle bilimin uygulamasından sağlanan güç almıştır. Kişilerin entelektüel düzeylerini bu denli yükselten ve insanlığa sayısız yararlar sağlayan bilimin, insan varlığını yok edecek yıkıcı silahların yapımına yönelik kullanılması yaşadığımız dünyanın en büyük trajedisidir. Özellikle telsiz ve uçak endüstrisindeki büyük gelişmelerin ürünü olan iletişim ve taşıma alanındaki ileri yöntemler, uluslararasıdaki yöresel çatışmaları kısa sürede tüm ulusları içine alan dünya savaşına dönüştürme tehlikesini beraberinde getirmiştir.

Kalkınmış her ülkede (örneğin, İngiltere’de) bilimsel araştırmaya ayrılan parasal kaynaklar, diğer bütün geliştirme etkinlikleri için ayrılan miktardan daha fazladır. Bilimsel araştırmaya yönelik bu yoğun çaba nedensiz değildir kuşkusuz. Elde edilen sonuçlar, büyük ölçüde barış ve insanlığın yararına kullanılabilecek nitelikte bilgilerdir. Modern devletler savunmalarını eskiden olduğu gibi büyük ordular besleyerek sağlamamaktadırlar. Onların savaş tehlikesine karşı hazırlıkları daha çok stratejik bir planda bilim ve teknik çalışmaları üzerinde toplanmıştır. Bu, bilimsel ilerlemeye bağlı olarak dünya görüşümüzde ve eylemlerimizde oluşan devrimsel değişikliğe gösterilebilecek örneklerden yalnızca biridir.

Temel ve uygulamalı bilime dayalı teknolojiadaki baş döndürücü gelişme gücü artık herkesin bildiği bir gerçektir, sanırım. Modern iletişim ve taşıma araçlarıyla kitleleri sindiren korkunç silahlar olmaksızın ne Hitler ve Mussolini türünden kişisel, ne de Rusya’da olduğu gibi merkezden yönetilen parti diktatörlükleri-

ne olanak vardır. Seçim dönemlerinde atılan nutuklar, her şeyin bizim denetimimiz altında olduğu sanısını yaratır; oysa çağdaş koşullarda, girişimlerimizin hemen tümü başka ülkelerde olup bitenlere bağlı kalmaktan kurtulamaz. Salt Birleşmiş Milletler'in varlığı, tüm politikaların artık dünya politikası olduğu gerçeğini simgeleyen bir olgudur. Ulusal ekonomik ve parasal sorunlarımızın kendi kararlarımıza olduğu kadar dünyada olup bitenlere de bağlı olduğunu görmezlikten gelemeyiz. Dünyadaki konumumuzu ön safta tutmanın tek yolu, endüstri ve ekonomimizi bilimsel temele oturtmada herkesten daha çok çaba göstermek ve zekâmızı kullanmaktır.

Amerika, Rusya'dan, Rusya da Amerika'dan çekiniyorsa, bunun nedeni, bilimin günümüzde eriştiği çizgide dünyanın ayrı kıtalarındaki ülkelerin çok yakından birbirlerinden etkilenmeleri, daha da kötüsü, birbirini yok etme olasılığıdır. Açıkça söylenebilir ki, günümüzde yaşadığımız dünya çapındaki gerginliğin başlıca kaynağı bilim ve teknikteki hızlı gelişmedir.

Hiçbir tarihsel olay dünyayı ve insanların yaşamını, bilimin geçen yüzyıldaki hızlı ilerlemesi ölçüsünde etkileyebilmiş değildir. Tarihin büyük askeri seferleri, geçmişte ortaya çıkan büyük imparatorluklar, büyük dinlerin getirdiği köklü inanç ve görüş değişiklikleri — bunların tümü bilimsel ilerlemenin yaşam ve düşüncemizde yol açtığı modern devrimden daha az önemlidir. İçinde yaşadığımız değişiklikler sonuçları yönünden boy ölçüşmeye elvermeyecek büyüklüktedir.

Yaşam koşullarında, dolayısıyla düşüncemizde bu köklü değişiklikler sürerken, temel bilgilerdeki ilerlemeler ister istemez dünyaya bakışımızı, yani felsefemizi de etkilemektedir. Büyük teleskoplar aracılığıyla uzayın derinlikleri üzerindeki gözlemler evrenin sayısız yıldız kümeleriyle dolu olduğunu göstermektedir. Uzayın erişilmez derinliklerine açıldıkça evrenin sınırsız büyüklüğünü ve giderek dışı doğru açıldığını görüyoruz. Öte yandan, atomlar ve atom-altı parçacıklar üzerinde artan bilgimiz yeni bir mekanik anlayışa yol açmıştır. Bilindiği gibi, klasik mekanik olguları neden-sonuç ilişkisi içinde açıklıyordu. Oysa, atom-altı dü-

zeyde bu kesinlik yerini olasılığa bırakmıştır. Fiziğin bildiğimiz yasaları atom çekirdeği içinde geçerli değildir. Fizikçiler, atom-altı parçacıkların davranışlarını açıklamak için yeni teoriler oluşturma peşindedir. Proteinleri oluşturan atomların düzeni üzerinde kazanılan yeni bilgiler bizi canlı ve cansız varlıklar arasındaki farka ilişkin temel soruna yaklaştırmaktadır. İlaç ya da ameliyat sonucu ortaya çıkan önemsiz kimi biyolojik değişikliklerin insan ya da hayvan kişiliği üzerindeki etkileri tüm dikkatlerin “bireysellik” kavramına çevrilmesine yol açmıştır. Bütün bunlar kuşkusuz, içinde yaşadığımız dünyayı algılama ve değerlendirme biçimimizi derinden etkilemiş, çağımız için geçerli yepyeni bir felsefe oluşturmamızı zorunlu kılmıştır. Hızlı değişikliklerin yol açtığı tartışmalar, bir bakıma, doğa üzerindeki bilgilerini yetersiz sayan bilim adamları için eğlendirici olmaktan ileri geçmiyor; çünkü biliyorlar ki, bugün görüşümüzün doğruluğunu göstermek için başvurduğumuz dayanaklar yarın tümüyle geçersiz hale gelebilir. Günümüzdeki durum hakkında bu kadarı yeter. Konuşmamı, ileriye yönelik birkaç sözle bağlamak istiyorum: Yakın gelecekte bizi ne tür devrimsel değişiklikler beklemektedir acaba?

Tıp bilimlerindeki ilerlemeler doğan her çocuğun yaşama beklentimizi sürekli olarak artırmaktadır. Kadın ve erkeklerin yaşam sürelerindeki uzama, nüfusumuzun büyük bir bölümünü yaşlıların oluşturmaya yol açmıştır. Bunun bir anlamı da belki şudur: Pek çoğumuz gençliğin fırtınalı günleriyle orta yaşın verimli yıllarından geçerek yaşlılığın erinçliği içinde düşünüp taşınma fırsatı bulacağız. Bu da görüşlerimizde yılların deneyimlerine dayanan daha olgun bir kafa düzeyine erişme olanağı demektir. Genç kuşaklar yeni fikirler üretme ve ekonominin itici gücünü sağlama işlevini sürdürürken, yaşlıların deneyim ve birikimleri vatandaşlar arasındaki ilişkileri düzenleme ve diğer uluslarla uyum sağlama yolunda bize ışık tutabilir. Daha şimdiden bilimin sağlık, ekonomi ve dünya görüşümüzde sağladığı yararların tüm insanlığa, kalkınmış ülkelere olduğu kadar geri kalmış ülkelere de açık olduğu yaygın bir inanç niteliği almıştır. Sağlık, tarım ve endüstri alanlarındaki teknik ilerlemelerin Doğu ülkelerinde yayılması

kalkınmış ülkeler için kaçınılmaz bir görev olmalı; yoksa, o ülkeleri çıkarımız uğruna sömürmenin araçları olarak kullanılmamalıdır. Bugün önümüzde duran en büyük sorun, dünyayı ve onun nimetlerini değişik ırk ve dinlere ayrılmış insanlar arasında hakça bölüştürme sorunudur. Bu sorunun çözümü öyle görünüyor ki, politikacıların çabasından çok bilim adamlarının uğraşlarıyla gerçekleşecektir. Siyasal ya da ideolojik baskı altına alınmamış bilim için ırk, din ya da ulusal inanç ayrılıkları yoktur. Bilimin dili uluslararasıdır, ilkeleri evrenseldir. Siyasal amaçlar ya da kişisel çıkarlar için kötüye kullanılmadığında bilim, barışın ve insanlararası anlayışın dünyada en güçlü güvencesidir.

Sözünü ettiğim ve etmediğim bilimsel gelişmeler dünyaya bakışımızı ve entelektüel tutumumuzu tümüyle değiştirmiştir. Artan bilgimizle insanın evrendeki yeri gerçekten yücelmiştir. Bilimin kültürel yaşamımızı biçimleyen en güçlü etken olduğu tartışma konusu olmaktan çıkmıştır artık.

***Albert Einstein'ın Büyüklüğü*⁽¹⁾**

Bertrand Russell

Einstein, tartışmasız, çağımızın en büyük adamlarından biriydi. Seçkin bilginlere özgü yalınlık en yüksek ölçüde vardı onda. Bu, kendi dışımızda olup bitenlere yönelik kararlı bir bilme ve anlama arzusundan kaynaklanan bir yalınlıktı. Bir başka özelliği de, alışık olduğumuz şeyleri bile irdeleme eğiliminde göze çarpar. Newton elmanın neden düştüğünü merak etmişti; Einstein eşit boyda dört çöple bir karenin oluşturulabileceği karşısında hayretle karışık sevincini gizleyemiyordu. Çünkü, hayal ettiği evrenlerin birçoğunda, “kare” denilen nesnelere olanak yoktu.

Erdemli Kişiliği ve Siyasal İlgileri

Einstein'ın büyüklüğü ahlaki niteliklerinde de yansır. Özel yaşamında nazikti, her türlü gösteriştten uzaktı. Gördüğüm kadarı ile meslektaşlarına karşı en küçük bir kıskançlık duygusu yoktu içinde. Oysa Newton ile Leibniz için aynı şeyi söyleyemeyiz. Yaşamının son yıllarında kuantum teorisi, bilimsel ilgili yönünden kendi teorisi relativiteyi gölgelemişti, bir bakıma.

(1) Bu yazı, 1955'te Einstein'ın ölümü üzerine, BBC'nin *Home Service*'inde yayınlandıktan sonra, *The Listener* dergisinin 25 Nisan 1955 tarihli sayısında çıkmıştır. Dilimize 1979'da Einstein'ın yüzüncü doğum yılı nedeniyle tarafımızdan çevrilmiş, *Bilim ve Teknik*, sayı 138, Mayıs 1979'da yayımlanmıştır.

Ama, buna aldırıldığını gösteren bir belirtiye rastlamadım onda. Dünyanın gidişini son derece yakın bir ilgiyle izliyordu. Onunla ilk tanıştığım I. Dünya Savaşı sonrasında pasifist bir tutum içindiydi. Ne var ki, Hitler benim gibi onu da bu tutumdan uzaklaşmaya zorladı. Kendini dünya vatandaşı sayarken, Naziler ona Yahudiliğini hatırlattı ve onu Yahudiliğin kurtuluş davasına sahip çıkmaya itti. II. Dünya Savaşı'nı izleyen yıllarda, atom bombasının insanlık için taşıdığı büyük tehlikeyi önleme yolunda eyleme geçen bir grup Amerikalı bilim adamı arasında görürüz onu.

Amerika'da kongre komiteleri yıkıcı saydıkları faaliyetlere karşı engizisyon türü soruşturmalara başladıklarında Einstein başına bir mektup göndererek üniversite öğretim üyelerini, bu komiteler önünde ifade vermeyi reddetmeye, kimi üniversitelerin uygulamaya yöneldiği baskı yöntemlerine boyun eğmemeye çağırdı. Çağrısına dayanak olarak da Birleşik Devletler anayasasının düzeltilmiş 5.ci maddesini gösteriyordu. Buna göre, kişi ileride kendini suçlama amacıyla kullanılabilecek ifade vermeye zorlanamazdı. Ne var ki, engizisyoncular, ifade vermekten kaçınmayı suçluluğun bir kanıtı sayabileceklerini ileri sürerek anayasanın sağladığı güvenceyi hiçe indirmenin yolunu buldular. Einstein'ın çağrısına, hiç değilse suçlamanın kolayca yöneltilemeyeceği durumlarda uyulsaydı, akademik özgürlük o denli hırpalanmazdı Amerika'da. Ama herkesin, deyim yerindeyse, "paçasını kurtarma" kaygısına düştüğü bu dönemde,⁽¹⁾ "günahsız"lardan hiçbiri onu dinlemedi. Bu tür kamu hizmetlerini yüklenirken, insanoglunu, kendi akılsızlığının yüz yüze getirdiği uğursuzluklardan kurtarma çabasında, hiçbir kişisel prestij kaygısı söz konusu değildi, Einstein için. Gerçi dünya onu bir bilim adamı olarak yüceltiyordu; ama günlük yaşam sorunlarında öylesine basit, aynı zamanda öylesine derin olan bilgeliği, bilgiçlerin gözünde düpedüz aptallık örneği gibi kalıyordu.

(1) Senatör McCarthy'nin, özellikle akademik çevrelerde yarattığı dehşet dönemi (1947-1954). (Çeviren)

Relativite Teorisinin Etkileri

Relativite teorisi dışında çok önemli bilimsel çalışmaları varsa da, Einstein'ın ünü en çok bu teoriye dayanmaktadır. Aslında doğrusu da bu; çünkü teorinin hem bilimsel, hem de felsefe yönünden önemi büyüktür. Pek çok kimse (bu arada ben de) teoriyi halka açıklama girişiminde bulunmuştur. Niyetim bunlara bir yenisini burada eklemek değildir. Ama, teorinin evren görüşümüzü nasıl etkilediği konusunda birkaç söz söylemeden edemeyeceğim. Bilindiği gibi teori, 1905'te özel relativite, 1915'te genel relativite diye iki aşamada ortaya konmuştur. Özel relativitenin bilimdeki önemi, önce, otuz yıldan beri bilim dünyasını bunaltan Michelson-Morley deneyinin sonucu; sonra, elektronlarda gözlenmiş olan hızın kütleyi artırması, ve nihayet şimdi fizikte önemli bir ilke olan kütle ile enerji eşdeğerliliği gibi olguları açıklama gücünden ileri geliyordu. Bunlar teorinin kapsamına giren olguların yalnızca başlıcalarını oluştuyordu.

Teorinin felsefedeki önemine gelince, bu en başta düşünce alışkanlığımızda köklü bir devrimin kaçınılmazlığında kendini gösteriyordu. Gerçekten teori evrenin uzay-zaman yapısına ilişkin anlayışımızda bir dönüşüm gerektirmekteydi. Fizik dünyaya ilişkin bilgilerimizden en önemli olan şey yapı (structure) dır. Yapının ise iki değişik örgüden, zaman ve uzaydan, oluştuğu düşüncesi çağlar boyunca egemen olmuştur. Einstein, bir ölçüde deneysel, bir ölçüde de mantıksal olan nedenlerle iki örgünün "uzay-zaman" adı altında birleştirilmesi gerektiğini gösterir. Değişik yerlerde iki olgu meydana geldiğinde, eskiden olduğu gibi bunların şu kadar kilometre veya şu kadar dakika ile ayrıldığını söyleyemeyiz artık. Nedeni şu ki, aynı derecede dikkatli gözlemciler, mesafe veya zaman farkını değişik hesaplayacaklardır. Tüm gözlemciler için değişmeyen tek şey "interval" denilen, daha önce hesaplanmış, uzay-mesafe ile zaman-mesafenin birleşiminden oluşan bir şeydir.

Özel relativiteye göre daha kapsamlı ve bilimsel yönden daha önemli olan genel relativite temelde bir gravitasyon (çekim) teorisidir. Newton'dan Einstein'a gelinceye dek geçen 230 yıl içinde

gravitasyonu açıklama yönünde hemen hiçbir ilerleme göze çarpmaz. Oysa Newton, gravitasyonun gerektirir görüldüğü “uzaktan etki”yi hiçbir zaman içine sindirmiş değildi. Einstein gravitasyonu geometriye bağladı; uzay-zaman özelliğinden doğduğunu söyledi. “En az eylem ilkesi” denilen bir yasa vardır: Buna göre, bir nesne bir yerden başka bir yere giderken en kolay yolu seçer ve bu yol doğru bir çizgi olmayabilir: dağ tepeleriyle derin vadileri düpedüz aşmak yerine dolaşarak gitmek “işine gelebilir.” Einstein’e göre (kaba bir anlatımla) uzay-zaman dağlarla, vadilerle doludur; bu yüzden de gezegenlerin hareketi doğrusal değildir. Güneş (bu benzetişle) bir dağın tepesindedir; tembel bir gezegen dağa tırmanacağına çevresinde dolaşmayı yeğler. Olgusal gözlemlere Newton teorisinin mi, yoksa, Einstein teorisinin mi daha uygun düştüğü birtakım ince deneylerle yoklanmıştır. Tüm deney sonuçlarının Einstein’ı desteklediğini biliyoruz. Naziler dışında onun teorisini benimsemeyen hemen hiç kimse kalmamıştır.

Genişleyen Evren

Genel relativite teorisinin sonucu olarak bazı garip şeyler ortaya çıktı. Öyle görünüyor ki, evren sınırsız olduğu halde sonlu büyüklüktedir. (Öklidçi olmayan geometrileri bilmiyorsanız bunu anlamaya boşuna çalışmayınız!) Yine görünüşe göre, evren sürekli olarak büyümektedir. Teori, evrenin ya büyümesi, ya da küçülmesi gerektiğini içeriyor. Uzak nebülözler üzerindeki gözlemler büyümekte olduğunu göstermektedir. Evrenimiz yaklaşık 2.000.000.000 yaşındadır. Ondan önce bir şey var mıydı, varsa, nasıl bir şeydi, işe yarar bir tahmin yürütmeye olanak yok.

Sanıyorum ki, halkın gözünde Einstein yaşamının sonuna dek devrimci bir bilim adamı olarak kalmıştır. Oysa fizikçiler onu son otuz yıldan beri “tutucu ekibin lideri” sayıyordu. Bunun başlıca nedeni onun, kuantum teorisinin getirdiği bazı yenilikleri benimsememesiydi. Bu teorinin diğer ilkeleriyle birlikte Heisenberg’in belirsizlik ilkesi, bir takım beklenmedik sonuçlara yol açıyordu. Öyle görünüyor ki, atomdaki bireysel olgular belli yasalara uygun

seyretmemekte, dünyada gözlenen düzgün ilişkiler ise aslında istatistiksel olmaktan ileri geçmemektedir. Maddenin davranışına ilişkin bildiklerimiz, bir bakıma, sigorta şirketlerinin ölümle ilgili bildiklerinden pek farklı değildir, bu görüşe göre. Sigorta şirketleri yaşam sigortası yaptıran bireylerden hangilerinin, belli bir yılda öleceğini ne bilirler, ne de, bilmeyi kendilerine dert edinirler. Onlar için önemli olan yalnızca o yıl ortalama kaç kişinin öleceğidir, yoksa kimlerin öleceği değildir. Klasik fiziğin bizi alıştırdığı nedensel düzgünlük kuantum fiziğinde istatistiksel olarak yorumlanır. Einstein bu görüşü hiçbir zaman kabul etmedi. Onun gözünde, henüz ortaya çıkarılmamış olmakla birlikte, atomların bireysel davranışlarını belirleyen yasalar vardır. Fizikçilerin henüz anlayamadığı bir konuda meslekten fizikçi olmayan birinin kesin bir yargıya varması ihtiyatsızca bir davranış olur. Ancak şu kadarını söylemekte bir sakınca yoktur, sanıyorum: fizik dünyasında yetkili genel yargı bu konuda Einstein'dan yana değildi. O Einstein ki, relativite teorisini kurmasaydı bile, kuantum fiziğindeki çağ açıcı katkılarıyla fizikçiler arasında ön sırada yer alacak başarıları elinde tutmaktaydı.

Relativite ile karşılaştırıldığında, kuantum teorisi daha devrimci niteliktedir ve kanımca fiziksel dünyaya ilişkin anlayışımızı değiştirmedeki gücü henüz yeterince etkisini göstermemiştir. Özellikle hayal yetimiz üzerindeki etkisi gariptir. Bir kez, maddeyi 'manipüle' etme yönünden bize yeni olanaklar sağlamakla birlikte (bu arada atom ve hidrojen bombalarıyla ortaya konan sinisi gücü de unutmayalım), daha önce bildiğimizi sandığımız birtakım şeyleri bilmediğimizi göstermiştir. Kuantum teorisinden önce hiç kimse, bir parçacığın herhangi bir anda, belli bir yerde, belli bir hızla hareket ettiğinden kuşkulalmazdı. Oysa durum şimdi değişmiştir. Bir parçacığın konumu ile hızını birlikte saptama olanağınız yoktur. Konumu saptadığınızda hızını, tersine, hızını saptadığınızda konumunu doğruca saptama olanağını yitirtectesiniz. Üstelik "parçacık" dediğiniz şey de, öteden beri bildiğiniz şu küçük, somut bilye olmaktan çıkmış, oldukça belirsiz bir nesne niteliğine bürünmüştür. Onu yakaladığınızı sandığınız an, ta-

necik değil, dalga özelliğinde olduğunu kanıtlayan kimliğini ileri sürmekte gecikmez. Aslında ona ilişkin tüm öğrendiğiniz de, yorumu karanlık bir denklemden ileri geçmemektedir.

Klasik fizikten kopmamaya savaşıyan Einstein için bu bakış açısı son derece tatsızdı.⁽¹⁾ Ama yine de unutmamalı ki, yüzyılımızda bilimsel devrime yol açan hayal ve düşünce atılımlarını herkesten önce ve herkesten çok ona borçluyuz. Başladığım gibi bitireceğim sözümü: Einstein büyük bir adamdı, belki de çağımızın en büyük adamı!

(1) Einstein, kuantum mekaniğinin istatistiksel yaklaşımına duyduğu tepkiyi, "Tanrı zar atmaktan hoşlanmaz," diyerek dile getirmişti. (Çeviren)

Biyografik Bilgiler

ADAMS, John Couch (1819-1892): İngiliz bilim adamı. Daha üniversiteyi bitirmeden Uranus gezegeninin izlemesi beklenen yörüngeden gösterdiği sapmalara ilişkin sorunla ilgilenmiş; 1845'te sunduğu çözüm, gözlemci direktörü Challis'in ihmaline uğramayıp incelenmiş olsaydı, Neptün gezegeni Fransız astronomu Leverrier'nin bir yıl sonraki çalışmasını beklemeden bulunmuş olacaktı. Adams, Ay'ın hareketleri ve her Kasım ayında yinelenen yıldız kaymaları üzerinde de bilime bazı önemli katkılarda bulunmuştur.

AMPÈRE, André Marie (1775-1836): Fransız bilim adamı. On bir yaşına geldiğinde Latince ve yüksek matematik bilen Ampère'in bilime ilk katkısı şans oyunlarına ilişkin geliştirdiği matematiksel bir kuramdır. Ampère bundan sonra değişik alanlarda (matematik, kimya, fizik ve zooloji) inceleme yazıları yayımlar. 1819'da Oersted'in elektrik ile manyetizmanın ilişkisini gösteren buluşu onu yakından etkiler; çok geçmeden mıknatıs kullanmadan yalnızca elektrikle manyetik etki oluşturulabileceğini gösterir. Başka bir deyişle bir elektrik akımı ile o elektrik akımını çevreleyen kuvvet alanı aynı şeydir. 1823'te manyetizma ile elektrik üzerinde ünlü çalışmasını yayımlar. Ampère'in kitabında, deneyleri yanı sıra, sürekli mıknatısındaki manyetik etkiyi taneciksel elektrik dolanımı sonucu olarak açıkladığını görmekteyiz. Atomda çekirdek çevresinde dönen elektronun bir elektrik akımı oluşturduğunu içeren modern kuram Ampère'in açıklamasından pek de uzak değildir. Ampère'in önemli sayılan diğer katkıları arasında (a) birbirine paralel iki telden aynı yönde akım geçirildiğinde tellerin birbirini çektiğini, ters yönde geçirildiğinde birbirini ittiğini; (b) akım geçen iki paralel tel arasındaki çekim kuvvetinin formülünü, (c) "elektro-dinamik" terimini ilk kez kullanmış olmasını gösterebiliriz. Önemli katkıları *Essai sur la Philosophie des Sciences* (1834) adlı yapıtında toplanmıştır.

ANDERSON, Carl David (1905-1991): Amerikan bilim adamı. 1932'de, pozitif elektronların sis odasında bıraktığı izleri gözlemler (Dirac, "pozitron"

denen bu parçacıkları kuramsal olarak 1930'da ön-demişti). Anderson bu buluşunda başkalarını (Blackett ile Occhialini) öncelemiş, 1936'da Nobel Ödülü'nü kazanmıştır.

ARCHİMEDES (M.Ö. 287-212): Helenistik dönem matematikçisi ve bilim adamı. Ünlü İskenderiye Okulunda öğrenim gördü. Tüm yaşamı Sicilya'nın Siraküza kentinde geçti. Bilime katkıları arasında en başta "Archimedes İlkesi" diye bilinen özgül ağırlık kavramı, kaldıraç yasası, küre, silindir, pi sayısı ve sonsuz küçükler hesabına yol açan koni kesitlerinin sınırladığı alanlar üzerindeki çalışmaları sayılabilir. Ayrıca, tarım ve savaşta kullanılan su çekme vidası, gülle atma sapanı gibi araçları icat ettiği bilinmektedir. Archimedes'e antik dünyanın Galileo'su dense yeridir. Archimedes'ten günümüze kalan on kadar önemli çalışma arasında en çok tanınanı, *Yüzen Cisimler Üzerine* adlı olanıdır.

ARİSTOTELES (M.Ö. 384-322): 17 yaşındayken doğduğu Stagra'dan Atina'ya gider, Platon'un Akademisi'ne katılır; burada 20 yıl kalır. 343'te Büyük İskender'e öğretmenlik yapmaya başlar; dokuz yıl sonra İskender, Asya seferine çıkınca, ondan ayrılarak Atina'ya döner. "Lyceum" diye bilinen okulunu kurar. Tarihin sayılı büyük düşünürlerinden biri olan Aristoteles'in bilimsel çalışmaları, akıl dışı öğretilere karşı, akıl ve gözleme verdiği önemle dikkati çeker. Bilgilerimizi sağlam temellere oturtma yolunda insana ve doğal tarihe ilişkin tüm olguları gözden geçirip sınıflama, bunlara dayanan induktif genellemelere karşı, akıl ve gözleme verdiği önemle dikkati çeker. Bilgilerimizi sağlam temellere oturtma yolunda insana ve doğal tarihe ilişkin tüm olguları gözden geçirip sınıflama, bunlara dayanan induktif genellemelerden dedüktif çıkarımla gözlemsel sonuçlara gitme yöntemini öneren Aristoteles, formel mantığın olduğu kadar bilimsel yöntemin de kurucusudur denebilir. Çeşitli bilgi dallarında kurduğu otorite, astronomi ve fizikte Galileo'ya gelinceye dek, biyolojide ise 19. yüzyılın ortalarına kadar etkisini sürdürür.

AVOGADRO, Amedeo (1776-1856): İtalyan fizik bilgini. 1821'de doğum yeri olan Torino kentinde ileri fizik profesörü olur; bundan on yıl önce yayımladığı bilimsel bir yazıda, şimdi "Avogadro Yasası" diye bilinen bir ilişkiyi ortaya koyar: "Aynı basınç ve sıcaklıkta eşit hacimdeki gazlar eşit sayıda molekül içerir." Avogadro, aynı yazıda atom ile molekül arasında bir ayrım yapmıştı; ne var ki, bugün yaşamsal değerde olan bu ayrım o sıra pek dikkate alınmamıştı. Nitekim 80 yaşında öldüğünde bilim dünyası onun bilimsel katkısının henüz farkına bile varamamıştı. Ancak bir başka İtalyan kimyacı olan Cannizzaro'nun 1860'ta yapılan bilimsel bir toplantıdaki açıklamalarından sonradır ki, bilim adamları Avogadro'nun çalışmasının önemini kavramaya başlamışlardır. Ünlü çalışması şu başlık altında yayımlanmıştır: *Cisimlerin Elementer Moleküllerinin*

Görecel Kütlelerinin Belirlenme Yöntemi ve Bu Moleküllerin Bileşimleri Oluşturmadaki Oranları.

BACON, Francis (1561-1626): İngiliz düşünürü ve yazarı. Hukuk öğrenimi yapan ve kraliyet sarayında üst düzeyde görevler yüklenen Bacon, modern felsefe ve deneysel bilim üzerindeki büyük etkileriyle tanınır. Birçok yayınları arasında en çok bilineni *Öğrenimin İlerlemesi* (1605) ile *Yeni Organum* (1620) adını taşıyan yapıtlarıdır. Bilime katkısı yönünden çağdaşı Galileo ile karşılaştırıldığında zayıf kalan Bacon'ın önemi skolastik düşünceye karşı çıkıp ampirik bilimlerde gözleme dayalı indüktif yöntemi vurgulamasında kendini göstermektedir. "Bilgi güç kaynağıdır" diyen Bacon'ın bilime ve bilimin uygulamasına ilişkin düşüncelerinin 17. yüzyıl ve daha sonraki gelişmelerde büyük etkisi olduğu söylenebilir.

BECQUEREL, Antoine Henri (1852-1908): Fransız bilim adamı. 1896'da uranyum tuzlarının flöresansı üzerinde çalışırken radyoaktivite olgusunu bulur. 1903'te Pierre ve Marie Curie ile ortaklaşa Nobel Ödülü'nü kazanır. Ünlü çalışması, *Fosferesan Cisimlerin Çıkardığı Görünmez Işıma Üzerine* başlığını taşımaktadır.

BERZELIUS, Jöns Jakob (1779-1848): İsveçli kimya bilgini. 1818'de Stockholm Bilimler Akademisi sekreterliğine seçilir. Atomsal ve moleküler ağırlıkların belirlenmesi özel araştırma konusunu oluşturmuyordu. 1818 ve 1826'da yayımladığı eşdeğerlik tabloları 2.000'den fazla kimyasal maddeyi içeriyordu. Şimdi kullanılan kimyasal simgeler sistemini de ortaya koyan Berzelius, birkaç elementi de bulmuştur. En önemli yapıtı 1802'de yayımlanan *Lehrbuch der Chemie* (Kimya Elkitabı) adını taşımaktadır.

BİRÜNÎ (973-1048): Tam adı Ebu Reyhan Muhammed bin Ahmet el-Bîrûnî. Ünlü bilim tarihçisi George Sarton'un, "İslam dünyasının en büyük bilim adamı ve bütün çağlar göz önüne alındığında ise, en büyük bilim adamlarından biri" olarak nitelediği Bîrûnî ya da Beyrunî, Batı Harezmi'de Ket şehrinin köylerinden birinde doğmuştur. Eleştirisel düşüncesi, hoşgörüsü, gerçeğe olan tutkusu ve düşününsel (entelektüel) cesareti ile ortaçağlar bilim anlayışını çok gerilerde bırakmış olan bu büyük bilim adamı, felsefe, matematik, astronomi, coğrafya ve daha pek çok alanda başarılı çalışmalar yapmış ve bilime katkıda bulunmuştur. Ona göre, "Her şeyi Allah bilir" cümlesi, bilgisizlik için özür olamazdı ve olmamalıydı. *Kitab el-Saydene* adlı kitabında, Arapçayı ve Farsçayı sonradan öğrendiğini, ana dilinin işlenmemiş olması nedeniyle kitaplarını Arapça olarak yazdığını, ya da yazmak zorunda kaldığını söyleyen Bîrûnî, daha sonra Sanskrit dilini de öğrenmiş ve bu dilden Arapçaya bilimsel çeviriler yapmıştır. *El-Âsârü'l Bâkiye, Tahdidu Nihâyâtî'l-Emâkin, Tahkiku mâ li'l-Hind, El-Kanun el-Mesûdi, Kitab el-Tefhim, Kitâb el-Cemâhir fî Ma'rifet el-Cevahir* onun en tanınmış yapıtlarıdır.

BLACKET, Patrick Maynard Stuart (1897-1974): İngiliz fizik bilgini. Üniversite öğreniminden sonra Avendish Laboratuvarı'nda Rutherford ile birlikte çalıştı. 1933'te pozitronu bulduğunu C. D. Anderson ile aynı zamanda açıkladı. 1948'de kozmik ışıma üzerindeki çalışması için Nobel Ödülü alan Blacket, 1965'te Kraliyet Bilim Akademisi (The Royal Society) başkanlığına getirildi.

BOHR, Niels Henrik David (1885-1962): Danimarkalı fizik bilgini. Üniversite öğreniminden sonra 1911'de J. J. Thomson'la çalışmak için Cambridge'e, bir yıl sonra da Rutherford'la çalışmak için Manchester'a gider. Rutherford'un atom modelini kullanarak hidrojen ve helyum spektrumlarını açıklar. Eleştiriler, dönen elektron'un açıl momentumunu nicelemeyi önermesine yol açar. Bunun atomun ışımaz durumuna ilişkin postulatıyla birleştirerek, daha sonra A. Sommerfeld'in yetkin ve kapsamlı bir yapıya kavuşturduğu ışıma spektrumlarına ilişkin kuantum teorisinin temelini kurar. Heisenberg ile Schrödinger, matris ve dalga mekanikini oluşturmada önce Bohr'un ortaya attığı "karşılaşım ilkesi" önemli rol oynar. 1920'de Kopenhag Teorik Fizik Enstitüsü müdürü olan Bohr, 1922'de Nobel Ödülü'nü alır. II. Dünya Savaşı sırasında Nazilerin Danimarka'yı işgali üzerine ülkesinden savaşın bitimine dek uzak kalır. Bohr, fotonlarla elektronların dalga ve parçacık özelliklerini göstermelerinde ortaya çıkan tutarsızlığı gidermek amacıyla "bütünleştirici ilke" adıyla yeni bir ilke oluşturur ve bunu sonra tüm bilim alanları için geçerli bir öğreti olarak geliştirir. Bohr, Heisenberg'le birlikte, Einstein gibi eleştiricilere karşı kuantum mekanikini "Kopenhag yorumu" çerçevesinde savunmuş ve bu yorumun günümüzde de süren egemenliğini sağlamıştır.

BOLTZMANN, Ludwig (1844-1906): Avusturyalı bilim adamı. Termodinamik, kinetik teori ve ışıma alanlarında çalışır. Bir cismin tüm ısınımasını o cismin mutlak sıcaklığının dördüncü kuvvetine bağlayan yasayı bulur. (Aynı ilişkiyi Stefan da bağımsız olarak bulmuş olduğundan, yasa "Stefan-Boltzmann Yasası" adını taşır.) Benzer bir nedenle orta sıcaklıkta molekül yığınlarının davranışlarını betimleyen istatistiğe de "Maxwell-Boltzmann İstatistiği" denir. Moleküllerin ortalama enerjisini tanımlayan evrensel "k" değişmezine de "Boltzmann değişmezi" denmişse de, Max Planck bu kavramın Boltzmann'a değil, kendisine ait olduğunu ileri sürmüştür. Ününü sağlayan en önemli iki katkısı, istatistiksel mekanik ve termodinamiğin ikinci yasasının istatistiksel açıklaması alanlarında olmuştur. "Stefan-Boltzmann Yasası" ile ilgili olan çalışmasını Lorentz, "Teorik fiziğin gerçek bir incisi" olarak nitelmiştir.

BORN, Max (1882-1970): Alman fizik bilgini. Hitler'in iktidara gelmesi üzerine İngiltere'ye sığınır. Üç yıl Cambridge Üniversitesi'nde ders verdikten sonra, 1953'te emekliye ayrılınca dek çalışmalarını Edinburgh

Üniversitesi'nde sürdürür. Bilime önemli bir katkısı "kristal örgüsü" teorisi ise, bir diğeri Werner Heisenberg'i araştırma asistanı olarak seçmiş olmasıdır. Kuantum mekaniğinin kurulmasındaki büyük katkısıyla Born'un bilim tarihinde seçkin bir yeri olduğu söz götürmez. 1920'lerde dalga fonksiyonunun doğru yorumunu bulduğu için 1954'te Nobel Ödülü'nü kazanan Born, kuantum mekaniğinin istatistiksel yorumunun da sahibidir.

BOYLE, Robert (1627-1691): İrlanda doğumlu İngiliz bilim adamı. On dört çocuklu zengin bir aileden gelir. Üstün yetenekli olan Boyle, sekiz yaşında İngiltere'nin en büyük ve en ünlü koleji olan Eton'a girer. Kısa sürede Latince ve Fransızca'yı, daha sonra Yunanca ve daha bir iki eski dili öğrenir. On bir yaşında Avrupa ülkelerini gezmeye çıkarılan Boyle, 1641'de İtalya'ya gittiğinde Galileo'nun etkisi altında kalır ve yaşamını bilime adamaya karar verir. Ülkesine dönünce Oxford Üniversitesi'nde öğrenimini sürdürür. 1660'ta kendilerine "Görünmez Koleji" adını veren ve bilimde deneysel yöntemi savunan bir grup bilim adamıyla birlikte "Royal Society" (Kraliyet Bilim Akademisi)'yi kurar. Boyle, bilim tarihindeki seçkin yerini kendi adını taşıyan yasayı bulmasına borçludur. Gazlara ilişkin bu yasa önemli bir ilişkiyi diye getirir: "Bir gazın oylumu basıncıyla ters orantılıdır." Bu genelleme daha sonra, özellikle Jacques Charles tarafından "sabit sıcaklık altında" koşulu eklenerek ifade edilmiştir. Boyle ses hızı, renklerin nedeni, kristallerin yapısı, duragan elektrik gibi konularla da ilgilenmiş, havasız yerde hayvanların yaşayamayacağını göstererek oksijeni bulmaya çok yaklaşmıştı. Bilimsel yapıtları arasında en çok bilineni, *Kuşkucu Kimya Bilgini* adını taşımaktadır.

BRAHE, Tycho (1546-1601): İsveç kökenli Danimarkalı gökbilimci. Dikkatli gözlemciliği ve Kepler'i yetiştirmesiyle ünlüdür. Yaşadığı dönemde teleskop olmadığı için Tycho, tüm gözlemlerini çıplak gözle yapmak zorundaydı. Ancak 9.000 sayfa tutan gözlemleri öylesine ince ölçmelere dayanıyordu ki, Kepler'in bu notları incelemesi ve Ptolemy sisteminin gözlemlerle uyum içinde olmadığını göstermesi altı yıllık yoğun bir çalışma gerektirmişti. Tycho'nun bilime büyük katkısını Kepler'e bıraktığı gözlemleri oluşturur. Ptolemy'nin Yer merkezli, Kopernik'in Güneş merkezli sistemlerini uzlaştırmayı amaçlayan teorisi başarılı olmamıştır. Kurduğu Uraniborg ve Stellaborg adlı iki modern gözlemevi ile de ünlüdür.

de BROGLIE, Louis Victor Pierre Raymond (1892-1987): Fransız bilim adamı. I. Dünya Savaşı'ndan önce tarih, sonra fizik öğrenimi yaptı. Savaş sırasında Askeri Radyo Telgraf Dairesi'nde çalıştı. Fizik öğrenimini Paris'te sürdürerek, 1924'te sunduğu doktora tezinde elektronun dalgalı yapısına ilişkin ünlü hipotezini oluşturdu. 1929'da Nobel Ödülü'nü aldı. Soylu bir aileden gelen de Broglie'nin kuantum mekaniği ve bilim felsefesi üzerinde

yayınlanmış çok sayıda kitap ve makalesi vardır. Bunlar arasında en önemlisi, *Kuantum Teorisi Araştırmaları* adını taşımaktadır.

CARNOT, Nicolas Leonard Sadi (1796-1832): Fransız fizikçisi ve mühendisi. Isı ile iş arasındaki ilişkiyi inceleyen Carnot, buhar makinesinde, genel eğilimin tersine, yapılan işin ısıya değil, ısıнын işe yol açtığını gözlemler. 1824'te kısaca *Düşünceler* diye bilinen yapıtı yayımlanır. Carnot bu yapıtında kazanlara sağlanan ısı miktarıyla makinenin yaptığı iş arasındaki ilişkiyi gösterir. Onu asıl uğraştıran soru buhar kazanına verilen ısıнын tümünün işe dönüşüp dönüşmediğiydi. Termodinamiğin babası sayılan Carnot, tasavvur ettiği yetkin makinede işe dönüşüp kaybolan ısıнын, ona denk iş karşılığında yeniden elde edilebileceğini gösterir. Bundan çıkan genel ilke (ki, termodinamiğin ikinci yasası diye bilinir) ısıнын daima sıcak bir cisimden soğuk bir cisme geçtiği, mekanik bir enerji harcamaksızın tersine bir geçişin olmayacağıdır. Carnot aynı zamanda ısı işe dönüştüğünde bir enerji kaybı olmasa da, bir miktar enerjinin kullanılmaz hale geldiğini saptar. Bu demektir ki, her ne kadar ısıyı işe, ya da işi ısıya dönüştürebilirseniz de, ısıdan iş üretmek, işten ısı üretmeye göre daima bir parça daha fazla enerji gerektirir.

CAVENDISH, Henry (1731-1810): İngiliz deneysel fizikçisi. Nitrik asit ve suyun bileşimlerini bulmuş, yerkürenin yoğunluğunu saptamaya yönelik "Cavendish deneyi" diye bilinen yöntemi geliştirmiştir. 1760'ta (yirmi dokuz yaşındayken) Kraliyet Bilim Akademisi'ne seçilir. O dönemin önemli sorunu, yanma olayını açıklamaktı. Becher, Stahl, hatta Priestley gibi tanınmış bilim adamları bu açıklamayı "phlogiston" kuramıyla yapıyorlardı. Cavendish, phlogiston maddesini ayırt etme konusunda pek çok deneyler yaptıysa da başarılı olamadı; olamazdı da, çünkü böyle bir nesne yoktu. Cavendish'in phlogiston diye ayırt ettiği yanıcı maddeye ise daha sonra phlogiston kuramını yıkan Lavoisier "hidrojen" adını vermiştir. Cavendish'in *Hava Üzerinde Deneyler* kitabı 1784'te yayımlanır. Suyun, daha önce sanıldığığının tersine, bir element olmayıp, iki renksiz gazın bir araya gelmesinden oluştuğunu ispatlayan Cavendish, teneffüs ettiğimiz havanın % 20'sini daha sonra Lavoisier'nin "oksijen" dediği gazın oluşturduğunu da bulur. Elektrik konusunda da önemli çalışmaları olmuştur. Newton'ın çekim yasasını kullanarak yerkürenin özgül ağırlığını 5,48 olarak saptar. Cavendish'in sözcüğün tam anlamıyla yerküreyi tarttığı söylenebilir.

CHADWICK, James (1891-1974): İngiliz bilim adamı. Manchester ve Cambridge'de başladığı öğrenimini Berlin'de Charlottenburg Enstitüsü'nde, H. Geiger'in yönetiminde sürdürdü. 1922'de Cavendish Laboratuvarı araştırma direktörlüğüne getirildi. Kraliyet Bilim Akademisi'ne seçilen Chadwick, 1932'de atom çekirdeğinin temel parçacıklarından olan nötronu buldu ve 1935'te Nobel Ödülü'nü aldı.

COMPTON, Arthur Holly (1892-1962): Amerikalı fizik bilgini. 1927'de X-ışınlarının dağılmasıyla dalga uzunluklarının değişmesi üzerindeki buluşundan dolayı Nobel Ödülü'nü aldı. (Compton, Nobel Ödülü'nü, nükleer fizikte pek çok buluşlara yol açan sis-odasının mucidi C.T.R. Wilson'la paylaşmıştır.) Compton'ın buluşu (elektron tarafından saçılan, özellikle X-ışını ya da gama-ışını fotonuna ait elektromanyetik ışımanın dalga uzunluğundaki artış), fizikte "Compton etkisi" diye bilinir.

COPERNICUS (KOPERNİK), Nicholas (1473-1543): Polonyalı din adamı, devlet adamı, araştırmacı, hukukçu, sanatkâr, şair, hekim, iktisatçı, matematikçi ve astronom. Kraków Üniversitesi'nde başladığı yükseköğrenimini daha sonra İtalya'ya giderek Bologna ve Padova üniversitelerinde sürdürdü. Hekimliği sırasında astronomiye büyük bir ilgi duyar. Ptolemy sistemi için gerekli karmaşık episikl düzenlemesini benimseyemediği için eski Yunan kaynaklarını gözden geçirir; M.Ö. 3. yüzyılda Aristarkhos'un ortaya attığı Güneş merkezli sistemi daha basit bulur. Kopernik, yıllar süren yoğun bir çalışmayla bu sistemin doğruluğunu kanıtlamasına karşın, ulaştığı sonuçları yayımlamaktan kaçınır. Ancak öğrencisi ve dostu Rhodikus'un ısrarı üzerine *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (Göksel Kürelerin Dolanımı Üzerine) adlı ünlü yapıtını hazırlar. Papa VII Clement'in onayından geçen kitabın yayımlanma işini yüklenen Andreas Osiander'ın yazdığı önsözde önerilen sistemin gerçeği betimleme amacı gütmeyişi, yalnızca hesapları kolaylaştıran daha basit ve elverişli bir düşünme biçimi olduğunu belirtmeye özen gösterdiğini görmekteyiz. Belli ki Osiander, kilişenin tepkisinden korkmuştur. Teorisinin doğruluğundan kuşku duymayan Kopernik'e ünlü yapıtının basılan ilk nüshası ölüm döşeginde ulaştırılır.

CROOKES, William (1832-1919): İngiliz bilim adamı. Fizik ve kimyada pek çok buluşları arasında 1861'de bulduğu metal talyum elementi ile X-ışını araştırmalarında kullanılan Crookes tüpleri ve radyometre anılabilir. Crookes'un ayrıca ışıma etkisinden işçilerin korunması, ekin alanı toprakların verimini artırma konularıyla da ilgilendiğini biliyoruz.

DALTON, John (1766-1844): İngiliz kimya ve fizik bilgini. İşe öğretmen olarak başlar, sonra (1793-9) Manchester Üniversitesi'nde öğretim üyeliği yapar. İlk önemli çalışması 1793'te yayımlanan *Meteorolojik Gözlemler ve İncelemeler*'di. Bilim tarihindeki yerini kimyasal bileşimin atomsal teorisini oluşturmaya borçludur. Bu çalışması (1805), atomsal ağırlıkları içeren bir liste ile birlikte yayımlanmıştır. Dalton bazı kimyasal yasalara ilişkin çalışmalarıyla da tanınır.

DARWIN, Charles Robert (1809-1882): İngiliz bilim adamı; doğal ayıklama ilkesine dayanan evrim teorisinin kurucusu. Edinburgh Üniversitesi'nde tıp öğrenimi, Cambridge Üniversitesi'nde teoloji öğrenimi yapar. Boş za-

manlarını böcekleri incelemeye verir. 1831'de büyük bir inceleme gezisine çıkan "Beagle" gemisinde doğa bilimcisi görevini yüklenir. Beş yıl süren bu gezi sırasında yaptığı gözlemler, onu türlerin değişmesine ilişkin yeni bir açıklamaya götürür. Gezisinden bir süre sonra kaleme aldığı *Doğa Bilimcisinin Dünya Gezisi* adlı ilginç yapıtı büyük bir okuyucu kitlesi bulur. Darwin'in gözlemleri, tüm canlılar dünyasında egemen yaşam savaşımında bireye üstünlük sağlayan özelliklerin korunduğu, diğer özelliklerin giderek ayıklandığı bir süreçte türlerin değişimlerle oluştuğunu gösteriyordu. Darwin, teorisini tam ortaya koymadan 1858'de Alfred Russell Wallace'dan, ulaştığı aynı sonuçları içeren bir yazı alır. Darwin bu yazıyla birlikte kendi görüşlerini de açıklar ve hemen ardından *Türlerin Kökeni* adlı ünlü yapıtını yayımlar (1859). Büyük bir ilgi ve gürültü yaratan kitap, türlerin oluşumuna bilimsel bir açıklama getiriyor, o zamana değin açıklanamamış pek çok olguya ışık tutuyordu. Darwin'in evrim teorisi tüm karşı çıkmalara karşın bilimsel geçerliğini bugün de sürdürmektedir.

DEMOCRİTOS (M.Ö. 460-361): Yunan bilim adamı ve düşünürü. Trakyalı olan Democritos'un bilgi edinmek için Doğu'da uzun süre dolaştığı söylenir. Bilime en büyük katkısı, evreni atomlardan oluşmuş saymasıdır. Ona göre atom, bölünmeyen en küçük parçacık olup, tüm nesnelerin yapı taşıdır. Democritos'un daha belirgin olarak ortaya koyduğu atom teorisinin ilk kaynağı kendisini önceleyen Leucippos'tur. Democritos klasik Yunan düşünürleri arasında doğaya yaklaşımda bilimsel görüşü en tutarlı biçimde temsil etmekle de ünlüdür.

DESCARTES, René (1596-1650): Fransız düşünürü, analitik geometrinin kurucusu ve modern felsefenin babası olarak ünlü. Copernicus ile Galileo'nun Güneş merkezli sistemi üzerindeki düşüncelerine dayanan mekanik bir görüş oluşturur. Newton'a gelinceye dek çok etkili olan bu görüş, özellikle gezegen hareketlerini açıklamak için onun "Vortex" dediği girdap ya da burçak kuramının geçersizliğinin anlaşılması üzerine etkisini yitirir.

DIRAC, Paul Adrien Maurice (1902-1984): İngiliz fizik bilgini. Üniversite öğrenimini mühendislik ve matematikte yaptı. 1930'da Kraliyet Bilim Akademisi üyeliğine seçildi. 1932'de Cambridge Üniversitesi'nde matematik profesörlüğüne atandı. Heisenberg'in kurduğu matris mekaniği ve Schrödinger'in geliştirdiği dalga mekaniği Dirac'ın muhayyilesini tutuşturan başlıca etkenler oldu. 1928'de yayımladığı Elektron'un Kuantum Teorisi çalışmasında, Schrödinger denkleminin yerine, çözüldüğünde elektronun, spin'i ve manyetik momenti dahil, bilinen tüm özelliklerini hayret edilecek bir şekilde veren denklemlerini koyar. Ancak negatif enerjinin sonsuza varan çözümlerinin olması ve buna bir açıklama getirememiş olması, teorisinin bir eksikliği olarak gösteriliyordu. Buna karşı Dirac,

1930'da bu çözümleri, bir arka planı ya da haller “denizi”ni temsil ediyor diye yorumlar. Öyle ki, bu hallerden kaybolan bir elektron bir pozitif “delik” gibi görünecektir. 1932’de Anderson, Blacket ve Occhialini’nin pozitronu bulmalarıyla Dirac’ın bu öndeyisi doğrulanmış olur. En tanınmış yapıtı, *Kuantum Mekaniğinin İlkeleri*’dir.

EINSTEIN, Albert (1879-1955): Çağımızın en büyük teorik fizik bilgini. 14 Mart’ta Almanya’nın Ulm kentinde dünyaya geldi. Münih’te ve İsviçre’nin Aarau kentinde okula gitti. Üniversite öğrenimini Zürih Politeknik’te tamamladı. 1900’de İsviçre vatandaşlığına geçti ve Bern’de patent ofisinde memurluk yaptı. 1905’te bilimsel yaşamının çok önemli dört çalışmasını yayımladı. Bunlardan biri, özel relativite teorisini, ikincisi kütle ile enerji eşdeğerliliğini ($E = mc^2$), üçüncüsü Brownsal devinmenin açıklamasını, dördüncüsü de foto-elektrik etki (ya da, ışığın foton teorisi) denen teoriyi ortaya koyuyordu. (Einstein bu sonuncusu için 1922’de Nobel Ödülü’nü alır.) 1909’da profesör olan Einstein, önce Zürih’te, sonra Prag’da çalıştı. 1912’de İsviçre Federal Politeknik’e, bir yıl sonra da Max Planck’ın önerisiyle Berlin Kaiser Wilhelm Enstitüsü direktörlüğüne çağrıldı. 1916’da bilime belki de en büyük katkısını oluşturan “Genel Relativite” teorisini açıkladı. Hitler’in iktidara gelmesiyle Almanya’dan ayrıldı. 1933’te Princeton İleri Araştırmalar Enstitüsü’ne sürekli üye olarak çağrıldı. Modern fizikte (özellikle Kuantum teorisinde) kendini gösteren olasılık eğilimine karşı çıkan Einstein, kalan zamanını elektromanyetik ve çekim alanlarını birleştiren birleşik alanlar teorisini oluşturmaya verdi. Fiziğin tümüyle geometriye indirgenebileceğine inanıyordu. Kişi olarak basit, nazik, anlayışlı, gerektiğinde sosyal adalet için savaşılan, ama alçakgönüllülüğünü hiçbir zaman elden bırakmayan bir insandı.

ÖKLİD (EUCLEİDES) (M.Ö. 300): Yunan matematikçisi, aksiyomatik geometrinin kurucusu. İskenderiye’de Kraliyet Okulu matematik öğretmeni. M.Ö. 300 sıralarında Elementler adıyla yazdığı geometri kitabı iki bin yılı aşkın bir süre boyunca dünyanın tüm uygar ülkelerinde rakipsiz bir ders kitabı olarak okutulmuştur. Einstein, “Gençliğinde bu kitabın etkisinde kalmayan hiç kimse, teorik bir araştırmacı olmaya özenmesin” demişti. Öklid’e gelinceye dek geometri, çoğunluk ampirik gözlem ve ölçmelelere dayanan bir önermeler veya kurallar yığını olmaktan ileri geçmiyordu. Öklid’in kitabında geometri, ilk önermelerine Thales ve Pythagoras’da rastladığımız mantıksal ilişkilere ve ispat kavramına dayalı teorik bir bilim kimliği kazanmıştır. Öklid’in büyük katkısı, geometride yeni önermeler ya da ilginç çözümler bulmaktan çok, elde birikmiş önerme ve çözümlere mantıksal bir düzen kazandırmak olmuştur. Bu düzende birkaç öncül ve tanım (aksiyom ya da postulat kabul edilen önermeler)’a dayanılarak tüm diğer önermeler teorem olarak ispatlanır. Dedüktif akıl yü-

rütmenin gücünü sergileyen Öklid'in çalışması yüzyıllar boyunca tüm bilim kollarında özenilen bir örneği, erişilmek istenen bir düzeyi simgelemiştir.

FARABİ (875-950): Tam adı Muhammed bin Muhammed bin Tarhan bin Uzlug El-Farabi. Kendisinden söz edilen kaynaklarda "ünlü bir filozof, o zamana kadar gelip geçmiş Müslümanların en büyüğüdü. Mantık, musiki ve diğer bilimlerde birçok eserler yazdı. Hiçbir Müslüman felsefede onun derecesine ulaşamadı." şeklinde anlatılan Farabi, Balasagun yakınlarında Farab ya da Otrar'da doğmuştur. İslam dünyasında "İkinci Öğretmen" (Muallim-i sani) olarak kabul edilen bu ünlü Türk düşünürü, hayatın günlük zevklerine göz kapamış ve bütün yaşamını bilim ve bilgi için, özetle söylersek düşünümsel (entelektüel) doyum için harcamıştır. İslam dünyasında gerçek anlamda felsefi etkinliğin başlatıcısı Farabi'dir. Onun esas çalışma alanını mantık oluşturunuyordu. Bununla birlikte, Aristoteles'in Fizikine, Batlamyus'un Almagest'ine, Öklid'in ünlü eserine ve daha başka bilimsel eserlere yaptığı çözümleyici açıklamalarla Antikçağ biliminin İslam dünyasında yaygınlaşmasını ve anlaşılmasını sağlamıştır. Farabi'nin eserleri Ortaçağ'da Latinceye çevrilmiş ve 17. yüzyıla dek yinelenerek basılmıştır. İslam dünyasının seçkin felsefecileri İbn Sina ve İbn Rüşd, onun öğretilerini esas olarak almışlar, onun açtığı kanallardan ilerlemişlerdir. Yine, son zamanlarda yapılan araştırmalar, Farabi'nin Aziz Tommaso ve Spinoza'yı kuvvetle etkilediğini ortaya çıkarmıştır. Pek çok konuda eser yazmış olan Farabi'nin en tanınmış yapıtı, *El Medinetü'l Fazıla* adını taşır.

FARADAY, Michael (1791-1867): İngiliz bilim adamı. Son derece yoksul bir ailenin çocuğu olarak dünyaya geldi. On dört yaşındayken bir ciltçiye çıkarak oldu. Yirmi bir yaşına geldiğinde bilimsel konulara ilgisi nedeniyle Sir Humphry Davy'nin Kraliyet Enstitüsü'ndeki derslerini izlemeye koyuldu. Tuttuğu notları Davy öylesine beğendi ki, onu bir yıl sonra asistan olarak yanına aldı. Davy ile birlikte yaptığı Avrupa gezisinden sonra, tüm yaşamını Kraliyet Enstitüsü'ndeki çalışmalarına verdi. Bu çalışmalar fizik, kimya alanlarında teorik ve uygulamalı araştırmaları kapsıyordu. 1821'de ilkel bir elektrik motoru yaptı. 1825'te Kraliyet Enstitüsü direktörü oldu. Klorin ve diğer bazı gazları sıvılaştırdı. Benzen ve butileni, ışık kıran çeşitli camları ve ilk olarak pas tutmaz çeliği buldu. Faraday en önemli buluşlarını 1831 yazında birkaç güne sığdırmıştı. Modern elektrik gücü endüstrisini borçlu olduğumuz elektromanyetik indüksiyon yasaları bu buluşları içinde en önemlisidir. Faraday, manyetik ve elektrik olgularını, mıknatısları, elektrik akımlarını ve elektrik yüklerini çevreleyen bir alan oluşturan kuvvet çizgileri kavramıyla açıklamıştı. Modern fiziğin temel taşlarından biri olan bu kavramı Einstein bilimsel kafanın en büyük ürünü olarak nitelmiştir. Faraday, tüm yaşamını bilime adanmış alçakgönüllü, içten bir ki-

şiydi. Şan ve şöhrette gözü yoktu. Kendisine verilen unvan ya da payelerin hiçbirisini kabul etmemiştir.

FERMI, Enrico (1901-1954): İtalyan fizik bilgini. Pisa Üniversitesi'ni bitirdikten sonra Max Born'la çalışmak için 1922'de Göttingen'e, daha sonra Ehrenfest'le çalışmak için Leyden'e gider. 1927'de elementer parçacıkların istatistiksel işlemine ilişkin çalışmasını yayımlar. 1934'te radyoaktif çekirdeğin beta bozunmasını açıklar. 1938'de yavaş nötronların yutulmasının yol açtığı radyoaktivite üzerindeki çalışması için Nobel Ödülü'nü kazanır. İtalya'da faşizmden kaçan Fermi, A.B.D.'ne gider. Atom enerjisi projesinde görev alır ve bu alandaki çalışması çekirdek bölünmesine yol açtığı için, atom bombasının babası olarak bilinir.

FITZGERALD, George Francis (1851-1901): İrlandalı fizik bilgini. 1883'te Kraliyet Bilim Akademisi'ne üye seçildi. Geniş fizik bilgisi ve teorik görüşleriyle tanınmış, Michelson-Morley deneyinin sonucunu açıklamakla ün yapmıştır. Daha az bilinen, ama belki de daha önemli bir çalışması, elektromanyetik dalgalarla ilişkin hipotezidir: Elektrik kondansatörünün deşarjı üzerindeki çalışması, bu deşarjın elektromanyetik dalgalar üretebileceği hipotezini oluşturmaya yol açar. Fitzgerald'ın bu hipotezi kısa bir süre sonra Hertz tarafından deneysel olarak doğrulanmıştır.

FLEMING, Alexander (1881-1955): İngiliz bakteriyologu. 1928'de penisilini bulur. 1945'te Nobel Ödülü'nü Howard Florey ile paylaşır. 1928-48 yıllarında Londra Üniversitesi'nde bakteriyoloji profesörü olarak çalışır.

FOUCAULT, Jean Bernad Léon (1819-1868): Fransız fizikçi. 1851'de kendi adını taşıyan sarkacı yapar. Bu sarkaç, yerkürenin kendi eksenini çevresinde döndüğünü kanıtladığı gibi, hareketin birinci yasasını (hareket halindeki bir cisim dış bir kuvvetin etkisine uğramazsa hareketini aynı çizgi üzerinde sürdürür) da doğrulamaktadır. Foucault, ışığın hızını ölçmek amacıyla son derece ince yöntemler geliştirir. Ancak bazı yetersizlikler nedeniyle istenilen sonuca ulaşamazsa da, ışığın daha yoğun bir ortamda daha yavaş ilerlediğini belirler. Bu gözlem, ışığın sanıldığı gibi parçacıklardan değil, dalgalardan oluştuğu teorisine önemli bir destek sağlamıştır.

FRANKLIN, Benjamin (1706-1790): Amerikan bilim ve işadamı, mucit ve diplomat. Felsefe konularına olan ilgisi 1744'te Amerikan Felsefe Derneği'nin kurulmasına yol açar. 1750'de Kraliyet Bilim Akademisi'ne üye seçilir. 1751'de elektrik depolama aracı olarak Leyden şişesi üzerindeki çalışmasının sonucunu yayımlar. 1752'de ünlü uçurtma deneyini yapar. Franklin'in buluş, icat ve diğer etkinliklerinin tümünü bir paragrafta sıralamaya olanak yoktur. Bir yazar (Arthur Koestler), Franklin'in dehasını icat ettiği paratonere benzetir. Bir başka yazar, onu "ilk uygar Amerikalı" diye niteleyerek hayranlığını dile getirir. Bilime önemli katkıları arasında şimşegin bir elektrik türü olduğunu göstermesi, pozitif ve negatif elektrik yük-

leri arasındaki farkı ortaya koyması ve yıldırıma karşı paratoneri icadı sayılabilir.

GALEN (GALENOS) (129-200): Helenistik dönemde yaşamış büyük tıp bilginisi. Bergama'da dünyaya gelen ve anatominin babası sayılan Galenos'un "Olguların sınavından geçmeyen hiçbir önermeye güvenemem. Beni izleyen, benim gibi gerçeğe yönelen herkes birkaç olaya bakıp acele yargılara ulaşmaktan kaçınmalıdır. Kişiyi uzun deneyimler aydınlatır ancak." şeklindeki sözlerinde gerçek bilimsel anlayışın bugün için de geçerli özünü bulmaktayız. Tıp tarihinde anıtlaşmış *Anatomik Araştırmalar* adlı çalışması, modern çağlara dek hekimlik alanında başvurulacak tek kaynak olmuştur. Galenos, hekimlik yanında geometri, astronomi, müzik ve dil konularında uzun süren bir öğrenim dönemi geçirir. Başarılı bir hekim olduğu için, Roma'ya gladyatörlere resmi doktor olarak çağrılır. Tüm çalışmalarında gözlemlerine büyük önem veren Galenos, insanlar üzerinde yapamadığı diseksiyon çalışmaları için maymunları kullanır. Kalp üzerindeki incelemeleri kan dolaşımının dayandığı ilkeyi bulmasına yaklaştırmıştı onu. Sinir sistemine ilişkin çalışması da ileri bir düzeye ulaşmıştı. Hastanın durumunu belirlemede nabız atışlarının önemini biliyordu. Hatta kalıtım konusunda Mendel'i önceleyen fikirleri vardı. Galenos, yüzyıllar boyu tıp dünyasının yanılmaz sayılan büyük otoritesiydi. Bu otoriteyi ilk sarsma girişimi 16. yüzyılda Belçikalı bir doktor olan A. Vesalius'tan gelmiştir. Ama otoritenin yıkılışı 17. yüzyılda William Harvey'i bekler.

GALILEO, Galilei (1564-1642): Modern fiziğin kurucusu, bilim tarihinin en büyüklerinden biri. Pisa'da dünyaya gelen Galileo, bir müzisyenin oğluydu. Eğitimini Floransa'ya yakın Vallombrosa manastırında yaptı. Üniversiteye tıp öğrenimi için girmesine karşın, daha sonra ilgi alanı olan matematiğe yönelir. Önce Pisa'da, daha sonra Padova'da matematik dersleri verir. 1604'te serbest düşen cisimlerin hareket yasasını bulur. Hollanda'da yeni bulunan teleskopa ilişkin haber kendisine ulaşır ulaşmaz, kendi teleskopunu yapmaya koyulur ve 1610'da astronomi alanındaki gözlemsel buluşlarını ortaya koyar. Galileo'nun, kilisenin 1616'da Kopernik teorisine koyduğu yasaktan dolayı çok geçmeden başı derde girer. 1632'de *İki Dünya Sistemi Üzerine Diyalog* adlı yapıtının yayımlanması üzerine Roma'da Engizisyon Mahkemesi önüne çağrılır ve sekiz yıl süren ev hapsine hüküm giyer. Son yıllarını kör olarak geçiren Galileo, bilimsel devrime yol açan tüm önemli çalışmaları yanında, ilk kez matematikle deneyi birleştirip modern bilimsel yöntemi oluşturma onurunu da taşır.

GALVANI, Luigi (1737-1798): İtalyan bilim adamı. Tüm yaşamını tıp ve anatomisiyle geçirir. Bu çalışmalarının birinde, demir parmaklıktan bakır çengellerle astığı kurbaga bacaklarının, rüzgârın etkisiyle parmaklıga değmesi üzerine kasların sert bir çekilmeye uğradığını görür. Galvani bu

olayı önce hayvansal elektriklenme olarak düşünür. Olayı daha sonra Volta, saline çözeltisinin iki farklı metal üzerindeki kimyasal etkisi olarak açıklar ve bu etkiyi sürekli elektrik akımı üretmede kullanmayı başarır. Kendini tam anlamıyla bilime vermiş olan Galvani, dinsel nedenlerle, o zaman yeni kurulan Cisalpine Cumhuriyeti'ne bağlılık yemini etmeyi reddettiği için, yaşamının son döneminde üniversitedeki görevinden uzaklaştırılır.

GAMOV, George (1904-1968): Rus asıllı fizik bilgini. Öğrenimini Leningrad, Kopenhag ve Cambridge üniversitelerinde yapar. 1931'de Leningrad'da araştırma uzmanı olarak çalışır, daha sonra Paris ve Londra'da dersler verir ve A.B.D.'ne geçerek George Washington Üniversitesi'nde teorik fizik profesörü olur. Yaşamının son on iki yılını Colorado Üniversitesi'nde geçiren Gamov, radyoaktif bir çekirdekten alfa parçacıklarının kaçmasını, dalgasal özelliklerinin yol açtığı bir tünelleme süreci olarak açıklamakla ün yapmıştır. Gamov'un bilimi halk için açıklayan pek çok kitabı vardır.

GILBERT, William (1544-1603): İngiliz bilim adamı. Kraliçe Elizabeth I'in hekimi. Kopernik'in Güneş-merkezli sisteminin ateşli bir savunucusu olarak tanınmış, bilime en büyük katkısı, manyetizma konusundaki araştırmalarıdır. Gilbert'in *Mıknatıs Üzerine* adlı kitabı, bilim tarihinin büyük yapıtlarından biridir. Kitapta yalnız manyetizmaya değil, elektrik konusuna da yer verilmiştir.

GOETHE, Johann Wolfgang (1749-1832): Alman bilim adamı. Asıl ününü şair ve dram yazarı olarak yapan Goethe'nin bilime katkısını botanik ve fizyoloji alanlarındaki dikkatli gözlemleri oluşturur. Ayrıca organik evrime ilişkin görüşünün Darwin Teorisi'ne yol açtığı söylenebilir.

HAHN, Otto (1879-1968): Alman bilim adamı. Marburg ve Münih üniversitelerinden sonra eğitimini Londra'da William Ramsay, Montreal'de Ernest Rutherford'un yanında sürdürür. 1917'de Berlin-Dahlem'de Lise Meitner ile birlikte toryum elementinin radyoaktif olduğunu bulur, 1938'de de uranyum ve toryumun çekirdek parçalanmasını sağlar. 1944'te kimyadaki çalışmalarından ötürü Nobel Ödülü'nü alan Hahn, 1946'da Göttingen Max Planck Enstitüsü başkanlığına getirilir. Hahn'ı yaşamının son on yılı boyunca, atom silahlarının geliştirilmesine karşı oluşturulan eylemlerde görürüz.

HALLEY, Edmund (1656-1742): İngiliz astronom. Daha on yedi yaşındayken gezegen yörüngelerinin aphelion ve eksantrisiteni belirleme yöntemi üzerindeki çalışmasını yayımlar. Hemen bir yıl sonra Güneş lekeleri üzerindeki gözlemlerinden Güneş'in kendi eksenini çevresinde döndüğünü saptar. 1699'da manyetik pusuladaki değişimleri incelemek amacıyla iki yarım kürede iki yıl süren bir araştırma gezisine çıkar. 1703'te Oxford Üniversitesi'ne geometri profesörü, 1721'de Greenwich'de Kraliyet Astronomu olur. Kuyruklu yıldızların yörüngelerini ilk hesaplayan Halley'in adını, bunlar-

dan yüz yılda bir dönen en ünlüsü (Halley kuyruklu yıldızı) taşır. Halley “aurora borealis” (uzay ışıkları) olayının kökeninde manyetik olabileceği görüşünü ilk ortaya atan kişidir.

HARVEY, William (1578-1657): İngiliz bilim adamı. Kan dolaşımını bulmakla ünlü. 1628’de yayımladığı 78 sayfalık incelemesi (*Hayvanlarda Kalp ve Kanın Hareketine İlişkin Anatomik Savlar*) kendi alanında sürekli bir gelişmeye yol açan önemli bir çalışmadır. On beş yaşında Cambridge Üniversitesi’nde öğrenime başlayan Harvey, Vesalius ve Galileo’nun ünlü yaptığı ve o dönemde tıp öğreniminin merkezi sayılan Padova Üniversitesi’ne gider. Harvey aradığını bulamaz; çünkü, Vesalius unutulmuş, Galenos geleneksel otoritesiyle yeniden egemenliğini kurmuştu. Mezun olduktan sonra ülkesine dönen Harvey, bir yandan Londra’da hekimliğini sürdürürken, bir yandan da Cambridge Üniversitesi Hekimler Koleji’nde öğretim üeliğine başlar. Harvey, bilim tarihindeki seçkin yerini kan dolaşımına ilişkin büyük buluşuna olduğu kadar, gözlem ve deneye dayanan inceleme yöntemine de borçludur.

HEISENBERG, Werner Carl (1901-1976): Alman fizik bilgini. Münih’te Arnold Sommerfeld ile başlayan fizik öğrenimini, Göttingen Üniversitesi’nde sürdürür. 1924’te Max Born’a asistan olur, 1926’da Niels Bohr ile çalışmak için Kopenhag’a gitmeden önce matris mekanikini kurar. 1927’de, Leipzig Üniversitesi’ne profesör olduğu yıl, ünlü belirsizlik ilkesini ortaya atar. 1932’de Nobel Ödülü’nü alır. 1941’de Berlin’deki Kaiser Wilhelm Enstitüsü direktörlüğüne getirilir. 1946’da Göttingen Max Planck Enstitüsü, 1958’de Münih Max Planck Enstitüsü başkanlıklarına atanan Heisenberg, kuantum mekanikine üstün katkılarıyla ün yapmıştır. Heisenberg’in belirsizlik ilkesi, fizikte olduğu kadar dünya görüşümüzde de önemli bir devrimi simgeler. Bu ilkeyle Newton mekanikinin sıkı determinizmi yerini olasılık yasalarının egemen olduğu yeni mekanik bir anlayışa bırakmıştır, denebilir. Maxwell ile Boltzmann, evrenin yapısının atomların gelişi güzel ısısal devinmelerinden oluştuğunu düşünmüşlerdi. Heisenberg’e göre ise, evrenin yapısında temel taş, enerjinin doğasıdır.

HELMHOLTZ, Herman Ludwig Ferdinand (1821-1894): Alman bilim adamı. 1849’da Königsberg’de fizyoloji profesörü olur. Bonn ve Heidelberg üniversitelerinden sonra 1871’de Berlin Üniversitesi’nde fizik profesörlüğüne atanır. 1887’de Charlottenburg’da Fizyo-Teknikal Enstitüsü başkanlığına getirilir. Farklı olgular arasındaki ilişkileri görmede özel yeteneği ile tanınan Helmholtz’un bilimsel çalışmaları pek çok alanı kapsamına almıştır. 1847’de “Kuvvetin Korunumu” adlı yazısında, enerji korunumu ilkesinin temelini atar. 1851’de icat ettiği oftalmoskop araştırma bakımından olduğu kadar, klinik uygulama yönünden de önemli sonuçlar verir. Helmholtz, elektromanyetik indüksiyon dağılım hızını ölçen ilk bilim adamıdır. (Ona

göre bu hız saniyede 314.000 metreden az değildir.) Tüm yaşamını bilimsel araştırmalarına veren ve parlak bir deneyci olarak ün yapan Helmholtz, öğrencisi Max Planck'a göre, derslerinde sönük bir hocaydı.

HERTZ, Heinrich Rudolf (1857-1894): Alman fizik bilgini. Mühendislik öğreniminden sonra, fizik öğrenimi için Berlin'de Helmholtz'la çalışır. 1885'te Karlsruhe Üniversitesi'ne profesör olur. Buradayken Maxwell'in daha önce teorik olarak öndeyide bulunduğu elektromanyetik dalgaları deneysel olarak saptar. 1889'da Bonn Üniversitesi'nde Clausius'un yerine geçen Hertz, uzun bir hastalıktan sonra genç yaşında ölür. En önemli yapıtı *Elektrik Dalgaları* adını taşımaktadır.

HOOKE, Robert, (1635-1703): İngiliz deneysel fizikçisi. Oxford Üniversitesi'nde öğrenciyken Christopher Wren ve Robert Boyle'la tanışır. Pek çok kimse, Boyle'un bazı katkılarının (bu arada gazlara ilişkin yasanın) aslında Hooke'a ait olduğunu söyler. Geniş ilgi alanı, hayret verici el becerileri ve üstün yetenekleriyle tanınan Hooke'un teorik alanda da önemli katkıları olmuştur. Newton çekim yasasını ortaya koymadan önce Hooke, göksel nesnelerin hareket ve konumlarında böyle bir kuvvete bağlı olduğunu söylemişti. (Öncelik konusunda Newton'la Hooke arasında uzun bir çekişme sürmüştür.) Gerçekten, bilim tarihinin Newton'a, Huygens'e ve Leeuwenhoek'e mal ettiği buluşların çoğunda Hooke'un da pay sahibi olduğu kolayca yadsınamaz. Ama onun başkalarıyla paylaşmadığı önemli katkısı, saat ve yaylı terazi gibi bazı mekanik icatlara da yol açan "esneklik yasası"dır. Hooke'un Latince Ut Tensio, Sic Vis diye dile getirdiği bu yasa basit bir ilişkiyi içerir. "Gerilme kuvvetle doğru orantılıdır." Hooke, Kraliyet Bilim Akademisi'nin sekreteri olarak da bilime önemli hizmetler vermiştir. İcatları arasında çift namlulu hava pompası, düzlem ölçeği, denizcilik barometresi sayılabilir.

HUYGENS, Christian (1629-1695): Hollandalı bilim adamı, sarkaçlı saatin mucidi ve ışığın dalga teorisinin kurucusu olarak ünlü. Öğrenimini Leiden ve Breda üniversitelerinde yapar. Henüz yirmi iki yaşındayken astronomi ve matematik alanlarında yayımladığı incelemeleri René Descartes'in dikkatini çeker. Otuz dört yaşında Londra Kraliyet Bilim Akademisi'ne üye seçilir. Londra'da tanıştığı Newton, üzerinde son derece olumlu bir izlenim bırakır. Fransa'yı bilimde üstün bir düzeye çıkarmak isteyen XIV. Louis, Huygens'e araştırmacı olarak iş verir. Huygens bu işte 1681'e kadar on beş yıl çalışır. Fransa'dayken büyük yapıtı *Işık Üzerine İncelemeler*i tamamlar. Huygens, ışık ışınlarının davranışını, onları ses ve su dalgalarına benzetererek açıklar. "Işığın bir tür madde hareketinden oluştuğu her türlü kuşku-dan uzak bir gerçektir." diyen Huygens, ışığın ses gibi dalgasal yayıldığını, ancak sesin tersine boşlukta da ilerlediğini ileri sürer. O, bu teorisile, ışığın yansıma, kırılma ve kutuplanma olgularını açıklar. Ne var ki, Newton'ın

ışık teorisi parçacık kavramına dayanıyordu. Bu yüzden Huygens'in dalga teorisi, 19. yüzyıla gelinceye dek etkisiz kalır.

İBN SİNA (980-1037): Tam adı Ebu Ali el-Hüseyin bin Abdullhah bin Sina. Gerek İslam ve gerekse ortaçağlar Batı dünyasında, hem bilimsel açıdan, hem de efsaneleşmiş kişiliği ve üstün yetenekleriyle çok etkili olmuş olan İbn Sina, Türkistan'da Buhara'nın yakın kentlerinden olan Afşene'de doğmuştur. Buhara gibi elverişli bir kültür ortamında ve oğlunun yetişmesi için övgüye değer çabalar harcayan babası sayesinde, yetenekleri zamanında bilim ve felsefe konularına yönlendirilmiş olan İbn Sina, daha çocuk denemek yaşlarda, gerek dini ve gerekse "akli" bilimlerde ve felsefe konularında söz sahibi olacak kadar bir gelişme göstermiştir. Hiçbir hocadan ders almadan, sadece bu konuda yazılmış kitapları okuyarak tıp bilgisini kısa bir sürede elde etmiş olan İbn Sina, daha on sekizine gelmeden hekim olarak ün yapmış ve Samanoğulları'ndan Nuh bin Mansur-II'un sarayında hekim olarak görev almıştır. Tıp alanındaki bilgisi ve tedavi konusundaki becerisi ile öylesine bir ün yapmıştır ki, gerek doğu ve gerekse Batı dünyalarında, onu hastalarını muayene ve tedavi ederken gösteren resimler ve minyatürler yapılmıştır. Zamanının tüm bilimlerine ait kapsamlı bilgisi ve derin kavrayışı nedeniyle "Bilimlerin Prensi" olarak nitelenmiş olan bu büyük Türk düşünürü, ilk kitabı olan *El-Mecmua*'yı yirmi bir yaşındayken yazmıştır. Aşağı yukarı bu ilk kitabın yazılmasının bitiminden sonra doğduğu Buhara şehrinden ayrılan İbn Sina'yı fırtınalı bir yaşam içine düşmüş, Büveyhi Prenslерinin birinin yanından kaçıp, diğerine sığınan, bir kentten öbürüne yorucu seyahatler yapmak zorunda kalmış olarak görüyoruz. Bazan vezir olarak saraylarda (1020 yılında Hemedan'da Alaüddeve'nin veziri olmuştu), bazan da zindanlarda geçen bu fırtınalı yaşamı boyunca İbn Sina, bilimsel çalışmalarını hiç aksatmadan sürdürmüş, en çaplı eserlerini böyle bir ortamda yazmıştır. Yaşamının son on dört yılını Alaüddeve ile geçiren bilim tarihinin bu kalburüstü bilim adamı 1037'de Hemedan'da ölmüştür.

İbn Sina birçok konuda, pek çok kitap ve makale yazmıştır. En tanınmış eserleri, Latinceye *Sufficiencia* adıyla çevrilmiş olan *El-Şiga* ve 12. yüzyılda Kremona'lı Gerhard tarafından Latinceye çevrilmiş olan ve 1500 yıllarına kadar on beş kez basılmış ve Batı üniversitelerinde yüzyıllarca ders kitabı olarak okutulmuş olan ünlü tıp kitabı *El-Kanun*'dur. Olgunluk eserleri olan *El-Necat* ile *İşarat ve Tenbihat*, onun felsefi düşüncelerinin ürünüdür.

İbnü'l-Heysem (965-1039): Tam adı Ebu Ali El-Hasan İbnü'l-Heysem. İslam dünyasında yetişmiş en büyük fizikçi ve bütün çağlarda yetişmiş optikçilerin en büyüklerinden birisi olan Heysem, aynı zamanda bir astronom, matematikçi, tıp bilginidir. Aristoteles ve Galen'in eserlerine çözümleyici açıklamalar yazmıştır. Onun anıtsal eseri *Kitabü'l Menazir* genel ola-

rak Batı dünyasındaki bilimsel çalışmalar, özel olarak ise Roger Bacon ve Kepler üzerinde büyük bir etkide bulunmuştur. İbnü'l Heysem, küresel aynalar, parabolik aynalar ve küresel sapınç konularında özgün çalışmalar yaptığı gibi, gelme ve kırılma açıları oranının sabit kalmadığını da saptamıştır. Atmosferdeki kırılmayı inceleyen Heysem, bu temele dayanarak atmosferin kalınlığını ölçme girişiminde de bulunmuştur. Göz ve görme olgusunun iyi bir açıklamasını veren Heysem, görme olayının, nesnelerden çıkan ışınların göze gelmesiyle olduğunu öne sürerek eski görüşü yıkmıştır. Araştırmalarında karanlık odayı ilk kez kullanan odur. Kırılma olayını açıklamak için özgün bir kuram geliştirmiş olan Heysem, Alhazen olarak Batı dünyasında tanınır.

JEANS, James Hopwood (1877-1946): İngiliz bilim adamı. Londra Kraliyet Enstitüsü'nde astronomi profesörlüğü, Mount Wilson Gözlemevi'nde uzun süre araştırma uzmanlığı yapar. Kinetik teori, ışıma teorisi ve gökbilim alanlarında önemli katkıları olan Jeans, bilimi halk için açıklayan pek çok kitabın yazarıdır.

JENNER, Edward (1746-1823): İngiliz hekimi ve aşının bulucusu. Londra'da öğrenimini tamamlar. 1775'ten başlayarak sığırlarda bulaşıcı olan bir deri hastalığı üzerinde çalışır. 1796'da bir oğlan çocuğuna çiçek aşısını başarıyla uygulayan Jenner, 1798'de buluşunu içeren incelemesini yayımlar.

KEKULE, Friedrich August (1829-1896): Alman bilim adamı. Öğrenimine mimarlıkla başlar. Julius von Liebig'in etkisi altında kimyaya geçer. Bir süre Paris ve Londra'da kaldıktan sonra Heidelberg'e gider ve kendi kurduğu laboratuvarında çalışmaya koyulur. Önce Ghen'de, 1865'ten ölümüne değin de Bonn Üniversitesi'nde kimya profesörlüğü yapar. Organik kimyanın tüm dallarında önemli katkıları olan Kekule'nin (örneğin, karbon atomunun dört valanslı olduğunu ilk kez o kanıtlar) bilime en önemli katkısını 1865'te benzen için önerdiği halkasal yapı oluşturmaktadır.

KELVIN, William Thomson (1824-1907): İngiliz bilim adamı. Daha on bir yaşındayken babasının matematik profesörü olduğu Glasgow Üniversitesi'nde öğrenime başlar; sonra Cambridge Üniversitesi'ne girer. Bir yıl Paris'te okuduktan sonra, Glasgow Üniversitesi'ne profesör olur ve aralıksız elli üç yıl bu görevi sürdürür. 1847'de Joule ile görüşükten sonra, mutlak termodinamik sıcaklık ölçeğini ortaya atar. 1851'de Sadi Carnot, Rumford, Lavy, Mayer ve Joule gibi bilginlerin çalışmalarını uzlaştıran önemli incelemesini yayımlar. 1854'ten başlayarak denizaltı telgrafı ile ilgilenir. George Gabriel Stokes ile birlikte, kablo ile elektrik sinyal iletimine ilişkin matematiği geliştirir. Kelvin, denizciliğe ilişkin pek çok teknik problemlere çözümler getiren çalışmalarda da bulunur. Elektrik standartlarını kurmada öncülük yapan Kelvin, Leyden şişesinden boşalan elektriğin titreşimsel niteliğini belirlemiş olması, Hertz'in elektromanyetik dalgalarını,

dolayısıyla Marconi'nin radyoyu bulmasına yol açmıştır. 1866'da Lordluk payesi alır. 1902'de Kraliyet Bilim Akademisi başkanlığına, 1904'te Glasgow Üniversitesi rektörlüğüne getirilir. Kelvin, yaşamının son yıllarında ışığın dalga teorisi üzerindeki ders notlarını gözden geçirerek yayımlar.

KEPLER, John (1571-1630): Alman astronomu. Yoksul bir ailenin çocuğu, küçük yaşta geçirdiği çiçek hastalığı nedeniyle elleri sakatlanır, görme duyusu zayıflar; okuma olanaksızlığına karşın öğrenimini sürdürür. 1594'te Graz Üniversitesi'ne astronomi profesörü olur. Bir yandan da eğilimlerine asıl hitap eden gizemli araştırmalarından geri kalmaz. 1595'te çıkan *Mysterium Cosmographicum* adlı kitabında gezegenler arası uzaklıkların beş düzgün çokyüzlü cismin geometrisiyle belirlendiği teorisini ileri sürer. Tycho Brahe'nin dikkatini çeken kitap, Kepler'in Prag'a çağırılmasına yol açar. Tycho'nun 1601'de beklenmeyen ölümü üzerine imparator II. Rudolf'un astronomu olarak atanır. Kepler'in optik üzerindeki araştırmaları 1604'te yayımlanır. Mars gezegeninin elips biçiminde bir yörünge çizdiğini 1609'da bulan Kepler, aynı yıl gel-git olayına nedensel bir açıklama getirir. 1611'de optik konusundaki çalışmalarını içeren *Dioptrice* adlı yapıtını yayımlar. 1619'da yayımlanan ünlü yapıtı da *Harmonice Mundi*'de gezegenlere ilişkin üçüncü yasanın açıklar. Kepler'in bilime en önemli katkısı, hiç kuşkusuz gezegenlerin yörünge ve hareketlerine ilişkin üç yasa-yı bulmasıdır. Bunun yanında, gezegen yörüngelerine ait düzlemlerin hepsinin Güneş'in merkezinden geçtiğine ilişkin buluşu da çok önemlidir. Çünkü, bu bilgi olmaksızın Newton'ın çekim teorisini kurmasına olanak yoktu.

LAPLACE, Pierre Simon (1749-1827): Fransız bilim adamı. On altı yaşında öğrenimine başlar. 1767'de Paris'e giderek Ecole Militaire (Harp Okulu)'de profesör olur. 1773'te astronomları uğraştıran bir problemi (Jüpiter yörüngesinin giderek daralması, Satürn yörüngesinin giderek genişlemesi problemini) çözer. (Laplace'a göre bu, 929 yıllık periyodik bir değişmedir.) Beş ciltlik ünlü yapıtı *Traité de Mécanique Céleste* 1799-1825 döneminde, olasılık teorisine ilişkin çalışmaları da 1812-14 arasında yayımlanır. 1799'da kısa bir süre Napoléon'un içişleri bakanlığını yapan Laplace, sonra senatoya üye seçilir. Laplace'ın önemi Newton mekanikğini yetkinlik düzeyine çıkarmasıdır. Napoléon'un bu düzende Tanrı'nın yeri nedir? sorusuna Laplace'ın verdiği yanıt ilginçtir: Mekanik evrende Tanrı'ya gereksinme duyulmaz.

LAVOISIER, Antoine Laurent (1743-1794): Fransız bilim adamı ve modern kimyanın kurucusu. Meteoroloji ve tarım alanlarında yararlı araştırmaları olan Lavoisier'nin bilime en büyük katkısını oksijen üzerindeki çalışmaları oluşturur. Lavoisier, yüksek öğrenimini babasının isteğine uyarak hukukta tamamlar. Ancak bilime gerçek bir ilgisi vardı. Hukuk dersleri yanı

sıra kimya derslerini de kaçırmıyordu. İsveç doğa bilimcisi Linnaeus'la karşılaşması bilimi seçmesinde etken olur. Yirmi iki yaşında Paris sokaklarını aydınlatma projesi yarışmasında birincilik ödülü altın madalyayı Fransız Bilim Akademisi'nden alır. İki yıl sonra Fransa Jeolojisi üzerindeki incelemesi ve kimyadaki araştırmaları göz önünde tutularak Akademi'ye üye seçilir. Lavoisier, son derece titiz ve yetenekli bir deneyciydi. O dönemde kimyada yanma olayı önemli bir konuydu ve bu olay "phlogiston" denen bir nesne varsayılarak açıklanıyordu. Priestley bile oksijeni bulmasına karşın, bu teoriye bağlılığı nedeniyle buluşunu değerlendirmekten uzak kalmıştı. Lavoisier büyük ününü bilim çevresinde egemen olan phlogiston teorisini yıkıp yerine oksijen teorisini kurmasına borçludur. Lavoisier'nin bu başarısını "bilimsel devrim" olarak niteleyebiliriz. En önemli kitabı *Traité de Chimie*'dir. Büyük bir bilim adamı olan Lavoisier, yaşamını giyotinde yitirdi. Suçu, 1789 iç savaşı öncesi döneminde üst düzeyde bürokratik görevler alarak krala hizmet etmesiydi.

LEEUEWENHOEK, Antonie Van (1632-1723): Hollandalı bilim adamı ve mikroskopun babası. Gençliğinde büyük tutkusu, mercek ve bunlarla "basit mikroskop"lar yapmaktı: Çıplak gözle göremediği her şeyi incelemek istiyordu. Bir gün yağmurdan oluşan bir su birikintisinden aldığı birkaç damlayı incelediğinde, "yüzen, oynayan, ama gözle görülmesi olanaksız canlılar" gözlemler. Bunlara "Animalcules" adını verir. Aynı yöntemle kandaki alyuvarları, köpek ve diğer hayvanlara ait sperm hücrelerini bulur ve bu bulgularını İngiltere'de yeni kurulan Kraliyet Bilim Akademisi'ne sunar. Akademi, Leeuwenhoek'i 1680'de üyeliğe seçer. Çok geçmeden büyük bir üne kavuşan bu mercek yapıcısını Rus Çarı Büyük Petro ile İngiltere Kraliçesi ziyaret ederler. Yaşamı boyunca durmadan çalışan Leeuwenhoek, son anında arkadaşından iki bilimsel bildirisinin Kraliyet Bilim Akademisi'ne gönderilmesini isteyerek dünyadan ayrılır. Bilime önemli katkısı, bit, pire ve diğer küçük yaratıkların kendiliğinden değil, aynı türden yaratıkların bıraktığı yumurtalardan çıkarak oluştuğunu göstermesidir.

LEONARDO DA VINCI (1452-1519): İtalyan sanatkar ve bilgini. Pek çok tarihçinin gözünde Rönesans'ı simgeleyen evrensel deha. Çalışmaları arasında dünyaca ünlü tabloları (örneğin, Mona Lisa ve Son Yemek) yanında bilimsel gözlem ve şemalarını içeren beş bin sayfalık notları gösterilebilir. Leonardo çok yanlı bir kişiydi. Ressam, heykeltıraş, mühendis, mimar, astronom, jeolog, anatomist, aeronot. Üstelik hepsinde de en seçkin düzeydeydi. Leonardo, Floransa'ya yakın Vinci köyünde dünyaya gelir. Babası memur, annesi ise hizmetçi bir kadındı. İlk çocukluk yıllarını büyükanne ile büyükbabasının yanında geçirir. Okulda çetin matematik problemleri çözerek üstün zekâsını kanıtlamıştır. Sanatkar olarak Leonardo'nun yeri

iyi bilinmektedir. Bilim adamı olarak onu tanımlamak o denli kolay değildir. Düşünce ve projeleri yaşadığı dönemin çok ilerisindeydi. Kaldı ki, birçok girişimleri çeşitli nedenlerle yarım kalmış ya da çoğu kez gerçekleşme olanağı bulamamıştı. Leonardo'nun projesini çizdiği pek çok araç, makine ya da düzenek daha sonra ve günümüzde gelişmiş biçimleriyle modern yaşamın birer parçası olmuştur. Deneyim ve düşüncelerini içeren notları dışında bilime en önemli katkısı, insan anatomisine ilişkin son derece ayrıntılı çizimleridir. Bu çalışmaları *Codice Atlantica* adı altında toplanmıştır. Leonardo, sanat, bilim, düşünce ve pratik yaşam alanlarındaki ürünleri göz önünde tutularak yorumlandığında, doğanın insanı donattığı tüm yetenekleri en üst düzeyde sergileyen, yaratıcı bir kişi olarak önümüzde yükselmektedir.

LEVERRIER, Urbain Jean Joseph (1811-1877): Fransız bilim adamı. Öğrenimini yaptığı Paris Ecole Polytechnique'e 1837'de öğretmen olarak atanır. 1844'te Uranüs gezegeninin yörüngesinde gözlemlenen düzensizlikleri açıklamayı kafasına koyar. İki yıl içinde bu düzensizliklere yol açan ve henüz bilinmeyen gezegenin konum, hız ve kütesine ilişkin bilgileri saptamayı başarır. Nitekim bu bilgilere dayanarak Berlin Gözlemevi astronomu Galle, yeni gezegeni koordinatları verilen noktada gözlemler. (Leverrier'nin bu çalışmasını İngiltere'de John Couch Adams bir yıl önce tamamlamış olmasına karşın, gezegenin gözlenmesi ihmal edildiğinden, buluşun önceliği Leverrier'e verilmiştir.) Leverrier astronomide Laplace'ın gök mekaniği üzerindeki çalışmasını geliştirmeyi amaçlar ve Merkür gezegeninin yörüngesindeki sapmaların da henüz gözlemlenmemiş başka bir gezegenin (Leverrier buna Vulkan adını bile verir) etkisinden ileri geldiğini söylerse de daha sonraki gözlemler onun, bu açıklamasını doğrulamaz.

LORENTZ, Hendrik Antoon (1853-1928): Hollandalı fizik bilgini. Öğrenimini yaptığı Leyden Üniversitesi'ne 1878'de matematiksel fizik profesörü olarak atanır. Araştırmalarına ışığın dielektrik ve metal tarafından kırılma ve yansımaları konusunu tartışmakla başlar. Daha sonra kırılma indisi ile herhangi bir ortamın yoğunluğunun ilişkisini belirleyen bir ifade geliştirir. Işık ve elektromanyetik üzerinde tutarlı bir teori kurmanın gereğini anlayan Lorentz, atomsal ve alan kavramlarını kaynaştırmayı başarır. 1892 ve 1895'te hareket halindeki bir ortamda elektrik ve optik olaylara ilişkin araştırma sonuçlarını yayımlar. Tüm bu çalışmalarında mutlak sabit bir esir varsayılmıştır. Lorentz teorisinde çelişmeye düşmemek için, "yerel zaman" kavramını oluşturur. Joseph Larmor bu kavramı ile Michelson-Morley deneyini açıklamak için Fitzgerald'ın ortaya attığı "kasılma" arasındaki ilişkiye dikkati çeker. 1903'te çalışma kapsamını genişleten Lorentz, şimdi "Lorentz Dönüşümleri" olarak anılan denklemlere ulaşır. Bunlar, Einstein'ın Özel Relativite'sindeki denklemlerle özdeş niteliktedir. Lorentz

1902'de Nobel Ödülü'nü alır. 1923'te Harlem'de Tyler Enstitüsü Fizik Laboratuvarı direktörlüğüne getirildiğinde dünya çapında bir üne sahiptir. Kişi olarak alçakgönüllü, güvenilir ve sabırlı olan Lorentz, birçok dili ana dili gibi iyi bilirdi.

MACH, Ernest (1838-1916): Avusturyalı bilim adamı. Viyana Üniversitesi'ni bitirdikten dört yıl sonra, Gratz Üniversitesi'ne matematik profesörü, daha sonra Prag Üniversitesi'ne fizik profesörü olur. Mekanik adlı önemli kitabı 1883'te yayımlanmıştır. 1895'te Mach için Viyana Üniversitesi'nde bir felsefe kürsüsü kurulur. Mach'ın bilim felsefesinde etkileri bugün bile süren katkıları olmuştur. Ona göre bilim, deneyimlerimizi ekonomik bir yoldan özetleme girişimidir. Gözlem verilerine indirgenemeyen her türlü teori veya kavramlarımız görünüşleri ne denli bilimsel olsa da, metafizik olmaktan ileri geçmez. Bu görüş, başlangıçta Einstein'ı etkilediği gibi, mantıksal pozitivizmin de özünü oluşturmıştır.

MARCONI, Guglielmo Marchese (1874-1937): İtalyan bilim adamı. On dokuz yaşındayken bir dergide Hertz'in elektromanyetik dalgaları üzerindeki deneylerine ilişkin çıkan bir yazıyı okur. Bu dalgaların telgraf haberleşmesinde kullanılabileceğini düşünen Marconi, bir yıllık bir uğraştan sonra, onlarla sinyal vermeyi başarır. Birkaç yıl içinde Fransa'dan İngiltere kıyılarına, daha sonra da Atlantik ötesi kıylara sinyal vermeyi başarır ve 1909'da bu çalışmaları için Nobel Fizik Ödülü'nü alır.

MAXWELL, James Clerk (1831-1879): İskoç fizik bilgini. Edinburgh Üniversitesi'ni bitirdikten sonra Cambridge Üniversitesi'ne gider. 1856'da Aberdeen Üniversitesi'nde Doğal Felsefe (İskoçya'da fizik hâlâ böyle anılır) profesörü olur, sonra Londra Üniversitesi'ne geçer. Bir aralık özel yaşamına çekilirse de, Cambridge'de Cavendish deneysel profesörlüğüne çağrılır ve burada laboratuvarın kurulmasını denetler. Maxwell ilk bilimsel çalışmasını on beş yaşındayken Edinburgh Kraliyet Bilim Akademisi'ne kartezyen ovalarını çizmek için oluşturduğu bir yönteme ilişkin sunduğu tebliğle yapar. İki yıl sonra elastik cisimlerin dengesini konu alan çalışmasını yayımlar. 1854'te Faraday'ın kuvvet çizgileri kavramını konu alan çalışması basılır. 1859'da Satürn gezegeninin halkalarının kararlılık koşulları üzerindeki çalışmasından dolayı Adams Ödülü'nü kazanır. 1855'ten başlayarak renk algılaması, renk körlüğü ve gazların kinetik teorisi gibi konularda yazıları çıkar. En önemli bilimsel katkısını oluşturan elektromanyetik alana ilişkin çalışmaları 1867'den başlayarak ortaya çıkar ve 1871'de *Elektrik ve Manyetizma* adlı en büyük yapıtı yayımlanır. Bu kitap elektrik, manyetizm ve optik konularında tüm bilgileri içeriyordu. Maxwell'in çalışmaları bugün de kimliğini korumaktadır. Onun makro düzeydeki teorisi Lorentz tarafından atom ve molekül düzeyine genişletilerek uygulanmıştır. Relativite teorisi bile Maxwell denklemlerini herhangi bir değişikliğe uğratmamıştır.

MEITNER, Lise (1878-1968): Avusturyalı kadın bilgin. Max Planck'ın derslerini izlemek için Berlin'e gider, Kaiser Wilhelm Kimya Enstitüsü'nde kalır. 1926'da fizik profesörü olan Meitner, 1938'de Nazi yönetiminden kaçarak İsveç'e sığınır. İsveç Bilimler Akademisi'ne üye seçilir. 1939'da Otto Hahn ve kendi yeğeni Otto Robert Frisch ile birlikte nötronla bombalanan uranyumdan sonra baryumun var olmasının atom çekirdeğinin parçalandığını gösterdiğini ileri sürmekle ün kazanır.

MENDEL, J.G. (1822-1884): Avusturyalı keşiş, genetik biliminin kurucusu. Mendel'in bezelyenin pek çok kuşakları üzerindeki deneylerine dayanarak oluşturduğu Kalıtım Teorisi (1866), tüm önemine ve ilginçliğine karşın, kendi yaşam döneminde ilgi görmemiştir.

MENDELEYEV, Dimitri İvanoviç (1834-1907): Rus kimya bilgini. Bilime en büyük katkısı, kimyasal elementlerin atomsal ağırlıklarına ait periyodik yasayı oluşturmastır. 1863'te Petersburg Üniversitesi'ne profesör olan Mendeleyev, 1868'de ünlü kitabı *Kimyanın İlkeleri*'ni yayımlar.

MICHELSON, Albert Abraham (1852-1931): Amerikalı bilim adamı. 1873'te bitirdiği Donanma Akademisi'ne iki yıl sonra fizik ve kimya öğretmeni olur. Daha sonra, Avrupa'ya gider. İki yılını Berlin, Heidelberg ve Paris'te geçirir. Dönüşünde Cleveland'da Case Enstitüsü'ne profesör olarak atanan Michelson burada, çok önceleri Arago'nun önerdiği deneyi gerçekleştirmek için interferometre'yi icat eder. 1887'de Morley ile birlikte laboratuvarlarının uzay içindeki mutlak hızını ölçme girişimlerinin sonuç vermediğini açıklamaları üzerine, 1905'te Einstein'ın Özel Relativite teorisiyle çözüme kavuşuncaya dek fizikçileri uğraştıran bir probleme yol açmışlardı. 1892'de yeni Chicago Üniversitesi'nin Ryerson Laboratuvarı'na ilk profesör olarak atanan Michelson, burada interferometreyi spektroskopik araştırmalarda kullanır. Michelson'ın metreyi ışık dalga uzunluğu olarak belirlemesi övgüye değer teknik bir başarıdır. Deneyel optik üzerindeki pek çok parlak katkıları için 1907'de Nobel Ödülü'nü kazanır. 1920'de inşa ettiği kırk ayak genişliğindeki interferometre aracılığıyla Betelgeuse diye adlandırılan yıldızın çapının 240 milyon mil olduğunu saptar. Günümüzde radyo-teleskopların dayandığı ilke, onun interferometresinin dayandığı ilkedir.

NEWTON, Sir Isaac (1642-1727): İngiliz bilim adamı, modern bilimin büyük kurucularından. Doğumundan bir süre önce babası ölür, üç yaşındayken annesi evlenir ve Newton, büyükannesinin yanında büyür. On dört yaşına geldiğinde, yeniden dul kalan annesi, onu okuldan alıp çiftliğe götürür. Ancak kendi düşüncelerine gömülü olan Newton, çiftlikte pek yararlı olamaz. Amcasının ısrarı üzerine öğrenimine yeniden başlar ve 1661'de Cambridge Üniversitesi'ne girer, 1665'te mezun olur. Bunu izleyen iki yıl boyunca veba salgını nedeniyle üniversite ve kolejler kapalı kalır. Bu yüz-

den Newton 18 ay Wolstrop'e'deki çiftlikte kendi düşünceleriyle baş başa kalır. Bu sırada bir cam prizma, bir kimya fırını ve bazı atölye araçları satın aldığı belgelerden bilinmektedir. Newton'ın bilimsel çalışmaları hem matematiksel hem de deneysel nitelikteydi. Çocukluk yıllarında mekanik oyuncaklarını kendisi yapar, su çarkları, kendi kendine yürüyen şeyler üzerinde çalışırdı. Olgunluk yıllarında da el becerilerindeki üstün yeteneği, yansıtıcı teleskopu yapmada kendini göstermişti. Newton 1668'de Cambridge öğretim üyeliğine seçilir. Daha öğrenciyken kafasında tüm hareketleri açıklayan evrensel bir kuvvet fikri oluşturmuştu. Zamanla bu fikir daha da güç kazanır. Sonunda 1687'de yayımladığı *Principia* adlı ünlü yapıtta evrensel çekim teorisi olarak bilim dünyasına sunulur. 1703'te Kraliyet Bilim Akademisi'nin başkanlığına seçilen Newton, 1704'te *Opticks* adlı kitabını yayımlar. Yaşamının son döneminde ona daha iyi geçim olanakları sağlayan Kraliyet Darphane müdürlüğü yapar ve zamanını daha çok teorik sorunlarla uğraşarak geçirir.

OERSTED, Hans Christian (1777-1851): Danimarkalı bilim adamı. Kopenhag Üniversitesi'nde eczacılık öğrenimi yapar. 1806'da profesör olan Oersted, doğal güçlerin temelde tek bir ilkeye bağlı olduğu inancıyla manyetik ve kimyasal olayların elektriksel kökenini ortaya çıkarma çabasını sürdürür. 1820'de verdiği bir akşam konferansında, elektrik akımı taşıyan bir telin manyetik edimine ilişkin tarihsel buluşunu açıklar. Bu dramatik olay dinleyiciler arasında büyük bir heyecan yaratır. Aynı heyecan dalgası Avrupa ve Amerika'nın hemen her laboratuvarında yaşanır. Oersted'in buluşu başta Faraday ve Ampère olmak üzere pek çok bilim adamını etkilemiştir.

OHM, George Simon (1787-1854): Alman fizikçisi. Köln, Nürnberg ve Münih üniversitelerinde profesör olarak görev yapmıştır. 1827'de kendi adıyla bilinen yasayı buldu. Buna göre, elektriğin akışı, uygulanan "elektrik basıncı" ile doğrudan, devrenin direnciyle tersine orantılıdır. Başka bir deyişle, bir devredeki elektrik akımı (I), elektro-motor kuvveti (E) büyüdükçe artar, direnç (R) büyüdükçe azalır. Bu ilişki matematik dilde şöyle ifade edilmiştir. $I = E/R$. Yaşamı sırasında bilime yaptığı katkı takdir görmeyen Ohm, ölümünden yaklaşık otuz yıl sonra, adı elektrik direnç birimine verilerek onurlandırılır.

PAULI, Wolfgang (1900-1958): Avusturyalı bilim adamı. Öğrenimini Münih'te Sommerfeld, Göttingen'de Born, Kopenhag'da Bohr gibi seçkin bilim adamları yanında yapar. İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsü'nde otuz yıl çalışan, II. Dünya Savaşı sırasında Amerika'da bulunan Pauli'nin kuantum teorisine birçok önemli katkıları olmuştur. Bunlardan biri spektral çizgilerin "hyperfine" yapısını açıklamak için ortaya attığı çekirdek spin teorisidir. Daha önemli katkısını (ki, bunun için 1945'te Nobel Ödülü almıştır) Dışlama İlkesi (Exclusion Principle) oluşturur. Bu temel ilke, atomda-

ki elektronların olası durumlarını sınırlamaktadır. Öyle ki, kimyasal elementlerin Mendeleyev'in geçen yüzyılın ortalarında ampirik olarak bulunduğu periyodik tablosundaki sıraya doğal bir biçimde yerleşme olanağını vermektedir.

PASTEUR, Louis (1822-1895): Fransız bilim adamı. Bakteriyolojinin babası olarak ün kazanmıştır. On beş yaşında resim sanatına başlar, daha sonra lise öğretmenliği olur. Matematik, fizik ve kimya konularına olan büyük ilgisi, onu Ecole Normale Supérieure'de öğrenimini sürdürmeye yöneltir. Burada, önce kristaller üzerinde çalışır. Özellikle tartarik asit kristallerinin optik özellikleri üzerinde araştırmaya koyulur. 1857'de Ecole Normale'de bilimsel araştırmalar direktörlüğüne getirilir. Bu sırada, alkol ve sütte mayalanmanın nedenleri üzerindeki buluşunu ortaya koyar. Mayalanma nedeni olan küçük canlıların havada olduğunu kanıtlaması, Lister'in anti-septik ameliyat ile ilgili çalışmasına yol açar. Pasteur 1867-89 döneminde Sorbonne Üniversitesi'nde profesördür. En son araştırmaları arasında şarbon, ipekböceği hastalığı ve kuduz üzerindeki buluşları sayılabilir. Ünlü Pasteur Enstitüsü 1888'de kurulmuştur.

PAVLOV, İvan Petroviç (1849-1936): Rus fizyoloji bilgini. 1913'te Petersburg'da Deneysel Tıp Enstitüsü'ne direktör olur. Sindirim üzerindeki araştırmalarından dolayı 1904'te Nobel Ödülü'nü kazanır. Hayvanlarda koşullandırılmış refleksler konusundaki önemli çalışması psikolojide davranışçı ekolün oluşmasına yol açar.

PLANCK, Max (1858-1947): Alman bilim adamı ve Kuantum Teorisi'nin kurucusu. Berlin'de Kirchhoff ve Helmholtz'un yanında öğrenimine başlar, 1879'da Münih Üniversitesi'nden mezun olur. Burada beş yıl öğretim görevliliğinden sonra, Kiel Üniversitesi'ne matematik profesörü olur. 1889'da Kirchhoff'dan boşalan kürsüye çağrılır ve 1928'de emekliye ayrılıncaya dek Berlin'deki bu görevinden ayrılmaz. Planck, Hitler rejimine karşı çıktığı için, savaşın bitimine kadar çeşitli güçlülere uğrar. İkinci oğlu, Hitler'e düzenlenen suikastta yer aldığı için idam edilir. Max Planck'ın termodinamikteki çalışmaları Clausius'un öğretilerine dayanır. 1900'de, daha önce deneysel olarak bulunan enerjinin spektral dağılımını doğru olarak ifade eden formülü ortaya atar. Aynı yıl bu formülü (istatistiksel yöntemlerle) teorik bir sonuç olarak elde etmesini sağlayan Kuantum Teorisi'nin üç postulatını oluşturur. Bu ünlü formül "Planck formülü" diye anılır. 1918'de Nobel Ödülü'nü alan Planck, Kuantum Teorisi'nin kurucusu olmakla birlikte, bu teoriyi daha tam bir teoriye giden yolda geçici bir adım saymış, sonraki gelişmelere katılmamıştır.

POINCARÉ, Jules Henri (1854-1912): Fransız matematikçisi ve bilim adamı. Öğrenimini maden mühendisi olarak tamamlar. 1879'da Caen Üniversitesi'nde matematik öğretim görevlisi olur. İki yıl sonra Paris'e

profesör olarak çağrılır. Matematikteki araştırmaları Fuchs fonksiyonlarını anlamaya ve daha sonra astronomi hesaplamalarında yeni yöntemlerin oluşturulmasına yol açar. Poincaré, bu sonuçları *Göksel Mekanikte Yeni Yöntemler* adı altında 1892, 1893 ve 1894'te yayımladığı üç kitapta ortaya koymuştur. Bilime en büyük katkısını, 1906'da yayımladığı elektronun dinamiğine ilişkin çalışması oluşturur. Poincaré bu çalışmasında Einstein'ın Özel Relativite'sinde ulaştığı sonuçlara ondan bağımsız olarak ulaşır. Ancak, Einstein bu sonuçlara zaman ve eşzamanlık kavramlarından kal-karak ulaştığı halde Poincaré elektro-manyetizmin ayrıntılı çözümlemesiyle ulaşır.

PRIESTLEY, Joseph (1733-1804): İngiliz bilim ve din adamı, karbon monok-sitin ve niteliğini tam belirleyemediği oksijenin bulucusu. Priestley 1776'da Kraliyet Bilim Akademisi'ne üye seçilir. Fransız devrimini desteklemesi ne-deniyile 1791'de Birmingham'da kalabalık bir grup, evini ve rahipliğini yaptığı kiliseyi darmadağın yıkar. Saldırıda laboratuvarı, kitapları ve tüm çalışmalarına ait notları yok olan Priestley, 1794'te Amerika'ya göç eder, ça-lışmalarını orada sürdürür.

PROUT, William (1785-1850): İngiliz bilim adamı. Öğrenimini hekim ola-rak tamamlar. Biyo-kimyada çeşitli buluşları vardır. Bunlardan en önem-lisi, gastrik sıvıların hidroklorik asit içerdiği buluşudur. Prout'u bugün de unutturmayan, 1815'te adsız olarak ortaya attığı, tüm kimyasal ele-mentlerin hidrojenen oluştuğu tezidir. "Gaz Halindeki Cisimlerin Özgül Ağırlıklarıyla Atom Ağırlıkları Arasındaki Bağıntı Üzerine" adlı makalede ileri sürülmüş olan bu tez, 1930'lara kadar ilgi görmekten uzak kalmış, an-cak 1932'de tüm atom çekirdeklerinin proton ve nötrondan oluştuğu an-laşılınca durum değişmiştir. Bilindiği üzere, proton bir hidrojen atomunun yalın çekirdeği olup, nötron ise serbest kaldığında, bir elektron ve bir nöt-ronu çıkararak protona dönüşür.

PYTHAGORAS (M.Ö. 580-495): Antik Yunan matematikçisi ve düşünürü. Sisam adasında doğduğu tahmin edilmekte. M.Ö. 530 yıllarında Krotona (Güney İtalya)'ya yerleşir. Çevresinde toplanan üç yüz kadar kişiyle bel-li kurallara bağlı bir tür dinsel bir mezhep oluşturur. Büyük bir olasılık-la, kendi adıyla anılan ünlü teoremin ilk ispatı Pythagoras'ın buluşudur. Nitekim Plutarch, bu ispatı bulması üzerine onun sevincini bir öküz kur-ban ederek dile getirdiğini yazar. Pythagorasçılar, Dünya'nın küresel oldu-ğunu ve çapının uzunluğunu yaklaşık olarak bilmekteydiler. Bundan da önemlisi, onların, müzik ölçeğine yol açan buluşlarıdır. Bu da titreşen tel-lerin uzunlukları arasındaki basit sayısal ilişkilerdir. Pythagorasçıların sa-yıya gizemli bir nitelik vermeleri, evrenin temel yapısını sayıda bulmaları bu buluştan kaynaklanmıştır, denebilir. Gizemsel olan bu düşüncenin doğa felsefesini Kepler'e gelineye dek etkilediğini biliyoruz.

RAYLEIGH, John William (1842-1919): İngiliz bilim adamı. Öğrenimini Cambridge Üniversitesi'nde yapar. 1879'da Cavendish profesörü olarak Maxwell'i izler; dört yıl sonra da Kraliyet Enstitüsü'nde doğa felsefesi profesörü olur. 1905'te Kraliyet Bilim Akademisi başkanlığına, 1908'de Cambridge Üniversitesi rektörlüğüne seçilir. Geniş bilgisi ve fiziğin hemen her dalındaki çalışmalarıyla tanınan Rayleigh'in bilime en önemli katkıları, akustik ve optik alanlarında göze çarpar. Rayleigh, dikkatli ve sabırlı bir deneyciydi. Onu uzun süre uğraştıran sorun, atmosferden sağlanan nitrojenin atomsal ağırlığı ile, kimyasal çözümlemeyle elde edilen nitrojenin atomsal ağırlığı arasındaki farkın nedeniydi. Bu araştırma pek az rastlanan argon gazını bulmasına yol açar. Rayleigh bu çalışması için 1904'te Nobel Ödülü'nü alır.

RÖNTGEN, Wilhelm Konrad (1845-1932): Alman fizikçisi. 1879'da Giessen'de, 1885'te Würzburg'da Fizik Enstitüsü direktörlüğünü üstlenir. Burada sürdürdüğü deneyler kendi adıyla anılan ışınları bulmasını sağlar (1895), X-ışınları olarak da bilinen bu ışınlar, özellikle tıpta önemli gelişmelere yol açmıştır.

RUMFORD, Benjamin Thompson (1753-1814): İngiliz bilim adamı ve yönetici. 1791'de Kutsal Roma İmparatorluğu kontu olan Rumford, 1798'de ısıya ilişkin teorisini açıklar. Buna göre ısı bir madde değil, bir hareket biçimidir. 1799'da Kraliyet Enstitüsü'nü kuranlar arasında yer alır.

RUTHERFORD, Ernest (1871-1937): İngiliz bilim adamı. Yeni Zelanda'da bir çiftçi çocuğu olarak dünyaya gelir. 1893'te Wellington'da Yeni Zelanda Üniversitesi'nin fizik ve matematik bölümlerini aynı zamanda birincilikle bitirir. J. J. Thomson'ın yanında çalışmak üzere bir burstan yararlanarak Cambridge Üniversitesi'ne gelir. Önce radyo dalgalarını manyetik belirleme üzerinde, sonra X-ışınları ve foto-elektronların neden olduğu iyonlaşma üzerinde çalışır. 1898'de profesör olarak çağrıldığı Kanada'da McGill Üniversitesi'nde radyoaktif dizilerinin kimyası için Nobel Ödülü'nü alır. 1911'de atom çekirdeğinin yoğun yapısını ortaya çıkarır. Bu çalışmasıyla Niels Bohr ve H. G. Moseley gibi üstün yetenekli öğrencilerin çevresinde toplanmasını sağlar. I. Dünya Savaşı'ndan sonra radyoaktivite üzerindeki çalışmalarına dönen Rutherford, 1919'da öğretmeni J. J. Thomson'ın emekli olması üzerine Cavendish profesörü olur. 1925'te Kraliyet Bilim Akademisi başkanlığına seçilir. Rutherford, genç araştırmacı ve öğrencilere bilimsel çalışmanın heyecanını aşılayan bir esin kaynağı ve üstün bir örnek olmuştur.

SCHRÖDINGER, Erwin (1887-1961): Avusturyalı bilim adamı. Mezun olduğu Viyana Üniversitesi'ne 1921'de profesör olur. Daha sonra sırasıyla Stuttgart, Breslau ve Zürih üniversitelerine çağrılır. De Broglie'un elektronların dalgalı yapısına ilişkin hipotezinin etkisiyle elektronların atom-

daki hareketlerinin dalga-mekanik türden bir açıklamasını geliştirir ve 1926'da ünlü dalga denklemini yayımlar. Bu denklemin çözümü atomun durağan durumlarını temsil etmektedir. Schrödinger, daha sonra, atomsal ışıma sorununa ilişkin kendisine ait dalga mekaniğine dayalı açıklama ile Heisenberg, Born ve Jordan'ın geliştirdiği matris mekaniğinin eşdeğerliliğini göstermeyi başarır. 1927'de Max Planck'tan önce Berlin'de profesör olan Schrödinger, 1933'te Almanya'dan ayrılarak Oxford Üniversitesi'ne geçer. 1940'ta Dublin'deki İleri Araştırmalar Enstitüsü'ne katılır. 1956'da emekli olunca doğum yeri Viyana'ya döner.

THOMSON, John Joseph (1856-1940): İngiliz bilim adamı, elektronun bulucusu. On dört yaşında Manchester'de Owens College'de yükseköğrenimine başlar. 1876'da Cambridge Üniversitesi'ne gider ve burada değişik sorumluluklarla altmış dört yıl çalışır. 1884'te Kraliyet Bilim Akademisi'ne üye seçilir ve Rayleigh'in ayrılması üzerine Cavendish profesörü olur. Bu görevini 1919'da emekli oluncaya dek sürdürür. 1896'da Amerika'da Princeton Üniversitesi'nde atomun yapısına ilişkin dört konferans verir ve bir yıl sonra Kraliyet Enstitüsü'nde elektronu bulduğunu açıklar. 1906'da Nobel Ödülü'nü alan Thomson, 1915-1920 döneminde Kraliyet Bilim Akademisi başkanlığını yapar. Cavendish Laboratuvarı'nın dünyaca ünlü fizik merkezi olmasında Thomson'ın emeği ve etkisi büyük olmuştur.

TORRICELLI, Evangelista (1608-1647): İtalyan bilim adamı, barometrenin bulucusu. Cizvit kolejindeki parlak başarısı nedeniyle on altı yaşında Roma'ya matematik ve bilim öğrenimi için gönderilir. 1641'de Galileo'nun yanına giden Torricelli, gözleri artık görmeyen bu yaşlı bilim adamının asistanlığını üstlenir. O sırada Galileo'yu meşgul eden bir sorun vardır: Emme-tulumbaları suyu neden 32 kademden (yaklaşık 10 metre) daha yukarı çekememektedir? Aristoteles, "Doğa boşluktan kaçınır" demişti. Bu doğru idiyse, su neden belli bir yükseklikten sonraki boşluğu doldurmuyordu? Galileo'nun isteği üzerine Torricelli sorunu incelemeye koyulur. Bu arada Florentine Akademisi'ne matematik profesörü olan Torricelli çok geçmeden, şimdi fizik ders kitaplarına geçen klasik denemesiyle sorunu çözdüğünü kanıtlar. Torricelli'nin getirdiği açıklama basitti: Hava, deniz gibi içindeki nesneler üzerinde bir basınç etkisi gösterir. Ancak bu basıncın bir ölçüsü vardır. Tulumba ile kuyudan çekilen su, havası boşaltılmış boruda ancak 32 kademe yükseliyor, daha çıkamıyorsa, bunun nedeni kuyudaki su yüzeyi üzerindeki hava basıncının ancak buna elvermesidir. Torricelli bu açıklamasını su yerine cıva kullandığı ünlü denemesiyle temellendirir. O, bu çalışmasıyla barometreyi icat etmekle kalmaz, başka deneylere de girer: Işığın havadan olduğu kadar boşluktan da geçtiğini kolayca saptar. Ses ve manyetik çekim konularıyla da ilgilenir. Ayrıca, matematik ve hidrostatik alanlarında da bazı katkıları olmuştur.

VESALIUS, Andreas (1514-1564): Belçikalı bilim adamı. Daha çocukluk yıllarında kuş, fare ve diğer hayvanların diseksiyonundan büyük zevk alırdı. Üniversite öğrenimine Louvain'de başladı. Paris Üniversitesi Tıp Fakültesi'ne devam etti. Tıp öğrenimini daha sonra anatomi ve ameliyat profesörü olarak atandığı Padova Üniversitesi'nde tamamladı. Vesalius'a gelinceye dek tıp öğrenimi Galen'in öğretilerine dayanıyordu. Doğrudan gözlem yerine, Galen'den parçalar okuyup ezberlemenin iyi bir yöntem olmadığını anlamıştı. Ne var ki, diseksiyon için kadavra bulma büyük sorundu. Mezarlıktan ceset çalma dışında bir çözüm yoktu. Yirmi sekiz yaşındayken, *İnsan Vücudunun Yapısı Üzerine* adını taşıyan yedi ciltlik kitabını, İmparator V. Charles'a sığınarak yayımlama yoluna gider. Vesalius uğrayacağı saldırıyı tahmin etmişti. Alışılmış tıp öğrenimini ve hekimliği eleştirmek, Galen'in otoritesine başkaldırmak kolayca göze alınabilecek bir iş değildi. Nitekim uğradığı saldırılara dayanamaması erken ölümüne yol açmıştır. Vesalius'un önemi tıpta ilk kez doğrudan gözleme ve anatomi öğreniminde diseksiyona gitmesi ve bunda ısrar etmesidir.

VOLTA, Alessandro (1745-1827): İtalyan bilim adamı. On altı yaşına gelinceye dek Cizvit Koleji'nde eğitim görür, sonra öğrenimini özel olarak sürdürür. 1769'da elektrik olayını betimleyen bir inceleme yazısı yayımlar. 1774'te Como Üniversitesi'nde profesör olur, bir yıl sonra indüksiyonla elektrik üretmek için icat ettiği basit elektro-statik makinesine ilişkin yazısı çıkar. Volta'ya ün sağlayan bu çalışması, 1779'da Pavia'da yeni kurulan deneysel fizik kürsüsüne çağırılmasına yol açar. Volta bu görevinde emekliye ayrılncaya dek kırk yıl kalır. Bu arada dış gezilere çıkan Volta, 1791'de Londra Kraliyet Bilim Akademisi'ne üye seçilir. 1810'da Napoléon'dan Kontluk payesi alır. 1815'te Avusturya İmparatoru tarafından Padova Üniversitesi'nde Felsefe Fakültesi'ne direktör olarak atanır. Galvani'nin buluşu (elektrğin kurbaga kasını etkilemesi) Volta'nın ilgisini çeker, olayı açıklamak için araştırmalara koyulur. Sonunda olayı açıklamakla kalmaz, elektrik pilini de bulur. İlk kez sürekli elektrik akımı sağlayan bir kaynaktı bu. Öyle ki, Faraday elektroliz üzerindeki deneylerinde bu kaynaktan yararlanmıştı. Volta'nın bu alandaki çalışmalarının önemi elektrik potansiyel birimine adı verilerek unutulmaz kılınmıştır.

YOUNG, Thomas (1773-1829): İngiliz bilim adamı. On çocuklu bir ailenin en küçüğü. İki yaşında okuma ve yazmayı, on dört yaşına gelinceye dek Yunanca, Latince, Fransızca, İtalyanca, İbranice, Farsça ve Arapça dillerini öğrenir. 1792'de tıp öğrenimine Londra'da başlar, sonra bu öğrenimini Edinburgh ve Göttingen üniversitelerinde sürdürür. Mezun olduktan sonra hekimliğe başlamadan birkaç yıl daha Cambridge Üniversitesi'nde geçirir. Araştırma ilgileri ilkin fizyoloji alanında idi. 1793'te yakın ve uzak nesneleri daha iyi görmek için kristal mercek yüzeylerine verilmesi gerek-

li eğimler üzerinde çalışır. 1801’de astigmatizm denen görme bozukluğunu açıklar. Aynı yıl, en büyük bilimsel buluşunu oluşturan, ışık dalgalarının girişimi üzerindeki çalışmasını yayımlar. Bu buluş, daha sonra gelen kimi bilim adamlarını, özellikle Fransız Fresnel ve Arago ile Alman Franhof’er’i geniş ölçüde etkilemiştir. Modern enerji kavramımızı bile Young’a borçlu olduğumuz söylenebilir. Young çok yönlü bir kişiydi: Hekim, fizikçi, matematikçi olduğu kadar, müzisyen, artist ve tanınmış bir at uzmanıydı. Eski Mısır uygarlığı üzerindeki bilgisi bile başlı başına anılmaya değer bir yönüydü. Bilimden denizciliğe, hatta sigorta işlerince dek pek çok şey onun ilgi alanına giriyordu.

YUKAWA, Hideki (1907-1981): Japon bilim adamı. Öğrenimini tamamladığı Kyoto Üniversitesi’ne 1939’da fizik profesörü olur. 1935’te çekirdek kuvvetlerine ilişkin meson teorisini ortaya atar ve bu çalışması için 1949’da Nobel Ödülü’nü kazanır. (Aradan geçen zamanda meson deneysel olarak Anderson tarafından gözlemlenir.) 1948’te Amerika’ya çağrılan Yukawa, birkaç yıl Princeton ve Columbia üniversitelerinde kaldıktan sonra Japonya’ya döner. Kyoto’da Temel Fizik Araştırma Enstitüsü direktörlüğünü üstlenir.

Bibliyografya

Armitage, A., *The World of Copernicus*, EP Publishing Ltd., 1972.

Barnett, L., *The Universe and Dr. Einstein*, New York: The New American Library of World Literature, Inc., 1955.

Bernal, J. D., *Science in History*, Harmondsworth, Middlesex: Penguin Books, 1969.

Bronowski, J. and Mazlish, B., *The Western Intellectual Tradition*, Harmondsworth, Middlesex: Penguin Books, 1963.

Bruton, J. G., *The Story of Western Science*, Cambridge: The University Press, 1966.

Butterfield, H., *The Origins of Modern Science*, New York: The Macmillan Company, 1961.

Clagett, M., *History of Science*, The University of Wisconsin Press, London, 1969.

Cline, B. L., *The Questioners: Physicists and the Quantum Theory*, New York: Thomas Y. Crowell Company, 1965.

Cohen, I. B., *The Birth of a New Physics*, New York: Doubleday and Company, Inc., 1960.

Coleman, J. A., *Relativity for the Layman*, New York: The New American Library of World Literature, Inc., 1958.

Conant, J. B., *On Understanding Science*, Yale University Press, 1947.

Dampier, W. C., *A History of Science*, Cambridge: The University Press, 1966. *A Shorter History of Science*, New York: Meridian Books, 1966.

Einstein, A. and Infeld, L., *The Evolution of Physics*, New York: Simon and Schuster, 1961.

Hall, A. R., *From Galileo to Newton 1630-1720*, Fontana-Collins, 1970.

Hall, A. R. and Hall, M. B., *A Brief History of Science*, New York: Signet Science Library, 1964.

Hall, A. R. (Ed.), *The Making of Modern Science*, Leicester: The University Press, 1960.

• Holton, G., *Introduction to Concepts and Theories in Physical Science*, Reading, Mass.; Addison-Wesley Publishing Co., Inc., 1952.

Hooykaas, R., *Religion and the Rise of Modern Science*, London, Scottish Academic Press, 1972.

Hurd, D. L. and Kipling, J. J. *The Origins and Growth of Physical Science*, Harmondsworth, Middlesex: Penguin Books, 1964.

Infeld, L., *Albert Einstein*, New York: Charles Scribner's Sons, 1950. (Dilimize çevirisi: *Albert Einstein: Bilimsel Kişiliği ve Dünyamıza Etkisi*, Onur Yayınları, 1980. Çeviren: Cemal Yıldırım.)

Jeans, Sir James, *The Growth of Physical Science*, Cambridge: The University Press, 1951.

Kemble, E. C., *Physical Science: Its Structure and Development*, Cambridge; Mass: The M.I.T. Press, 1966.

Kuhn, T. S., *The Copernican Revolution*, Harvard University Press, 1957.

Mason, S. F., *A History of the Sciences*, New York: Collier Books, 1962.

McKenzie, A. E. E., *The Major Achievements of Science*, Vol. I. Cambridge: The University Press, 1960.

Middleton, W. E. K., *The Scientific Revolution*, Cambridge, Mass: Schenkman Publishing Co., 1963.

Price, D. J., *Science Since Babylon*, New Haven: Yale University Press, 1961.

Reichenbach, H., *Bilimsel Felsefenin Doğuşu*, İstanbul, Remzi Kitabevi, 1981 (Çeviren: Cemal Yıldırım).

Russell, B., *History of Western Philosophy*, London: George Allen and Unwin Ltd., 1946.

Sarton, G., *The Life of Science*, Freeport, N. Y.: Books for Libraries Press, 1948. *The History of Science and the New Humanism*, Bloomington, Ind.: Indiana University Press, 1962.

Sayılı, A., *Mısırlılarda ve Mezopotamyalılarda Matematik, Astronomi ve Tıp*, Ankara Türk Tarih Kurumu Basımevi, 1966.

“Ortaçağ İslam Dünyasında İlmî Çalışma Temposundaki Ağırlaşmanın Bazı Temel Sebepleri”, *Araştırma I*, Ankara: D. T. C. E., 1963.

Singer, C., *A Short History of Science*, Oxford: The University Press, 1941.

Taylor, A. M., *Imagination and the Growth of Science*, New York, Schoken Books, 1970.

Turner, D. M., *A Book of Scientific Discovery*, New York: Barnes and Noble, Inc., 1960.

Westfall, R. S., *The Construction of Modern Science*, Cambridge University Press, 1977.

Whitehead, A. N., *Science and Modern World*, London: Cambridge University Press, 1946.

Yıldırım, C., *Science: Its Meaning and Method*, Ankara: M.E.T.U., 1971.

—., *Bilim Felsefesi*, İstanbul, Remzi Kitabevi, 1979.

—., *Matematiksel Düşünme*, İstanbul, Remzi Kitabevi, 1988.

—., *Evrin Kuramı ve Bağnazlık*, İstanbul, Gerçek Yayınevi, 1989.

—., *MANTIK: Doğru Düşünme Yöntemi*, Ankara, V Yayınları, 1987.

—., *Eğitim Felsefesi*, Açıköğretim Fakültesi Yayınları, No: 85, 1987.