

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>

BÜYÜK PATLAMA

**BİR
“METAFİZİK”
ARAŞTIRMA
PROGRAMININ
ELEŞTİRİSİ**

E. Rennan PEKÜNLÜ

**İstanbul Kültür Üniversitesi
Evrım Konuşmaları
İstanbul – Mayıs 2009**

ÖNSÖZ

Bu kitapçık, hemen hemen bütünüyle bir “alıntılar” yumağı biçiminde hazırlandı. Yazılış amacı, Büyük Patlama gibisinden düzmece, “metafizik” bir araştırma programını eleştiren biliminsanlarının varlığını okuyucuya duyurmaktır. Bu biliminsanlarının görüşleri, bilimsel çalışmalardaki “ana akıntıdan” saptığı(!) için okuyucu kitlesine gerektiği gibi ulaşamaz. Bu nedenle, Büyük Patlama sanki seçeneksizmiş gibi bir izlenim yaratılır. Oysa ki, yapılan her yeni gözlem Büyük Patlama kuramında derin yaralar açıyor. Büyük Patlamanın gözlemler karşısındaki tutarsızlığı çoğu zaman bu kuramı destekleyenleri de sıkıntıya sokuyor. Peki öyleyse niçin bırakılmıyor? Niçin ölmüyor? Bu sorunun yanıtını bu kitapçıkta bulamayacağız. Bu kitapçık daha çok, 20. yüzyılın sonlarına doğru gelişmeye başlayan *doğrusal olmayan süreçler* çalışmalarının sonuçlarına eğilmektedir. Newtoncu mekanik dünya görüşünü, Genel Görelilik ve Kuantum Mekaniğinden sonra *Kaos* kuramının nasıl zayıflattığını sergiliyor. Son bilgi saplantısını eleştiriyor.

Bu kitapçık, bir açıdan, daha önce hazırlamış olduğum ve yine *Astronomi Magazin*’in Yardımcı Yayınlar Dizisinde yayınlanan **BÜYÜK PATLAMA** adlı kitapçıkta işlenen görüşlerin devamı niteliğinde. Birincisinin yayınlanma nedeni, dinsel ve bilimsel görüşlerin birbirine karıştırılmasına duyduğum tepkiydi. Elinizdeki kitapçık bu tepkimin dinmediğini gösteriyor.

Kitapçıkta geçen teknik sözcük ve kavramlar üniversite eğitimi almış ilgili okuyucular için yabancı olmayabilir; ancak, diğer okuyucular için ne yazık ki “sızılması” güç, belki de olanaksız, kavramlar olacak. Bu durum beni biraz üzüyor. Oysa ki bilimin son gelişmelerinin en geniş okuyucu kitlesine aktarılması biz bilim insanlarının görevlerinden biridir. Sağduyudan yoksun hertürlü gereksiz yetkeye karşı savaşmanın en etkin yolu bilimsel düşünmekten geçer. Bilimsel düşünebilmek için de bilimsel çalışmaları izleyebilmek gerekir. Matematik, gökbilim, fizik, kimya, dirimbilim eğitimi almış olan okuyuculardan özellikle; mühendislik, tıp vb. eğitimi almış olan okuyuculardan da bu gelişmeleri ilgili kitlelere taşımalarını rica ediyorum. Özellikle bugünlerde, ikilem kendisini iyice dayatmış durumda: kitlelere ya bilimi, bilimsel düşünmeyi taşıyacağız ya da *astrolojik, tarotsal ve diğer tüm usdışı “huzur”* biçimlerini yakalamalarına kahrolarak tanık olacağız.

E.Rennan Pekünlü

Mayıs 2009

Giriş	1
Bilimsel Yönteme İlişkin Görüşler	8
Yeni ile Eski	20
Yeni Bilim	27
Mekanik Dünya Görüşü	30
Endüstri Çağı Bilimi	32
Entropinin Doğuşu	37
Termodinamiğin Üç Aşaması	43
Denge Durumundan Uzak Koşullar	47
Bakışıklığın Bozulması – Sapak Noktaları	57
Kaosa Geçiş – Sapak Noktaları Sağanağı	59
Zamanın Yeniden “Keşfi”	63
Evrenselliğin Sonu	65
Heisenberg Belirsizlik İlkesi	68
Doktrinlerin Çatışması	77
Boltzmann ve Zaman Oku	84
Entropi Engeli – Tersinemezlik	85
Tersinemezlik – Bakışıklık Bozan Süreç	86
Klasik Kavramların Sınırı	86
Dinamiğin Yenilenmesi	87
Entropi Engeli	92
Korelasyonların Dinamiği	92
Entropi: Bir Seçim İlkesi	96
Etkin Özdek	97
Sonsöz	98
Ek 1 – Yaşam	100
Yaşamın Genel Özellikleri	100
Yaşamı Temel Özellikleri	102
Yerötesi Yaşam (Uygarlıklar) nerede Aranmalı	103
Evrenin Büyük Ölçekli Yapıları	104
Gökada Dağılımları	105
Kozmik Mikrodalga Ardalan Işınımı	111
Evren Genişliyor mu?	124
Ek 2 – Hubble Yasası’nın Evrimi	136

GİRİŞ

Bu çalışma, Büyük Patlama modelinin varsayımlarının, kullandığı yöntemin ve öngörülerinin eleştirel incelemesini içeren bir çalışma olmayı amaçlıyor.

Konu evrenbilim... Evrenbilimin uğraş alanını tanımlarken, *evrenin bir bütün olarak nasıl başladığını, geçirdiği evrim aşamalarını, geleceğini inceleyen; evrendeki büyük ölçekli yapıların, Mikrodalga Ardaalan Işınımının, Hafif Element Bolluklarının kaynağını araştıran bilim alanıdır* diyoruz. Ancak bu tanımlama “tam gerçeği” yansıtamıyor. Fizik, Matematik, Kimya ve Gökbilimin ağırlıklı olarak kullanıldığı evrenbilim, adı geçen öğretici alanlarından sızan felsefe ve teolojiyle birlikte tam bir “cadı kazanına” dönüşüyor!

Bu açıdan ele aldığımızda Büyük Patlama, bilimsel açıdan, bilimsel yöntem açısından, doğa felsefesi açısından, başkalarına neler söylettiği, vb. açılardan ayrı ayrı incelenebilir. Bu incelemeler sonucunda ortaya çıkan yeni düşünceler, kuşkusuz, insanlığın düşünsel etkinlik alanında dokuyageldiği deseni zenginleştirecektir. Hubble, *”Bilim, insanın düşünsel etkinliklerinden biridir ve gerçek anlamda ilericiştir. Pozitif bilgiler kümesi, nesilden nesile aktarılır ve herbir nesil bu kümenin büyüyen yapısına katkıda bulunur. Newton, ‘Daha uzağı görebildiysem, bu, benden önceki bilim devlerinin omuzları üzerinde yükseldiğim içindir’ demişti”* diyor.

Bu saptama, “İlerlemenin kaynağı, zıtların birliği ve savaşımdır” diyen diyalektik materyalist ilkeyi doğrular görünüyor. Bu saptamada ayrıca, aynı felsefenin bir başka ilkesinin –“yadsımanın yadsıması”– izlerini de görebiliyoruz. Bilimin kullandığı iki yöntem, tümevarım ve tümdengelim, iki zıt gözüyle bakabiliriz. Birincisi, Kepler, Leonardo da Vinci ve Galileo gibi bilim adamlarının kullandığı, özekten (merkezden) dışarıya, çembere doğru; ikincisiyse, Einstein ve çoğu kuramsal fizikçi ve evrenbilimcinin kullandığı çemberden özeğe doğru olan ilerleme yöntemidir. Bu iki yöntem, kozmik sarkacın salınımları sırasında eriştiği değişik iki evreyi oluşturur. Bir evre, gözlem ve deneylere dayalı, usa vurmaya da gerekli bir adım olarak gören yöntemi; diğeryse yalnızca usa vurmaya yeğleyen, gözlem ve deney sonuçlarını usun yarattığı fiyakalı matematiksel modellerle karşılaştırma kaygısı gütmeyen yöntemi temsil eder. Yaşam çoğu kez, ereksel olan (ideal) sentezi, bu iki yöntemin birlikteliğini üretir.

Yadsımanın yadsımasına gelince; Kopernik evreni Batlamyus evrenini; Newton evreni Kopernik evrenini ve Einstein evreni de Newton evrenini

yadsımıştı. Newton'un deyiimiyle, "devlerin omuzlarında yükselip uzağı görme" sürüp gidecektir.

Tümevarım ile tümdengelim zıtlarının birlikteliğı ve savaşıımının ortaya çıkardığı *sentez*, bilimsel yöntemdir. Bilimsel yöntemin nasıl olması gerektiğine ilişkin görüş, *Astronomi Magazin'in Yardımcı Yayınlar Dizisi No: 4 Büyük Patlama*'da şöyle özetlenmişti:

"Ancak tümdengelimsel yönteme yapılan tüm karşı çıkışlar onun bilimsel çalışmalarda yeri olmadığı anlamına gelmez. Tam tersine, çok önemli bir yeri var. Ancak bu, doğanın gözlenmesiyle başlayan ve yine gözlemlerle biten bir çevrimsel çabada atılacak yalnızca tek bir adım olmalıdır. Yeni bir olgunun gözlemlerinden yola çıkan bilim insanı yeni hipotezlere, bu olayı kabaca betimleyebilen yeni kavramlara ulaşabilir. Bu, çevrimsel çabanın tümevarım aşamasıdır. Daha sonra ulaşılan kavrama matematiksel bir biçim verilir ve kavramdan, tümdengelim yöntemiyle sonuçlar çıkarılabilir. Bu da çevrimsel çabanın tümdengelim aşamasıdır. Daha sonra, kuramın sonuçları yeni gözlemler karşısında sınanır. Başarı sağlanmışsa, "kuram doğrudur" denmez! "kuram gözlemlerle tutarlıdır" denir. Ancak çevrim burada sona ermez. Kuram tutarlılığını kanıtladıktan sonra devreye teknoloji girer. Yeni kuram teknolojide kullanılır: Ya bilimsel araştırmalar için yeni teknolojilerin geliştirilmesi ya da ekonomik amaçlar için yararlılığını göstermelidir. Bu yeni teknolojiler yeni ve beklenmedik olayların gözlenmesine ve çevrimin sürüp gitmesine yardımcı olur".

Yukarıdaki paragrafta sunulan tanımın özünde, Karl Popper'ın bilimsel yöntem çözümlemesi yatmaktadır. Konuyla ilgili görüşlerini *The Logic of Scientific Discovery* adlı kitabında özetleyen ve daha sonra bu kitabın ardından ortaya çıkardığı üç ciltlik (*Realism and the Aim of Science; The Open Universe: An Argument for Indeterminism; Quantum Theory and the Schism in Physics*) eseriyle görüşlerini zenginleştiren Popper, "**Bilimsel bir kuramın yanlışlanabilir olması, bilimle metafiziğı ayıran temel ölçüdür. Eğer bir kuram yanlışlanamıyor, yanlışlığını kanıtlayacak hiçbir gözlem ya da deney yapılamıyorsa, bu kuramı kanıtlayabilecek herhangi bir yol da olamaz! Bu durumda kuram hiçbir öngörüde bulunamaz ve değersiz bir söylenceden (myth) öteye de geçemez**" diyor.

Popper'ın saptamasında Bilim ve Metafizik birbirini dışlayan iki düşünsel etkinlik alanı olarak sunuluyor. Bilimin yanlışlanabilme özelliğı var; ve bu görev gözlem ve deneylere verilmiş; metafizik ise sınanıp yanlışlanmadan bağışık! Belleğimde birisine ait şöyle bir sav var: "Taş parçasının Yer'e düşmesinin nedeni, anasının (Yer) bağrından koparılmış olan yavrunun (taş) anasına geri

dönme isteğidir”. Bu deyişin kime ait olduğunu anımsayamıyorum. Anımsadığım yukarıdaki biçimiyle orijinalinden çarpıtılmış da olabilir; ancak yine de metafizik bir önermeye örnek oluşturabilecek denli çarpıcılığını koruyor! Bu, bir bilimsel önerme olabilir mi? Bu metafizik “çekim yasası”nı yanlışlamanın bir yolu yok sanıyorum. Ya tüm zamanlar için “geçerli” olan bu çekim yasasını ya yanlışlanmış olan Newton’un ya da yanlışlanacak olan Einstein’ın çekim yasasını satın alacaksınız!

Popper, bilimle metafiziği birbirini tamamen dışlayan iki olgu olarak sunuyor. Öyle de olsa, aralarında bir ilişki, etkileşim olmalı. Popper’dan dinleyelim: “*Spekülatif yaratıcılıkla, deneylere açık, sınanabilme özelliği gibisinden birbirine yabancı iki ayrı olgunun birlikteliği olarak tanımlayabileceğimiz fiziksel bilimlerin evreni tanımamızdaki görevleri çok önemlidir.*

“*Evrenbilim spekülasyonları bilimin gelişmesinde daima önemli bir rol oynamış ve oynamaktadır. Bu spekülatif kuramları inceleyerek onların gelişimini sağlayabilir, daha önemlisi, bu kuramları deneysel olarak sınanabilir duruma getirebiliriz. (Durgun Durum evren modelinin kuramcıları bunu becermiş ve sınavların işaret ettiği doğrultuda ilerleyerek modelin geçersizliğini onamışlardır)*”. Tam bu aşamada Popper salvosunu savuruyor: “*Evrenbilimdeki spekülasyonların çoğu, özellikle de başlangıç aşamalarında , deneysel olarak sınanma ve yanlışlanabilmeden uzaktır; bu nedenle, adı geçen spekülasyonları ‘bilimsel’ olmaktan çok ‘metafizik’ olarak nitelemeyi yeğliyorum*” (Popper, K., *Quantum Theory and the Schism in Physics*).

Popper, aynı eserinde önemli bulduğu bazı evrenbilim kuramları için ‘*metafizik doğaya sahip araştırma programları*’ kavramını kullanıyor. Popper’a göre bu kavram, adı geçen kuramların ikili doğasını yansıtıyor: 1) bilimsel araştırmaların yönünü ve doğasını saptayan *programsal doğası*, 2) kuramın (en azından başlangıçta) sınanamayan, dolayısıyla *metafizik doğası*. Popper, ‘*metafizik doğaya sahip araştırma programları*’ kavramını, henüz sınanabilme aşamasına gelememiş olan kuramlar için kullanıyor. Bu programlar zamanla bilimsel kuram düzeyine çıkabilir. ‘Metafizik doğaya sahip araştırma programları’nı eleştirmek oldukça zordur. Bu programların herhangi bir eleştiriye açık kalmaksızın uzun bir ömre sahip olmaları da olasıdır.

“ ‘Metafizik doğaya sahip araştırma programları’ kavramını kullanırken, bilimin gelişme aşamalarının hemen hemen hepsinde metafizik düşüncelerin, yani sınanması olası olmayan düşüncelerin denetiminde olageldiğimiz gerçeğine dikkat çekmek istiyorum. Bu düşünceler, hangi sorunlara açıklama getirmemiz

gerektiğinin yanısıra, bugünkü yanıtlarımızın önceki yanıtlarımızla ne denli uyuştuğu ve doyurucu olduğu veya bu yanıtları ne denli iyileştirdiği sorununa da yanıt getirir” (aynı kaynak, s. 161).

Popper burada ilginç bir saptamada bulunuyor ve “...bilimin gelişme aşamalarının hemen hemen hepsinde metafizik düşüncelerin, yani sınanması olası olmayan düşüncelerin denetiminde olduğumuz gerçeği”nden söz ediyor. Bu, bilimsel ilerlemelerimizde metafiziğin büyük bir dürtüsü var, anlamına mı geliyor? İlerlemeyi, fizikle metafiziğin birlikteliği ve çatışması mı sağlıyor?

Popper, metafizik düşüncelerin sorunsal (problem) yaratmaya yaptıkları katkıya ve bu sorunsalların çözüm yollarının belirlenmesinde oynadıkları role özel bir önem veriyor. *Sorunsal durumları* olarak adlandırdığı bu durumların, bilimde üç ayrı etmenin sonuçları olduğunu vurguluyor: 1) Belli bir alanda baskın kuram olma ayrıcalığını yakalamış olan kuramın bir tutarsızlığının ortaya çıkması; 2) Kuramla deney arasındaki tutarsızlığın belirlenmesi (kuramın deneyle yanlışlanması) ve 3) Popper’ın en önemli olarak nitelediği etmen, kuramla ‘metafizik doğaya sahip araştırma programı’ arasındaki ilişki.

Bu savını geliştirmek amacıyla Popper, *Pythagoras* ve *Heraclitus*’tan günümüze dek geçen zaman dilimi içinde fiziğin gelişimine katkıda bulunmuş olan ve ‘metafizik doğaya sahip araştırma programı’ olduklarına inandığı en önemli on programı sıralıyor:

“1. Parmenides’in Blok Evreni. Hiçlik (boşluk, boş uzay) yoktur: evren doludur ve tek bir bloktan oluşmuştur. Devinim ve değişim olası değildir. Evrenin gerçek tablosu ussal olmak zorundadır; yani, çelişkisizlik ilkesi ve tümdengelim temelinde oluşturulmalıdır.

“2. Atomizm. Devinim, dolayısıyla değişim gerçektir. Diğer bir deyişle, evren dolu olamaz; boşluğa da yer vardır. Evren atomlardan ve boşluktan oluşur: ‘dolu’ ve ‘boş’. *Tüm değişiklikler atomların boşluktaki devinimleriyle açıklanabilir.* Nitel değişim yok; yalnızca devinim ve yapısal değişim yani yeniden düzenlenme var. Boşluk atomların olası devinimleri ve konumları için varolan uzaydır.

“3. Geometrileştirme. “Erken Pythagoras programı” evrenbilimin (geometriyi de içermek üzere) aritmetikleştirilmesidir. Bu program irrasyonel sayıların bulunmasıyla birlikte çökmüştür. Bu programın çizelgesini Plato çizdi. Önce evrenbilimin (aritmetiği de içermek üzere) geometrileştirilmesini düşündü. Fiziksel evren özdekle dolu uzaydır. Özdek, biçim kazanmış olan uzaydır;

geometri de biçim veya şekillerin ve uzayın bir kuramı olduğuna göre, özdeğin temel özellikleri geometrik olarak açıklanabilir (Plato'nun *Timaeus*'undan). Evrenin geometrileştirilmesi ve aritmetikleştirilmesi programı Eudoxus, Callippus ve Euclid ile sürmüştür. (Euclid geometri ile ilgili kitap yazmayı amaçlamıyordu. Euclid, irrasyonel sayıların geometrik kuramı ve Plato evren modeliyle ilgili diğer temel sorunların çözümüyle ilgilenmişti)

“4. Essentialism ve Potentialism. Aristo'ya göre, uzay (*topos*, konum uzayı) özdekdedir. Salt geometri anlamını yitirmiştir; onun yerine özdekle biçimin (veya özün) ikiliği geçmiştir. *Herhangi bir şeyin biçimi veya özü o şeye aittir ve kendi gizilgücünü* (potansiyelini) *içerir*. Bu şeyler kendi son amaçları uğruna kendilerini gerçekleştirirler. (İyi, özgerçekleştirirler).

“5. Rönesans Fiziği. (Kopernik, Bruno, Kepler, Galileo, Descartes) Büyük ölçüde, Plato'nun geometrileştirilmiş evreninin yeniden canlandırılmış çeşitlemesini betimler. Aynı anda canlandırılanlar, hipotetik tümdengelim yöntem ve *‘universale ante rem’* dir. Daha sonra Rönesans fiziği *saat modeline* dönüştü.

“6. Evrenin saat modeli. (Hobbes, Descartes, Boyle) Özdeğin özü veya biçimi onun konsayı uzayındaki uzantısına denktir. (Bu, Plato ve Aristocu görüşlerin birlikteliğidir). Yani tüm fiziksel kuramlar geometrik olmalıdır. Tüm fiziksel süreçlerin nedeni itme, veya daha genel anlamıyla, nesnelere sonsuz küçük uzaklıklardan uygulanan etkidir. Nitel değişikliklerin tümü, aslında, özdeğin nicel – geometrik devinimidir; örneğin, ısı veya manyetizm veya elektrik akısı. (Bu düşünceler, atomların eter girdapları olduğunu savunan Bernoulli düşüncesiyle kıyaslanabilir).

“7. Dinamizm. Tüm fiziksel süreç nedenleri itme veya özekselsel çekici kuvvet cinsinden açıklanabilir (Newton). Fiziksel durumun başına gelen tüm *değişiklikler* işlevsel (fonksiyonel) olarak diğer *değişikliklere* bağlıdır (Diferansiyel eşitlikler ilkesi). Leibniz'e göre itme de kuvvetler cinsinden açıklanmalıdır – özekselsel itici kuvvetler – çünkü itme, ancak, eğer özdek, itici kuvvetlerce doldurulan uzay olarak alınırsa açıklanabilir. Böylece Leibniz özdeğin dinamik ve yapısal kuramını oluşturmıştır. (Özekselsel kuvvetler kuramını daha sonra Kant ve Boscovich geliştirmiştir).

“8. Kuvvet Alanları. (Farady, Maxwell). Tüm kuvvetler özekselsel kuvvet olarak sınıflanamaz. Değişen (vektörel) kuvvet alanları da vardır. Bu alanların yerel değişimi, sonsuz küçük uzaklıklardaki yerel değişimlere bağlıdır. (Newton ve Descartes'in nedensellik ilkesini – causality – birleştiren kısmi diferansiyel eşitlikler ilkesi). Özdek, yani atom ve moleküller kuvvet alanları veya kuvvet

alanlarının *tedirginlikleri* cinsinden açıklanabilir. (Örnek olarak, 6 numaralı programda sözü edilen Bernoulli kuramı gösterilebilir).

“9. Birleşik Alan Kuramı. (Riemann, Einstein, Schrödinger). Çekim alanı ve elektromanyetik alanların geometrileştirilmesi. Maxwell’in ışıma ile ilgili alan kuramı genelleştirilmiş ve temel parçacıklar, dolayısıyla özdek de alanlar cinsinden açıklanmıştır. Özdeğin parçalanabilir olduğu öngörülmüştür. (Bu öngörünün doğrulanmasıyla birlikte *evrenin saat modeli* – yani materyalizm – yadsınmıştır). Diğer bir öngörü, özdeğin erkeye (enerjiye) yani alan erkesine, diğer bir deyişle, uzayın geometrik özelliklerine dönüşeceği ve bu dönüşümün tersinin de olabileceği yönündedir. Ancak, özdeğin alan tedirginliği (titreşimi) olduğunu savunan görüşe kuantum kuramı karşı çıkmıştır.

“10. Kuantum Kuramının İstatistiksel Yorumu. (Born) Einstein’ın foton kuramını ileriye sürmesiyle birlikte, ışığın da bir *alan titreşimi* olduğu görüşüne kuşkuyla bakılmaya başlandı. Çünkü herbir titreşim treniyle (ışık dalgası) foton denilen parçacık benzeri bir yapının ilişkisi kuruldu. Fotonu bir atom salıyor bir diğeri soğuruyor dendi. de Broglie’ye göre, özdek de *dalga* – *parçacık ikiliğini* göstermektedir. Born’un ikili doğaya getirdiği yorum, fiziği Atomizmin orijinal bakış açısına geri götürüyordu: varolan şeyler korpuskül veya parçacıklardır; alan ve alan titreşimleri belirlenemezlik (determinist olmayan) ilkesi temelinde yükselen parçacık fiziğinin matematik aygıtlarıdır. Bu aygıtlar yardımıyla, bir parçacığın belli bir erke durumunda bulunma olasılığını istatistiksel olarak hesaplayabiliriz. Bu bakış açısının, özdeği, birleşik alan kuramı bağlamında açıklamaya çalışan ve ikili doğa yerine özdeğin tekli doğaya sahip olduğu görüşünü ilke edinen Faraday – Einstein – Schrödinger programıyla uyuşamayacağı ileri sürüldü”. (aynı kaynak, s. 164)

Popper’in yapmış olduğu bu tarama, fiziksel evrenbilimin, değişiklik, özdek ve uzay (atomlar ve boşluk), evrenin konsayı (koordinat) uzaysal yapısı, nedensellik, özdeğin atomik yapısı ve özellikle kararlılığı ve kararlılığının sınırları, özdekle ışığın etkileşimi gibisinden temel sorunlarını anlamamızda yardımcı oluyor. Bu programların hepsi ‘*metafizik doğaya sahip araştırma programları*’ olarak nitelendiriliyor. Metafiziğin tarih sahnesine çıkışı, evrimi ve kendisine yöneltilen eleştirileri bir yana bırakıp, incelememizi Popper’in yalın metafizik tanımıyla, (“*gözlem ve deneylerle sınanamayan*”) sürdürülim.

Yukarıda sözü edilen ‘*metafizik doğaya sahip araştırma programları*’nın bilimsel fizik özelliğinden çok metafizik veya spekülatif fizik özelliğine sahip olduklarını anlıyoruz. “Bu özelliklerine karşın bu programlar, bilim için gereklidir. Ortaya ilk atılışları sırasında hepsi, sözcüğün tam anlamıyla metafizik

doğaya sahipti (bunlardan bazıları daha sonra bilimsel olma özelliğini kazandı); bu programlar, çeşitli duyumsamalar (intuition) temelinde oluşturulmuş, usu hemen hemen hiç kullanmayan çok büyük genellemelerdir. Bugün bu programlardan çoğunun yanlış olduğunu görüyoruz. Bunlar, evreni – gerçek evreni – bir bütün olarak sunma çabalarıydı. Başlangıçta oldukça spekülâtiftler; sınanmaya açık değildiler. Aslında bunların hepsi, bilimsel doğaya sahip olmaktan çok, bir düş veya söylence niteliğindeydi. Ancak bilime sorunsal ve amaç vermede ve esin kaynağı olmada yardımcı oldular” (aynı kaynak, s. 165).

Eğer Popper “haklıysa”, Fizik - Metafizik çatışması bilimi ilerletmede büyük bir güç kaynağı olabilir. Metafizik, tümdengelim yönteminde verimli topraklar buluyor. Metafiziğe izin vereceksek, bunun dozunu nasıl ayarlayacağız? Bilim insanının çağın gelişmişlik düzeyi ve ideolojisine uygun program saptama sorumluluğu nerede devreye girecek? “*Birazcık spekülasyon*” birazcık hamileliğe benzemiş geçmişte! Doğan çocukların adı da aynı! ‘*metafizik doğaya sahip araştırma programları*’. Metafiziğin büyük ölçüde tümdengelim yönteminden sızdığını bir kez daha yinelemeliyiz. Ancak savunulması gereken salt tümevarım da değil kuşkusuz! Gözlem ve deney verilerinin yığıldığı, usun kullanılmadığı yerde de entellektüel durgunluk başlar. Burada metafizikle tümdengelim yöntemini özdeşleştirmedigimi bir kez daha vurgulamak istiyorum. Metafizik, kendini gerçekleştirebilmek için tümdengelimini daha rahat kullanabiliyor.

Şimdi, bilim dünyasının ünlü isimlerinin, gözlem ve deneylerle sınanamayan, bu nedenle metafizik doğaya sahip olma özelliği taşıyan programlara yönelttikleri eleştirileri ve bu eleştiriler ışığında bilimsel çalışmaların nasıl olması gerektiğine ilişkin görüşlerini inceleyelim. Burada oldukça uzun alıntılara yer vereceğim. Bu alıntıların amacı, bilimsel çalışma sonuçlarına gösterilen bazı *eleştirel olmayan* yaklaşımları eleştirmek. Büyük Patlama evren modeli, baskın görüş olma ayrıcalığını, kısmen karşıt görüşlerin seslerini bastırma “becerisinden” (Halton Arp’ın, *Quasars, Redshifts and Contraversies* adlı kitabı ibretle okunmalıdır. Büyük Patlamayı yerle bir edecek bulguların bilimsel dergilerde basılmasına izin verilmeyişinin ilginç bir öyküsü!) büyük ölçüde de eleştirel olmayan yaklaşımların sağladığı güçten kazanıyor. Doğası metafizik olduğundan, insanları bilim alanından teolojik alana hiç “sarsmadan” ve “uyandırmadan” geçiriyor, orada kuşku yerini inanca bırakıyor. Böylece Büyük Patlama, “inanınların” gözünde kutsal kitaba, herbir *metafizik önermesi* de birer “ayete” dönüşüyor. Büyük Patlama’nın çoğu kavramı ve öngörüsü insanoğlunun düşünsel etkinliklerinde ortaya çıkan iki derin gereksiniminden birini, *bilmeme ama inanma* gereksinimini doyuruyor. Bu, ne yazık ki, bilim dünyasının “ham” ve “işlenmiş” üyelerini de gizemi içine almış bir gereksinimdir (inanma, kişinin kendini aşağılama içgüdüsünün dışa vuruş biçimidir; içgüdüler eğitilebilir.

Çoğumuzda bilme isteği inanma isteğinden daha baskındır. Bilimin “boşluklarına” doğaüstünün, metafiziğin çöküşüne izin vermeyenlerimizin sayısı hiç de azımsanacak denli değildir). Bilim insanının benimsemesi ve benimsetmesi gereken ilk ilkesi, “*kendi üzerimde dinsel ve/veya bilimsel otorite tanımıyorum*” olmalıdır. Bu savsöz (*motto*), anlamsız bir isyana değil, sağlıklı bir kuşku ve eleştirel bir yaklaşıma davetiyedir. Aşağıdaki alıntılar, benimsediğim görüşler doğrultusunda; ancak bunlara olan yaklaşımım *otorite tanımaz* biçimdedir.

BİLİMSEL YÖNTEME İLİŞKİN GÖRÜŞLER

Lev Landau

“Kuramsal evrenbilimciler çok sık yanlış yapıyorlar; ancak yanılabilirlerinden hiç kuşulanmıyorlar”. (*The Lesson of Quantum Theory, Niels Bohr Centenary Symposium, Oct. 3 - 7, 1985, J. de Boer, E. Dal, O. Ulfbeck (eds.), North - Holland, Copenhagen*)

H.C. Arp, G. Burbidge, F. Hoyle, J.V. Narlikar, N.C. Vickramasinghe

“Genel bir ilke olarak, gözlenen bazı nicelikleri veya fiziksel süreçleri açıklarken gözlenemeyenlerden yardım ummak istenen bir durum değildir. Büyük Patlama evrenbiliminde bu tür yaklaşımlarla sıkça karşılaşırız. Yerbilim, Hutton’un tekdüzelik (*uniformity*) ilkesini benimsediğinden beri olumlu gelişmeler göstermiştir. Bu ilkeye göre, yerbilimin her konusu, süregelen gözlenebilir süreçlerle açıklanmalıdır. Evrenbilim ve kozmogoni de aynı ilkeyi benimseyerek olumlu gelişmelere tanık olabilir”. (*Nature*, Vol. 346, 30 Aug. 1990, s. 807)

(*Not*: Bu bağlamda okuyucu, Büyük Patlama’nın *enflasyonist çağını, baryonik olmayan karanlık özdeği, stringleri*, vb. anımsamalıdır. Bunlardan enflasyon, evrenin bir döneminde gerçekleşmiş ve durmuştur; süregelen, gözlenebilir bir süreç değildir. Baryonik olmayan karanlık özdeğin ne olduğu, bilinen özdek türüyle nasıl etkileştiği bilinmiyor! Stringler, bilinen gerçeklerle çelişiyor! Şurası açık ki, evrenbilimcilerin *Hayalet Avcılarına* gereksinimi var!)

Sheldon Glashow

“Hepimiz gibi, Einstein gibi, Michael Faraday da çekim ile doğanın diğer kuvvetleri arasında bir bağıntının var olduğuna inanıyordu. Einstein’ın tersine Faraday, çemberin özeğinden dışa doğru, salt deneylerden kurama doğru çıkan

yolu izlemişti. Yaşamının sonuna doğru, 19 Temmuz 1850 de, birleştirmeyi amaçladığı kuvvetler arasındaki bağı kanıtlamayı amaçladığı deneylerin başarısızlıkla sonuçlanması üzerine şunları yazdı:

‘ Şu anda çabalarım sona erdi. Sonuçlar olumsuz. Bu sonuçlar, çekim ile elektromanyetik kuvvetler arasındaki bağı varlığına olan inancımı sarsamaz. Ancak aynı sonuçlar, böylesi bir ilişkinin varlığını doğrulamıyor.’ “

(*The Lesson of Quantum Theory*, 1985, s. 153)

D.N. Schramm ve C.F. McKee

“Kuram, gözlem ve deney arasında sıkı bir işbirliği olduğu zaman bilim hızla ilerler.

“Eğer kuram ölçülebilirliği bir yana bırakıp önde koşmaya başlarsa araştırma alanı bilimden uzaklaşır felsefeye döner. Eğer toplanan veriler, neye işaret ettikleri araştırılmadan yığılıp durursa, aynı araştırma alanında entellektüel durgunluk başlar”. (*Sky & Telescope*, Oct. 1991, s. 352)

V.A. Ambartsumian

“Yanlış anlaşılmayı önlemek amacıyla spekülatif düşünceye ve modellere yönelttiğim eleştirilere birkaç tümce daha eklemek istiyorum. Spekülatif düşüncelerin ve modellerin bilimsel çalışmalardaki önemini kimse yadsıyamaz. Benim ilk çalışmalarım (*invariance principle*) da deneysel-gözlemsel çalışmalardan çok, model oluşturmaya daha yakındı. Ancak, şu noktayı özellikle vurgulamak istiyorum, bugün elimizin altında bulunan devasa verileri dikkate almaksızın oluşturacağımız modellerin iyi sonuçlar üretme şansı yoktur.

“Doğa, çoğu gizlerini sergilememe konusunda ayak diretiyor! Bizim amacımız bunları ortaya çıkarmaktır. Bu gizleri, gizlendikleri yerde *gözlemek* en doğal yöntemidir. Yalnızca kuramlar yaparak amacımıza ulaşmamız son derece zordur”.

(*Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, Vol. 18, 1980, s. 13)

W.B. Bonnor

“Fiziksel bir süreci betimlemeye çalışan matematiksel bir modelde ortaya çıkan tekillik genellikle kuramın çöktüğüne işaret eder. Böylesi bir durumda bir fizikçinin olağan tepkisi daha iyi bir model aramak olur.

“Ancak evrenbilimciler genellikle böyle davranmıyorlar. Bazı bilim adamları evrenin genişlemesini tanımlayan anda ortaya çıkan tekilliği Tanrı sandılar ve Tanrı’nın evreni o noktada yarattığını düşündüler. Bilimsel sorunlarımıza çözüm ararken işin içine Tanrı’yı sokmamızı hiç uygun bulmuyorum. Bilimde bu tür mucizevi müdahalelere yer olmadığı gibi, varlığı, Tanrı’ya inananlar için tehlike yaratır: diferansiyel eşitliklerinizdeki matematiksel tekillikleri daha iyi bir modelle ortadan kaldırdığınızda Tanrı’nız da tekillikle birlikte ortadan kalkar”. (*Rival Theories of Cosmology*, Oxford Univ. Press, London, 1960)

Edwin Hubble

“Gözlemlerle kuram sıkı sıkıya örülmüştür; bunları birbirinden tamamen ayırma çabası boşunadır. Salt kuram belki matematik alanında bulunabilir, ancak bilimde bulunamaz. Söylenildiğine göre matematik, olası dünyalarla, mantıksal olarak tutarlı dizgelerle uğraşır. Bilim ise, içinde yaşadığımız gerçek dünyanın gizlerini çözmeye çalışır. Kısacası, evrenbilim kuramları bize sonsuz sayıda olası evren dizisi sunar. Gözlemlerse, içinde yaşadığımız evreni anlaşılır bir biçimde sunan modelleri, olası evrenler dizisi içinden tek tek ayıklar.

“Gözlenebilir evrenin araştırılması, bu ayıklama işlemine çok önemli katkılarda bulunmuştur. Bu araştırma olabildiğince geniş bir evren bölgesini içermektedir. Gözleyebildiğimiz örnek uzay bir dizi sonuçlar çıkarabilmek için oldukça iyi sayılabilir. Bu açıdan baktığımızda, evrenin yapısına ilişkin çalışmalar, deneysel - gözlemsel çalışma alanına girmiştir diyebiliriz”. (*Realm of the Nebulae*, Yale Univ. Press, London, 1936, s.35)

“Yapılması gereken araştırmalarda güçlükler ve belirsizlikler ortaya çıktı. Şu anda elimizde bulunan verilerle güvenilir sonuçlara ulaşamayız. Bu aşamada kırmızıya kaymadan söz etmemizin nedeni, kırmızıya kayma yorumunun, en azından kısmen de olsa, gözlemsel araştırma alanına girmiş olduğunu vurgulamak içindir. Burada gözlemcinin davranışı, kuramsal araştırmacınıninkine benzemiyor. Çünkü, teleskobun sağladığı olanaklar henüz tamamıyla tükenmiş değildir; gözlemler, kırmızıya kaymanın gerçekten de devinime işaret edip etmediğini iyice ortaya çıkarmadan herhangi bir yargıya varılmamalıdır.

“Bu arada, kırmızıya kaymalar, uygunluk açısından hız ölçekleriyle anlatılabilir. Kırmızıya kaymanın davranışı hız kaymalarinkine benzemektedir ve yapılabilecek herhangi bir yorumu dikkate almaksızın aynı ölçeklerle temsil edilebilir. Dikkatli bir biçimde kurduğumuz tümcelerimizde ‘*görünürdeki hız*’ kavramını kullanmalı ve genel kullanımı içinde ‘*görünürdeki*’ sıfatını dikkate almasak da varlığını daima anımsamalıyız”. (aynı kaynak, s. 122 - 123)

“Ön araştırmalar, özdek dağılımının evrenin gözlenebilir tüm bölgelerinde tekdüze olduğuna işaret etmektedir. Bundan sonraki adım, kuşkusuz, dikkatli bir tarama yapmak ve elimizdeki verilerin ışığında sonuçları yorumlamaktır. Bilgi biriktikçe sonuçları yeniden yorumlamalı ve taramaları daha büyük bir doğrulukla yinelemeliyiz. Böylece ardı ardına yapılan yaklaştırmalarla, gözlemlerimize açık olan evrene ilişkin daha anlaşılır bilgilere sahip olmamız olası olabilir. Ekstrapolasyonlarımızı ancak o zaman, teleskoplarımızın erişebildiği uzaklıkların ötesine taşıyabilir ve salt spekülasyonlardan daha değerli olan sonuçlar çıkarabiliriz”. (aynı kaynak, s. 182)

“Biz, tanım gereği, gözlenebilir evrenin tam ortasındayız. Yakın komşuluğumuzu oldukça iyi tanıyoruz. Uzaklıkların artmasıyla birlikte bilgimiz azalıyor, üstelik hızla azalıyor. En sonunda, teleskoplarımızın sınırına erişiyoruz. O sınırdan artık gölgeleri ölçmeye başlıyoruz. Burada ölçüm yanlışlarımızın yanı sıra bize ipucu olabilecek görüntüleri de araştırmaya başlıyoruz. Araştırmalarımız sürecektir. Deneysel-gözlemsel kaynaklarımız tamamen tükenmedikçe düşsel spekülasyon ortamına kaymamıza gerek yok”. (aynı kaynak, s. 201 - 202)

H. Bondi

“Bugüne dek bilimsel yöntem konusunda yapılmış olan çözümlemelerin en başarılısı Profesör Karl Popper’inkidir. Popper’a göre, ki bence doğrulanmıştır, hipotezler bilim adamlarının usunda oluşur ve önemli ölçüde o bilim adamının imgelemesini (*imagination*) içerdiğinden tamamen açık, anlaşılır olmaktan uzaktır. Bir kuramın amacı, doğruluğu gözlem ve deneyler karşısında sınanacak olan öngörülerde bulunmaktır. İlkesel olarak, bir kuramın bilimsel kuram olabilmesi için, deney ve/veya gözlemler karşısında yanlışlanabilir olması gerekir. Bilim, yanlışlanabilme gibisinden üstün bir özelliğe sahip olması nedeniyle insanlığın diğer etkinliklerinden ayrılır”. (*Rival Theories of Cosmolgy*, Oxford Univ. Press, London, 1960, s. 12)

Edwin Hubble

“Günümüz evren kuramları, evrendeki özdeğin eşdağılım gösterdiğini varsayan ve Genel Görelilik kuramı bağlamında çalışan bir modeli kullanır. Genişleyen evren modeli olarak anılan bu model, Genel Göreliliğin bir ilkesini betimleyen kozmolojik eşitlikten türetilmiştir. Bu *ilke*, uzay geometrisinin, uzayın içindeki özdek ve erkece saptandığını belirtir. Bu eşitlik, insanlığın bugüne dek topladığı, gerçeklerden türetilmiş bilgi yumağını aşar (*transcends*). Bu eşitlik, ancak, evrenin doğasına ilişkin varsayımlar yardımıyla çözülüp yorumlanabilir.

“Einstein ve de Sitter’in (1917) elde ettiği ilk çözümler, evrendeki özdeğin eşit dağıldığını, evrenin her yönde aynı olduğu ve zamanla değişmediğini varsayımlarını kullandı. Bu çözümler, genel bir sorunsalın özel durumlarıdır ve artık kullanılmamaktadır. Einstein’ın çözümü bırakılmıştır, çünkü kırmızıya kaymaya açıklama getirememiştir; de Sitter’inki bırakılmıştır, çünkü evrende özdeğin varlığını dikkate almamıştır. Söylenişine göre, Einstein evreninde özdek var devinim yok; de Sitter evrenindeyse devinim var özdek yok. Sorun genel anlamıyla ilk kez Friedmann (1922) tarafından ele alınmıştır. Daha sonra Robertson (1929) yalnızca bakışıklık özelliğini kullanarak çizgi ögesinin (line element) en genel formülasyonunu türetmiştir.

“Adı geçen çözümde, ‘kozmojik sabit’ ve ‘uzayın eğrilik yarıçapı’ gibisinden belirlenmemiş nicelikler ortaya çıkmaktadır. Evrenbilimciler bu parametrelere tamamen gelişigüzel değerler vererek, çeşitli olası evrenler tanımlamışlardır. Bu çeşitlilik içinde, gerçek evren modelinin de yeralacağı sanılmıştır. Gözlemcinin göreviyse, bu parametrelerin gerçek değerlerini veya en azından yeralmaları gereken değer aralığını saptamak olmuştur.

“Genel çözüm durgun olmayan, zamanla değişen bir evren öngörmektedir. Uzayın eğrilik yarıçapı zamanla değişmektedir. Kısacası, olası evrenler ya genişleme ya da çökme içindedir. Eşitlikler bu iki seçenektan hangisini beklememiz gerektiğine işaret etmemektedir. Ancak, gözlenen kırmızıya kaymalar, gerçek evrenin günümüzde genişlediğinin dolaysız bir kanıtı olarak onandı ve bu yorum kurama eklendi. Böylece model, genel görelilik kuramının eşdağılımlı ve genişleyen modeli olarak anılmaya başlandı”. (*Realm of the Nebulae*, Yale Univ. Press, London, 1936, s. 198)

A.K. Raychaudhuri

“Standart kozmolojinin bazı yandaşlarının tavrı, Eddington’un, ‘eğer kuramla deney arasında bir uyumsuzluk varsa, deneylere inanmayın’ önerisine uymak olmuştur”. (*Proceed. Gravitation & Rel. Astrophysics*, World Sci. Singapore, 1982, s. 117)

Günümüzde tümdengelim yöntemi evrenbilim ve parçacık fiziğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu iki bilim dalı, aynı yöntemi kullanmanın yanı sıra, içerik yönünden de birbirine bağlıdır. Çünkü, parçacık fizikçileri için Büyük Patlama, *Kusursuz bakışıklık* (*perfect symmetry*) için altın çağı oluşturmaktadır. Bugün içinde yaşadığımız evren bakışık sayılmaz. Doğayı sınıflamış ve dört temel kuvvetin varlığını onamışız. Bu kuvvetlerin etkileşim biçimi, etkileşim yeğlinliği ve etkileşim erimi birbirinden olabildiğince ayrıdır. Bu dört kuvvet hiç de bakışık olmayan biçimlerde davranırlar. Örneğin, “temel” parçacıkların çoğu, “spin” adı verilen açısal momentuma sahiptir. Bakışıklık tutkunu kuramcılar, tüm kuvvetlerin tüm “spinlere” aynı biçimde etki ettiğini düşündüler. Ancak durum gerçekte böyle değil! *Zayıf kuvvet* sol el kuralıyla çalışır: bir çekirdek bozunması sırasında salınan elektron spini çoğu kez devinim yönündedir, yani sol el vidasının yivleri gibidir. Hemen hemen tüm durumlarda parçacık ve anti-parçacıklar birbirinin ayna görüntüsü gibi davranırlar; örneğin, bir bozunma sırasında salınan pozitronun “spini” sağ el vidasının yivleri yönündedir. Kaldı ki, bu kuralın bile bozulduğu durumlar vardır. Kısa ömürlü bir parçacığın bozunması sırasında anti parçacık “normal” parçacıktan daha hızlı bozunur. Zaman bakışıklığı bile her zaman geçerli değildir.

Parçacıkların özelliği de bakışıklıktan olabildiğince uzak ve karmaşıktır. Bozunmayan, kararlı parçacıkları ele alalım: elektron ve proton; protonun kütlesi elektronunkinin 1836 katıdır. Foton ve nötrinoların kütlesi yoktur. Dahası, nötrinolar özdekle etkileşmezler; ışık yılı kalınlığındaki kayayı deler geçerler (yeter ki o boyutlarda bir kaya bulalım!)

Kararlı parçacıklara ek olarak, 22 tane daha uzun ömürlü parçacık vardır. Bunlar bozunur. Ancak bu parçacıkların ömrü, Çarpışan iki parçacığın “çarpışma zamanı”na (10^{-23} saniye) kıyasla uzundur. Bu parçacıkların sayısı hiç de azımsanacak denli değildir. Ömürleri, (Ξ^0 – sigma – 0 için) 10^{-20} saniye ile (nötron için) 15 dakika arasında değişir. Kararlı bir çekirdekte nötron kesinlikle kararlı olarak kalır. Aynı parçacıkların kütleleri, m_e elektron kütlesi olmak üzere, $207m_e$ ile $5247m_e$ arasında değişir. Bunlardan bazıları, elektriksel olarak nötr iken bazıları da elektrik yüklüdür. Protondan daha az kütleli olan parçacıklar (*lepton ve mezonlar*) elektron, nötrino veya saf erkeye bozunurlar; protondan daha ağır olanlarsa (*baryonlar*) protonlara bozunurlar. Mezon ve baryonlar *güçlü kuvvet* ile etkileşime girerken, *leptonlar* bu kuvvetin etkisinden bağışıktırlar.

Bakışıklık açısından daha da kötüsü, parçacıkların hızlandırıcılarda çarpıştırıldığı anda, yani tam etkileşme anında ortaya çıkan ve *rezonans* adı

verilen kısa ömürlü erke durumlarının varlığına ilişkin dolaylı kanıtların olmasıdır. Bu erke durumlarından yüzlercesi belirlendi.

Bu karmaşıklığa bir düzen ve bakışıklık sunma amacıyla parçacık fiziği kuramcıları “standart model” geliştirdiler. Bu model, doğadaki tüm kuvvetlerin kuantlaşmış olduğunu varsayar; diğer bir deyişle, herbir kuvvet o kuvvete özgü parçacıklarca taşınır. Kuvvet taşıyan bu parçacıklar diğer parçacıklarla *değiş tokuşa* girer, böylece bir kuvvet üretilir. Bu modelin hipotezlerinden biri, *mezon* ve *baryonların* “**kuark**” adı verilen altı tür parçacıktan oluştuğudur. Diğer yandan, altı *lepton* türü vardır: *elektron*, *muon*, *taun* ve üç tür *nötrino*. **Elektromanyetik kuvveti** *foton* taşır; **zayıf kuvveti** *W* ve *Z* parçacıkları taşır; **güçlü kuvveti** taşıyan en az 8 *gluon* vardır. İngilizce’de *glue* yapışkan, yapıştırıcı anlamına gelir. *Gluonların* görevi de parçacıkları birarada tutmak olduğundan *gluon* adını almıştır. Sıraladığımız 24 parçacığın herbirinin kendine özgü kütlesi ve özellikleri vardır. Kuramın zayıf yanlarından biri, *kuark* veya *gluonlardan* herhangi birinin henüz *dolaysız* olarak gözlenememiş olmasıdır.

Beklenen bakışıklığa henüz(!) erişilememiştir. Parçacıklar, aşağı yukarı 6 nın katları olarak gruplanmaktadır. Bu karmaşanın altında kusursuz bakışıklığın yattığına inanan kuramcılar “bozulmuş bakışıklık” düşüncesini geliştirdiler. Bu görüşe göre, erke ne denli yüksekse bakışıklık da o denli yüksektir. Özdek erke yitirmeye başladıkça bakışıklık kendiliğinden bozulur ve deney sırasında bakışıklığını yitirmiş bir gerçek ortaya çıkar. Bu aşamada sıkça başvurulanan benzerlik, donma noktasına gelmiş olan sudur: su oda sıcaklığında bakışıktır; morfolojik yapısı herhangi bir yönü yeğlemez. Ancak donduğunda, buzun değişik “yönler”de bakışıksızlık sergilediğine tanık oluruz; bakışıklık kendiliğinden bozulur.

İşte parçacık fiziğiyle Büyük Patlama’nın birbirine olan bağımlılığı bu noktada ortaya çıkar. Büyük Patlama, kusursuz bakışıklık ve ultra yüksek erkelerin ortaya çıktığı altın çağdır. Parçacık fizikçilerine göre başlangıçta (bir başlangıç veya sona nedense hep gerek duymuşuzdur!) kusursuz bir bakışıklık vardı. (Burada çok önemli olduğunu sandığım iki anımsatmayı iki soru biçiminde yapmak istiyorum: 1) Hutton’un “uniformity” ilkesini niçin kullanmazlar? 2) Büyük Patlama koşullarını günümüz teknolojisiyle yeniden yaratıp sinayamayacağımıza göre, önümüze sundukları metafizik değil mi?). Tüm parçacıklar ve kuvvetler başlangıçta(!) tekti. Büyük Patlama ertesinde soğumaya başladığı anda evren bakışıklık bozulmasına uğradı deniyor. **Tek kuvvetten önce çekim kuvveti** ayrıldı. Daha sonra **güçlü çekirdek kuvveti**, daha sonra da **zayıf kuvvet** ve **elektromanyetik kuvvetler** ayrıldı. Tüm bunlar, saniyenin çok çok küçük dilimlerinde oldu. Benzer şekilde, başlangıçta(!) parçacıklar da kuvvetler

gibi kütle ve diğer özelliklerce birbirine denkti; daha doğrusu tek tür bir parçacık vardı, diyor. Ama bugün artık herbirinin ayrı kütle ve özellikleri olduğunu biliyoruz.

Kısacası, adı geçen dört kuvvetin birleşmesi ancak uzak geçmişte, asla yeniden üretilmeyecek sıcaklıklarda olur. Bu arada bu kuramın öngörülerini sınamak da giderek güçleşiyor. Aslında bu güçlükler, *birleştirme programının* ilk aşamaları için fazla sorun yaratmadı. Bu ilk aşama, *zayıf kuvvetle elektromanyetik kuvvetin* birleştirilmesini amaçlıyordu. Buna *elektrozayıf* kuram denir.

Kuantum fiziği, kuvvet taşıyan *değiş tokuşcu* parçacık kütlelerinin etki uzaklığıyla ters orantılı olması gerektiğine işaret eder. *Elektromanyetik kuvvetlerin* etki erimi sonsuz olduğundan fotonun kütlesi sıfırdır. Ancak, *zayıf kuvvetin* etki erimi sonsuz kısıdır. Bu nedenle, *zayıf kuvvetin değiş tokuşcu* parçacığının kütlesi çok çok büyük olmalıdır. Bu parçacıkla fotonun kütlesi bir birleşik kuramda biraraya gelemeyecek denli “ayrı dünyaların yaratıkları” olarak düşünüldü.

Ancak 1967 yılında Harvard Üniversitesinden *Steven Weinberg*, bir yıl sonra Londra Imperial College ve Trieste ICTP bağlantılı *Abdus Salam* ve *Sheldon Glashow* birbirinden bağımsız olarak *gauge* kuramını geliştirdiler. Bu kuram, kütle sorununun üstesinden geldi. “İki ayrı dünyanın biraraya gelemeyen yaratıkları” birleştirilerek *elektrozayıf* kuram oluşturuldu. Kuram, “bakışıklık bozulması” adı verilen kavramın yardımıyla gerçekleşti ve 80 ve 90 GeV larda sırasıyla W ve Z parçacıklarının bulunacağını öngördü. Gerçekten de, 1983 baharında CERN’de *Carlo Rubbia* başkanlığındaki araştırma grubu, W ve Z parçacıklarını bulduklarını tüm dünyaya duyurdular. Kuram, bu iki parçacığın yanı sıra, 1 TeV da (1×10^{12} eV) henüz gözlenememiş olan *Higgs bozonunun* varlığını öngördü. Bugün Texas’da kurulmakta olan süperiletken süper çarpıştırıcı bu parçacığı bulmayı amaçlıyor.

Bugün elimizde *birleşik elektrozayıf* kuram ve ayrıca iyi iş gören bir *güçlü kuvvet* kuramı bulunmaktadır. Şimdi çabalar, bu iki yapı üzerine *GUT* (*Grand Unified Theory – Büyük Birleşik Kuram*) yi oluşturmak, yani, *zayıf, kuvvetli* ve *elektromanyetik kuvvetleri* birleştirmek yönünde akıtlıyor.

GUT, eğer bugün hızlandırıcılarda erişebildiğimiz erkelerin çok çok üzerine çıkabilirsek, özdeği bu erkelerde çarpıştırma yoluyla yeni parçacıklar ve bu parçacıkların sergileyeceği yeni etkileşimlere ulaşabileceğimizi öngörmektedir. Bugünkü deneylerde erişilen yaklaşık 500 GeV ile *GUT* erke düzeyi olan 10^{15} GeV arasındaki verimsiz aralığa “Glashow çölü” denir. Bu çölü

aşarak **GUT** erkelerine erişebilecek hızlandırıcının uzunluğu birkaç ışıkyılı(!), deneyler sırasında tüketeceği erkeyse, Güneş erkesinin birkaç katı olacaktır !! Glashow, projenin gündeme geldiği yıllarda, “*Bu proje, Reagan başkanlığındaki kongreden kesinlikle çıkmaz*” gibisinden güldürülü bir saptama yapıyor. Hatta, Demokratik bir başkanın yönetiminden de beklentisi olmadığını dile getiriyor! (*A Passion to Know*, A.L.Hammond ed. Charles Scribner’s Son, NY, 1984)

Popper’ın tanımladığı ‘metafizik doğaya sahip araştırma programı’ bu olsa gerek! Metafizik, çünkü deney veya gözlemlerle **GUT**’yi sınamak olası değil. Bu aşamada bilim adamının çağının teknoloji, olanak ve ideolojisine uygun bilimsel araştırmalara yönelme ve yöneltme sorumluluğunu bir kez daha anımsamalıyız.

Bu arada, **GUT**’lerin *sınanabilir* bir öngörüsünden de söz edelim. Bu öngörünün doğrulanmadığını da hemen ekleyelim. **GUT**’ler protonun bozunacağını öngörür. Proton ve elektronların yüksek erkelerde birbirine denk olacağı ve birbirlerine dönüşeceğine inanılır. Daha özgün olmak gerekirse, pozitronlar bir tür *mezon* olan *piyon*larla birleşerek protona dönüşmelidir. Ancak, *zaman tersinirliği* düşüncesine göre, bu tür bir sürecin tersi de düşük erkelerde gözlenmelidir. Kısacası, protonlar, *piyon* ve pozitronlara bozunarak büyük niceliklerde erke açığa çıkarmalıdır.

GUT’ler protonların 10^{30} yılda bozunacağını öngörürler. Eski madenlerin en derin galerilerinde yapılan deneyler proton bozunmasına ilişkin herhangi bir belirti göstermedi: *Protons are forever!* Bir zamanlar *Sean Connery*’nin 007 – James Bond filmleri dalgası vardı. Bunlardan birinin film müziğini Shirley Bassey okumuş ve o kadife gibi sesiyle *Diamonds are forever* diyerek gönüllerimizde taht kurmuştu! Sheldon Glashow, ABD’deki gazete ve dergilerin bilim yazarlarına verdiği basın konferansındaysa aynı şarkıyı söylemiyordu: “Michigan ve Brookhaven’da çalışan bilimadamları biraraya gelerek, Ohio’daki Marton – Thiokol tuz madenlerinde proton bozunması deneylerini gerçekleştiriyorlar. İnaniyoruz ki, özdek (diamonds, fizikçiler, gökadalar, vb) kararsızdır, yani, *Diamonds are not forever!*” (*A Passion to Know*, A.L. Hammond ed., Charles Scribner’s Son, NY, 1984, s. 32)

Proton bozunmasına ilişkin öngörü doğrulanmayınca **GUT**’ciler ilginç bir umursamazlıkla başlangıç kuramlarının son derece basit olduğunu ve bu nedenle sağlıklı sonuçlar veremeyeceğini savunmaya başladılar. Yeni oluşturdıkları kuramın protona biçtiği yaş eski öngörünün 10^3 katıydı: 10^{33} yıl! Evren yaklaşık 15×10^9 yıllık bir yaşa sahip. Proton’un bozunmasına şunun şurasında $\sim 10^{33}$ yıl kalmış! Nedir ki, göz açıp kapayıncaya dek geçer !

Bir kez daha Karl Popper, bir kez daha sınanabilme ilkesi, bir kez daha metafizik.

GUT'ciler protonun kararlı bir parçacık olduğunu niçin onamıyorlar acaba? Çünkü Büyük Patlama bize protonlarla pozitronlar arasında bir dönüşümün olması ve protonların *bozunması* gerektiğini söylüyor. Peki ya Büyük Patlama denen *şey* olmadıysa! O zaman, **GUT**'lerin yapılabilen tek deneyi, proton bozunması, bu kuramı açıkça yalanlamış olur. Diğer yandan, eğer proton bozunmayacaksa Büyük Patlamaya büyük bir darbe inecek demektir. Bu durumda evrenin eşit sayıda özdekle anti – özdekden oluşması gerekecek. Ancak, evrende özdekle anti – özdeğin eşit niceliklerde olmadığını ve geçmişte olduğu savunulan özdek anti – özdek etkileşiminden arda belli niceliklerde özdek kaldığı savunulmaktadır. Bir kez daha anımsayalım: Büyük Patlama, protonlarla pozitronların birbirine dönüşmesi gerektiğini savunur. Özdek ile anti – özdek, Büyük Patlamanın savunusuna göre, son derce yüksek yoğunluklarda bakışık olarak yaratılmıştır. Eğer eşit niceliklerde özdek anti – özdek bulunduğunu varsayarsak bunlar birbirini karşılıklı olarak yokedecek ve geriye yalnızca salt erke kalacak, *no universe!* Arda kalan özdeğin varlığı, “bakışık olmayan” bir evrende yaşadığımıza işaret etmez mi? Büyük Patlamanın olmadığına işaret etmez mi? **GUT**'ler ve Büyük Patlama ya birlikte var ya da birlikte yoklar!

Proton bozunması ve anti – özdek konuları, doğanın “bakışık” olduğunu savunan görüşün ne denli **yanlı** olduğunu gösteren iki örnektir. **GUT**'ler evrenbilimcilere, *axion* gibisinden karanlık özdekleri sunar! Buna karşılık Büyük Patlama da **GUT**'cilere, kuramsal bakışıklık için gereksinim duydukları ultra yüksek erkeleri sağlar. **GUT**'ler ve Büyük Patlama birbirine gereksinim duyan, bu nedenle birbirini destekleyen iki kuramdır; bir çeşit *kozmetik kısır döngü* ! Bu arada heriki kuramı da denetleyen deneyler, heriki kuramı da çürüğe çıkardı.

GUT'ler için söylediklerimiz, kuramsal evrenbilim ve parçacık fiziğinin son moda programları olan *süpersicim* ve *süper bakışıklık* için de geçerlidir. Doğrulanmamış olan **GUT**'lerden hoşnut olmayan bazı kuramsalcılar *çekim* de içerilmek üzere doğanın 4 kuvvetini birleştirmeyi düşündüler. Bunun için, uzunluğu olan ancak genişliğe sahip olmayan *sicimlerden* yardım umuldu. Herşeyi açıklama gibi bir görevle çıkmış olan bu programın adına da *TOE* dendi: *TOE – Theory Of Everything*, yani *Herşeyin Kuramı*. Ancak *sicimler* o denli büyük erkelerin olguları ki, kuram bu konuda tek bir öngöründe bulunamıyor. Sheldon Glashow'ı dinleyelim. Niels Bohr'un doğumunun 100. yıldönümü nedeniyle, 3 – 7 Ekim 1985 tarihleri arasında düzenlenen toplantıda, Sheldon Glashow'ın sunduğu bildirinin başlığı gerçekten ilginç: “*Does Elementary*

Particle Physics Have a Future?” Bu bildiride ileri sürdüğü düşünceler üzerinde dikkatle düşünmeye değer!

“Elimizde iyi iş gören bir tek kuram var; gerçekten iyi bir kuram. Parçacık fiziği standart kuramını oluşturan *QCD* (*Quantum Chromodynamics*) ve *elektrozayıf* kuram. Bu kuram, evrenbilimde, astrofizikte, nükleer fizik ve parçacık fiziğinde kullanılmaktadır. Gerçekten de, başka bir seçimimiz yok.

“Standart modeli yadsıyacak herhangi bir ölçülmüş nicelik yok! Kuram iç çelişkilerden ve zayıf yanlardan bağışık. Tüm bunlara karşın, standart model doyurucu sonuçlar sunamıyor. Örneğin, *QCD* yeterince güçlü bir öngörü yeteneğine henüz sahip değil. Kuram, hadronların gözlenen kütle spektrumuna ilişkin herhangi bir öngöründe bulunamıyor”. (*The Lessons of Quantum Theory*, J. de Boer, E. Dal & O. Ulfbeck eds., 1986, North Holland Physics Pub., Amsterdam, s. 144)

“Programımız için ikinci tehlike, parçacık deneyleriyle parçacık kuramları arasındaki boşanmadır. Bu boşanma belki de *QCD* ile başladı. Aslında *QCD* nükleonların ve nükleer kuvvetlerin kuark yapısını ilgilendiren ve doğru olduğunu sandığımız bir kuramdır. *QCD* yalnızca bir kuram değil, aynı zamanda özgün bir kuramdır. *QCD*, ilkesel olarak, bugünkü olanaklarla erişebildiğimiz erke düzeylerinde nükleer fizik ve parçacık fiziğinin çoğu sorunlarına tanımlama ve açıklama getirebilen bir programdır... Bu program hemen hemen kesinlikle ‘doğrudur’. Tehlikenin *QCD*’den kaynaklanacağını sanmıyorum. *QCD* deneyle kuram arasında bir boşanmaya neden olmadı. Tam tersine, deneyle kuram arasında iyi bir işbirliği sağladı. Ancak, ektiği tohumlar başka alanlarda çiçek açtı. *QCD*, şıklık (elegance) ve özgünlüğün, gerçeğin ölçeği olduklarına ilişkin inancı körüklemiştir. Bu ölçeklere ben de inanıyorum; ancak, bunların deneylerle güçlendirilmesi gerekir. Lord Kelvin’in aşağıdaki deyişine katılıyorum:

‘Eğer sözünü ettiğin şeyi ölçebiliyor ve sayılarla anlatabiliyorsan, ona ilişkin birşeyler biliyorsun demektir. Eğer onu sayılarla anlatamıyorsan, bildiklerin doyurucu değildir. Bu bilginin başlangıcı olabilir, ancak düşüncelerinde bilimsel bir aşama kazandığın söylenemez’.

“Salt bu ölçeği dikkate alsak bile *QCD*’nin bilim olduğunu söyleyebiliriz. Peki aynı şeyi *süpersicim* ve benzeri kuramlar için söyleyebilir miyiz? *Süpersicim* kuramı, hiçbir zaman erişemeyeceğimiz Planck kütleline yakın erke aralıklarında yeralmaktadır. Kendi bağlamında özgün bir kuram. Sonlu ve kendi içinde tutarlı da diyebiliriz. Laboratuvarda gözlenen düşük erkelerde ortaya çıkan olayları açıklar görünüyor; ancak, açıklayabildiğini kanıtlamak oldukça zor. İlkesel olarak, hangi parçacıkların varolacağını öngörebiliyor. Yine ilkesel olarak

ayarlanabilir parametre sayısını sıfıra indirebiliyor. Ancak, uygulamada, kanıtlanabilir herhangi bir öngöründe bulunamıyor ve önümüzdeki on yıllar içinde bir öngöründe bulunabileceğini de sanmıyorum. Sicim kuramıyla ilgilenenler artık kuramın iç uyumu üzerine yoğunlaşmış durumda. Ancak...*şıklık, özgünlük ve güzelliğin* gerçeği betimleyebileceğini savunabilir miyiz? Matematik, deneyin yerini alabilir mi? deneylerin ötesine gidebilir mi? Sicim kuramcıları ne yazık ki deneyleri gereksiz buluyor... Karanlık çağlardan bu yana ilk kez, bilimin yerine inancın geçmesi sürecine tanık oluyoruz. *Süpersicim* kuramı, gelecekteki konumu, Ortaçağ din adamlarının konumuna denk olacak olan İlahiyat öğrencilerinin bir uğraş alanı olacaktır. Bu asil araştırma çabamız belki sona erecek ve belki de bilimin yerine inancın geçmesine tanık olacağız” (aynı kaynak, s. 146)

Sicim kuramlarının metafizik doğasına ilişkin birkaç söz de Steven Weinberg’dan; Weinberg’in yazısına girişi de oldukça ilginç:

“Herhangi bir konunun tarihini incelerken, izlenmesi gereken en yararlı yaklaşım zıtların savaşımını dikkate alan yaklaşımdır. Bu, ister devrimle karşı – devrim; Hristiyanlıkla Müslümanlık veya *Guelf* ile *Ghibbeline* gibisinden zıtların savaşımının tarihi olsun. Bizim ilgi alanımızda da, iki değişik dünya görüşü arasındaki savaşım, son 100 yılın olmasa bile en azından son 50 yılın tarihine damgasını vurdu: *parçacıklardan* oluşan evren ve *alanlardan* oluşan evren

“1960’lı yılların sonlarıyla 1970’li yılların başları arasındaki döneme geri dönüp baktığımızda, *sicim* kuramlarına, deneylerden en küçük bir destek gelmemesine karşın ne denli büyük çaba akıttığımızı görüyorum. Aslında, *sicim* kuramlarına eklenen bazı özelliklerin, deneylerle doğrulanmaması bir yana, deneylerle açıkça çeliştiğine tanık olduk. Bu özelliklerden biri kütsüz parçacıklardır. Kuramın dayandığı temelleri anımsarsak, bunlar, kuvvetli etkileşim gösteren kütsüz parçacıklar olarak varsayılmıştı. Bunların bugüne dek gözlenmiş olmaları gerekirdi ”. (aynı kaynak, s. 231)

“*Sicim* kuramı, *S - matris* kuramından ortaya çıkmıştır. Ancak hem *S - matris* hem de kuantum alan kuramının bazı özelliklerini taşımaktadır. Uzmanlar *sicim* kuramının gerçekte ne olduğunu henüz anlamış değiller. Bu nedenle, kuramı öğrenmek son derece güç. Kuramı öğrenmek için gerekli olan bilgilerin neler olacağı konusunda ortak görüşe sahip iki kişi bulmak zor”. (aynı kaynak s. 234)

“Sorulması gereken sorular şunlar: ‘*sicim* kuramlarını dikkate almamak ve onların gündemden inmesini beklemek doğru bir davranış mı?’ Bir kuramcı için bu soru şu biçime dönüşüyor: ‘*automorphic işlevleri, Riemann yüzeylerini, Virasoro cebirini* öğrenmek gerekiyor mu? yoksa biraz daha bekleyip, kuramsal

fizikte ortaya çıkacak olan yeni akıma mı kapılısam?” Deneysel fizikçi içinse aynı soru: ‘bu kuramları sınamayı düşünmeye başlasam mı; buna çaba akıtmaya değer mi?’ biçimine dönüşüyor.

“Bu soruları yanıtlamaya başlarken şunu hemen belirtmeliyim ki, deneylerden *sicim* kuramına en küçük bir doğrulama gelmemiştir...Fizikçiler bugüne dek, bu denli mükemmel matematik yaratamamışlardır; buna karşın, deneylerden en küçük bir destek yok. Tıpkı *süper bakışıklık* ve *Kaluza - Klein* kuramları gibi *sicim* kuramları da henüz oturmuş değil; bu nedenle deneyler karşısında sınanabilecek kesin öngörülerde bulunamıyorlar”. (aynı kaynak s. 236)

“...Evet, belki ilerki yıllarda *sicim* kuramlarının canlanacağına tanık olacağız ancak ben de o zaman, *sicim* kuramlarının canı cehenneme diyeceğim”. (aynı kaynak, s. 239)

Aşağıdaki satırlardan başlayıp, **YAŞAM** başlıklı alt bölüme dek olan satırlar, Isabella Stengers & Ilya Prigogine’in *Order Out of Chaos* adlı kitabının ilgili bölümlerinin çevirisidir. Kitabın tümünün vermeye çalıştığı iletiyi yitirmemesine özen göstererek yalnızca önemli ve konuyla ilgili olduğunu düşündüğüm bölümleri aktarıyorum. Zaman zaman araya girip açıklamalarda bulunma özgürlüğümü de saklı tutuyorum!

YENİ İLE ESKİ

“Doğaya bakış açımızda köklü bir değişim süregelmektedir. Yeni bakış açımızda, *çeşitlilik*, *zaman*, ve *karmaşıklık* kendini en çok duyumsatan etmenler olarak ortaya çıkıyor. Makine çağı ve Newton mekaniğinin bir dizi kavramları yerini Yüksek Teknoloji Çağının ve kuantum mekaniğinin kavramlarına bırakıyor: *kararlılık kararsızlığa, düzen düzensizliğe, doğrusallık doğrusal olmayan ilişkilere, zamansızlık da zaman bağımlılığına* yol veriyor. Yeni bir bilimin mayalandığı ortada! Bilimdeki bu devrim, Alvin Toffler’in deyimiyle, “parçalanmakta olan Makine Çağının bağrından yükselen Yüksek Teknoloji Çağının yarattığı devrime koşut”tur. Bir önceki çağın karakteristiği, *şeyleri* parçalarına ayırmaktı; ayrılan parçaların yeniden biraraya getirilerek resmin tamamlanması işlemi unutuldu. Bu görevi, bugünkü devrim üstlenmiş durumda: Fizikle Dirimbilim (biyoloji), Şansla Zorunluluk, Bilimle İnsan Değerleri yepyeni bir çatı altında yeniden biraraya getiriliyor.

“Bilim dünyasını termodinamik bağlamda tanımlanan “*açık*” bir dizgeye benzetebiliriz. Bu dizge kendi dışındaki dünyayla etkileşim içindedir. Bilgi akışı

karşılıklıdır. Bilim dünyası, ekonomi, politik ve sosyal alanlardan düşünce ve kavramlar aldığı gibi bu alanlara da bilgi akıtır. Özellikle çağımızda gözlenen toplumsal çalkantılar, kararsızlıklar ve karmaşalar bilim dünyasında da *kararsız, denge durumundan uzak ve kaotik* dizgeler üzerine olan çalışmaları hızlandırmıştır.

“‘Klasik bilimin’ (Newton mekaniği) onanması, Batı’da fabrika toplumunun yükselişiyle eşzamanlıdır. Makine çağının ideologları, tüm evreni bir makine gibi gören bilimsel kuramları büyük bir coşkuyla kucakladı: *İlk koşullarını sağlıklı bir biçimde belirleyebildiğimiz herhangi bir dizgenin hem geleceğini öngörebilir hem de geçmişini ardgörebiliriz*, dedi Laplace. Böylece oluşturulan evren görüşü basit tekdüze, mekanik ve huzur doluydu; belirsizliğe, şansa bu dünyada yer yoktu! Newtoncu dünya görüşü, bilimin gelişme yönü ve biçimini şekillendirmekle kalmadı, tohumlarını diğer alanlara da saçtı. Saat gibi aksamadan çalışan ama zamandan bağımsız(!) olan bu dengedeki dizgeler, olayı dışarıdan izleyen bir gözlemcinin belirlediği evrensel yasalarla açıklanabilirdi.

“Ancak, 19. yüzyılın başlarında doludizgin gelişmeye başlayan termodinamik, zamanı kullanmayan mekanik görüşü zor duruma sokmaya başladı. Termodinamik, “eğer evren gerçekten bir makineyse, bu makine giderek yavaşlıyor; makinenin yararlı erkesi sızıyor” gibisinden bir saptamada bulunuyor ve zamana yeni bir anlam biçiyordu.

“Bu gelişmenin ardından tarih sahnesine *Darwin* çıktı. Evren boyutlarında bozulmaya doğru olan genel eğilimin dirimsel dizgelerde geçerli olmadığını, tam tersine, karmaşadan düzene doğru bir gelişmenin gözlemlendiğini savunmaya başladı. Dirimbilim alanında canlanan *zaman* kavramı, termodinamik alandakiyle çelişiyordu! *Zaman* kavramı bilim dünyasını ikiye böldü: yalnızca “*kapalı*” dizgelere (eğer gerçek yaşamda böyle bir şey varsa!) uygulanabilen dinamik yasalar zamanın *tersinir* olduğunu savunurken, evrenin diğer tüm dizgelerine uygulanan termodinamik yasalar da zamanın *tersinemez* olduğunu savunuyordu. Ancak bilimdeki yarılma bu denli basit değildi! Zamanın tersinemez olduğunu savunanlar da kendi içinde ikiye yarıldı: *kötümserler* için “zaman oku” nun yönü düzenden karmaşaya; *iyimserler* için de karmaşadan düzene doğrudu”.

Zaman aykırıkkanısına (paradoks) çözüm önerisi İlya Prigogine’den geliyordu. Özellikle dirimsel ve toplumsal dizgeler “*açık*” olduğundan mekanik yasalarla açıklanamazlar. Bu yöndeki bir çaba başarısızlıkla sonuçlanacaktır. “*Kapalı*” dizgeler için geçerli olan bir yasayı “*açık*” dizgelere uygulama çabası, *IQ* testinde, prizmatik bir takozu silindirik bir deliğe sokmaya çalışan çocuğun çabasına benzetilebilir. *IQ* testinin yüksek çıkabilmesi için, silindirik, prizmatik

ve konik takozlar sırasıyla, silindirik, prizmatik ve konik deliklere yerleştirilmelidir. Prigogine dizgeleri, 1) “*Denge durumunda*”; 2) “*Denge durumuna yakın*” ve 3) “*Denge durumundan uzak*” olmak üzere üç sınıfa ayırıyor. Sınıflamanın nicel ölçütüne ilerde değineceğiz. Prigoginci düşünceye göre dizgeler sürekli çalkantı durumunda olan alt dizgelerden oluşur. Dizgeye sürekli olarak özdek, erke ve bilgi akmaktadır. Belli bir zamanda tek bir çalkantı veya bunların uygun bir birleşimi dizgeyi “denge durumundan” hızla uzaklaştırıp *sapak noktasına (bifurcation)* getirebilir. Dizgenin bu noktaya gelişi zorunludur. Ancak bu noktadan sonra *karmaşaya* mı yoksa *bir üst düzeyde düzene* mi geçeceğini şans belirleyecektir.

Kısacası, Prigogine modelinde, “ya tersinir ya da tersinemez” veya “ya karmaşadan düzene ya da düzenden karmaşaya”, *vb* gibisinden yalnızca bir seçeneği yeğleme durumu yok. Bu seçenekler, birbirini tamamen dışlayan uzlaşmaz zıtlar değil. “*Denge durumundan uzak*” dizgelerde süregelen doğrusal olmayan süreçleri ve karmaşık yapıya sahip destekleyici süreçleri (bunlara bilgisayar bağlamında *pozitif geribesleme (feedback)*, kimyada da *otokataliz* denir) dikkate alırsak Fizik, Dirimbilim ve Toplumsal bilimlerdeki süreçleri birleştirebilme olasılığımız doğuyor.

İlyas Prigogine ve arkadaşlarının önerisi, tersinir zamanla tersinir olmayan zamanı, düzenle karmaşayı, Fizikle Dirimbilimi, şansla zorunluluğu tek ve yeni bir çerçevede işlemektir. Bu çerçevede insan usuna, usa vurma ve özgür istence (irade) de yer vardır. Tüm bu gelişmeler, yaklaşık 300 yıl önce başlamış olan “klasik bilimi” sorgulayan yeni bir sürecin başladığını muştuluyor.

Ancak bugünü incelemeden önce, klasik fiziği ve onun düşünce dokumuzdaki yerini inceleyelim. Bugün olduğu gibi o dönemde de insanlığın bilinçaltındaki beklenti, *denge, düzen, barış ve dinginlik*ti. Bu beklenti bize eski evrenbilim ve din öğretilerinden kalan bir mirastır. Gezegenimizi bir koza gibi saran atmosfer dışına baktığımızda, ki bu bakış (son zamanlara dek) yalnızca optik bölgeye duyarlı gözlerimiz ve optik teleskoplarımızla oluyor, herşeyin dengede, sakın hatta “ölü” olduğunu görüyoruz. Eğer gözlerimiz radyo, X ve γ ışınlarına da duyarlı olsaydı evrenin ne denli kararsız, patlamalı ve kaotik olduğunu görecektik ve bambaşka bir bilim geliştirmiş olacaktık. Bugün artık yüksek ve düşük erkelerdeki süreçleri algılayabilecek algaçlarımızla evrenin kaotik yapısına tanık olabiliyoruz.

Denge beklentimizi anlamak zor değil. Çünkü, tanrıların cenneti ve Yer’i bizim için yarattığını, geri kalan herşeyin eylemsiz birer dekorasyondan başka bir

şey olmadığını ileri süren düşünceyi onamamızın üzerinden çok geçmedi. Bu psikolojiyi yeni “giydik”. Prigogine’e geri dönelim!

“Newton 28 Nisan 1686 da *Principia* adlı eserini Londra Kraliyet Topluluğuna sunduğunda insanlık tarihinde yeni bir sayfa açılıyordu. Newton kuramı, devinimin temel kavramları olan *kütle*, *ivme* ve *eylemsizlik* (atalet – inertia) açık ve duru bir biçimde tanımlanıyordu. Bu yasaların, bilime yapmış olduğu nicel katkılarının yanı sıra doğa felsefesine yaptığı nitel katkılar da çok önemliydi. Newtoncular, *çekim yasasının* doğal bir yasa olduğunu ve evrensel bir niteliğe sahip olduğunu yayıyorlardı. Çağın çabası, “güneşin altındaki” herşeyi böylesi evrensel yasalarla açıklama yönünde geliyordu. Kendiliğinden gelişen, denetimden uzak gelişmelere açık kapı bırakılmamalıydı. *Denge* ve *kararlılık* bir kural, onun da ötesinde bir yasa olmalıydı.

“Ancak Newton’un bu çıkışı kültürel çalkantıları da beraberinde getirdi. William Blake, Thomas Butts’a yazdığı 22 Kasım 1802 tarihli mektubunda Newtoncu dünya görüşüne olan tepkisini şu dizelerde sergiliyordu:

“...*May God us keep*
From single Vision and Newton’s sleep !”

Tanrı bizi dar görüşlülükten ve Newton’un düştüğü uykudan korusun. Aslında burada bir gerçeğe değinmeden geçemeyiz. Newtoncular, özellikle Roger Cotes, Newton mekaniğinin başarısına çok güveniyorlardı. Newton’un tam tersini düşünmesine karşın, Newtoncular, çekim kuramının son açıklama olduğunu, onun üzerinde başka bir açıklamanın olası olmadığını savunuyorlardı.

İnsanlık, doğanın temel bir düzeyde basit ve kararlı olduğu “saplantısına” Bohr’un *atomun gezegen modeli* ve Einstein’ın *Birleşik Alan Kuramı* bağlamlarında da kapılmıştı. Zaman geçtikçe evrensel yasaların yalnızca *kararlı* dizgelerde geçerli olduğunu, diğer yandan evrenin büyük bir bölümünde evrimin, *kararsızlıkların*, basitlik yerine karmaşıklığın ve çok çeşitliliğin süregeldiğinin ayırdına vardık. Ayrıca, temel doğa yasaları dediğimiz *şeyler* gerçekten temel mi? Zamanın ilerlemesiyle Tanrı’nın yerine Doğa, ilahi yasalar yerine doğa yasaları geçmedi mi?

1927 yılında Solvay Konferansında Einstein ile Bohr arasında geçen o sıcak tartışmaların özünde Kuantum kuramı kapalı mı açık mı? daha derin bir düzeyde temel bir yasa arayalım mı aramayalım mı? seçeneklerinin savaşımı yatıyordu. Havada uçuşan kilit sözcükler “*complete*” ve “*incomplete*” idi. Bu sözcüklerin sözlük anlamlarını vermek yerine olayın özünü yansıtmaya

çalışmanın daha önemli olduğunu sanıyorum. Solvay’de geçen tartışmanın özünde *temel kuram ve yasalar bulma saplantısı, yani son bilgi saplantısı yatıyordu*. Bu çaba *mutlak olanı bulma çabasıydı*.

“Klasik fizik, Genel Görelilik ve Kuantum kuramlarının ortak yanı, buldukları ‘*zaman*’sız yasalardır. Newton yasaları, Genel Görelilik yasaları ve Kuantum yasaları *statiktir*, zaman değişiminden bağımsızdır. Bu kuramlarda zaman, parçacığın yörüngesi üzerindeki bir noktanın uzay konsayılarını (koordinatlarını) bulmada kullanılan bir parametredir. Dengeyi, ‘*zaman*’sızlığı ve düzeni çok ama çok seviyoruz! **Karmaşayı sevmiyoruz; oysa karmaşadan da düzen doğabiliyor.**

“Değişikliklerin, dönüşümlerin süregeldiği süreçlerin ardında gizlenmiş olan ilahi veya doğal yasaları arama isteğimizin kökenleri *Lucretius* ve onun hocaları olan *Democritus* ve *Epicurus*’e dek uzanır. Bu araştırmanın amacı, kuşkusuz, insanlığı doğa süreçleri karşısındaki anlamsız korkularından arındırmak, taptığı tanrıların sayısını azaltmaktır. Ancak programın sonuçları hiç de öngörüldüğü gibi olmadı: doğa bir robot, otomatik bir makine gibi algılandı. Bu, bir yandan doğanın aşağılanması diğer yandan da insanın doğaya yabancılaşması anlamına geliyordu.

“Günümüzde termodinamik, moleküler biyoloji ve kimya alanlarında başlayıp bilimin diğer dallarına hızla yayılan bilimsel devrim, insana ve doğaya ilişkin bilgiler arasında bir uyum sağlamaya başlamıştır. Bu uyumun ana ölçeti (kriteri) deneydir. Deneyler, insanın doğayla yeni ve özgün türden bir iletişim sağlamasına yardımcı olur. Doğa, insanın deneysel sorgulamasına yanıt vermektedir. Özellikle evrenbilim, kuramsal fizik, parçacık fiziği gibi alanlarda doğaya ‘dar ceketler’ giydirmeye, söylemek istediğimiz şeyleri doğaya söyletme çabaları sürmektedir. Bilimsel çalışmaların ‘monolog’ olmadığı unutulmuş görünüyor!

“Termodinamiğin yeniden kavramsallaştırılması, moleküler dirimbilimdeki ve kimyadaki son gelişmeler, klasik fiziğin düşünce dokumuza işlediği, “...*belli bir düzeyde evren basit ve tersinir temel yasalarla çalışmaktadır*” düşüncesine kökten karşı çıkmakta ve bu görüşün kaba bir basitleştirme olduğunu savunmaktadır. *Parmenides*’den başlayıp *Spinoza* ve *Einstein*’a dek uzanan dönemde belli bir felsefenin savunduğu görüş, zamanı, bir ‘yanılsama’ (illusion) olarak sunmakta, bilimsel usamlamanın yalnızca ölümsüz temel yasalarca anlatılabileceğine inanmaktadır. Evrenin genişlemesi (bu görüşe karşı ciddi bir karşı duruşumun olmasına karşın, *durağan, determinist* felsefeyi zayıflatma çabasında kullanabilirim – ERP), temel parçacıklardan çoğunun *kararsız* oluşu ve öz örgütlenmenin temelinde tersinemez süreçlerin yatıyor olmasının bulunması

yeni bilimsel devrimin eskisi üzerindeki etkisini onaylıyor. ‘Ya A... ya B’ biçiminde seçme alışkanlığımız bizi, *özgün* olanla *evrensel* olan; *soyut* ile *somut*; *durmaksızın devinen* ile *durgun*; *iç* ile *dış*; *nicelik* ile *nitelik*; *kültüre bağımlı ilkeler* ile “*zaman*”sız *ilkeler* arasında bir seçim yapmaya zorladı. Bilimin insani değerlerden kopuşunun temelinde bu seçme zorunluluğu yatıyor. Fourier’nin formüle ettiği ısı yayılması, klasik dinamikte, değil sözünü etmek, düşünülmesi bile olası olmayan tersinemez süreçleri gündeme getirdi. Fourier, “*ısı akısı sıcaklık gradyentiyle orantılıdır*” biçiminde son derece basit bir yasayı duyuruyordu. Daha sonra, tersinir süreçlerle tersinemez süreçleri ayırmak amacıyla ‘*entropi*’ kavramı geliştirildi. Ancak seçme alışkanlığımız var ya! Tersinemez süreçleri, ‘dert kaynağı, tedirginlik ve üzerinde çalışmaya değmez’ konular olarak niteledik. Oysa ki aynı dönemde, yani devrimler yüzyılı olarak anılan 19. yüzyılda, dirimbilim, yerbilim ve toplumbilimde tersinemez süreçlere tanık oluyorduk.

“Fourier yasası evrensel bir özelliğe sahipti, ancak ısı iletkenliğini, Newton yasalarında tanımını bulan dinamik etkileşimlere başvurmaksızın açıklayabiliyordu. Yeni bir bilim dalı doğmuştu. *Pozitivist* August Comte, bilimi, sınıflara ayırdı. İki evrensel yasa olan ısı ve çekim yasaları, birbirinin zıttı yasalar olarak tanımlandı: *çekim*, kendisine ‘*uslu*’ bir biçimde başeğen eylemsiz kütle üzerine etkide bulunur. Kütle bu etkiyi, yalnızca kazandığı devinim biçiminde duyumsar. *Isı* ise özdeği dönüştürür, özdekdeki erke durumlarının değişikliğini saptar ve özdeğin özünde değişikliklere neden olur. Bu bulgu, bir ölçüde “Newton’un uykusuna” düşmek istemeyen kimyacıların haklılığını gösteriyordu. Fourier’nin ısı yasası, özdeğin uzay zaman içindeki eylemsiz devinimiyle, kendine özgü etkinliği arasındaki ayrımı ön plana çıkarıyordu. Bu ayrım, bilimleri sınıflandırmada bir ölçek olarak kullanıldı. *Pozitivist* Comte, tüm bilimleri, *denge* adını verdiği ortak bir düzen altında sınıfladı: çekim kuvvetleri arasındaki *mekanik* dengenin yanı sıra *ısısal* denge kavramı sunuldu.

“Termodinamik bağlamda ortaya çıkan ısı yayılması yasası ve pozitivist düşüncenin geliştirdiği *ısısal denge* kavramı, evrenbilimde spekülasyon enflasyonu yarattı! Termodinamiğin II. yasasının her ölçeklerde geçerli olduğu varsayımı, *evrenin geçmişte fiziksel olarak olası olmayan bir durumda* bulunacağı ve kaçınılmaz olarak gizli, doğüstü güçlerin müdahalesi gerekliliğini dayattı. II. yasanın babası olan Clausius, evrenin *ısı ölümüne* gitmekte olduğunu savundu. Evrenin, sonsuz öklid uzayını dolduran gök cisimlerinden oluştuğu, yerel düzensizlikleri, genişleme veya çökmeyi dikkate almazsak, sabit bir oylum (hacim) ve sabit iç erkeye sahip bir dizge olarak düşünülebileceği sanıldı. Sabit oylum ve iç erkeye sahip bir dizgedeki tersinemez süreçler dizgeyi kaçınılmaz olarak ‘ısı ölümüne’ götürecekti. Denge durumuna erişen evren sonsuza dek bu

durumda kalacaktı. Termodinamik denge tanımına göre, basınç ve sıcaklık dizgenin her noktasında aynıdır. Bu durum çekirdek tepkimelerinin sonu demektir. Bu *durumda* canlı organizmalar da olmayacaktır. Evrenin, organik yaşamı destekleyemeyeceği anlamına gelen bu *durum*, Clausius'un ünlü 'ısı ölümü'dür.

“Sorun salt termodinamik veya evrenbilim bağlamında kalsaydı fırtınalar kopmayabilirdi. Fırtınalar koptu! Çünkü sorun, insan bilinci, insan ruhu gibisinden ‘nazik’ konulara da sıçradı. Ruhun ancak özdekle birlikte varolacağı doktrinine inananlar için ‘ısı ölümü’ bilinçli gerçeğin de sonsuza dek ortadan kalkacağı anlamına geliyordu. Bu sonuç, bilincin yalnızca canlı organizmalarda ortaya çıktığını savunan görüş için de olumsuzluk yaratıyordu”. Yukarıda sözünü ettiğimiz prizmatik takozlarla silindirik delikleri anımsatarak çok önemli olduğunu düşündüğüm entropi kavramı ve kimlere neler söylediğine değinmek istiyorum.

Boltzmann, bu “çıkamazdan” kurtulabilmek için bir öneride bulundu: “*istatistiksel mekaniğe göre, termodinamik denge gibisinden son durumda bile çalkantılar (fluctuations) oluşabilir. Eğer bu çalkantılar yeterince büyük genlikli ve yeterince geniş bir zaman aralığı ve uzay bölgesine yayılmış olarak ortaya çıkarsa, organik yaşam için koşullar yeniden yaratılabilir*”. Boltzmann'ın çalkantı savının geçerli olmadığı Von Weizsacker (1939), Bronstein ve Landau (1933) ve Büchel (1960) tarafından gösterildi. Bu gelişmeler, *occultistler* için ‘verimli topraklar’ yarattı; evrenin *fiziksel olarak imkansız durumu* olan Büyük Patlama anında devreye gizli, doğaüstü güçlerini sokabilirlerdi. Herman Zanstra, “...mikro fizik ve mikromekanik yasalar zamana yeğlenmiş bir yön biçmezler; diğer bir deyişle, bu yasalar (parçacık devrim eşitliği, Maxwell eşitlikleri, kuantum dalga mekaniği eşitlikleri) $dt = - dt$ dönüşümü sonucunda değişmezler. Ancak biz bu güçlüğün üstesinden gelebiliyoruz; çünkü, evrenin başlangıcında erke yönünden zengin, gizli bir müdahalenin olduğunu varsayıyoruz”. (Vistas in Astronomy, Vol. 10, s.34, Pergamon Press, Oxford, 1968). Zanstra, Amsterdam Üniversitesinde *emeritus* Astronomi Profesörüyken adı geçen kaynağa iki ilginç yazı veriyor. Birinin başlığı: “*Is Religion Refuted by Physics or Astronomy?*” Sorunun yanıtını yazının özetinde şöyle veriyor: “*Galileo zamanında din, gökbilime karşı düşmanca bir tavır içindeydi çünkü onu tehlike olarak görüyordu. Çağdaş gökbilim ve Genel Görelilik din yararına güçlü savlar ve hatta görünmeyen dünyaların varlığına ilişkin inandırıcı savlar sunmaktadır*”. Zanstra, birinci yazısındaki *occultist* görüşlerini, “*Thermodynamics, Statistical Mechanics and the Universe*” adlı ikinci yazısına taşıyor: “*Termodinamik bulgular bizi fiziksel olarak olası olmayan sonuçlara götürür. Olası olmayan bu sonuçları, ancak, herhangi bir organizmayla ilişkisi olmayan ruhların, fiziksel olmayan*

müdahaleleriyle ortadan kaldırılabılıriz". Aynı yazının sonuç bölümündeysse, "Termodinamiğin işaret ettiği zaman yönünde, büyük Liderlerin veya tek bir büyük Liderin imzası bulunmaktadır. Evreni başlatan bu Lider, zamanı soldan sağa doğru yazdı. Herhangi bir fani yaratık için ters yönde yazmak ne olasıdır ne de böyle bir çabaya girmesini salık veririz".

Clausius, Boltzmann veya Zanztra gibi düşünürsek, yani "evrenin kaçınılmaz olarak ısı ölümüne gittiği"ni onarsak, zaman oku, evrenin en olası durumuna doğru yön kazanır. Bu saptamanın altında gizli bir varsayım yatmaktadır: evrenin hemen hemen denge durumunda olduğu varsayımı! Bu varsayım ne fiziksel ne de felsefi anlamda haklı gösterilebilir. Eğer erke saçıcı yapıları dikkate alırsak (ki bu tür yapıların evrendeki tüm yapıların %99 unu oluşturduğunu rahatlıkla savunabiliriz) zaman okunun yönü karmaşadan düzene doğru dönecektir. Bugün, zamanın gerçek yönünün öz örgütlenmeye doğru olduğunu kanıtlayan birçok çalışma programı vardır. Fiziğin "zaman"sızlığının sağaltımını (tedavisini) yapmaya yönelik çalışmalardan biri Einstein ile gelmişti. Einstein'ın yerel zamanı bu yönde atılmış bir adımdı. Ancak yerel zaman tersinir olma özelliğini taşıyordu. Bunun yanı sıra, ışık hızının boşlukta sabit ve en büyük hız olduğu hipotezi zamanı uzaysallaştırıyor, fiziği ve evreni statikleştiriyor, Parmenides ve Spinoza'yı hortlatıyor, değişikliği bir yanılsama olarak görüyordu. Gerçek yaşamdaysa tersi olur, uzay zamansal boyutlar kazanır. 1966 yılında ilk kez gördüğüm güzelim İstanbul ile, son kez 1995'de gördüğüm çarpık metropol aynı şeyler değil!

Bugün bilimde gözlenen bu yeni gelişmelerin "gecikmişlik" nedenini İlya Prigogine ve Isabelle Stengers, "Order Out of Chaos" adlı kitaplarında şöyle dile getiriyorlar: "Zamanın yeniden keşfinin kökleri hem bilimin kendi tarihinde hem de bilimin bugünkü toplumsal yerinde yatmaktadır...titreşen kimyasal tepkimeler gibisinden birçok sonuçların bulgusu yıllar önce de yapılabilirdi. Ancak, denge durumunda olmayan bu dizgeler üzerine yapılan çalışmalar, o yılların kültürel ve ideolojik bağlamında engellendi". Bugün benzer bir engelleme, Halton C. Arp'ın kuazarlar üzerine yaptığı çalışmalarda gözleniyor. Kuazarların sanıldığı gibi çok uzak cisimler olmadığı ve sergiledikleri kırmızıya kaymanın kozmolojik (uzayın genişlemesinden kaynaklanan kayma) olmadığını gösteren Arp'ın elinden, Palomar Gözlemevinde sahip olduğu gözlem zamanı alınmış, çalışmaları "istatistiksel olarak zayıf" olarak nitelendirilmiş ve Büyük Patlama'ya açtığı onmaz yaralar gözlerden kaçırılmaya çalışılmıştır. Çağın bağnazlığı kendini, kuşkusuz, bilim alanında da gösterecektir. Prigogine'e geri dönüyorum.

YENİ BİLİM

“Nature and Nature’s laws lay hid in night:
God said, let Newton be! and all was light”

Alexander Pope

“Doğa ve doğa yasaları gecenin karanlığına gizlenmişti. Bunun üzerine Tanrı, Newton’u yaratalım dedi!... Ve Newton’la birlikte herşey aydınlığa kavuştu” (ERP)

“Alexander Pope, kendisine ait olan yukarıdaki dizelerin, 1727 yılında ölen Newton’un mezar taşına yazılmasını önermişti. Newton, Pope ve birçok kişinin gözünde bir çeşit peygamberdi; bir dizi yasayı gün ışığına çıkarmış, insanlığı aydınlığa kavuşturmuştu. 19. yüzyılın şafağı söküyor ve gündoğumundan Newton yükseliyordu. Sergilediği doğa yasalarının yüceliğinin yanısıra başkalarına söyledikleri de devasa boyutlara çıkıyordu. Kullandığı bilimsel yöntemi yorumlayanlar birbirleriyle çelişkili sonuçlara ulaşıyordu. Kimine göre bu yöntem, anlatımını matematikte bulan nicel deney yöntemi idi. Bu yorumu yapanlar, kimyasal tepkimelerde *denge* kavramını dizgeli (sistemli) bir biçimde kullanan Lavoisier’i de kimyanın Newton’u olarak görüyordu. Bir başka gruba göreyse Newton, özgün bir gerçeği diğerlerinden yalıtıyor ve bu gerçeği temel alarak diğer olayların tümdengelimsel çıkarımını yapıyordu. Bu açıdan bakıldığında Newton’un dehası, O’nun pragmatizminde yatıyordu. Newton, *çekim* denen ‘şeyi’ açıklama çabasına girmede; *çekimi* bir gerçek olarak aldı, yasalarını bu gerçek üzerine oturttu. Burada elde edilen başarı üzerine yöntembilimciler, diğer çalışma alanlarında da benzer bir yöntemin onanmasını önerdiler. Newton’un bu otoriter yöntemi tıp alanına sıçradı. “Yaşam kuvveti” (*vital force*) kavramı yeniden canlandırıldı. Bu kuvvetin bir gerçek olduğu onanacak ve organik yaşama, dizgeli, tutarlı bir açıklama getirilmeye çalışılacaktı. Kimya dalındaysa, özgün bir kimyasal etkileşim kuvveti olduğu sanılan “*affinity*” gündeme geldi. *Affinity* kavramı, bazı kimyasal elementlerin bir başka grup elementle birleşme *eğiliminde* olduğu inancını yansıtıyordu.

“Bu arada bazı “gerçek Newtoncular” (Bu grup Newton’un kendisini de içeriyordu) bilim dallarının hemen hemen hepsinde ortaya çıkan kuvvetler çeşitlemesine karşı çıkıyor, vurgunun *kuvvetlerden* çok yasanın evrenselliğine ve açıklayıcı gücüne yöneltmesini savunuyorlardı. Ancak iş işten geçmişti. Bilim alanında her şey, ama her şey “Newtoncu” kavramlar cinsinden açıklanmaya çalışılıyordu. İş burada da kalmamış, doğal düzenin yanısıra, tinsel (moral), toplumsal ve politik düzen de *denge* cinsinden açıklanabiliyordu. *Pozitivistler* için Newtonculuk, yöntemin başarısı; “ortodoks” fizikçiler için matematiğin yönettiği mekanik dünya görüşü, romantik filozoflar içinse, doğal kuvvetlerin etkisi ve en

güzel valslerin eşliğinde dans eden bir evren modeliydi. Kısacası, Newtoncu evren görüşünün baskın olduğu çağ, klasik bilimin *altın çağıydı*.

“Ancak bugün bu altın çağ sona ermiştir; onunla birlikte, doğayla olan iletişimize iyi bir temel oluşturduğuna inandığımız Newtoncu sağduyu da sona ermiştir. Newtoncu evren görüşü sona ermiş olmasına karşın, bilimin önüne açtığı araştırma alanları açısından ele alındığında, bu görüşün etkisinin sürdüğüne, ancak yine de yeni bir bilim ve doğa anlayışının tarih sahnesine çıkışını engelleyemediğine inanmaktayım.

“Bu arada özel olarak Newtoncu sağduyuya ve genel olarak bilime karşı eleştiriler yöneltilmektedir. *Martin Heidegger, Arthur Koestler ve Alexander Koyre*, bu eleştirilerin son yıllardaki önde gelen isimleridir. Adı geçen eleştirmenlerin görüşlerine bu bağlamda değinmeyeceğiz. Ancak bugün, bilimin gerçekçi olduğunu savunan kesimle, bilimin usa gelebilecek her şeyi üretebileceğini savunan kesimler arasında çok duyarlı bir denge bulunmaktadır. Günümüzde denge, *mistisizmin* canlandırılmasından yana bozulmaktadır; ister *medyayı* isterse bilim alanının kendisini alın, *mistisizmin* özellikle evrenbilimciler arasında canlandığına tanık olacaksınız. Bazı fizikçi ve popüler bilim yazarları (örneğin Paul Davies) *parapisikoloji* ile kuantum fiziği arasında gizemli bir ilişkinin olduğuna işaret etmektedirler”. Burada devreye giriyorum!

Mayalanmakta olan *yeni bilim*, özellikle parçacık fiziği ve evrenbilimde ortaya çıkan ve mantıktan çok büyü alanına daha yakın olan nesnelerle (*Macholar, WIMPlar, sicimler, baryonik olmayan karanlık özdek türleri, Higgs alanları, vb*) uğraşmıyor. Yeni bilim *varlıklardan* çok *süreçlerle* ilgileniyor. İlyas Prigogine’in tanımlamasıyla, “Yeni bilimin temel çabaları, kuramla uygulamanın; evreni şekillendirme isteğiyle evreni anlama isteğinin birlikteliğini sağlamaktır. Bunun gerçekleşebilmesi için, deney ve gözlemcilerin inancının tersine yalnızca gözlenen gerçeklere bakmak yeterli değildir. Unutulmamalıdır ki, birçok alanda, örneğin mekanik devrimin tanımında, deneysel gerçeklerle en rahat ilişki kurabilen düşünce biçimi Aristo fiziğiydi! Yeni bilim, doğayla deneysel temelde bir iletişim yolu bulmuştur. Bu iletişimde edilgen gözlemler yerine etkin deneyler vardır. Yapılması gereken şey, fiziksel gerçeği beceriyle ele alıp incelemek, kuramsal tanımımıza olabildiğince yakın düşünceye dek gözlemektir”

“Klasik bilim çağının hemen hemen her aşamasında gözlenen *bilimsel uygulama - metafizik inanç* eşleşmesinin yeni bilime bulaşmaması için üstün bir çaba harcanmaktadır. Laplace veya Maxwell’in *demon*’u, ya da Einstein’ın *tanrısı* gibisinden sonsuz bilgiye sahip “varlıklar” bilim alanından dışlanıyor. *Demon* veya *Tanrı* klasik çağda bilimsel usa vurma sürecinde önemli rol oynadı. Bu

“varlıklar”, o dönemin fizikçilerinin, ekstrapolasyonlarını nereye dek uzatabileceklerinin bir göstergesi olarak karşımıza çıktı. Yeni bilim, doğanın bilimsel betimlemesiyle doğanın sorgulanmasında kullanılan etkinlikleri birbirinden ayrı tutmadığı için *Demon* veya *Tanrı* gibisinden “varlıklara” gereksinim duymadığını savunuyor.

İlya Prigogine’e göre, “Klasik bilimin, edilgen evrene ilişkin *mitolojik* açıklamaları geçmişte kalmıştır; bu bilimin ölümü, filozofların eleştirisi veya deneysel – gözlemsel bilimcilerin çabalarından vazgeçmeleri sonucunda değil, bilimin iç gelişmesi sonucunda olmuştur”.

MEKANİK DÜNYA GÖRÜŞÜ

“Galileo, Newton ve onları izleyen bilim insanlarının çalışmalarından *mekanik* bilimi doğmuştur. Galileo, dikkatini ivmeli devinime yoğunlaştırmış, tekdüze devinim ve durgun durumun nedenlerinin araştırılmasının gereksiz olduğunu düşünmüştü. O’nun için önemli olan sorun, hızdaki değişiklik, devinimden durgun duruma, durgun durumdan devinime olan geçiştir. Newton’un devinim yasaları da, Kepler yasaları ile diferansiyel eşitliklerin sentezi olarak yorumlanabilir. Newton, *konum*, *hız* ve *ivme* gibi kavramları, matematikçilerin sunduğu *sonsuz küçük nicelikler* kavramıyla bir limit sorunu olarak çözdü. Bir dinamik sorunu, anlatımını bir dizi ‘diferansiyel’ eşitlikler yardımıyla bulur.

“Diferansiyel eşitlikler dinamik problemini belirlerken, bu eşitliklerin integrali de dinamik problemin çözümünü belirler. Çözüm, zamanın bir işlevi olarak parçacık konumlarını, yani *yörüngeyi* verir. Yörüngeler de, dinamik dizgenin tam bir tanımına götürür. Bu tanım iki öğeye, *konum* ve *hıza* gönderi yapar. *Konum* ve *hız* belli bir andaki değerlerdir. Bu ana *ilk an* denir. Devinim eşitliği, dizgeye dinamizm kazandıran kuvvetlerle, bu kuvvetlerin etkisi altında ivmelenen dizgenin ivmesi arasındaki ilişkiyi verir. *İlk andan* başlayarak integrali alınan eşitlikler, dizgeyi oluşturan bileşenlerin yörüngelerini belirler.

“Newton dinamiğinin utkusu, kütleye sahip iki cisim arasındaki etkileşimin, *çekim* adı verilen bir kuvvetle gerçekleştiğine işaret etmesinde yatar. Ancak, herhangi iki kütle, evrendeki diğer kütlelerin etkisinden bağışık kalamayacağından, iki cisim sorununun çözümü *tam* değil, *yaklaşiktir*.

“Yaklaşık çözümün ürünü olan yörüngelerin temel özellikleri, *yasalara uygunluk*, *belirlenebilirlik* (determinizm) ve *tersinirliktir*. Bileşen parçacıkların yörüngelerini belirlemek için, devinim yasalarının yanısıra, dizgenin herhangi bir andaki *durumunun* da deneysel olarak belirlenmesi gerekir. Bu *ilk durumdan* yola

çıkan genel yasamız, zaman ilerledikçe, dizgemizin geçireceği durumları belirler. Tıpkı mantıksal bir önermede *öncülden* (premises) yola çıkarak bir *sonuca* vardığımız gibi. Dizgeye etki eden kuvvetleri ve dizgenin herhangi bir durumunu biliyorsak, dizgenin *geçmişini* ve *geleceğini* tamamen biliyoruz demektir. Dinamik açıdan tüm durumlar birbirine denktir: herbir durum diğer durumların ve bu durumları birbirine bağlayan yörüngenin hesaplanmasına izin verir. Böylece dizgenin herşeyini biliyoruz demektir. Ancak...elde ettiğimiz bir tarihçenin yanısıra olası sonsuz tarihçe daha vardır. Eğer dinamik bir dizgeyi denetleme gücümüz varsa, dizgenin *ilk durumunu* doğrulukla bilme olanağımız vardır. Bu açıdan baktığımızda, dinamik yasaların *genelliğiyle*, ilk koşulların *seçime bağlı olması* birbiriyle uyushmaktadır.

“*Tersinirlik* kavramına gelince; dinamik dizgeyi tanımlayan devinim eşitliklerinin yapısı, dizgeyi oluşturan tüm bileşen noktaların hız vektörlerini tam ters yöne çevirdiğimizde dizgenin ‘zamanda geri gideceğini’ öngörür. Dinamikte, $t \rightarrow -t$ ve $v \rightarrow -v$ dönüşümleri matematiksel olarak denktir.

“Newton, tersinirliği sağlayan koşulun ‘esnek’ çarpışma, yani momentumun korunduğu çarpışma olduğunun ayırdındaydı. Newton mekaniğinde doğa, esnek çarpışmaların süregeldiği bir ortam olarak düşünmişti. Bu görüş, *atomcu* felsefeye uymuyordu. Bu felsefede insan özgürdü; doğal ya da ilahi bir düzenden gelecek ödöl veya ceza yoktu; evren tanrısız ve yasasızdı. Kaotik, kural tanımayan ve stokastik evren, Newton yasalarında sakın ve öngörülebilir bir evrene dönüşmüştü. d’Alambert, Clairaut ve Lagrange gibi fizikçi ve matematikçiler, Newton yasalarına uzun süre direndiler. 1747 yılında Euler, Clairaut ve d’Alambert, Newton’un yanlış olduğu sonucuna vardılar.

“Bu ilk karşı çıkışlardan sonra, kuantum mekaniğinin karşı çıkışı geldi. Atom ve atomaltı boyutlarda Klasik fizik ‘yetersiz’ kalıyordu. Bugün evren boyutlarına çıktığımızda klasik fiziğin yerini relativistik fizik alıyor. Newton zamanından günümüze dek geçen süre içinde klasik fizik önemli değişikliklere uğradı. Bu değişiklikleri iki dönemde toplayabiliriz. Birinci dönem, *kavramları açıklığa kavuşturma ve genelleme* dönemidir. İçinde yaşadığımız ikinci dönemse, *ilk koşullar, yörüngeler* gibisinden temel kavramların yeniden ele alınıp düzeltildiği dönemdir.

“Bugün *Hamilton işlevi* olarak anılan bir işlevle dinamik bir dizgenin tüm özellikleri özetlenebilir. *Tüm* diyoruz, çünkü, dinamikte bir dizge değişik bakış açılarına bağlı olarak değişik biçimlerde incelenebilir. *Değişken dönüşümü* denilen değişikliklerle bir bakış açısından diğerine geçebiliriz. Ancak hangi bakış

açısından bakarsak bakalım, dinamiğin tanımladığı dizge *statiktir*, yani dizgenin zaman değişimi yoktur!

“*Hamilton işlevi*, $H(q, p)$, dizgenin *kinetik* ve *gizilgüç* (potansiyel) erkeleri toplamıdır. Burada q konumu, p de momentumu simgeler. Dizgeye ilişkin deneysel bilgilerimiz, dizgenin dinamiğini tek başına tamamen tanımlayabilecek *Hamilton işlevi* biçimine indirgenmiştir. *Hamilton* formülasyonu bilim tarihinin en büyük başarılarından biridir. Bu işlev elektromanyetik kuramda ve kuantum kuramında da yaygın olarak kullanılmaktadır; ancak, kuantum kuramında H bir işlev değil *işlemcidir* (*operator*). Klasik mekaniğe dönecek olursak, *Hamilton işlevinin* türevleri yardımıyla dizgenin konum ve momentumunun zaman değişimi elde edilebilir. *Kanonik eşitlikler* adı verilen bu eşitlikler dizgenin dinamik değişimindeki genel özellikleri içerir. Burada, doğanın matematikleştirilmesi çabasının utkusu yatmaktadır. Kanonik eşitlikler *tersinir* özelliğe sahiptir: $t \rightarrow -t$ dönüşümü, matematiksel olarak $v \rightarrow -v$ dönüşümüne denktir.

“ q ve p kanonik değişkenlerini yalnızca momentuma bağlı olacak biçimde seçersek, *Hamilton işlevi*, dizgenin kinetik erkesini tanımlayan eşitliğe indirgenmiş olur. Bu durumda momentum, *devinim sabiti* olur; tıpkı ‘özgür parçacık’ durumunda olduğu gibi. Dikkat edilirse, *normal dizgeden özgür parçacığa* geçerken, etkileşimi ‘ortadan kaldırdık’! Böylesi bir değişikliğin olası olduğu dizgelere, ‘*bütünleştirilebilir dizgeler*’ (*integrable systems*) denir. Bu tür dizgelere bu bağlamda kısaca *bd* diyeceğiz. *bd*, birimlerden oluşan, herbiri kendi yalnızlığında değişen, diğer birimlerle etkileşime girmeyen bir küme olarak temsil edilebilir.

“Burada, doğanın *statik* bir çerçeveye sokulma çabasına tanık oluyoruz! Dizgenin dinamiği sorunsalını inceleyen denklemlerimizdeki değişkenleri ‘uygun’ bir biçimde dönüştürerek, bileşenler arasındaki etkileşimi tamamen ortadan kaldırıyoruz. Özgür parçacıklara indirgenebilir olan *bd* in, dinamik dizgelerin en basiti olduğuna inanıldı. Daha sonra, bir dizi fizikçi ve matematikçi, bileşenler arasındaki *etkileşimi* ortadan kaldıracak olan uygun değişken arama programına girdi. Üzerinde en çok çaba harcanan sorun da ‘üç cisim sorunu’ idi. Hem Yer hem de Güneş’ten etkilenen Ay’ın devinimi, ‘üç cisim sorununa’ tipik bir örnektir. Bu üç bileşenden oluşan dizgeyi bir *bd* ye indirgeme çabaları sayısız kez yinelendi ancak olumlu bir sonuç elde edilemedi. 19. yüzyılın sonlarına doğru, Bruns ve Poincare ‘üç cisim sorununun’ çözümünün olmadığını gösterdiler. Bu bulgu, dinamik dizgelerin *izomorfik* olmadığını gösterir. İlk ileri sürüldüğünde bu bulgunun işaret ettiği gerçekler yeterince anlaşılamadı. Aslında Bruns ve Poincare’in bulgusu, dinamik dizgelerin *bd* e indirgenebileceği inancının ölümü

anlamına geliyordu. Evrim geçiren, çok yönlü etkileşimlere giren doğa, kendisinin evrenselleştirilmesine, *zaman*’sızlaştırılmasına direniyordu.

“ENDÜSTRİ ÇAĞI” BİLİMİ

“Endüstri Çağı ısı makinesi üzerine kuruldu. Yanma ısı üretir; ısı oylumun büyümesine neden olur, sonuçta iş üretilir. Kısacası ateş, yeni türden bir makinenin, buhar makinesinin ortaya çıkmasına neden oldu. İngiltere’de geliştirilen buhar makinesi tüm dünyaya hızla yayıldı. Isının mekanik etkileri üzerine yoğunlaşan bilim, termodinamiğin doğuşunu muştuladı. Yeni bilim alanının ilgi odağı, ısıнын doğası değil, ısıнын mekanik erke üretme olasılıklarıydı.

“1811 yılında Baron Jean-Joseph Fourier, *ısı akısının sıcaklık gradyentiyle orantılı olduğunu* duyurdu. Ancak ‘tuhaf’ olan bir şey vardı! Fourier’nin evrensel doğaya sahip yasası, Newton yasalarında tanımını bulan dinamik etkileşimleri hiç kullanmıyordu! Bu gelişme, yeni bir bilim dalının doğuşunu muştuluyordu. Fourier, ısı yasasını formüle ettiğı sıralarda Avrupa bilimi, Laplace’ın programının etkisi altındaydı. Dinamik etkileşimlerden bağımsız olduğunu duyuran ısı yasası, Laplace, Lagrange ve yandaşlarının tepkisini topladı. Laplace’ın programı, utkusunun doruk noktasındayken ilk darbeyi yemiş, gerilemek zorunda kalmıştı.

“Daha önce de değindiğimiz gibi, Fourier’nin ısı yasası, Laplace’ın düşünün gerçekleşmesini engellemiş ama *pozitivist* görüşe yeni bir sınıflama olanağı sunmuştu. August Comte, ısı ve çekim yasalarının, fizikte birlikte varolan ve uzlaşmaz çelişkili iki evrensel yasa olduğunu duyuruyordu. Mekanik dengenin yanına bir de ısı dengesi ekleniyordu.

“Laplace programının başarısızlığı, bilgi alanlarının birleştirilme çabasını İngiltere’de sekteye uğratmıyor ancak *tersinemez* süreçlere olan ilgiyi arttırıyordu. Önce mühendislik alanında *ısı saçılması* gündeme geldi. Bunun üzerine, *ısı iletkenliği*, tersinemez süreçlerin doğasını araştıran bilimin başlangıç noktasını oluşturdu. Dizgeyi tanımlayan parametreler dinamikte *konum* ve *momentum*, Termodinamikte de, *sıcaklık*, *basınç*, *kimyasal bileşim* ve *oylumdur*. Termodinamik bu parametreler arasındaki ilişkiyi kuran bilim dalıdır. Ancak bu alan dinamiğin tersine ‘müdahaleci’ bir alandı. Dinamiğin amacı, dizgeyi oluşturan parçacıklar arasındaki etkileşimin dizgeye sunacağı değişiklikleri öngörmektir. Termodinamiğin amacıysa, dizgenin, kendisine dışarıdan dayatılan değişikliklere nasıl tepki göstereceğini öngörmektir. Dizgenin oylum veya basıncını sabit tutup, bir piston yardımıyla *mekanik* etkiye açık bırakıp tepkisini ölçebiliriz. Dizgeye ısı aktararak veya dizgeden ısı kopararak *ısısal* etkilere olan

tepkisi ölçülebilir. Benzer şekilde, dizgeye dışarıdan kimyasal tepkime ürünü sunulur ve dizgenin bu ürünlere olan *kimyasal* tepkisi gözlenebilir.

“Endüstri çağının temelini oluşturan buhar makinesi, yalnızca devinimi ileten edilgen bir aygıt değildi. Makine devinim *üretiyordu*. Devinimin yanısıra önemli sorunsallar da *üretiyordu*. Dizgenin devinim üretme yeteneğinin sürebilmesi için, başlangıç noktasına dönmesi gerekiyordu. Dizgede, devinimi üreten değişikliği tersine çevirecek ikinci bir sürece gerek vardı. Buhar makinesinde ortaya çıkan bu ikinci süreç, dizgenin ilk *sıcaklık, basınç ve oylumunu* geri getirecek olan *soğuma* sürecidir. Fiziğe *tersinemezlik* kavramı tam bu noktadan girmiştir.

“Dinamik yasalar ve ısı iletkenliği yasalarının yanısıra, erkenin *korunumu ve dönüşümü* ilkeleri de kültür dokumuzda önemli yer tutar. Erkenin korunumu ve dönüşümü ilkeleri, 19. yüzyılın başlarında mayalanmaya başlayan deneysel çalışmalar sonunda ortaya çıkmıştır. Galvani’den önce yalnızca statik elektrik yükler biliniyordu. Elektrik akımını deneysel olarak gerçekleştiren ilk kişi Galvani’dir. Daha sonra Volta, Galvani deneyinde kurbağanın gösterdiği ‘galvanik’ büzülmelerin kaynağının, kurbağanın vücudundan geçen elektrik akımı olduğuna işaret etti. 1800 yılında Volta, kimyasal pil yapmayı başardı. Böylece, kimyasal tepkimelerin elektrik üretebileceği kanıtlandı. Daha sonra *elektroliz* geldi: elektrik akımının kimyasal bağları yeniden düzenleyebileceği ve kimyasal tepkimeler üretebileceği gösterildi. Ancak bu akım ısı ve ışık da üretebiliyordu. 1820 yılında Oersted, elektrik akımlarının manyetik etkiler de doğurabileceğini, 1822 yılında Seebeck, ısıнын elektrik üretebileceğini gösterdi. 1834 yılındaysa, elektrik akımları yardımıyla özdeğin soğutulabileceği gösterildi. 1831 yılında Faraday, manyetik etkiler yardımıyla elektrik üretti. 19. yüzyılın ilk yarısında daha bir dizi yeni etkiler bulunmuş ve bilimsel çevrenimiz (ufkumuz) benzeri görülmedik bir hızla genişlemişti.

“Bu yenilikler içinde en önemlisi, 1847 yılında Joule’ın çalışmalarından gelmişti: kimya, elktromanyetizm ve dirimbilim alanlarını birbirine bağlayan ilişkilerin ‘dönüşüm’ adı verilen süreçlerle gerçekleştiği anlaşıldı. ‘Dönüşüm’ postulasına göre, herhangi bir şey, *nicel* olarak korunurken *nitel* bir dönüşüme uğrayabilir. Dönüşüm düşüncesi, mekanik devinimler sırasında ortaya çıkan süreçleri genelleştirir. Örneğin, bir dizgenin *gizilgüç* erkesi *kinetik* erkesine dönüşürken *toplam* erkesi korunur. Joule, fizikokimyasal dönüşümler için bir *denk* (*equivalent*) tanımladı. *Denk*, korunan niceliği ölçme olanağı tanıyordu. Bu nicelik daha sonra ‘*erke*’ olarak adlandırıldı.

“Erke dönüşümü, bir *farkın* ortadan kalkarken başka bir *farkın* ortaya çıkmasıdır. *Denklikler* aslında doğanın gücünü gizliyordu. Çünkü denkliklerin ve erke korunumunun ötesinde, buhar makinesinin kazanları, kimyasal dönüşümler, yaşam ve ölüm gibisinden başka tür süreçler de vardır. Termodinamik de, tüm bu bilimsel ve teknolojik gelişmelere, *tersinemezlik* gibisinden çok önemli bir kavram ekliyordu.

“Fizikçiler, buhar makinesinin de diğer mekanik dizgeler gibi betimlenebileceğini düşündüler. Buhar makinesinin kazanında yanıp tükenen yakıtın varlığı gözardı edildi. Klasik mekanikte doğanın simgesi *saat* iken endüstri çağında *erke depoları* oldu. Bu çağın insanına göre dünya ateş kazanı gibi yanıyor, erke bir yandan korunurken diğer yandan da çevreye saçılıyordu. İnsanlık, erke depolarının tükenme olasılığı karşısında panik içindeydi.

“Sıra, tersinemezliğin nicel bir ölçüsünü bulmaya gelmişti. Termodinamiğin II. yasasını ilk kez 1824 yılında Sadi Carnot formüle etti. 1842 yılında Mayer ve 1847 yılında da Helmholtz erkenin korunumu ilkesinin genel bağıntısını buldular. Sadi Carnot, maksimum etkinliğe sahip ısı makinesini oluşturmayı amaçlıyordu. Erke yitiğinin kaynağı neydi? Isının, iş üretmeden yayılmasına neden olan süreçler neydi? Sadi Carnot’nun babası Lazare Carnot, mekanik bir makineden maksimum etkinlik elde etmenin yolunun, makinede ortaya çıkabilecek olan şok, sürtünme ve hız değişikliklerindeki süreksizlikleri en aza indirmek olduğu sonucuna vardı. Bu sonuca varırken kuşkusuz kendi zamanındaki fizik yasalarından yararlandı: *erke, yalnızca sürekli süreçlerde korunur; devinimdeki ani değişiklikler tersinemez erke yitiklerine neden olur.* Benzer şekilde, ereksel (ideal) buhar makinesi de, değişik sıcaklıklara sahip parçaların birbirine değmesini engellemeliydi. Bu nedenle, buhar makinesindeki çevrim öyle tasarlanmalıydı ki, değişik sıcaklıklara sahip iki kaynak arasındaki ısı alış veriş, bu iki kaynağın birbirine değmesi engellenerek gerçekleşmeliydi. Carnot’nun ereksel çevrimi, aykırıkansal (paradoks) bir sonuca götüren ‘allengirli’ bir aygıttı. Aygıtın gerçekleşmesinin temelinde yatan tersinemez süreçlerden hiç söz edilmiyordu. Isı makinesinin fırınında yanan kömür unutulmuştu! Carnot’nun ereksel modeli yalnızca yanmanın mekanik etkisiyle ilgilenmişti.

“1850 yılında Clausius, Carnot çevrimini yeni bir açıdan, erkenin korunumu açısından inceledi. Clausius, erke dönüşümlerini anlatan *denge* bağıntılarının yanısıra, dizgede süregelen *ısı akısı* ve ısıнын işe *dönüşümünü* anlatan bağıntıları da buldu. Böylece, mekanik etkilerle ısı etkilerinin bağıntı kuran yeni bir bilim dalı, *termodinamik*, ortaya çıktı. Clausius’un çalışmaları, *bir erke farkını ortadan kaldırmaksızın, ona denk bir başka erke farkı üretmenin*

olası olmadığını gösterdi. Ereksel Carnot çevriminde üretilen iş, tüketilen ısıdan kaynaklanıyordu. Isı bir kaynaktan üretildikten sonra diğerine aktarılıyordu. Bir yanda üretilen iş diğer yanda ısı aktarımı biçiminde olan sonuç bir denklik bağıntısında anlatımını buluyordu. Bu denklik her iki yönde de geçerliydi. Aynı makine ters yönde çalışarak, başlangıçtaki sıcaklık farkını yakalayabilir ve yapılan işi tüketebilirdi. Tek bir ısı kaynağı kullanan ısı makinesi yapmak olası değildir.

“Ereksel olan makinenin konumu 18. yüzyıldan bu yana kuşkusuz değişti. Ereksel olan makine artık ‘yitikleri’ de dikkate almaya başladı. Tersinemezliğin fiziğe girdiği bu noktada yeni sorunlar da başgöstermeye başladı: Gerçek bir makede olup bitenleri nasıl betimleyebiliriz? Erke yitiklerini erke denklik bağıntısında nasıl gösterebiliriz? Erke yitikleri makinenin etkinliğini nasıl azaltır? Bu sorular ve yanıt bulma çabaları, termodinamiğin II. yasasına giden yolu hazırladı.

II. yasayı ilk kez 1852 yılında William Thomson bağıntıya döktü. *Erke dönüşümü* ve *ısı yayılmasına* ilişkin bulgular, Thomson’un bir ilkeyi ileri sürmesine yardımcı oldu: **‘doğada, mekanik erkeğin bozulması yönünde evrensel bir eğilim vardır’**. Bu ilkede geçen ‘evrensel’ sözcüğü, anlamı çok derinlerde olan evrenbilimsel sonuçların türetilmesine neden olmuştur. Laplace’ın evreni, ölümsüz, ereksel bir sürgit (*devr - i daim* veya *perpetual*) makinesiydi. Thomson’un evreniye yalnızca ereksel ısı makinesini yansıtmakla kalmıyor, erkeğin korunduğu bir evrende tersinemez ısı yayılmasını da dikkate alıyordu. Thomson’un evren modeli, ısının devinime dönüştüğünü ve bu dönüşüm sırasında ortaya tersinemez atıkla yararsız erke çıktığını savunuyordu. Doğada *sonuç* üreten erke farklılıklarının giderek azaldığı, bir erke dönüşümünden diğerine giderken, farklılıkların tükendiği ve gidişin son erke durumu olarak tanımlanan ısısal dengeye, ‘ısı ölümüne’ doğru olduğu savunuldu.

“Böylece Thomson, makine teknolojisinden evrenbilime doğru başdöndürücü bir sıçrama yapıyordu. Bu arada zaman kavramı, 19. yüzyıl yerbilimi, dirimbilimi, toplumsal bilimi, dil ve kültürel bağlamlarında kendini duyumsatmaya (hissettirmeye) başlamıştı. Fizik bağlamında zaman, eşdağılıma, tekdüzeliğe ve ölüme işaret ederken, dirimbilim ve toplumsal süreçler bağlamında karmaşıklığa (*karmaşaya* değil!) ve üst düzey örgütlenmelere işaret ediyordu. Fizik alanında ortaya çıkan kötümser dinsel ve söylencesel (mitolojik) temalar, o dönemde yaşanan derin toplumsal ve ekonomik çalkantıların kişilerde yarattığı kuruntu ve üzüntülerin ürünüdür”.

Bu tür durumlarla günümüzde de karşılaşyoruz. Ekonomide “sıfır büyüme”, evrenbilimde kaçınılmaz(!) sonlar: “Büyük Çöküntü” (“*Big Crunch*”) veya “Büyük Buzul” (“*Big Chill*”) bu kuruntularımızın günümüz çeşitlemeleridir.

“Büyük Çöküntü” ve “Büyük Buzul” olarak adlandırabileceğimiz bu “yazgılar”, Robert Frost gibi ünlü bir ozana bakın ne dizeler döktürtüyor! Bence bir koşuğa (şiir) yapılabilecek en büyük haksızlık, onu başka bir dile çevirmektir. Aşağıdaki dizelerde ozan, “Yazgımız ister Ateş ister Buz olsun herikisine de hazırım” yazgıcılığını gösteriyor. Ozanlar yaşama ilişkin görüşleri bize en hızlı ve en çarpıcı biçimde aktaran “aracı”dır. Yayıdıkları felsefeler (iyimser ya da kötümser) hepimize ışık hızıyla ulaşmaktadır. Yukarıdaki dizelerin gücü gerçekten “yerle bir edici”!

*“Some say the World will end in fire,
Some say in ice.
From what I’ve tasted of desire
I hold with those who favour fire.
But it had to perish twice
I think I know enough of hate
To say that for destruction ice
Is also great
And would suffice”*

(*Vistas in Astronomy*, Vol. 6, 1965)

Prigogine’i dinlemeye devam!

ENTROPİNİN DOĞUŞU

“Teknolojiden evrenbilime sıçrama sırası 1865’de Clausius’a gelmişti. Clausius, erken dönemlerde yaptığı kendi çalışmalarını formüle etmenin yanı sıra, *entropi* kavramını geliştirdi. Clausius’un ilk amacı, *korunum* ve *tersinirlik* kavramları arasındaki ayrıma açıklık getirmektir. Mekanik dönüşümlerde *tersinirlik* ve *korunum* denklik sergilerken, fizikokimyasal dönüşümler tersinir olmasa da erke korunumu gösteriyordu. Erke, bir dizgenin *durumunu* tanımlayan bir işlevidir. Bu işlev, basınç, oylum ve sıcaklık gibi parametrelere bağlıdır. Ancak, Carnot çevriminde karşımıza çıkan ‘yararlı’ erke değişimi ile tersinemez biçimde harcanan ‘yitik’ erke arasındaki ayrımı anlatabilmek için erkenin korunumu ilkesinin ötelere gitmeliyiz. Entropinin üstlendiği görev işte buydu! Ancak entropinin ilk tanımı *korunum ilkesi* temelinde yapılmıştı: *çevrim ereksel olsun ya da olmasın, bir dizgenin durum işlevi, yani entropisi, her çevrim*

sonunda ilk değerine ulaşır. Ereksel çevrimi bırakırsak, erkeyle entropi arasındaki koşutluk da sona erer.

“şimdi, dt gibi küçük bir zaman aralığında ortaya çıkan dS entropi değişimini inceleyelim. Bu değişim, ereksel ve gerçek makinelerde birbirinden tamamen ayrı durumlar yaratır. *Ereksel* makinede dS , makineyle çevresi arasındaki erke alış verişleri cinsinden tanımlanabilir. Deney düzeneklerimizi, dizge, çevresinden ısı almaksızın çevreye ısı verecek biçimde ayarlayabiliriz. Bu durumda, entropideki değişiklik yalnızca dS nin işaretine yansıyacaktır. Entropiye olan bu tür katkıya $d_d S$ diyelim; bu tersinir bir değişikliktir, diğer bir deyişle, $d_d S$ in işareti ‘+’ veya ‘-’ olabilir. *Gerçek* makinede durum kökten farklıdır. Gerçek makinede tersinir değiş-tokuşların yanısıra, dizgenin içinde ortaya çıkan ısı yitiği, sũrtũnme, vb tersinemez sũreçler de gözlenir. Bunlar, dizgenin içinde ‘*entropi üretimi*’ yapar. Bu tür entropiye de $d_i S$ diyelim. Dizge, kendi dışındaki dũnyayla ısı alış verişinde bulunsa da $d_i S$ işaretini değiştiremez. Entropi üretimi, tüm tersinemez sũreçler gibi (örneğin ısı iletkenliği) daima aynı ‘yönde’ ilerler. Diğer bir deyişle, $d_i S$ ya daima *pozitif* ya da tersinemez sũreçlerin yokluğunda *sıfırdır*. $d_i S$ in işaretinin ‘+’ olması tamamen seçime bağlıdır. İlk onanıırken bu işaret ‘-’ de alınmış olabilirdi. Burada önemli olan nokta işaretten çok, entropinin sũrekli değişimidir. Zamanın ilerlemesiyle entropi üretiminin işareti değişmez.

“ $d_d S$ ve $d_i S$ gösterimlerindeki d ve i indisleri sırasıyla, dizgenin *dış* dũnyayla yaptığı değiş-tokuşa ve dizgenin *içinde* sũregelen tersinemez sũreçlere gönderi yapar. Bu nedenle, dS entropi değişimi, birbirinden olduķa ayrı fiziksel anlamlar taşıyan $d_d S$ ve $d_i S$ terimleri toplamı cinsinden anlatılır.

“Termodinamiğin II. yasasının ilginç yanı, $d_i S$ ‘entropi üretimi’ teriminin işaretinin *daima* pozitif olmasında yatar. ‘Entropi üretimi’, dizgenin içinde sũregelen tersinemez sũreçlerin varlığını anlatır.

“Clausius, $d_d S$ entropi akısını, dizgeye giren/çıkan ısı cinsinden betimlemeyi becermiştir. ‘Entropi üretimi’nin olduğu tersinemez sũreçleri dũřünerek, $d_i S / dt > 0$ eşişsizliğinin varlığını buldu. Carnot çevrimini bir yana bırakıp diğer termodinamik dizgeleri ele alırsak, bunun önemli bir gelişme olduğunu görũrüz. Çünkü, bu bulgu, *entropi akısıyla entropi üretimi arasındaki farkın* ortaya çıkmasına olanak verir. Çevresiyle erke alış verişine girmeyen, yalıtlmış bir dizge için ‘entropi akısı’ tanım gereği sıfırdır. Geriye yalnızca, ‘entropi üretimi’ terimi kalır. Dizgenin entropisi ya artar ya da sabit kalır. Artan entropi, dizgenin *kendiliğinden gelişen evrimine* karşılık gelir. Bũylece entropi, ‘evrimin göstergesi’ ya da Eddington’un uygun tanımlamasıyla ‘zaman oku’ olur. Yalıtlmış dizgeler için gelecek, artan entropi yönündedir.

“ ‘ *Bir bütün olarak, evrenden daha iyi yalıtılmış bir dizge olabilir mi?*’ diye düşünen Clausius, termodinamiğin I. ve II. yasalarının kozmolojik betimlemelerini yaptı:

1. *Die Ergie der Welt ist konstant.*

2. *Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu.*

“Yalıtılmış bir dizgenin entropisinin maksimuma doğru artacağı gerçeğinin anlamı, termodinamiğin gelişmesine neden olan teknolojik gelişmelerin de ötesine taşmıştır. ‘Artan entropi’yle, ‘dizgede ortaya çıkan erke yitikleri’ bugün artık eş anlamlı değildir. ‘*Artan entropi*’ dizgenin içinde açığa çıkan *doğal süreçleri* anlatır. Bu süreçler, dizgeyi eninde sonunda maksimum entropi durumuna karşılık gelen ‘termodinamik denge’ye götürür. Çok önemli olduğunu yadsıyamayacağımız bu noktayı ayrıntılarıyla incelemeye geçebiliriz.

“Şimdi, *dinamik* bir dizgede ve *termodinamik* bir dizgede ortaya çıkan değişiklikleri karşılaştıralım. *Dinamik* dizgeler, *ilk koşullar* dikkate alınarak *tamamen* denetim altına alınabilir. *Termodinamik* dizgeler, *sınır koşulları* ayarlanarak *kısmen* denetlenebilir. Termodinamik dizgeler zaman zaman denetimden çıkarak kendiliğinden değişiklikler sergileyebilir. Termodinamik bir dizgede tüm değişiklikler birbirine denk değildir. $dS = d_d S + d_i S$ bağıntısı bu gerçeği anlatır. Denge durumuna doğru olan kendiliğinden değişim sırasında $d_d S$, $d_i S$ den farklıdır. Yalıtılmış bir dizge için *denge durumu*, *dengeden uzak durumların* ‘*çekicisi*’dir (*attractor*). Genellersek, ‘*çekici*’ duruma doğru gidişte geçirilen evrim, diğer değişikliklerden, özellikle sınır koşullarının belirlediği değişikliklerden farklıdır. Entropideki tersinemez artış ($d_i S / dt$) dizgenin kendisini ‘*çeken*’ duruma yaklaşım biçimini tanımlar. ‘*Çekici*’ye doğru gidişi dizgenin kendisi yeğlemiştir ve oradan kendi ‘özgür istenci’yle ayrılmayacaktır. Max Planck, ‘Tersinir süreçler limit durumunu betimler. Bu durumlarda, doğanın ilk ve son durumlara olan eğilimi eşittir. Bu nedenle, bir durumdan diğerine geçişler heriki yönde de olabilmektedir’ saptamasını yapmıştır.

“Yukarıda sunulan bakış açısı, dinamiğin alışkın olmadığı türdendir. *Dinamiğe* göre, bir dizgedeki değişiklikler, bir kez saptandığında bir daha hiç değişmeyecek olan yörünge tarafından belirlenir. *İlk koşullar* yörüngeyi tüm zamanlar için belirlediğinden, dizge başlangıç noktasını asla unutmayacaktır. Diğer yandan, yalıtılmış olan bir termodinamik dizgenin, denge durumu hariç diğer tüm durumları *aynı* denge durumuna doğru evrim üretir. Dengeye ulaşıldığında dizge ilk koşullarını *unutmuştur*.

“Dinamik ile termodinamik nasıl uzlaşabilir? 19. yüzyılın sonlarında, çoğu bilim insanı bu uzlaşmanın olası olmadığını düşünüyordu. Ancak Boltzmann bu görevi üstlenmiş ve dinamiği, termodinamiği de kapsayacak biçimde geliştirmeyi amaçlamıştı. Maxwell’in izlediği yolu yeğleyen Boltzmann, kavramsal değişiklikleri olasılıklar kuramında aramaya karar verdi. Ancak olasılıkları bir yaklaştırma olarak kullanmadı; olasılıklar, çok sayıda bileşenden oluşan dizgenin yeni davranış biçimleri sergileme yeteneğini açıklayacak ilkeler olarak kullanılıyordu.

“Boltzmann’ın entropi tanımında *complexion* kavramının önemi büyüktür. Tam ortasından iki eşit bölmeye ayrılmış bir kutu düşünelim. Elimizde 8 tane bilye olsun; $N = 8$. Çözmeye çalıştığımız problem şudur: N_1 tane parçacığın 1. bölmede bulunma olasılığı nedir? Tüm parçacıkları 1. bölmeye yalnızca *bir* biçimde yerleştirebiliriz. Ancak, 1. bölmeye *bir*, 2. bölmeye *yedi* parçacığı 8 değişik biçimde yerleştirebiliriz. Toplam *sekiz* parçacığı, heriki bölmede eşit sayıda parçacık bulunacak biçimde $8!/4! 4! = 70$ değişik biçimde yerleştirebiliriz. Benzer biçimde, N nin değeri ne olursa olsun, *complexion* adı verilen durumların P sayısı, $P = N! / N_1! N_2!$ ile belirlenir. Bu sayı bize, N_1 , N_2 dağılımını kaç değişik biçimde elde edeceğimizi verir. *Complexion* sayısı ne denli büyükse N_1 ile N_2 arasındaki fark da o denli azdır. Topluluk öğeleri (elemanları) bölmeler arasında eşit dağıldığında P en büyük değerini alır. Dahası, N ne denli büyükse değişik dağılımlara karşılık gelen *complexion* sayıları arasındaki fark da o denli büyüktür. Büyük ölçekli dizgelerde $N = 10^{23}$ düzeylerindedir. Olası dağılımların büyük bir çoğunluğu, $N_1 = N_2 = N/2$ durumuna karşılık gelir. Çok büyük sayıda bileşen parçacıktan oluşan dizgelerde, eşit dağılıma karşılık gelen durumdan farklı olan durumların olasılığı oldukça küçüktür.

“Boltzmann, entropinin tersinemez artışının, büyüyen *moleküler karmaşa* veya başlangıçtaki bakışsızlığın giderek unutulması olarak ifade edilebileceğinin ayırdına vardı. Çünkü bakışsızlık, P nin maksimum değeriyle karşılaştırıldığında *complexion* sayısını azaltmaktadır. Böylece Boltzmann, entropiye *complexion* sayısı gözüyle baktı. Boltzmann’ın ünlü formülü, $S = k \log P$ bu düşüncenin nicel biçimidir. Burada k Boltzmann sabitidir.

“Boltzmann’ın yukarıda değindiğimiz sonucu, *tersinemez termodinamik değişikliğin, olasılıkları yüksek durumlara doğru bir değişiklik olduğu ve “çekici” durumun, maksimum olasılığa sahip durum olduğu* anlamına geliyordu. Newton’dan sonra bir fiziksel kavram ilk kez olasılıklar cinsinden açıklanıyordu. Bu yorumun yararları oldukça açıktı. Olasılık kuramı, dizgenin başlangıçtaki tüm özel dağılımlarını, yine başlangıçta sahip olduğu bakışsızlığı unutmasını doyurucu bir biçimde açıklıyordu. İlk koşulların unutulması olasıydı;

çünkü dizgenin kendine özgü büyük ölçekli evrimi ne olursa olsun, evrim sonunda dizge küçük ölçeklerde de bir duruma sahip olacaktır. Küçük ölçeklerdeki durum, büyük ölçeklerdeki karmaşa ve maksimum bakışıklığa karşılık gelir. Bir kez bu duruma erişmiş olan dizge, bu durumdan yalnızca küçük sapmalar gösterecektir ve bu sapmaların uzay ve zaman ölçeği de küçük olacaktır. Diğer bir deyişle, dizge ‘çekici’ durum çevresinde çalkantılar gösterecektir.

“Boltzmann’ın *düzen ilkesi* dizgenin erişebileceği en olası duruma işaret eder. Bu durumda dizge, birbirinin etkisini istatistiksel olarak ortadan kaldıracak olan ve ters yönde değişimi eşzamanlı sergileyen çalkantılar yumağıdır. Diğer bir deyişle, dizgeyi oluşturan parçacıklar, denge durumu ($N_1 = N_2$) komşuluğunda zamanda kısa ömürlü ve uzayda kısa erimli çalkantılar sergileyecektir. Boltzmann’ın olasılık kuramı bağlamında verdiği yorum, denge termodinamiğinin incelediği ‘çekici’ nin özelliklerini anlamada yardımcı olur.

“Bu arada, olasılık kuramının bilime getirdiği olumsuz, *öznel* (subjektif) yoruma değinmeden geçemeyiz. Klasik mekanikte olduğu gibi, kuantum mekaniğinde de dizgeye ilişkin dinamik özelliklerin hepsi, *ilk koşullar* ve *devinim yasaları* cinsinden tanımlanabilir. Öyleyse olasılık kuramı doğanın tanımlanması sürecinde nasıl oluyor da kendine bir yer bulabiliyor? İşte tam bu aşamada *öznel* yorumcular, dizgenin *tam* dinamik durumunu bilemeyeceğimizden söz ederek, *bilgisizliğe* sığınıyorlar. Bu tür açıklama entropinin *öznel* yorumudur. Eğer sürtünme, veya daha genel olarak tanımlarsak, ısı makinesindeki yitıklar gibisinden tersinemez süreçleri “*allahın cezası olumsuzluklar*” olarak görürsek, *öznel* yorum onanabilir! Ancak bugünkü durum dünkünden olabildiğince farklıdır. Artık *öznel* yorumlara gereksinmemiz yok. Çünkü bugün, tersinemez süreçlerin yapıcı gücünün ayırdındayız. Tersinemez süreçler olmasaydı *yaşam* olamazdı.

“Dahası, hem termodinamikte hem de olasılık bağlamındaki yorumunda *zaman bakışsızlığı* vardır: *entropi geçmişe doğru değil, geleceğe doğru artmaktadır*. Bu son savı, dinamik bağlamında ele aldığımızda, böylesi bir savın olası olmadığını görürüz; çünkü dinamik eşitlikler, $t \rightarrow -t$ dönüşümüne göre değişmezdir (*invariant*). Termodinamiğin II. yasası, dinamik uyum içinde olan, ancak dinamikten türetilemeyen bir *seçim ilkesidir*; II. yasa, dinamik dizgenin alabileceği *ilk koşulları* belirler. Bu nedenle II. yasa, klasik veya kuantum dinamiğinin mekanik dünya görüşünden kökten ayrılır.

“Bu aşamaya dek, bileşen parçacıkları ve toplam erkesi *sınır koşullarınca* belirlenen yalıtılmış dizgeleri ele aldık. Boltzmann’ın açıklamaları, çevresiyle etkileşen “*açık*” dizgelere de uygulanabilir. Şimdi, *sınır koşullarınca* tanımlanan bir “*kapalı*” dizge düşünelim. Dizgenin sıcaklığı, çevresinden aldığı ısı ile sabit

tutuluyor olsun. Bu durumda dizgenin dengesi maksimum entropi cinsinden değil, *özgür erke* adı verilen başka bir işlevin minimumu cinsinden tanımlanır. F ile gösterilen *özgür erke*, $F = E - TS$ bağıntısıyla verilir. Burada E dizgenin entropisi, T de kelvin cinsinden sıcaklığıdır.

“ $F = E - TS$ formülü bize, *dengenin*, erkeyle entropi arasındaki yarışın bir sonucu olduğunu anlatmaktadır. Sıcaklık da, bu iki etmenin görelî ağırlığını belirleyen bir parametredir. Düşük sıcaklıklarda erke entropiden daha baskındır. Bu durumda, örneğin kristaller gibisinden *düzenli* (zayıf entropi) ve *düşük erkeli* yapılar vardır. Bu tür yapıların içindeki moleküllerin herbiri komşusuyla etkileşir. Etkileşim sonucu ortaya çıkan kinetik erke gizilgüç erkeden daha küçüktür. Diğer yandan, yüksek sıcaklıklarda entropi erkeden daha baskındır. Bu durumda *moleküler karmaşa* (kaos) dan söz edilir; görelî devinimin önemi artar. Sıcaklık arttıkça kristal yapının düzeni parçalanır. Kristal, önce sıvı sonra gaz durumuna geçer.

“Yalıtılmış bir dizgenin S entropisi ile sabit bir sıcaklıktaki “*kapalı*” bir dizgenin F *özgür erkesi*, “termodinamik gizilgüçlere”e örnek oluşturur. S ve F nin uç değerleri “*çekici*” durumları tanımlar. Dizgenin bu durumlara kendiliğinden ulaşmak gibi bir eğilimi vardır. Ayrıca dizgenin *sınır koşulları* bu gizilgüçlerin tanımına karşılık gelir.

“Denge durumundaki yapılarda ortaya çıkan *çalkantılardan* söz etmiştik. Büyük ölçekte ele alındığında bu dizgeler *eylemsizdir*. Bu nedenle, “*ölümsüz*” olarak da tanımlanabilirler (*Diamonds are forever!* – ERP). Ancak canlı bir hücre veya bir şehri incelediğimizde durumun oldukça farklı olduğunu görüyoruz. Bu dizgeler “*açık*” olduğu gibi, varlıklarını “*açık*” oldukları için sürdürebilirler. “*Açık*” dizgeler, kendilerine çevreden gelen erke ve özdekle beslenirler. Kristalleri yalıtabiliriz, “ölümsüz”lüklerini hiç etkilemeden; ancak bir hücreyi veya şehri çevresinden yalıtırsak onları öldürürüz! Bu dizgeler, varlıklarının nedeni olan bir bütünün ve onlara özdek ve erke sağlayan çevrelerinin birer parçalarıdır.

“Termodinamik denge yasalarına yabancı olan dizgeler yalnızca canlı doğasına sahip olan dizgeler değildir. Hidrodinamikte ve kimyasal tepkimelerde de dizgelerin çevresiyle erke ve özdek alış verişinde bulunmasına tanık oluyoruz. Boltzmann’ın *düzen ilkesi* nin bu durumlara uygulanması olası değildir! Bir dizgenin zaman içinde tekdüzeliğe kavuşmasını *complexion* cinsinden anlayabiliriz. Tekdüzelikte *ilk koşulların* yarattığı “farklılıklar” unutulmuştur; bu durumda *complexion* sayısı maksimumdur. Ancak, bu açıdan bakarsak, kendiliğinden gelişen *konveksiyonu* anlamak olası değildir. Konveksiyon akımı,

uyumu (coherence) gerektirir. Uyumlu bir süreçte devasa sayıdaki moleküllerin birlikte davranışı sözkonusudur. **Uyum, karmaşanın zıttıdır.** Uyum, görelî olarak daha az sayıda *complexion*ın karşılık geldiği ayrıcalıklı bir durumdur. Boltzmann'ın deyiimiyle, 'olası olmayan' bir durumdur. Eğer konveksiyonu 'mucize' olarak tanımlarsak, yaşam için ne diyeceğiz?

"Denge durumunun yaratılabilmesi için dizgenin çevresinden yalıtılması, ondan 'korunması' gerekir. Diğer yandan, yaşam, son derece ender olayların istatistiksel olarak *seçilmesi* sonucunda ortaya çıkmıştır. Şimdi... ender olayları seçerek ön plana çıkan **Darwinci** evrimle, tüm özgünlükleri öldürerek dengeye, ölüme giden **Boltzmanncı** evrimi nasıl uyuşturabiliriz?! Hem Carnot hem de Darwin aynı anda haklı olabilir mi?

"Darwin ve Boltzmann'ın araştırmalarında izledikleri yolun aynı olması çok ilginçtir. Bu durum, raslantısallığın ötesinde bir durumdur. Boltzmann'ın Darwin'e derin bir hayranlık duyduğunu biliyoruz. Darwin'in kuramı, *türlerin kendiliğinden çalkantıya uğradığı varsayımıyla* başlar; çalkantı sonucundaki doğal seçim, tersinemez dirimsel evrime götürür. Boltzmann'ın kuramında da gelişigüzellik tersinemezliğe götürür. Ancak, Boltzmann'ın sonucu Darwin'inkinden oldukça farklıdır. Boltzmann'ın sonucu, dizgenin *ilk koşullarını* unuttuğuna işaret eder; ilk yapı "ortadan kalkmıştır". Darwinci evrimdeyse, *öz örgütlenme* ve giderek artan karmaşıklık (*karmaşa değil! – ERP*) vardır.

"Sorularımızı özetleyecek olursak: denge durumuna doğru işaret eden **termodinamik zaman** ile, giderek artan öz örgütlenme ve karmaşıklığa işaret eden **dirimsel zaman** arasındaki ilişki nedir? Zaman, yeniliklerin ortaya çıktığı bir ortam mı, yoksa, Parmenides, Spinoza ve Einstein'ın felsefelerinde olduğu gibi, yalnızca bir ilüzyon mu?

TERMODİNAMİĞİN ÜÇ AŞAMASI

"Termodinamiğin II. yasasının fizik için ne denli önemli olduğunu daha iyi anlayabilmek için, d_iS entropi üretimi veya birim zamanda entropi üretimi ($P = d_iS /dt$) yapan tersinemez süreçlerin daha ayrıntılı bir tanımlamasını yapalım. Bu bağlamda kimyasal tepkimelerin önemi büyüktür. Isı iletkenliğiyle birlikte düşünüldüğünde kimyasal tepkimeler tersinemez süreçlere basit ama aydınlatıcı örnek oluştururlar. Kimyasal süreçler dirimbilimde de önemlidir. Canlı hücre durmak dinlenmek bilmeyen bir metabolik etkinlik içindedir. Hücrenin içinde, hücrenin beslendiği özdeği dönüştüren, temel biyomoleküllerin sentezini yapan ve hücrede ortaya çıkan atık özdeklerin arınmasını sağlayacak binlerce kimyasal tepkime *aynı anda* gerçekleşir. Tepkime oranlarında gözlenen

değişiklikleri ve hücre içinde gerçekleştikleri bölgeleri dikkate alırsak, dirimsel dizgelerde süregelen kimyasal etkinliklerin ne denli örgütlü olduğunu anlarız. Kısacası, dirimsel bir yapı, **düzen** ile **etkinliğin** birlikteliğidir. Bunun tersine, denge durumundaki bir yapı, örneğin kristal, düzenli bir yapı sergilese de **eylemsizdir**. Bu açıdan bakıldığında, kimyasal süreçler bize kristal bir yapıyla canlı bir hücre arasındaki ayrımı anlamada yardımcı olabilir.

“Kimyasal tepkimeler *kinetik* ve *termodinamik* olmak üzere iki açıdan ele alınabilir. *Kinetik* açıdan bakıldığında tepkimenin temel niceliği, *tepkime oranıdır*. Kimyasal tepkimelerin kinetiğini inceleyen klasik kuram, *kimyasal tepkime oranının tepkimede yeralan ürünlerin bolluğuyla orantılı olduğu varsayımı* üzerine kurulmuştur. Gerçekten de kimyasal tepkimeler, moleküller arası çarpışmalar sonucunda gerçekleşir. Bu nedenle, çarpışma sayısının, tepkimeye giren molekül bolluğuna bağlı olacağı varsayımı oldukça doğaldır.

“Bir örnek oluşturması açısından basit bir tepkimeyi ele alalım: $A+X \rightarrow Y+B$. Bu ‘tepkime eşitliği’ bir X molekülüyle bir X molekülünün karşılaşmaları durumunda bir tepkimenin gerçekleşme olasılığı olduğu ve tepkime sonucunda bir B molekülüyle bir Y molekülünün üretileceğine işaret eder. Moleküllerde bu değişiklikleri yaratacak olan çarpışmalara “*tepkime çarpışması*” denir. Bu tür çarpışmalar olası tüm çarpışmaların çok küçük bir oranını (10^{-6}) oluşturur. Çoğu çarpışmada moleküller kimliklerini korur ve erke alış verişinde bulunurlar.

“Kimyasal tepkimelerin *kinetiği* bir tepkimede yeralan moleküllerin bolluklarının nasıl değiştiğiyle ilgilenir. Olayın kinetiğini diferansiyel eşitlikler tanımlar. Bu eşitlikler, bollukların değişim oranlarını hesaplamayı amaçlar. Değişim oranları, tepkimeye giren moleküllerin bolluklarının işlevi olarak verilir. $A+X \rightarrow Y+B$ tepkimesi için, $dX/dt = -kAX$ diferansiyel eşitliği, X in zaman değişim oranını verir. k , sıcaklık, basınç ve bolluk gibi niceliklere bağlı bir sabittir; aynı zamanda, tepkimeyi sağlayan çarpışmaların nicel bir ölçüsüdür. Yukarıdaki örnek, bir A molekülü ortadan kalktığında bir de X molekülünün ortadan kalkacağına işaret eder. Buna bağlı olarak, bir Y ve B molekülü oluşur. Bu nedenle bollukların değişim oranı birbiriyle ilişkili olmalıdır: $dX/dt = dA/dt = -dY/dt = -dB/dt$.

“Diğer yandan, $A+X \rightarrow Y+B$ tepkimesinin yanısıra $Y+B \rightarrow A+X$ tepkimesi de olasıdır. Bu tepkime, dizgede X bolluğunun değişimini sağlayan ek bir tepkimenin varlığına işaret eder: $dX/dt = k'YB$. Kimyasal bileşimin toplam değişimi *ileri* ve *geri* tepkimelerin toplamı olarak verilir: $dX/dt = -kAX + k'YB$.

“Kendi başına bırakıldığında bir kimyasal tepkime kimyasal denge durumuna doğru gider. Kimyasal denge, “çekici” duruma tipik bir örnektir. Kimyasal denge durumunda bolluk değişimi yoktur: $dX/dt = 0$. Denge bollukları $AX / YB = k' / k = K$ ile ifade edilir. Bu sonuca “kütle etkisi yasası” denir. Isısal dengede nasıl tekdüze bir sıcaklığa erişilirse, kimyasal dengede de K değerine erişilir. Bu durumda entropi üretimi sıfırdır.

“Kimyasal tepkimelerde, kendisi tepkimeye girmemesine karşın tepkime oranını etkileyen özdekler de bulunur. ‘Katalist’ adı verilen bu özdekler tepkime oranını ayarlarlar. Katalistler k ve k' nin değerlerini değiştirebileceği gibi, dizgenin yeni bir ‘tepkime yolu’ izlemesine de neden olabilirler. ‘Enzim’ denilen bir tür proteinler dirimbilimde bu rolü oynarlar. Bazı otokatalizlerde X molekülünün daha fazla üretimi için X molekülünün kendisine gereksinim duyulur. $A + 2X \rightarrow 3X$ biçimindeki tepkimelere tepkime ‘ilmiği’ denir. Tepkime ilmiği gösteren dizgelerdeki değişikliği *doğrusal olmayan* (nonlinear) diferansiyel eşitlikler betimler. $A + 2X \rightarrow 3X$ tepkimesini anlatan kinetik eşitlik, $dX / dt = kAX^2$ biçimindedir.

“Katalitik tepkimelerden bir diğeri de ‘çapraz kataliz’ dir. Bu tür tepkimelerde X molekülü Y molekülünden türetilirken, Y molekülü de X molekülünden türetilir. **Moleküler dirimbilim** alanında yapılan çalışmalar bu tür tepkime ilmiklerinin metabolik işlevlerde önemli rol oynadığını saptamıştır.

“Kimyasal tepkime oranlarının yanısıra, ısı aktarımı ve özdek sızması (difüzyonu) gibisinden tersinemez süreçlerin oranları da dikkate alınmalıdır. Tersinemez süreçlerin oranlarına *akı* (fluxes) da denir ve J ile gösterilir. Tersinemez süreçlerin *termodinamiği* ‘genel kuvvetler’ kavramını da geliştirmiştir. *Akıları* ortaya çıkaran nedenler bu *kuvvetler*dir. Fourier yasası, J ısı akısının sıcaklık gradyentiyle orantılı olduğunu söyler. Sıcaklık gradyenti, ısı akısına neden olan ‘kuvvet’ tir. Akı ve kuvvetler, tanım gereği ısısal dengede ortadan kalkar. Entropi üretimi ($P = d_i S / dt$) akı ve kuvvetler yardımıyla hesaplanabilir. Theophile De Donder, bir tür ‘kimyasal kuvvet’ olan *afinite* kavramını geliştirmiştir. Sıcaklık gradyentinin ısı akı yönünü belirlediği gibi, *afinite* de kimyasal tepkime oranının yönünü belirler. Kimyasal denge durumunda *afinite* ortadan kalkar. *Afinite* için, *dizgenin içinde bulunduğu gerçek durumuyla denge durumu arasındaki ayrımın ölçüsüdür*, diyebiliriz. *Afinitenin* işareti de kimyasal tepkimenin yönünü belirler.

“Tam bu aşamada, fizikle kimya arasındaki kavramsal farklılığa değinebiliriz. Klasik fizikte *sürtünmesiz sarkaç* devinimi gibisinden tersinir süreçleri düşleyebiliyoruz. Yine dinamik bağlamında çalışırken ereksel bir süreç

düşünmek istediğimizde tersinemez süreçleri boşluyoruz. Kimyadaki süreçlerse tamamen tersinemez süreçlerdir. Bu nedenle kimyasal süreçler ereksel indirgenemez. Ereksel durumlar, geçmiş ve geleceğin birbirine denk olduğu klasik kuantum mekaniğinin temelini oluşturur. Olası tüm tersinemez süreçler entropi üretiminde ortaya çıkar.

Fizik ve kimyada ortaya çıkan süreçleri dikkate alırsak termodinamiği *üç* alanda inceleyebiliriz. Entropi üretimi, akılar ve kuvvetler *denge durumunda* sıfırdır. *Denge durumuna yakın koşullarda* termodinamik kuvvetler ‘zayıf’tır ve J_k oranları kuvvetlerin doğrusal işlevidir. Üçüncü alan, *doğrusal olmayan bölge* adını alır. Bu bölgede oranlar karmaşık (matematiksel anlamda kompleks) kuvvet işlevlerince belirlenir.

İlk olarak *denge durumuna yakın koşullara* uygulanan doğrusal termodinamiği inceleyelim. 1931 yılında Lars Onsager, *denge durumunda* olmayan dizgeler için genel termodinamik bağıntıları buldu. Bu bağıntılar, doğrusal, *denge durumuna yakın* bölgeler için elde edildi. Bunlara ‘*reciprocity*’ bağıntıları denir. Bu bağıntılara göre, eğer bir kuvvet (örneğin sıcaklık gradyentine karşılık geliyor olsun ve bu kuvvete ‘*bir*’ kuvveti diyelim) ‘*iki*’ akısını etkiliyorsa (‘*iki*’ de örneğin sızma süreci olsun) ‘*iki*’ kuvveti de (bir konsantrasyon gradyenti olsun) ‘*bir*’ akısını (ısı akısı olsun) etkileyecektir. Bu durum kanıtlanmıştır. Yani, her ne zaman ısı gradyenti özdek sızması sürecini uyartırsa, konsantrasyon gradyentinin de dizgede ısı akısı yarattığını gözliyoruz.

“Denge durumu termodinamiği 19. yüzyılın utkusuydu; *denge durumunda* olmayan dizgelerin termodinamiği 20. yüzyılda geliştirildi ve Onsager eşitlikleri, ilginin *denge durumundan* *denge dışı* duruma kaydığını simgeliyor.

“Şimdi de, *doğrusal*, *denge dışı* termodinamik alanının 2. genel sonucuna kısaca değinelim. Bu alanda da, S ve F gibi bir gizilgüç işlev gündeme gelir. Bu işleve P *entropi üretimi* denir. Minimum entropi üretimi kuramı, doğrusal bölgede (Onsager eşitliklerinin geçerli olduğu bölge) dizgenin durgun duruma doğru gittiğini gösterir. Durgun durum, zaman değişikliğinin olmadığı durumdur. Bu durum *minimum* entropi üretimiyle betimlenir ve dizgeye dışarıdan dayatılan kısıtlamalarla uyumludur. Kısıtlamaları sınır koşulları belirler. Bu kısıtlamalar, örneğin, dizgede farklı sıcaklıklarda tutulan iki bölge veya dizgede süregelen tepkimeyi destekleyen ve tepkime ürünlerini dizgeden arındıran özdek akısına karşılık gelebilir. Dizge, *denge dışı* duruma doğru evrim geçirerek ilerler. Bu durum, belli oranlarda erke saçıcı yapıların ortaya çıktığı durumdur. Ancak, dizge durgun durumda bulunduğundan, dizgeyi tanımlayan nicelikler zamandan bağımsızdır. Benzer şekilde, dizgenin entropisi de zamandan bağımsız olur: $dS =$

0. Diğer yandan, aynısıanacağı gibi, dS , **entropi akısını** simgeleyen $d_d S$ ile **pozitif entropi üretimini** simgeleyen $d_i S$ terimlerinin toplamıydı: $dS = d_d S + d_i S$. Bu nedenle $dS = 0$ bağıntısı, $d_d S = -d_i S < 0$ olduğuna işaret eder. Çevreden gelen ısı veya özdek akısı, negatif entropi akısını ($d_d S$) belirler. Ancak bu akı, dizgenin içinde süregelen tersinemez süreçlerin ortaya çıkardığı entropi üretimiyle ($d_i S$) uyuşur. Negatif akı ($d_d S$) dizgenin kendi dışındaki dünyaya entropi aktardığına işaret eder. Bu nedenle, durgun durumdaki dizgenin etkinliği sonucunda çevrenin entropisi sürekli artar. Bu sonuç tüm durgun durumlar için doğrudur. Minimum entropi üretimi kuramının bir başka sonucu da şudur: Dizge, özel bir durgun duruma “eğilim” gösterir. Bu, çevreye aktarılan entropinin en az olduğu durumdur. Çevreye aktarılan minimum entropi, dizgeye dayatılan sınır koşullarıyla uyum içindedir. Denge durumu, sınır koşullarının sıfır entropi üretimine izin verdiği özel bir duruma karşılık gelir. Diğer bir deyişle, minimum entropi üretimi kuramı, bir çeşit ‘**eylemsizliği**’ tanımlar.

“Doğrusal termodinamik, kendilerini besleyen akılarla uyumlu bir biçimde minimum etkinlik düzeyine doğru giden dizgelerin kararlı ve öngörülebilir davranışlarını tanımlar. Doğrusal termodinamik, denge durumu termodinamiği gibi, entropi üretimi cinsinden tanımlanabilir. Bu gerçek, hem denge durumuna hem de durgun duruma doğru evrim geçiren dizgelerde ilk koşulların ‘unutulduğuna’ işaret eder. İlk koşullar ne olursa olsun, dizge, dayatılan sınır koşullarının saptadığı duruma erişecektir. Bunun sonucu olarak, dizgenin sınır koşullarında yapılacak olan herhangi bir değişikliğe göstereceği tepki tamamen öngörülebilir bir tepki olacaktır.

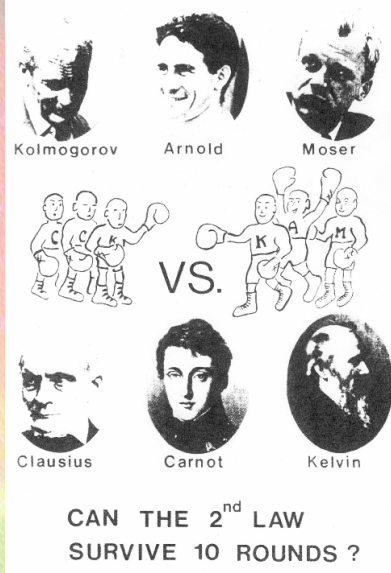
“Görüldüğü gibi, doğrusal termodinamik, özünde, ısısal denge durumu termodinamiği gibidir. Entropi üretiminin sıfırdan farklı olmasına karşın, tersinemez sürecin genel yasalarla türetilmesini de engelleyemiyor. Bu ‘oluşum’, başlangıçta varolan herhangi bir farkın kaçınılmaz olarak ortadan kalkmasına götürmektedir. ‘Carnot mu Darwin mi?’ aykırıkması (paradoksu) sürmektedir. Doğal, örgütlenmiş yapılarla, eğilimi ilk koşulların unutulmasına doğru olan gelişmeler arasındaki ilişki henüz kurulabilmiş değil!

DENGE DURUMUNDAN UZAK KOŞULLAR

“Doğrusal olmayan termodinamiğin temelinde oldukça şaşırtıcı bir durum yatmaktadır. Bu durumla ilk karşılaşıldığında, hesaplamaların başarısızlıkla sonuçlandığı sanıldı. Bazı dizgelerde akılar kuvvetlerin doğrusal işlevi değildir. İşte bu tür dizgelerde, minimum entropi üretimi kuramının geçerli olmadığı sanıldı. Denge durumundan uzak durumlardaki dizgeler de belli bir durgun duruma doğru evrim geçirebilir. Ancak bu durum, artık, bir gizilgüç işlev

cinsinden betimlenemez. Anımsanacağı gibi, entropi üretimi denge durumuna yakın dizgeler için uygun bir biçimde seçilmiş olan bir gizilgüç işlevdir.

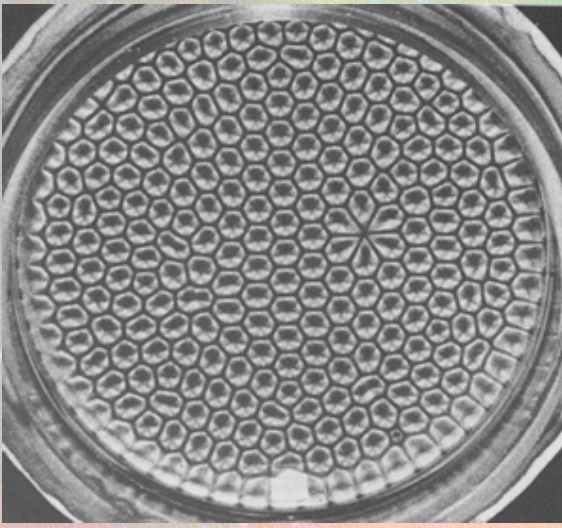
“Herhangi bir gizilgüç işlevin yokluğu yeni sorunlar yaratır. Örneğin, bir dizgenin evrim geçirerek ilerlediği durumların kararlılığına ilişkin neler söyleyebiliriz? Eğer **çekici** durumu, entropi üretimi gibisinden bir gizilgüç işlevin minimumu olarak tanımlarsak, kararlılığı güvenceye alabiliriz. Çalkantılar dizgeyi bu minimumdan ötelere sürebilir. Ancak, termodinamiğin II. yasası dizgeyi **çekici** duruma dönmeye zorlar. Dizge, çalkantılardan ‘bağışiktır’ diyebiliriz. Kısacası, bir potansiyelin tanımını yaptığımızda, **‘kararlı bir dünya’**yı tanımlamış oluyoruz. Dizgenin bu dünyada izlediği evrim çizgisi, dizgeyi kaçınılmaz olarak durgun durumlara götürür. Durgun duruma kavuşmuş olan dizge de bu durumdan biraz zor kurtulur.



“Diğer yandan, dizgeye etki eden termodinamik kuvvetler, dizgenin doğrusal bölgeden ayrılmasına neden olursa durgun durumdan sözedemeyiz; durgun durumun çalkantılardan bağışık olduğunu da söyleyemeyiz. Bu durumda kararlılığı fiziğin genel yasaları çerçevesinde inceleyemeyiz. Şimdi bir dizgenin veya aynı dizgenin çevresinin ürettiği çalkantılara durgun durumun nasıl tepki göstereceğini inceleyelim. ‘Kararsız’ durumdaki bir dizgede ortaya çıkan bazı çalkantıların genliği zamanla söneceğine giderek büyür ve tüm dizgeyi sarar. Büyüyen çalkantılar dizgeyi nitel olarak yeni bir oluşuma doğru evrim geçirmeye zorlar. Dizgenin büründüğü yeni nitel durum, minimum entropi üretimine karşılık gelen durgun durumlardan oldukça farklıdır.

“Akışkanlar dinamiğinde bu tür durumlarla sıkça karşılaşırız. Örneğin, akı oranı belli bir değere ulaştığında akışkanda *çalkantı* (*türbülans*) ortaya çıkar. Fizikçiler çalkantıyı uzun bir süre düzensizlik veya ‘gürültü’ olarak gördüler. Ancak bugün bu değerlendirmenin doğru olmadığını biliyoruz. Gerçekten de, büyük ölçeklerde gözlemlendiğinde *çalkantı*, düzensiz veya kaotik bir devinim görünümündedir. Küçük ölçeklerdeyse, tam tersine, son derece örgütlü bir devinimdir. *Çalkantı*da milyonlarca molekül *uyumlu* davranır. *Çalkantı*da ortaya çıkan devinim biçimlerinin uzay ve zaman ölçekleri gerçekten büyük çeşitlilik gösterir. Bu açıdan bakıldığında, *düzgün* (*laminar*) akışkandan *çalkantılı* akışkana geçiş, bir öz örgütlenme olarak düşünülebilir. *Düzgün* akış aşamasında moleküllerin ısısal devinimi, *çalkantı* aşamasında büyük ölçekli örgütlü devinime aktarılır.

“Durgun durumun kararsızlığına bir başka örnek *Bernard* kararsızlığıdır. Bu kararsızlık, yatay bir akışkan tabakasında ortaya çıkan dikine sıcaklık gradyentinden kaynaklanır. Dışarıdan verilen belli bir sıcaklıkla ısıtılan akışkan tabakasının alt yüzeyinin sıcaklığı üst yüzeyinkinden daha fazladır. Böylesine dayatılan sınır koşullarının bir sonucu olarak, alttan üste doğru sürekli bir ısı akışı oluşur. Dışarıdan dayatılan sıcaklık gradyenti belli bir sınır değere eriştiğinde, akışkanın durgun durumu kararsız duruma dönüşür. Durgun durumda ısı konveksiyonla değil iletkenlik yoluyla taşınır. Kararsız duruma giren akışkanda, molekül gruplarının, konveksiyon adı verilen *uyumlu* devinimi başlar. Konveksiyon ısı aktarım oranını arttırır. Kısacası, dizgeye dayatılan koşullar (sıcaklık gradyenti) dizgenin entropi üretiminin artmasına neden olur. Bu durum, minimum entropi üretimi kuramıyla çelişir. *Bernard* kararsızlığı görülmeye değer bir olaydır. Ortaya çıkan konveksiyon devinimi, dizgedeki karmaşık, uzaysal örgütlenmedir. Milyonlarca molekül, karakteristik boyutlara sahip altıgen konveksiyon hücreleri oluşturarak *uyumlu* devinime girerler.



“Boltzmann’ın *düzen ilkesi* entropiyle olasılık arasındaki bağı kurmuştu. Olasılık, *complexion* sayısı P ile belirtilmişti. $S = k \log P$ bağıntısını bu bağlamda kullanabilir miyiz? Moleküllerin hız dağılımlarının herbirine bir *complexion* sayısı karşılık gelir. Bu sayı, herbir moleküle bir hız biçerek elde edeceğimiz hız dağılım sayısını verir. Eğer dizge *moleküler karmaşa* içindeyse, *complexion* sayısı büyüktür; yani, moleküllerin alabileceği hız değerleri birbirinden olabildiğince farklıdır. ‘Dizgenin hız dağılımı (dispersion) geniştir’ denir. Bu durumun tersine, *uyumlu* devinim, birçok molekülün hemen hemen aynı hızda (küçük hız dağılımı) devinmesi anlamına gelir. Böylesi bir hız dağılımına karşılık gelen P *complexion* sayısı öylesine küçüktür ki, dizgede bir öz örgütlenme sürecinin ortaya çıkma şansı hemen hemen yok gibi görünür. Ancak vardır !... Görüldüğü gibi, herbir molekülür duruma *önceden* eşit olasılıklar biçen hipotezi kullanarak *complexion* sayısını hesaplamak bizi yanlış sonuçlara götürür. Eğer Boltzmann’ın *düzen ilkesini* Bernard kararsızlığına uygularsak, küçük ölçekli konveksiyon hücreleri biçiminde ortaya çıkan çalkantılar giderek sönmelidir. Gerçekte ise bunun tam tersi gözleniyor: genlikleri giderek büyüyen hücreler tüm dizgeyi sarıyor! Dizgeye dışarıdan dayatılan gradyentin kritik değerinin ötesinde yeni bir molekülür düzen kendiliğinden ortaya çıkıyor. Bu yeni düzen dev bir çalkantıdır ve çevresiyle erke alış verişine girerek kararlı bir duruma geçer.

“Denge durumundan uzak koşullarda Boltzmann’ın *düzen ilkesinin* temelini oluşturan olasılık kavramı geçerli değildir. Çünkü bu durumda ortaya çıkan yapılar, *complexion*ların maksimumuna karşılık gelmez. Aynı durumların minimum *özgür erkeyle* ($F = E - TS$) de ilişkileri yoktur. *Tüm farklılıkların ortadan kalkması* ve *ilk koşulların unutulması*, bu durumdaki dizgeler için genel

özelliklerden sayılmaz. Yaşamın kökenine ilişkin soru, bu bağlamda bir başka açıdan yine karşımıza çıkıyor. Yaşam, Boltzmann'ın *düzen ilkesi* ile kesinlikle uyuşmuyor. Denge durumundan uzak koşullarda ortaya çıkan davranışlar yaşama özgü davranışları andırmaktadır (*Bkz. EK 1 - ERP*).

“Klasik termodinamik bizi kristal benzeri ‘*dengeli yapılar*’ kavramına götürür. *Bernard* hücreleri de bir tür yapıdır, ancak doğası kristal yapıdan oldukça farklıdır. Bu nedenle, ‘erke saçıcı yapılar’ kavramını sunduk. Bu kavramla, iki olgu arasındaki yakın bir ilişkiyi vurgulamak istiyoruz. Bu ilişki, *yapı ve düzen* ile *erke saçılması* ve *atıklar* arasındaki aykırıkanısal ilişkidir. Daha önce de belirttiğimiz gibi, klasik termodinamikte ısı aktarımı bir atık veya yitiğin kaynağı iken, *Bernard* hücrelerinde düzenin kaynağı olur.

“Denge durumundan oldukça uzak bir ortam içinde bulunan bir dizgenin çevresiyle olan etkileşimi yeni türden bir dinamik dizgenin – erkek saçıcı yapıların – oluşumu için bir başlangıç noktası oluşturur. Erkek saçıcı yapılar, supramoleküler örgütlenmelerdir. Kristal yapıları tanımlayan parametreler, kristali oluşturan moleküllerin özelliklerinden, özellikle de bu moleküllerin çekici ve itici kuvvetlerinin etki uzaklıkları cinsinden türetilir. *Bernard* hücreleri ve diğer tüm *erkek saçıcı yapılar* (*ESY*) ise bu yapıları üreten denge dışı ortamların büyük ölçekli özelliklerinin bir yansımasıdır. *ESY* ları tanımlayan parametreler büyük ölçeklidir; uzay parametreleri, kristali oluşturan moleküllerarası uzaklıktan (10^{-8} cm) daha büyük olup birkaç cm dolaylarındadır. Benzer şekilde, zaman ölçekleri de moleküler titreşim zaman ölçeğinden (10^{-15} s) daha uzun olup, saniyeler, dakikalar hatta saatler düzeyindedir.

“Kimyasal tepkimelere dönecek olursak; kimyasal tepkimelerle *Bernard* kararsızlığı arasında temel farklılıklar vardır. *Bernard* hücresindeki kararsızlığın kökeninde mekanik nedenler vardır. Sıvı tabakasını alttan ısıtınca akışkanın alt kısmının yoğunluğu azalır ve denge merkezi yükselir. Bu nedenle, kritik bir noktanın ötesinde dizgenin ağırlık merkezinde bir kaymanın olması ve konveksiyonun başlaması hiç de şaşırtıcı değildir. Ancak, kimyasal tepkimelerde bu tür mekanik özellikler gözlenmez. Peki...kimyasal tepkimelerde öz örgütlenme bekleyebilir miyiz? Kimyasal tepkimeler denince usumuza, gelişigüzel hızlarla birbirlerine doğru kaotik bir biçimde devinen moleküller gelir. Böylesi bir tabloda öz örgütlenmeye yer olmadığı beklentisini hep taşıdık. Bu beklentinin doğru olmadığı, son zamanlara gelinceye dek anlaşılmadı. Ancak bugün, kimyasal tepkimelerde ortaya çıkan öz örgütlenmelere büyük ilgi vardır. Mekanik kararsızlıklarla kimyasal tepkimelerde ortaya çıkan kararsızlıklar arasında önemli bir farklılık daha vardır. *Tüm* akışkanlar, denge durumundan “yeterince” uzaklaştığında *çalkantı* gösterirler. Denge ile *çalkantı* arasındaki kritik aşama,

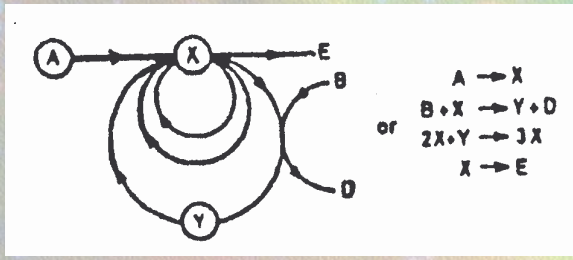
diğer bir deyişle ‘yeterince’nin ölçüsü, *Reynolds* sayısı adı verilen *boyutsuz* parametredir. Kimyasal tepkimelerde kararsızlığın ortaya çıkabilmesi için denge durumundan uzak olma gerekir ancak yetmez. Çoğu kimyasal dizgede, dizgeye dayatılan kısıtlamalar ve tepkime oranlarındaki değişiklikler ne olursa olsun *durgun* durum *kararlı* olarak kalır ve tıpkı *yakın denge durumunda* olduğu gibi düzensiz çalkantılar zamanla ve/veya uzayda söner. Bu söylediklerimiz, $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \dots$ türünden, *doğrusal* diferansiyel eşitliklerle anlatılabilen zincir dönüşümlerin gerçekleştiği dizgeler için doğrudur.

“Kimyasal bir dizgeyi ve dizgenin evrim sonucunda ulaştığı yeni durumu tedirgin eden çalkantıların yazgısı kimyasal tepkimelerin ayrıntılı mekanizmalarına bağlıdır. *Denge durumuna yakın* dizgelerin davranışıyla karşılaştırdığımızda, *denge durumundan uzak dizgelerin* davranış biçiminin daha özgün olduğunu görüyoruz. *Dengeden uzak dizgelerin* tüm davranışını türetebileceğimiz evrensel bir yasa yoktur. Herbir dizge kendine özgü davranışları olan birimlerdir.

“Bununla birlikte, kimyasal kararsızlıkların ortaya çıkabilmesi için gerekli bir koşulun varlığı ortaya çıkarılmıştır. Belli koşullar altında durgun durumun kararlılığını tehlikeye sokabilecek *tek tepkime aşaması*, ‘katalitik ilmikler’ aşamasıdır. Bu durumda, bir kimyasal tepkime ürünü kendi sentezinde kullanılır. “Katalitik ilmikler” bizi günümüz moleküler dirimbilimin önemli başarılarından birine yaklaştırdığı için önemlidir.

“Bugün, kimyasal kararsızlıklar üzerine yapılan çalışmalar oldukça yaygındır. Denge durumundan oldukça uzak koşullar üzerine hem kuramsal hem de deneysel çalışmalar yapıldığı gibi, bu konuyla ilgilenen bilim dalları arasında yalnızca matematik, fizik, kimya, dirimbilimi değil ekonomi ve toplumbilimi de görüyoruz.

“*Denge durumundan uzak* koşullardaki bir dizgede ortaya çıkan kimyasal kararsızlık sınırlarının ötesinde çeşitli yeni süreçler gözlenir. 1970 li yıllarda Brüksel’de geliştirilen ve adına “*Brusselator*” denen basit, kuramsal bir dizge vardır. Daha sonra, “*Oregonator*” ve “*Paloaltonator*” da geliştirildi.



Şekil 1. Kuramsal Brusselator'un şematik gösterimi.

A dan sentez edilen X, bir çapraz kataliz ilişkiyle Y üretir. X in kendisi E ye çözülür. X üçlü moleküler aşama sırasında Y den üretilir. Bunun karşılığında Y de X ile B ürünü arasındaki tepkimede senteze uğrar.

“Bu tepkimelerin ince ayrıntıları yerine, sundukları yeniliklere değinelim. Kritik bir noktanın ötesinde dizge durgun durumu kendiliğinden terkeder. Terkedişin nedeni *çalkantılardır*. Dizgenin ilk koşulları ne olursa olsun, kararlı bir dönemsel davranışa girer. Artık elimizde, **kimyasal saat** denen, dönemsel bir süreç var demektir. Bu, gerçekten de hiç beklenmeyen türden bir süreçtir. Bir benzetmeyle açıklamaya çalışalım: Elimizde, ‘kırmızı’ ve ‘mavi’ olmak üzere iki tür molekül bulunuyor olsun. Bir kutuyu iki eşit bölmeye ayıralım. Kutumuzun sol bölümünde herhangi bir anda daha fazla “kırmızı” molekül bulunması *moleküler kaostan* beklenen bir durumdur. Bir an sonra sol bölmedeki ‘mavi’ molekül sayısı artacaktır. Bu salınım sürüp gidecektir. Kısacası, tüm kutunun ‘mor’ görünmesini bekleriz. Kuşkusuz, ara sıra çakacak olan ‘mavi’ ve ‘kırmızı’ flaşları dışlamıyoruz. Ancak ilginçtir ki, **kimyasal saatte** gözlenen durum beklediğimiz durum değildir. Dizge bir an ‘mavi’ bir an sonra ‘kırmızı’, ansızın yine ‘mavi’ sonra yine ‘kırmızı’ görünerek renk değişimini sürdürür gider. Bu değişiklikler, *düzenli* zaman aralıklarında olur; **kimyasal saat uyumlu** bir süreçtir.

“Milyarlarca molekülün etkinliği sonunda ortaya çıkan çok üst düzeydeki bu düzen oldukça şaşırtıcıdır! Gerçekten de, **kimyasal saatler** gözlenmemiş olsaydı, bu sürecin olası olduğuna kimse inanmazdı. Dizgenin tüm renginin bir anda değişebilmesi için, moleküllerin kendi aralarında bir çeşit *iletişim* kurmuş olmaları gerekir. Dizge bir bütün olarak etkinlik göstermelidir. *İletişim* çok önemli bir sözcüktür. Bu sözcük, kimyadan nörofizyolojiye dek tüm alanlarda kullanılır. *Erke saçıcı yapılar* belki de *iletişim* için en basit fiziksel mekanizmayı sunuyorlar.

“**Kimyasal saat**lerden başka tür öz örgütlenmeler de vardır. Bu aşamaya dek yaptığımız incelemelerde *sızmayı* boşladık. Tüm kimyasal elementlerin

tepkime uzayında eşit dağıldığını varsaydık. Bu varsayım ile ereksel bir durum yaratmış olduk. Aslında, küçük çalkantılar değişik yoğunlaşmalara ve dolayısıyla *sızma*ya neden olacaktır. Bu nedenle, kimyasal tepkime eşitliklerine *sızmanın* da eklenmesi gerekir. **Brusselator**'un sızma–tepkime eşitlikleri, dizgenin sergileyebileceği davranış spektrumunu şaşırtıcı boyutlara çıkarır. *Denge* ve *denge durumuna yakın* koşullarda dizge uzaysal eşdağılım gösterir. *Denge durumundan uzak koşullarda sızma*, yeni türden kararsızlıkların ortaya çıkmasına neden olur. Bu kararsızlıklardan birinde, çalkantıların genliği o denli büyüyebilir ki, dizgenin başlangıçta sahip olduğu uzay bakışıklığı bozulur. Dizgenin sergileyebileceği *erke saçıcı yapı* türü yalnızca **kimyasal saat**lerle kısıtlanmaz. Titreşimler artık hem zaman hem de uzay bağımlı olabilir. Bu tür kararsızlıklar, *X* ve *Y* bolluklarının **kimyasal dalgaları**dır. *X* ve *Y* bollukları dizgeyi dönemsel olarak bir boydan bir boya geçer dururlar.

“Burada bir kez daha durup, uzaysal yapıların kendiliğinden oluşumunun, denge fiziği yasaları ve Boltzmann'ın *düzen ilkesi*yle ne denli çeliştiğini vurgulamalıyız. Bu tür yapılara karşılık gelen *complexion* sayısı, tekdüze dağılımdaki *complexion* sayısına kıyasla son derece küçüktür. *Denge durumu dışındaki* süreçlerin ortaya çıkardığı durumlar, klasik açıdan bakıldığında **imkansız** görünür.

“Eğer sorunu bir yerine iki veya üç boyutta ele alırsak, bir dizgenin belli *sınır koşulları* altında sergileyebileceği *erke saçıcı yapı* sayısı daha da artar.

“Lyapanov ve Poincare'in klasik çalışmalarından bu yana matematikçiler, **odak** adı verilen karakteristik noktaların ve **limit çevrim (limit cycle)** adı verilen karakteristik doğruların, kararlı dizgeler için ‘**çekiciler**’ olduğunun ayırdındaydı. Prigogine'in çalışmalarında yeni olan şey, bu kavramların kimyasal dizgelere uygulanmasıdır. Tepkime–sızma dizgelerindeki kararsızlıklar üzerine yapılan çalışmalar ilk kez 1952 yılında Turing tarafından yayınlandı. Son yıllarda daha birçok yeni ‘**çekici**’ nin tanısı yapıldı.

“İnorganik kimyada bilinen en iyi örnek **Belousov–Zhabotinsky** tepkimesidir. Bu tepkime, 1960 lı yılların başlarında bulunmuştur. Daha sonra Noyes ve arkadaşları bu tepkimeye karşılık gelen **Oregonatoru** geliştirmişlerdir. **Oregonator** özünde **Brusselator**a benzemesine karşın daha karmaşıktır. **Belousov–Zhabotinsky** tepkimesi, *cerium*, *manganese* veya *ferroin* gibisinden katalistlerin varlığında, bir organik asidin (malonik asit) *potasium bromate* aracılığıyla okside edilmesinden oluşur. Çeşitli deneysel koşulların hazırlanmasıyla aynı dizgenin farklı öz örgütlenme biçimleri sergilediğine tanık

oluyoruz: *kimyasal saatler, kararlı uzaysal farklılaşmalar* veya kimyasal etkinliklerin ortaya çıkardığı ve büyük uzaklıklara değin yayılan *dalgalar*.

“Şimdi aynı gelişmeleri, günümüzün büyük ilgi alanı olan moleküler dirimbilimde izleyelim. İnorganik süreçlerde öz örgütlenmenin temel koşulunun katalitik etkiler olduğunu biliyoruz. *Doğrusal olmayan* tepkimelerin ortaya çıkardığı etkiler, bu etkilerin *nedenleri* üzerine bir *geribesleme* etkisinde bulunurlar. Bu tür geribesleme etkileri inorganik dünyada görelî olarak daha azdır. Ancak, moleküler dirimbilimde yapılan çalışmalar *geribesleme* etkilerinin yaşam süreçlerinde bir *kural* olduğunu göstermiştir. Metabolik işlevlerin uyumunu sağlayan düzenleme süreçleri, 1) *otokataliz* (*X* elementinin varlığı kendi sentezini hızlandırır); 2) *öz engelleme* (*X* in varlığı *X* in sentezi için gerekli olan katalizi engeller) ve 3) *çapraz kataliz* (iki farklı tepkime zincirinin üyesi olan elementler birbirlerinin sentezini devinime geçirir). İnorganik kimyada öz örgütlenme sürecine katılan moleküller basit ve süreçler karmaşık iken, moleküler dirimbilimdeki süreçlerde tepkime zinciri basit ve moleküller (proteinler, nükleik asitler, vb) karmaşıktır. Burada fizik ile dirimbilim arasındaki ayrımı belirten bir öğeyle karşılaşırız. Dirimsel dizgelerin bir *geçmişi* vardır. Bu dizgeleri oluşturan moleküller bir evrimin sonucudur; bunlar seçilmiş moleküllerdir. Bunların görevi bir dizi otokatalitik süreçlerde yeralmaktır. Otokatalitik süreçler de örgütlenmenin biçimini belirler. Metabolik engellemeler ve metabolik devinime geçirmeler bir ağ oluşturur. Bunları anlamak, dirimsel dizgelerin işlevsel mantığını anlamada yardımcı olacaktır. Gerektiği anda sentezleri başlatmak ve kullanılmayan yan ürünler hücre içinde birikmeye başlayınca ilgili kimyasal tepkimeleri engellemek dirimsel dizgelerin tipik bir örgütlenme biçimidir.

“Genetik bilgilerin aktarılımı ve kullanımını sağlayan temel bir süreç vardır. Bu süreç de bir ‘*geribesleme ilmiği*’ (*feedback loop*)dir; *doğrusal olmayan* bir süreçtir. Hücre oluşumu ve işlevi için gerekli olan bir dizi temel proteinler vardır. Bunların sentezi için gerekli olan bilgi, sıralı bir dizi biçiminde *DNA* (*Deoxyribonucleic acid*) moleküllerinde depolanmıştır. *DNA* moleküllerinin kendisi de bir dizi tepkimelerde yeralır. Bu tepkimelerde, *DNA* moleküllerindeki bilgi, farklı protein dizileri biçiminde çevirilir. Senteze uğramış olan moleküller arasında bulunan bazı enzimler bir *geribesleme* etkisi uygular. Bu etki, bir yandan çeşitli dönüşüm aşamalarını, diğer yandan da *DNA* moleküllerinin yinelenmesini sağlayan otokatalitik süreci devinime geçirip denetler. Otokatalitik süreçte genetik bilgilerin çoğalması hücre çoğalmasıyla aynı anda olur.

“Burada *fizik* ile *dirimbilimin* yakınlaşmasına tanık oluyoruz. Fizik açısından baktığımızda, ereksel durumdan olabildiğince uzak ve denge durumu

termodinamiği cinsinden ele alınabilecek “karmaşık” durumlar sözkonusudur. Diğer yandan, moleküler dirimbilim, canlı yapıların görelî olarak az sayıda temel biyomolekül cinsinden ele alınabileceğini gösterdi. Bu arada kimyasal süreç çeşitliliğini araştırarak, metabolik tepkime zincirlerini, bu zincirlerin herbirinin kritik aşamalarıyla ilişkisi olan enzimlerin denetim, engelleme ve devinime geçirme gibisinden katalitik işlevlerinin karmaşık mantığını da çözdü. Bu açıdan bakıldığında moleküler dirimbilim, *denge durumundan uzak koşullarda* ortaya çıkan kararsızlıklar için küçük ölçekli modeller oluşturma olanağı sunar.

“Canlı dizgeler bir anlamda iyi örgütlenmiş bir fabrikaya benzer. Bu dizgeler, hem birçok kimyasal dönüşümlerin gerçekleştiği hem de çok üst düzeyde oluşmuş uzay – zaman örgütlenmelerinin ortaya çıktığı yörelerdir. Bu fabrikadaki biyo – kimyasal özdek dağılımı da tekdüzelikten oldukça uzaktır. Bu aşamadan sonra artık *işlev* ile *yapının* bağıını kurabiliriz. Bu konuda, son yıllarda üzerinde yoğun ve ayrıntılı çalışmaların süregeldiği iki örnekten söz edebiliriz. Bunlardan biri *glikoliz* diğeri de *Acrasiales amoebas* dır. Önce *glikoliz*. *Glikoliz*, metabolik tepkimeler zinciridir. Bu zincir, glikozun parçalanıp erke yönünden zengin bir özdek olan *ATP* nin (*Adenosine triphosphate*) ortaya çıktığı bir süreçtir. *ATP* tüm canlı hücreler için gerekli bir erke kaynağıdır. Parçalanmış herbir glikoz molekülü için iki *ADP* (*Adenosine diphosphate*) molekülü iki *ATP* molekülüne dönüşür. *Glikoliz*, dirimbilimle, denge durumundan uzak koşulların kararlılığını inceleyen çalışmaların birbirini tamamlayıcı çalışmalar olduğunu gösteren çarpıcı bir örnektir. Biyokimyasal deneyler, *glikolitik* çevrimlerdeki konsantrasyonların zamanla titreştiğini göstermiştir. Tepkime dizisinde bu titreşimleri saptayan önemli bir aşama vardır. *ADP* bu aşamanın oluşması yönünde çabalarken, *ATP* de aynı aşamayı engelleme yönünde çalışır. *Doğrusal olmayan* bu süreç, metabolik işlevlerin düzenlenmesi mekanizmasına çok iyi bir örnektir. Gerçekten de, erke deposunu kullanmaya yönelmiş olan hücre *fosfat* bağlarını kullanır. Bu durumda *ATP* *ADP* ye dönüşür. Hücre içinde *ADP* birikimi, yoğun bir erke tüketimi olduğuna ve erke depolarının yenilenmesi gerektiğine işaret eder. Diğer yandan *ATP* birikimi de, *glikoz* parçalanmasının yavaşladığı anlamına gelir.

“Bu süreç üzerine yapılan kuramsal çalışmalar, sürecin zaman titreşmesine eğilim gösterdiğini saptamıştır. Titreşimi üretecek olan kimyasal konsantrasyonun kuramsal değeri ve çevrimin dönemi deneysel verilerle tutarlı görünüyor.

“Termodinamik açıdan bakıldığında, canlı bir dizge çok karmaşık görünür. Bazı tepkimeler denge durumuna yakın bazıları uzaktır. Canlı bir dizgedeki herşey ‘canlı’ değildir. Dizgede akan erke bir nehrin akışına benzetilebilir.

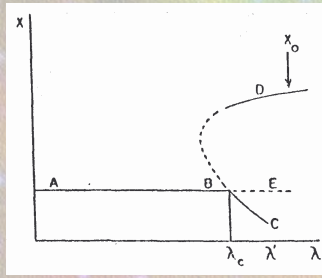
Genellikle düzenli bir biçimde akan nehir zaman zaman şelaleler oluşturur ve bir tür erkesinin bir kısmını çevreye saçar.

“Kararlılık açısından ele alınarak çalışılmış olan diğer bir dirimsel süreç, tek hücreli ve çok hücreli dirimbilim sınırının ilginç bir örneğidir: *Acrasiales amoebas (Dictyostelium discoideum)* Bu amip türünün yaşayıp çoğaldığı çevre besin yönünden zayıfladığında, türün geçirdiği dönüşüm izlenmeye değer bir dönüşümdür. Tek tek ve yalıtılmış hücrelerden oluşan bu topluluk, onbinlerce hücreden oluşan bir tek kütleye dönüşmek üzere birleşir. Bu gelişme, çevreye uyumun çok çarpıcı bir örneğidir. Topluluk, kullanabildiği kaynakları tüketinceye dek bir bölgede yaşar. Daha sonra bir dönüşüm geçirerek devinim yeteneği kazanır ve başka çevreleri işgal etmek üzere göçe başlar. Amiplerin göç etmek üzere toplanmaya başladığı sürecin ilk aşamasında bir yer değiştirme dalgası göze çarpar. Amipler, kendiliğinden oluşmuş olan bir “çekim özeğine” doğru atmalı (pulsative) devinimlerle yaklaşırlar. Deneysel ve kuramsal çalışmalar, göçün çevrede varolan önemli bir özdek gradyentine doğru olduğunu saptamıştır. Bu özdeğe ‘*çevrimsel AMP*’ denir. *AMP*, bir amibin dönemsel olarak ürettiği ‘çekim özeği’dir. Daha sonra bir tür iletişimle, diğer amipler de *AMP* üretir. Burada da önemli bir *kimyasal saate* tanık oluyoruz. Bu saatler, yeni türden *iletişim* araçlarıdır. Amipler arasındaki öz örgütlenme süreci, hücreler arasında *iletişimin* kurulmasına götürür.

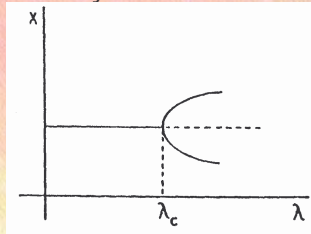
“Amiplerin birleşerek bir topluluğa dönüşmesi, ‘*çalkantılardan doğan düzen*’ olarak tanımlanan sürece ilginç bir örnektir. Çekici bir özegin oluşması ve *AMP* salınması, *metabolik rejim* olarak adlandırdığımız besin deposunun tükenmesi anlamına gelir. Besin yetersizliğinin başgösterdiği koşullarda amiplerden biri dönemsel *AMP* üretimine başlar. Daha sonra, bu amip çekim özeği olur ve düzensiz çalkantıların ortaya çıkmasına neden olur. Çalkantıların genliği zamanla büyür ve tüm topluluğu sarar; çalkantılar amiplerin örgütlenmesini sağlar.

BAKİŞİKLİĞİN BOZULMASI - SAPAK NOKTALARI

“Denge veya dengeye yakın koşullar için bir tek durgun durum vardır. Durgun durum, dizgeyi denetleyen parametrelerden bazılarının değerlerine bağlıdır. Örneğin, *Brusselator*daki *B* özdeğine denetleme parametresi (λ) diyelim.

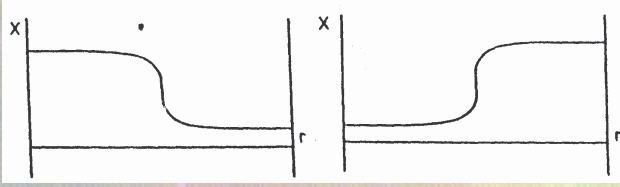


Şekil 2. Denge durumundan uzak koşullara gelindiğinde sapak noktalarının ortaya çıkışı. Şimdi B nin değerini artırıp dizgenin durumundaki değişikliği inceleyelim. Bu yolla dizgeyi denge durumundan giderek uzaklara sürelim. Belli bir noktada grafiğin ‘termodinamik kolunun’ eşiğine (*threshold*) dayanacağız. Daha sonraki noktaya ‘*sapak*’ (*bifurcation*) noktası denir. Termodinamik kol, B ile gösterilen *sapak* noktasında çalkantılara karşı kararsız duruma gelir. Denetleme parametresinin λ_c değeri için dizge üç ayrı durgun durumda bulunabilir: C , E , D . Bunlardan ikisi kararlı biri kararsızdır. Dizgenin davranışını tarihi belirleyecektir. Eğer λ nın değerini yavaş yavaş yükseltirsek, dizgenin izleyeceği yol, A , B , C biçiminde olacaktır. Bunun tersine, yüksek X değerleriyle başlayıp λ nın değerini sabit tutarsak, büyük bir olasılıkla D noktasına erişiriz. Gelinecek olan nokta, dizgenin tarihine bağlıdır. Dirimsel ve toplumsal olayları yorumlarken tarihi sıkça kullanırız. Ancak, kimyasal süreçlerin anlaşılması için de tarihin kullanılması gerektiği hiç beklenmeyen bir sonuçtur.



Şekil 3. Sapak noktasında iki yeni kararlı çözümün ortaya çıkışı.

“Şimdi Şekil 3 deki *sapak* çizgesini (diyagramını) inceleyelim. Bu şeklinin Şekil 2 den olan ayrımı şudur: *sapak* noktasında *iki* yeni kararlı çözüm ortaya çıkar. Bu da yeni bir soruyu gündeme getirir: *sapak* noktasına ulaşan dizge evrimine hangi yoldan devam edecek? Dizge, iki seçenektan birini ‘seçme’ durumuyla karşı karşıya kalıyor. Heriki çözüm de, X özdeğinin tekdüze olmayan uzay dağılımlarını simgeler (Şekil 4,5). Adı geçen çözümler birbirinin ‘ayna’ görüntüsüdür. Yoğunluk birinde ‘*solda*’ daha fazladır. Dizge seçimini nasıl yapacak? Bu aşamada, ortadan kaldırılması olası olmayan bir *şans*, *raslantısallık* ögesi sözkonusudur. Dizgeyi tanımlayan büyük ölçekli eşitlikler dizgenin izleyeceği yolu öngöremezler.



Şekil 4, 5. X özdeşinin yoğunluğu soldaki şekilde solda daha fazla; sağdaki şekildeyse sağda daha fazladır.

“Bu noktada, küçük ölçekli tanımlamalardan yardım beklemek de sorunumuzu çözmiyor. ‘*Sol*’ ve ‘*sağ*’ arasında da bir ayrım yoktur. Klasik olasılığın zar problemindeki *şans* sorunuyla karşılaşırız. Denebilir ki, eğer deneyi birçok kez yinelersek, *sapak* noktasının ötesine geçen dizge % 50 ‘*sol*’ % 50 ‘*sağ*’ yapıları yeğleyecektir. Savunulabilir mi bilemiyoruz; ancak yaşadığımız çevrede bazı temel bakışıklıkların bozulmuş olduğuna tanık oluyoruz. Pasteur, bozulmuş olan bakışıklıkta yaşamın özelliklerini görüyor. Yaşam için en gerekli nükleik asit olan *DNA*nın sol el kıvrımları biçiminde bir sarmal yapı oluşturduğunu biliyoruz. Bu bakışsızlığın kaynağı nedir? *Bir yanıt*: sol el sarmalı, olası iki süreçten birini yeğleyen özgün bir olaydır. Daha sonra bir otokatalitik süreç başlamakta ve sol el sarmal yapı başka bir sol el sarmal yapıyı üretiyor. *Bir başka yanıt*: sol ve sağ el sarmal yapılar arasında bir ‘savaş’ sürüyor ve bu savaştan biri utkuyla ayrılıyor. Ancak bunlar henüz doyurucu yanıtlar olmaktan uzaktır. ‘Özgün’ olaylar biçiminden tanımlamalar yetersiz kalıyor. Bu sorulara daha dizgeli ve doyurucu yanıtlar bulmalıyız.

“Son zamanlarda özdeğe ilişkin önemli bir bulgu gerçekleşti: *denge durumundan uzak koşullarda* özdek yeni ve temel özellikler kazanır. Çekim alanı gibisinden dizge dışı alanlar dizge tarafından ‘algılanır’ ve dizgenin kendisine *desen* (pattern) seçmesinde kullanılır.

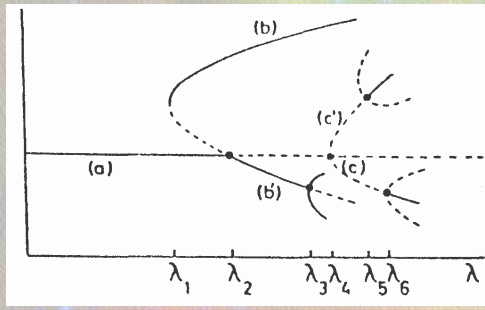
“Dizgenin dışındaki bir alan (*çekim alanı*) dizgenin denge durumunu nasıl değiştirebilir? Bu sorunun yanıtını Boltzmann’ın *düzen ilkesi* verir: dengenin bozulmasında rol oynayan temel nicelik *gizilgüç erke / ısısal erke* oranıdır. *Bernard* hücrelerini anımsayınız. Mekanik açıdan baktığımızda hücrenin kararsızlığı ısınma sonucunda akışkanın yoğunluğunun azalması ve çekim özdeşinin yükselmesidir. Diğer bir deyişle, burada çekim kuvveti önemli bir rol oynuyor. *Bernard* hücresinin kalınlığı birkaç mm olmasına karşın yeni bir yapının doğmasına neden olabiliyor. Çekim kuvvetinin, böylesine ince bir akışkan tabakasına denge durumunda uyguladığı etki boşlanabilir; ancak, sıcaklığın ortaya çıkardığı *denge dışı durumda* çekim etkisinin büyük ölçekli sonuçları bu ince

akışkan tabakasında bile gözlenebiliyor: *denge dışı durum* çekim alanının etkisini büyütür.

KAOSA GEÇİŞ - SAPAK NOKTALARI SAĞANAĞI

“Denge durumundan belli bir kritik uzaklıkta ortaya çıkan *Bernard* hücrelerini yeni bir açıdan ele alalım. Isısal dengeden daha da uzaklaşırsak, konveksiyon hücrelerinin zamanla titreşmeye başladığına tanık oluruz. Uzaklaşmayı sürdürürsek, titreşim frekans sayısının da arttığını ve sonunda *çalkantıya* geçtiğimizi görürüz. Frekanslar arasındaki etkileşim büyük boyutlarda *çalkantıların* üremesine neden olabilir. Sapak noktaları çizgesinde parametrelerin bu tür değerlerine karşılık gelen bölge ‘*kaos*’ bölgesi olarak anılır. *Bernard* kararsızlığı gibi durumlarda düzen veya *uyum*, ısısal *kaosla* denge dışı *çalkantılı kaos* arasına sıkışıp kalmıştır. Gerçekten de, eğer sıcaklık gradyentini arttırmayı sürdürürsek, konveksiyon desenleri daha da karmaşık duruma gelir, titreşimler ortaya çıkar ve konveksiyonun düzenli görüntüsü büyük oranlarda bozulur. Ancak, ‘*denge durumundaki ısısal kaos*’ ile ‘*denge dışı durumdaki çalkantılı kaos*’ birbiriyle karıştırılmamalıdır. Denge durumunda gerçekleşen ısısal *kaostaki* tüm uzay ve zaman ölçekleri moleküler boyutlara sahipken, *çalkantılı kaosta* karşılaştığımız çok sayıdaki uzay ve zaman ölçekleri o denli büyük boyutlardadır ki, dizge kaotik görünür. Kimyada, düzen ile kaos arasındaki ilişki çok karmaşıktır. Çoğu durumlarda ‘düzen’ ve ‘kaos’ sözcüklerinin anlamlarını ayırdetmek son derece zordur.

“Şimdi, ‘kaos’a giden basit ancak çarpıcı biçimde açıklayıcı bir yolu izleyelim: *Feigenbaum dizisi*. Bu dizi, dönemsel davranış içinde bulunan herhangi bir dizgenin genel özelliğidir. Parametre değerleri belli bir aralıkta bulunan dizgenin *T* dönemiyle dönemsel davranış sergilediğini düşünelim. Parametre değerleri ilgili aralığın dışına çıktığında dizgenin dönemi *2T* olur. Parametre değerleri bir başka eşiğin ötesine taşındığında, dizgenin dönemsel davranışını sürdürebilmesi için dönemin *4T* olması gerekir. Böylece dizge, ardarda gelen sapak noktalarıyla betimlenir. Herbir aşamada dönem ikiye katlanır. Dönemin ikiye katlanma sürecini sınırsız olarak arttırsak, dizge, basit dönemsel davranıştan karmaşık ve dönemsel olmayan davranışa doğru tipik bir yol izler. Bu diziye ilk kez Feigenbaum bulmuştur.



Şekil 6 Feigenbaum dizisi.

Feigenbaum dizilerinin temsil ettiği dizgelerde ortaya çıkan belirlenebilir (deterministik) ve gelişigüzel (stokastik) öğeler dizgenin tarihini çizer. Denetleme parametresinin λ_6 değerine bakacak olursak, dizgenin kararlı ve kararsız davranış sayısının oldukça kabarık olduğunu görürüz. Denetleme parametresi büyüdükçe dizgenin evrimini gösteren ‘tarih’ çizgisi ardarda gelen kararlı ve kararsız bölgelerden geçer. Kararlı bölgelerde belirlenebilirlik özelliğine sahip yasalar geçerlidir. **Sapak** noktaları yakınlarında dizge kararsızdır ve kendisine sunulan olasılıklardan birini ‘seçerek’ geleceğini belirler. Belirlenebilirlik özelliğine sahip yasalarla düzensiz çalkantılar birbirinden ayrılamaz bir biçimde örülmüştür. Zorunlukla raslantısallığın karışımı dizgenin tarihini oluşturur.

“Sık sık yinelemekte yarar görüyoruz: bugün fizik ve kimya alanlarında klasik kavramlar gözden geçiriliyor. İlgi alanı *denge* durumundan *denge dışı* duruma kayıyor. **Sapak** noktasına gelindiğinde, moleküllerin uzayda uzun erimli ilişkileri sözkonusu oluyor. Moleküler ölçeklerde ele aldığımızda birbirinden olabildiğince uzak olan moleküllerin birbiriyle bağı kuruluyor. Yerel olaylar veya çalkantılar veya tedirginlikler tüm dizgede yineleniyor. Bu tür uzun erimli ilişkiler *denge* durumundan *denge dışı* duruma geçişlerde gözleniyor. Bu açıdan bakıldığında geçiş, evre geçişini andırıyor. Ancak, uzun erimli ilişkilerin başlangıçtaki genliği, *denge* durumundan uzaklaştıkça büyür ve **sapak** noktalarında ‘sonsuz’ büyük değerler alır.

“Uzun erimli ilişkiler moleküler iletişime bir anlam kazandırdığı için ilginçtir. Dizge, daha henüz **sapak** noktasına gelmeden uzun erimli ilişkiler aracılığıyla örgütlenir. *Denge dışı durum düzenin kaynağı olur*. Moleküller, *denge* durumunda bağımsız varlıklar gibi davranır, birbirlerini dikkate almazlar. Bu nedenle, *denge* durumundaki moleküllere ‘**hypnonlar**’ (uyurgezerler) denir. Herbiri, usa gelebilecek en büyük karmaşıklığa sahip olmasına karşın, birbirine karşı kayıtsızdır. Ancak, *denge dışı* durum ‘uyurgezerleri’ uyandırır ve *denge* durumu koşullarına oldukça yabancı olan **uyumu** (coherence) gündeme getirir.

“Bu aşamada karşımıza başka bir soru çıkar: dizgenin karmaşıklığı ve dizgede ortaya çıkan çalkantılar dizgenin yapısal kararlılığını ne denli etkiler? Dizge ne denli karmaşıksa, kararlılığını tehlikeye düşürebilecek çalkantı türü de o denli çoktur. O zaman nasıl oluyor da ekolojik veya insan örgütlenmeleri gibisinden karmaşık dizgeler varlıklarını sürdürebiliyor? Bu dizgeler nasıl oluyor da sürekli karmaşa durumundan kaçınabiliyor? İletişim ve/veya sızma gibisinden kararlı durumu sağlayıcı etkiler bu sorulara kısmen yanıt verebilir. Karmaşık dizgelerdeki türlerin ve bireylerin birbiriyle çok çeşitli etkileşim içinde olduklarını biliyoruz. Bu dizgelerin çeşitli bölgeleri arasında süregelen sızma ve iletişim, kararlılığın sağlanmasında etkin rol oynar. İletişim yoluyla kararlılığı koruma ve çalkantı yoluyla kararsızlık ortaya çıkarma eğilimleri bu tür dizgelerde birbiriyle sürekli yarışır. Bu yarışın sonucu kararlılığın sınırını belirler. Bu gelişmeler, yarışmalar, sözcüğün tam anlamıyla **evrimdir**. Tepkime sızma eşitliklerinde olsun, çalkantı durumundaki akışkanlarda olsun evrimin kesin bir çizgisi yoktur. Dizge, **sapak** noktasının heriki yanına doğru da evrim geçirebilir.

“Ancak, dizgenin boyutlarını **sapak** parametresi olarak alırsak durum farklı olur. Bu tür dizgeler zamanla tersinemez büyüme, tersinemez evrim üretir. Bu evrim ister ekolojik ister toplumsal olsun, bileşenlerini zamanla değişmeyen, durgun varsayamayız. Bu nedenle evrim, dizgenin tanımını değiştirecektir. Dizgenin tanımının yanı sıra yapısal kararlılığı da değişikliğe uğrar. Dizgeye küçük niceliklerde sunulan yeni bileşenler, dizgenin eski bileşenleri arasında bir dizi yeni tepkimelere yolaçar. Yeni tepkimeler dizisi, dizgenin bir önceki işlevsel biçimiyle yarışa girer. Eğer dizge bu tür yeniliklere karşı ‘yapısal’ olarak kararlıysa, yeni işlev biçimi kendini dizgeye kabul ettiremeyecek ve ‘yenilikçiler’ de varlıklarını sürdüremeyeceklerdir. Ancak, yapısal çalkantı kendini başarılı bir biçimde dayatırsa, yani dizge çalkantıyı ortadan kaldıramadan önce çalkantı tüm dizgeyi sararsa, dizge yeni bir işlev biçimini onamak zorunda kalacaktır. Bunun sonucunda dizgenin etkinliği yeni bir biçime bürünecektir. Burada vurgu, dizgenin küçük ölçekli yapısıyla büyük ölçekli yapısı arasındaki ilişkidir. Evrimci kuramların en önemli sorunlarından biri, büyük ölçekli **yapılarla** küçük ölçekli **olaylar** arasında kaçınılmaz bir biçimde ortaya çıkan **geribesleme** süreçlerindedir. Diğer bir deyişle, küçük ölçekli olayların ortaya çıkardığı büyük ölçekli yapılar, küçük ölçekli süreçleri yeniden düzenleyecektir.

“Fizikten ödünç alınarak, dirimsel ve toplumsal evrimlerde, ekonomik süreçlerde kullanılan kavram ve yöntemlerin kullanılmasını haklı göstermek olası değildir. Haklı gösterilmenin ötesinde bu kavram ve yöntemlerin kullanılışı büyük şanssızlıktır. Bu örnekler içinde en yaygın olanı **eniyelemedir** (*optimizasyon*). Leibnitz’in geliştirmiş olduğu felsefe, ‘içinde yaşadığımız dünya, olası dünyalar

içinde en iyi olanıdır' biçiminde sözele dökülmüştür. İnsan toplumlarının yönetim biçimi ve ortaya çıkan baskı öğeleri birey ve grupların davranışlarını 'yontacak' yöndedir. Ancak, birey ve grupların varlıklarını sürdürme savaşımında, **eniyelemeyi** önemli bir parametre olarak almak, **neden** ile **sonucu** birbirine karıştırmak tehlikesini de beraberinde getirir. **Eniyeleme** modelleri ne kökten dönüşüm olasılıklarını ne de dizgeye dayatılan eylemsiz kısıtlamaları dikkate alır. Bu kısıtlamalar, dizgeyi eninde sonunda felakete sürükleyebilir. Hem eylemsizliği hem de öngörülemez olayların olasılığını dikkate alabilmek için tarihin '**açık**' karakterini, özünde varolan temel belirsizliği unutmamalıyız".

'**Açıklık**' ilkesi, Karl Popper'ın, *The Open Universe* adlı eserinde tanımladığı gibi anlaşılmalıdır: '*Gelecek, hiçbir biçimde geçmiş veya şimdiki zamanda içerilmemiştir*' (s. 3). '*Laplace*'ın ve dalga mekaniğinin düşlediği kapalı evreni yadsımak, *usa en yakın davranıştır. Evrenimiz kısmen nedensellik, kısmen olasılık ilişkilerinin geçerlikte olduğu ve kısmen de açık, yani sürekli yeni şeylerin ortaya çıktığı bir evrendir*' (s. 130).

"Bu aşamaya dek gerçeği kuş bakışı gözledik. **Aley, plazma, lazer** gibi çok ilginç konulara değinmedik. Bu oluşumlar, denge dışı ortamlarda gelişen kararsızlıklardır. Doğa, çeşitlilik ve yenilik yönünden oldukça zengindir. Kavramlar evrim geçiriyor; zaman yeniden 'keşfediliyor'. Zamanın değişik özellikleri fiziğe giderek daha çok sızıyor. Klasik fiziğin özünde bulunan '**sonsuz bilgiye sahip olma tutkusu**' giderek bırakılıyor. Doğa bilimleri ve toplum bilimlerine *tarih* giderek daha çok giriyor. *Zaman*, şimdi de fizik bilimine girmeyi başarmıştır.

"Kararsızlıklar ve tersinemez süreçler yumağı olan *yaşam*, fizikçilere artık 'düşen cisim' denli doğal geliyor! Doğal, öz örgütlenme süreçleriyle, düşen cisimlerin ortak yanı nedir? Kuvvetler ve yörüngeler bilimi olan dinamikle karmaşıklıklar, doğal evrimler ve süreçler bilimi olan dirimbilim arasındaki bağ nedir?

"19. yüzyılın sonlarında tersinemezliğin sürtünme, viskozite ve ısınmayla bağı olduğu düşünülüyordu. O zamanlar tersinemezlik, beceriksizliğimize, makinelerimizin kusurlu oluşuna bağlanıyordu. Doğanın tersinir süreçlerden oluştuğu sanılıyordu. Bugün bu düşünceleri savunmak artık olası değildir. Fizik bile tersinemez süreçlerin yapıcı rolünü onamış durumdadır.

"Artık sorumuzu sorabiliriz: Basit, temel davranışlarla ilgilenen fizik ile karmaşıklıklar, çeşitliliklerle ilgilenen dirimbilim arasındaki ilişki nedir? Doğaya bakış açıları birbirinin tam tersi olan bu iki bilim dalı arasındaki ilişki nedir? Aynı dünyaya iki farklı biçimde bakabilir miyiz?

“Newton zamanında olduğu gibi bugün de bu iki bilim dalı karşı karşıya gelmiş durumda. Bilimin üretmiş olduğu ilk sentezin, Newton sentezinin niçin başarılı olamadığını şimdi anlamış bulunuyoruz. Kuvvetler etkileşimi özdeğin sergilediği karmaşık ve tersinemez davranışları açıklayamaz. Peki, o zaman, *varoluş (Being)* ile *süregelen (becoming)* arasındaki boşluğa köprüyü nasıl kuracağız? Birbiriyle çelişki içinde olan ancak içinde yaşadığımız dünyayı bize uyumlu bir biçimde anlatacak olan bu iki kavrama da gereksinmemiz var!

ZAMANIN YENİDEN “KEŞFİ”

“Whitehead’e göre, ‘Doktrinlerin çatışması bir felaket değil, olanaktır’. Eğer bu saptama doğruysa, bugün karşı karşıya gelmiş olan dinamik ile termodinamiğin çatışması bilim için iyi bir olanak yaratmıştır diyebiliriz. Doktrinlerin çatışması, *varoluş* ile *süregelen* arasındaki çelişki, yeni bir dönüm noktasına ulaştığımızı, yeni bir senteze gereksinim olduğunu muştuluyor. Newton mekaniği ve felsefesinin en büyük isteği, gözlemciyi devreye sokmadığı için, evrensel, belirlenebilir ve nesnel; zamandan bağımsız olduğu için de tamamlanmış (complete) bir bakış açısı sunmaktı.

“Bugün, *zaman nedir?* sorusuna yeni bir yanıt aranıyor. Sık sık yineliyoruz, klasik bilim *duraganlığı* vurguladı. Bugünkü deneyimimiz ise *değişiklik* ve *evrimi* ön saflara çıkarıyor. Gökyüzüne baktığımızda uysal, öngörülebilir yörüngelerin yanı sıra, kararsız, patlamalı kuazarları, atarcaları, etkin gökadalara görüyoruz. *Zaman*, yalnızca dirimbilim, yerbilim ve toplumbilime değil, geleneksel olarak dışlandığı küçük ve büyük ölçekli evrene de girdi. Yalnızca yaşamın değil, *artık* evrenin de bir tarihi var! Bu gelişme çok derin anlamlar taşıyor”.

Prigogine’in düşüncelerindeki sürekliliği bozmadan bir anımsatma yapmak gerekirse, şunları söyleyebiliriz: Evren modellerine ilişkin ilk kuramsal bildiri, 1917 yılında Einstein tarafından yayınlandı. Bu model evreni statik ve *‘zaman’*sız bir biçimde sundu; Einstein, Spinoza’nın dünya görüşünü fiziğe taşıdı. Daha sonra beklenmedik bir gelişme oldu. Einstein eşitliklerinin zamana bağlı çözümlerinin de olduğu anlaşıldı. Bu bulgular, Rus gökbilimci Friedmann ve Belçikalı gökbilimci Lemaitre’nin çalışmalarından geldi. Daha sonra Hubble ve arkadaşları, gökadalarn görünürdeki parlaklıklarıyla kırmızıya kaymaları arasında gözlemsel bir yasa buldular. Friedmann, Lemaitre ve Hubble’in çalışma sonuçları birleştirilince evrenin genişlemekte olduğu sonucuna varıldı. Ancak, birçok fizikçi, evrenin ‘tarihsel’ evrimini onamakta çekimser davrandı. Einstein da çekimserler arasındaydı. Einstein, her ne denli dünya görüşüne ters düşmüş

olsa da, fiziğin Darwin'i olmuştur! Darwin, insanın dirimsel evrim içinde olduğunu öğretirken Einstein'ın kuramı da evrenin evrim geçirmekte olduğunu öğretiyordu.

Çağının birçok fizikçisi gibi Einstein da, doğanın çok basit ve temel bir düzeyde anlaşılabilir olduğuna inanıyordu. Ancak sözü edilen düzeye deneylerle sızabilmemiz giderek güçleşiyor. Davranışları gerçekten basit olan nesneler büyük ölçeklerde bulunuyor. Klasik fizik, üzerine çalıştığı nesneleri işte bu düzeyden seçti. Newton'un özgür düşen cisimleri, sürtünmesiz sarkacı ve gezegen devinimleri, büyük ölçekli dünyanın nesneleridir. Ancak sözü edilen temel düzeyin bu düzey olmadığını biliyoruz. Newton'un mekanik dizgelerde bulunduğu basitliği tüm doğaya uygulayamayız. Prigogine'i izlemeye devam edelim.

“Dinamikle termodinamik arasındaki uyumsuzluğa niçin bu denli eğiliyoruz? Çünkü Whitehead'in, *'Doktrinlerin çatışması bir felaket değil, olanaktır'* saptaması, bilim tarihinin her aşamasında doğrulanmıştır. Bu çatışmanın bir boyutunu birlikte anımsayalım. Belirlenebilirliği (determinizmi) ortadan kaldırmak amacıyla Brillouin bir sağduyu gerçeğine başvurdu: *'Doğru bir öngörüde bulunabilmek için ilk koşulların da doğru olarak bilinmesi gerekir'*. İlk koşulların çok doğru belirlenebilmesi zor bir durumdur. Bu tür karşı çıkışlar usa yatkın ancak dinamiğin kavramlarını fazla etkileyemiyor, gerçeğe ışık tutamıyor. Dahası, teknolojinin gelişmesiyle birlikte klasik dinamiğin ereksel durumlarına giderek daha çok yaklaşabiliriz. Brillouin türü yaklaşımlar yerine *'imkansız'*ın sergilenmesi çok daha önemlidir. Bu sergileme, *'gerçek'* diye tanımladığımız *şeyin* beklenmedik ancak ona özgü bir yapının bulgusu anlamına gelir. Bu bulgu, bir önceki düşünce biçiminin çökmesi anlamına gelir. *'Etkinliği 1 den büyük bir makine olamaz'*; *'Bir ısı makinesi, iki ayrı ısı kaynağıyla ilişki içinde bulunmadıkça yararlı iş üretmez'* tümceleriyle anlatılmaya çalışılan *'imkansızlıklar'* yeni kavramların gelişmesini sağlamıştır.

“Termodinamik, görelilik ve kuantum mekaniğinin tarih sahnesine çıkışlarının temelinde *'imkansızlıkların'* bulgusu yatıyor. Bu bilim alanları, erişebileceği sınırlara dayanmış olan klasik bilimin sonunu belirlemiştir. Bu son, yeni bir gelişmenin başlangıcı olmuştur. Termodinamiğin II. yasası, küçük ölçekli düzeylerde bile bir *'imkansız'*a işaret eder. Bu düzeylerde keşfedilmiş olan yeni bir *'imkansızlık'* da, yeni kavramların oluşmasında bir başlangıç noktası olmuştur.

EVRENSELLİĞİN SONU

“Newton fiziğinde evrensel sabit yoktur. Bu nedenle Newton yasaları için evrenseldir denir. Tüm ölçeklerdeki cisimlerin devinimi (atom, gezegen, yıldız, gökada, vb) tek bir yasayla açıklanabilir. Daha sonraki dönemlerde bulgusu yapılan evrensel sabitler, düşüncelerimizde kökten değişiklikler yapmamıza neden oldu. Fizik ışık hızını (c) standart aldı ve cisimlerin hızını c ile karşılaştırarak ‘düşük’, ‘relativistik’ ayrımını yaptı. Benzer şekilde h Planck sabiti de kütlelere göre bir ölçek oluşturdu. Evrensel sabitler eşdağılım (*homojenite*) ilkesini ortadan kaldırdı. Bunun yanı sıra, nesnellikle ilgili yeni bir kavramın gelişmesine de katkıda bulundular. Hiçbir gözlemci, ışığın boşluktaki hızından daha büyük hızlarla sinyal gönderemez. Bu hipotezin ardından gelen sonuç şu olmuştur: Birbirinden belli uzaklıklarda ortaya çıkan iki olayın mutlak eşzamanlılığından söz edemeyiz; eşzamanlılık, ancak belli bir başvuru dizgesine (referans sistemi) göre tanımlanabilir. Newton yasaları gözlemciyi ‘fiziksel varlık’ olarak görmedi. Görelilik kuramı, gözlemciyi ve gözlenen doğayı birlikte ele aldı. Gerçi gözlemci belli bir anda yalnızca belli bir yerdeydi ama yine de insan niteliği doğaya katılmış oluyordu. Ancak bu insan etmeni fiziğin öznelleştirilmesi (subjektifleştirilmesi) (tercih ve inançlarımızı yansıtan sonuçların çıkarılması yönünde bir çaba değildi) anlamına gelmiyordu. Görelilik, gözlemciyi de gözlenen dünyada düşünen fiziktir. Doğa ile olan iletişimin başarılı olabilmesi için gözlemlerin doğanın içinde yapılması gerektiği ilertisini veren bir gelişmeydi.

“Görelilik, klasik fiziğin nesnellik kavramını değıştirdi. Ancak, klasik fiziğin temel bir özelliğı olan doğanın tamamlanmış (*complete*) betimlemesini verme isteğini değıştiremedi. Görelilik kuramından sonra artık hiçbir fizikçi, evreni dışarıdan gözleyen bir **demonun** varlığından söz edemez oldu. Ancak üstün yeteneklere ve zekaya sahip bir “matematikçi”nin varlığından vazgeçilememiştii. Einstein’e göre bu üstün matematikçi ne hile yapıyor ne de zar atıyordu. Bu matematikçi, evrenin tamamlanmış formülünü bilen bir dehaydı! Bu açıdan bakıldığında Görelilik Kuramı klasik fiziğin devamıdır.

“Diğer yandan kuantum kuramı geçmiş ile olan tüm bağları gerçek anlamda koparan ilk fiziksel kuramdır. Kuantum mekaniğı, insanı doğanın içinde ele alır. Kuantum fiziğine göre insan, çok sayıda atomdan oluşan ‘ağır’ bir varlıktır. Işık hızının doğuracağı sonuçların daha iyi anlaşılabilmesi için Einstein, kendisini bir fotona binmiş düşledi. Ancak kuantum mekaniğı insanın bir foton veya elektrona binemeyecek denli ‘ağır’ olduğunu savunarak bu düşünce deneyini yadsıdı.

“Kuantum mekaniğinin tarihi, tüm yeni kavramların tarihi gibi karmaşık ve beklenmedik olaylarla doludur. Bu tarihsel gelişmeler yerine onun **varlık**

(being) ile *süregelen* (becoming) arasındaki köprü rolüne değinelim. Aslında kuantum kuramının doğuşu böyle bir köprüye olan gereksinmenin bir ürünüdür. Planck, özdek ile ışıınım arasındaki etkileşimle ilgilenmişti. Boltzmann, özdekle özdeğin etkileşimini çözmüş, bundan esinlenen Planck da özdekle ışıının etkileşimini çözmek istedi. Planck, denge durumuna doğru giden tersinemez süreçler için kinetik bir model bulmayı amaçlıyordu. O daha çok ısısal dengede geçerli olan deney sonuçlarının peşindeydi. Ancak, kendisinin de beklemediği bir biçimde, özdekle ışıınım arasındaki erke alış verişinin kuantlaşmış adımlarla olduğu varsayımını kullanmak zorunda kaldı. Bu varsayım yeni bir evrensel sabitin, kuantlaşmış adımların ‘boyutunu’ ölçen h sabitini gündeme getirdi.

“Tersinemez süreçler üzerinde çalışılırken fizikte çok önemli bir gelişme oldu. Planck sabitinin ilk genel yorumu Einstein tarafından sunuluncaya dek, Planck’ın bulgusunun gerçek önemi anlaşılamadı. h sabitinin işaret ettiği gerçek, ışığın doğasına yeni bir bakış açısı sunuyordu. Planck devrimci bir kavram geliştirdi: *‘ışık, dalga ve parçacık özelliği gösteren ikili doğaya sahiptir’*.”

“19. yüzyıl başlarından başlamak üzere, ışığın dalga özelliğine sahip olduğu yaygın bir görüştü. Kırınım ve girişim olaylarında ışık dalga özelliği gösteriyordu. Ancak 19. yüzyıl sonlarına doğru bulunan fotoelektrik etki, ışığın geleneksel dalga özelliğiyle açıklanamayacak yeni bir etki niteliğindeydi. Fotoelektrik etkide bir fotonun soğurulmasıyla birlikte bir elektronun fırlatılması sözkonusuydu. Bu bilmeceyi Einstein çözdü. Einstein, ışığın hem dalga hem de parçacık özelliği gösteren iki ayrı cepheye sahip olduğu ve bu iki cephenin bağıını h Planck sabitinin kurduğu varsayımını kullandı. Daha doğru olmak gerekirse, ışık, v frekansı ve λ dalga boyuyla betimlenir. h sabiti bize, λ ve v den, ϵ erkesiyle p momentumu gibisinden mekanik niceliklere geçme şansı verir. Bu nicelikler arasındaki ilişki, $\epsilon = hv$ ve $p = h / \lambda$ dır. Dikkat edilirse, h sabiti heriki bağıntıda da ortaya çıkıyor. 20 yıl sonra Louis de Broglie, ışık için tartışılan ***dalga-parçacık ikiliğini*** özdeğe de taşıdı. Böylece çağcıl kuantum mekaniğinin bağıntılara dökülme süreci başladı.

“1913 yılında Niels Bohr atomun yapısını kuantum fiziği bağlamında açıkladı. Dalga-parçacık ikiliğinin bir sonucu olarak elektron yörüngelerinin ayrık diziler biçiminde olduğunu gösterdi. Uyarılan bir atomun herhangi bir elektronu bir yörüngeden diğetine sıcıyordu. Tam o anda atom, elektronun başlangıç ve son erke düzeyleri arasındaki erke farkına denk erkeye sahip bir foton salıyor veya soğuruyordu. Bu fark, erkeyle frekansın bağıını kuran Einstein formülüyle hesaplanıyordu.

“Böylece 1925–1927 yılları arasındaki döneme, fiziğin ‘altın dönemine’ gelindi. Bu kısa dönemde Heisenberg, Born, Jordan, Schrödinger ve Dirac kuantum fiziğini yeni ve tutarlı bir kuram olarak geliştirdiler. Bu kuram, Einstein ve de Broglie’nin dalga-parçacık ikiliğini de kullanarak, dinamiğin genelleştirilmiş yeni biçimini, dalga mekaniğini oluşturdu.

“Kuantum mekaniğinin önemli olan kavramsal yeniliği neredeydi? Birincisi ve en önemlisi, klasik fiziğin bilmediği ‘kuantlaşma’ kavramının fiziğe girmesine izin vermesinde yatıyordu. Kuantlaşma, atomun yalnızca ayrık (*discrete*) erke düzeylerinde bulunabileceği anlamına geliyordu. Artık *Hamilton işlevi* klasik mekanikte olduğu gibi, konum ve momentumun bir işlevi olarak ele alınamazdı. Çünkü, konum ve momentumlara çok az farklı değerler vererek erkeyi sürekli yapmak olasılığı vardı. Gözlemlerse, erke düzeylerinin ayrık olduğuna ilişkin sonuçlar veriyordu.

“Bu nedenle, artık *Hamilton işlevinin* yalnızca konum ve momentumun işlevi olduğunu savunan geleneksel düşünceyi yeni bir kavramla değıştirme zamanı gelmişti. Kuantum mekaniğinin temel düşüncesi, *Hamilton işlevinin* yanısıra, klasik mekaniğin q konsayıları ve p momentumları gibisinden diğ er nicelikleri de işlev olmaktan çıkıp birer *işlemciye* (*operator*) döndü. Bu kavramsallaşma biçimi, bugüne dek bilim dünyasına sunulmuş olan en yürekli ve en bağımsız bir yöntemdir.

“*İşlemci*, başlangıçta soyut gibi görünen ancak oldukça basit bir düşüncedir. *İşlemci* ile bu işlemcinin uygulandığı *işlev* arasındaki ayrımı iyi belirlemeliyiz. Bir örnek olarak d/dx ile gösterilen matematiksel *işlemciyi* ele alalım. Bu işlemci ‘ x^2 ’ işlevine uygulanıyor olsun. İşlemin sonucu yeni bir işlev olan ‘ $2x$ ’ dir. Ancak bazı işlevlerin türevleri kendine özgü davranır. Örneğin, ‘ e^{3x} ’ işlevinin türevi, ‘ $3e^{3x}$ ’ dir. Dikkat edilirse, işlem sonunda 3 ile çarpılmış olan başlangıçtaki işleve döndük. Belli bir işlemcinin etkisi altında eski durumunu koruyabilen işlevlere, o işlemcinin ‘*eigenişlevleri*’ denir. *Eigenişlevleri* çarpan sayılara da işlemcinin *eigendeğerleri* denir.

“Herbir işlemciye bir sayısal değerler topluluğu karşılık gelir. Bu topluluk, işlemcinin ‘*spektrumunu*’ oluşturur. *Eigendeğerler* ayrık bir seri oluşturursa, ‘spektrum’ da ayrık olur. Örneğin, tüm tamsayıları (0, 1, 2,...) *eigendeğer* olarak kabul eden bir işlemci bulunabilir. ‘Spektrum’ sürekli de olabilir; örneğin, 0 ile 1 arasındaki tüm gerçel sayıları *eigendeğer* olarak alan bir işlemcinin ‘spektrumu’ sürekli olur.

“Böylece kuantum mekaniğinin temel kavramını aşağıdaki gibi sunabiliriz: Klasik mekaniğin tüm niceliklerine kuantum mekaniğinde bir *işlemci* karşılık gelir. Adı geçen fiziksel niceliğin alabileceği sayısal değerlere de işlemcinin *eigendeğerleri* denir. Buradaki en önemli nokta, fiziksel nicelik kavramının aynı niceliğin sayısal değerlerinden **farklı** olduğudur. Özellikle de, erke artık *Hamilton işlevi* ile, erkenin gözlenen değerleri olan erke düzeyleri de işlemcinin *eigendeğerleri*yle temsil edilecektir.

“*İşlemci* kavramının fiziğe girmesiyle birlikte, küçük ölçekli (*mikroskopik*) dünyanın hiç beklenmedik zenginliği ortaya serilmiştir. Burada vurgulanması gereken nokta şudur: küçük ölçekli evren, yeni bir yapıya sahip olan yasalarca güdülmektedir. Bu bulgu, doğanın tüm ölçeklerde bir tek kavramsal şemayla gösterilme isteğini sona erdirmiştir.

HEISENBERG BELİRSİZLİK İLKESİ

“Kuantum mekaniğinde her bir fiziksel niceliğe bir *işlemci* karşılık gelir. İşlemciler işlevler üzerine işlem yapar. Klasik mekanikte konsayılar ve momentumlar bağımsızdır; yani, bir konsayının aldığı sayısal değer, o konsayıdaki momentumun sayısal değerinden genelde farklıdır. Ancak, h Planck sabiti bağımsız değişkenlerin sayısının indirgenebileceğine işaret eder. Bu gerçeği, Einstein–de Broglie bağıntısından ($\lambda = h / p$) hemen görebiliriz. Bu bağıntı, uzunluk (konsayı kavramına sıkı sıkıya bağlıdır) ile momentum arasındaki ilişkiyi anlatır. Bu nedenle kuantum mekaniğinde konum ve momentum, klasik mekanikte olduğu gibi bağımsız değişkenler değildir. *İşlemciler* yalnızca bir tür nicelik (ya konsayı ya da momentum) içerirler. Bu anlamda ele alırsak, kuantum mekaniği, klasik mekanikteki değişken sayısını yarıya indirmiştir.

Kuantum mekaniğindeki işlemcilerin birbiriyle olan ilişkilerinden önemli bir özellik ortaya çıkar: $q_{i\hat{s}}$ ve $p_{i\hat{s}}$ işlemcilerinin **değişme özelliği** yoktur (*non commutative*). Daha açıkcası, $q_{i\hat{s}}$ $p_{i\hat{s}}$ den elde edilen sonuç, $p_{i\hat{s}}$ $q_{i\hat{s}}$ den elde edilen sonuçtan farklı olacaktır. Bu özellik, yalnızca **değişme özelliğine** sahip işlemcilerin ortak *eigenişlevleri* vardır anlamına gelir. Kısacası, hem konsayı hem de momentumun *eigenişlevi* olan bir işlev bulamayız. Bu nedenle, konum ve momentum işlemcilerinin kuantum mekaniğindeki tanımları gereği, q ve p nin çok iyi tanımlandığı bir ***durum*** bulamayız. Bunu savunan ilkeye **Heisenberg Belirsizlik İlkesi** denir. Konsayı ve momentumu ölçebiliriz; ancak her iki niceliğin öngörüsünde ortaya çıkan dağılımların (*dispersion*) – Δq ve Δp – arasındaki ilişki **Hisenberg Belirsizlik İlkesi** ile verilir : $\Delta q \Delta p \geq h$ daki dağılmayı istediğimiz gibi

küçültebiliriz; ancak o zaman Δp ‘sonsuz’ büyük değerlere ulaşır. Bunun tersi de doğrudur.

Heisenberg Belirsizlik İlkesine ilişkin çok şey yazılıp söylendi. Bunlara burada değinmeyeceğiz. Bizi, kuantum mekaniğinde ortaya çıkan işlemcilerin yarattığı yeni bir sorun daha çok ilgilendirmelidir. *Heisenberg Belirsizlik İlkesi*, klasik fiziğin **nedensellik** (*causality*) ilkesinin gözden geçirilmesini zorunlu kıldı. Bu nokta sözcüğün tam anlamıyla ‘bulaşık’! Çünkü **nedensellik** ve **determinizm** kavramları, çoğu biliminsanı ve filozof için ‘eş anlamlıdır’. Bu iki kavramın eş anlamlı olmadığını düşünüyorum. Bu kavramların birbirine karıştırılması bizi çok yanlış sonuçlara götürebilir. Bu nedenle, birkaç kaynağın bu konudaki görüşlerini aktarmayı uygun buluyorum. Önce Y. Koç’u dinleyelim:

“Kopenhag okulunun, dinamik süreçlerin ‘kozal’ olması ile ‘determinist’ olması arasında herhangi bir ayırım yapmadığını göz önünde bulundurmak gerekir” (Y. Koç, *Teorik Fizik Monografileri, Cilt 1, Doğanın Kuvantum Mekaniksel Betimlemesi ve Ölçme Sorunu*, İstanbul Üniv. Fen Fak., 1983, s. 123).

“Kant, ‘her olgunun bir nedeni vardır’ yargısını tüm bilimlerin *a priori* varsayımı saymıştı. Makro düzeyde geçerli görünen klasik nedensellik ilkesi mikro düzeyde anlamsız kalmıştır. Çünkü elektronların bir yörüngeden başka bir yörüngeye atlamaları veya radyo-aktif özdeklerde atomların çözüntüye uğramaları, tek tek alınınca, ne önceden kestirilebilmekte ne de herhangi bir neden bağlanabilmektedir” (Cemal Yıldırım, *Bilim Felsefesi*, 1979, Remzi Kitabevi, İstanbul, s. 141).

“Ancak denebilir ki, bu bir ölçme güçlüğü olup klasik nedensellik ilkesini temelde zedeleyici nitelikte değildir. Daha önce de belirtildiği gibi, klasik determinizm, hareket eden bir cismin başlangıç durumunu hatasız ölçebilirsek, gelecekte herhangi bir andaki durumunu da kesinlikle belirleyebiliriz, demektedir” (*aynı kaynak*, s. 141).

Kant da dahil olmak üzere yukarıdaki kaynakta **nedensellik** ile **determinizm** o denli denk tutulmuş ki ayıklamak olası değil! Bir başka kaynakta d’Abro şunları yazıyor:

“Mekanikten genelleme yaparak nedensellik doktrinini diğer tüm fiziksel dizgeler için de uyarlayabiliriz: Kesin (*rigorous*) yasalar tüm fiziksel dizgelerin evrimini belirler. Yalıtılmış olduğunu varsaydığımız bir dizgenin ilk durumuyla birlikte ele alındığında, bu yasalar, dizgenin hem geçmiş hem de gelecekteki tüm durumlarını belirsizliğe yer bırakmayacak bir biçimde belirler. Dizgenin tüm

zamanlardaki tarihi, yasalar ve ilk durum yardımıyla belirlenir...Bir olayın nedeni, ilk durum ile tanı kazanır” (A. d’Abro, *The Rise of the New Physics, Vol. I*, Dover pub. Inc., 1939, s. 47).

d’Abro, ‘açıklık’ yönünden değerlendirildiğinde diğer kaynaklardan *bir adım ileride!* **Nedensellik** ile **determinizmin** aynı şey olduğunu, **ilk durum = neden** eşitliğiyle anlayabiliyoruz. Şimdi de Niels Bohr’un biyografisinden Abraham Pais’i dinleyelim:

“Kuantum mekaniği, klasik fizik bağlamında genel geçerliliği olan nedensellik ilkesinin sonunu belirler. Kısaca belirtirsek, klasik nedenselliğin anlamı şudur: *Varsayım*. Belli bir zamanda bir dizgenin tüm parçacıklarının konum ve hızlarını biliyorsak; *Dedüksiyon*. Newton yasalarıyla birlikte bu bilgi, parçacıkların daha sonraki bir zamanda alacağı konum ve hızlarını bulmamızı sağlar” (Abraham Pais, *Niels Bohr’s Times, In Physics, philosophy & polity*, Clarendon Press, Oxford, 1991, s. 22).

“Kant, nedenselliği deneylerden türetilebilecek bir şey olarak değil, ‘önceden varılmış sentetik bir yargı’ olarak düşünmüştür. Kant’ın kendi tümcesiyle nedensellik, ‘Bir kuraldır. Bu kurala göre bir olay ardarda gelen diziler biçiminde belirlenir. Olan bir olaydan sözedebilmek için bu kuralın varsayılması gerekir” (*aynı kaynak*, s. 23)

“Çok sayıdaki parçacığın gelecekteki konum ve hızlarını geçmişteki konum ve hızlarından belirleyebilirsek, entropi yararlı bir kavram olur. *Klasik nedensellik* olarak bilinen bu öngörülebilirlik, istatistiksel mekaniğin tarih sahnesine çıkışından sonra bile etkisini sürdürdü” (*aynı kaynak*, s. 82).

“Hem nedensellik hem de erke momentumun korunumu ilkelerinin bırakılmasına fizikçilerin nasıl tepki gösterdiğine bir göz atalım. Einstein bundan hiç hoşlanmadı. ‘Nedensellik ilkesinin boşlanmasına ancak çok çok acil durumlarda izin vermeliyiz’ “ (*aynı kaynak*, s. 237).

Einstein’ın bırakmaktan vazgeçemediği şeyin **nedensellik** mi **determinizm** mi olduğu açık değil!

“Born, *erke durumunun olasılığı* kavramını sundu. Bunu daha önce kimse yapmamıştı. Born aynı zamanda dalga mekaniğinin özünü de çok güzel bir biçimde açıkladı: *Parçacıkların devinimi olasılık yasalarını izler; ancak olasılığın kendisi nedensellik yasasına göre yayılır*” (*aynı kaynak*, s. 287).

Şimdi de Eric Lerner'i dinleyelim:

"Prigogine'in de işaret ettiği gibi, parçacık dinamiği kuramı, zamanda tersinemezliği dikkate almalıdır...Bunu dikkate alan bir kuramın kullanacağı yöntem, 'kusursuz' küçük ölçekli evreni güden, önceden uydurulmuş 'kusursuz' yasalardan yola çıkmak değil, laboratuvar ve büyük ölçekli evrende gözlenen olaylardan yola çıkarak elde ettiği sonuçları diğer ölçeklere taşımak biçiminde olmalıdır. Böyle bir kuram, deneylerimizle doğrulayabileceğimiz veya yanlışlığını gösterebileceğimiz açık, net ve anlaşılır öngörülerde bulunabilmelidir. Yalnızca böylesi bir kuram teknolojik ilerlemenin temelini oluşturabilir.

"Bunu becerebiliriz. Kuantum mekaniğinin **nedensellik ilkesini** boşlayan tavrından arındırılmış bir kuram geliştirebiliriz. Herşeyin başlangıçtan sona dek belirlendiği bir dünyaya, klasik **belirlenebilirliğe** entellektüellerin ve sıradan kişilerin gösterdiği tepki, mistik tepkiyi sürekli yüreklendirmiştir. Bu mistik tepki, kuantum mekaniğinde **nedensellik ilkesinin** boşlanması sürecini hızlandırmıştır. Ancak, **belirlenebilirlik** ile ondan tamamen ayrı bir kavram olan **nedensellik** birbirine karıştırılmıştır. **Belirlenebilirlik**, ilkesel olarak, olayların önceden belirlenebileceğini savunurken, **nedensellik**, herhangi bir olayın oluş nedeninin ardında başka olayların olduğu tezini savunur. **Belirlebilirliğin yadsınmasıyla birlikte nedensellik de yadsınmıştır.**

"Ancak Prigogine'in çalışmaları, **nedensellik**le **belirlenebilirliğin** birbiriyle eş anlamlı kullanılmasının yanlış olduğunu gösteriyor. Örneğin, Güneş'in çevresindeki bir yörüngede dolanan bir kuyruklu yıldızın devinimi gibisinden **nedensellik ilkesine** uyan bir süreç, zaman içinde tamamen **belirlenemez** bir niteliğe bürünebilir. Prigogine ve arkadaşlarının son yıllardaki çalışmaları bunun kuantum mekaniği bağlamındaki dizgelerde de doğru olabileceğini gösterdi. Bu dizgelerin de tamamen **nedensellik ilkesi** ile güdülebileceği, hiç bir olayın 'kendiliğinden' veya 'ansızın' olmayacağı tamamen olasıdır. Ancak kuantum dizgeleri özünde **kararsız** olduğundan belli bir olayın doğru bir biçimde öngörülebilmesi olası değildir. Öngörülemezliğin temelinde yatan şey, dizgenin ilk ya da sınır koşullarına ilişkin bilgisizliğimiz değildir. En doğru ve tam bilgiye sahip olduğumuz dizgeler bile doğru öngörülerde bulunabilme yeteneğimizi arttıramayacaktır.

"Prigogine'in kullandığı yaklaşım sonunda bazı temel kuantum yasaları zamanda tersinirlik özelliklerini yitirdi; bu yasalar artık geçmiş ile gelecek arasındaki ayrımı yansıtabiliyor. Kuantum geçişleri hızlı olmakta; ancak bu geçişleri, uzay ve zamanda süreksizliklerin ortaya çıktığı veya **nedensellik ilkesinin** işlerlikte olmadığı 'kendiliğinden' olaylar olarak tanımlayamayız" (Eric Lerner, *The Big Bang Never Happened*, Times Books, 1991, s. 368).

Nedensellik ve **Belirlenebilirlik** konularında Karl Popper'ın *The Open Universe: An Argument for Indeterminism* adlı kitabında söyledikleri çok daha ilginç. Popper, kitabının önsözünde kendisinin bir belirlenebilirci olmadığını, fiziksel kuramlarda ve evrenbilimde **belirlenemezlğe** yer açma çabasında olduğunu belirtiyor. Popper'ın bu çaba sonucunda ulaştığı formül şu:

**“Our universe is partly causal, partly probabilistic,
and partly open: it is emergent”**

(Karl Popper, *The Open Universe: An Argument for Indeterminism*, Hutchinson, London, 1988, s. 130).

Bu çok anlamlı saptamanın tam çevirisi yerine ne anlatmak istediğini şöyle özetleyebiliriz: Evrenimizde kısmen nedensellik kısmen de olasılık işlerlikte; evrenimiz açık, yani yeni oluşumlar yeni süreçler ortaya çıktığından tamamlanmış değildir. Popper'ın 'emergent', Prigogine'in 'becoming' sözcükleriyle anlatmaya çalıştığı gerçek özünde aynı görünüyor. Herikisi de varolandan, durgun olandan çok, süregelen üzerine vurgu yapıyor. Herikisi de önceki bilimsel programların en büyük isteği olan 'tam', 'tamamlanmış' doğa betimlemesi vermek yerine, evrenin 'açık' (yeni bilgilere, yeni oluşumlara, vb) olduğunu savunuyor. Popper'ın **belirlenebilirliği** savunan felsefeye olan tepkisini desteklememek elde değil!

“Laplace'cı determinizmi, insan özgürlüğü, insan yaratıcılığı ve insan sorumluluğu gibi önemli konulara açıklama getirme ve bu sorunları savunma görevimiz önündeki en katı ve en ciddi tehlike olarak görmekteyim” (aynı kaynak, s. xx). Şimdi Popper'ın **nedensellik** ile **determinizm** kavramlarına bakışını inceleyelim.

“...bu kitapta, nedensellik ilkesiyle determinizm tezini aynı gören görüşü eleştirmek niyetindeyim” (aynı kaynak, s. 4)

“Kısacası, çoğu filozofun düştüğü yanılgıya düşmemek için uyanık olmalıyız. Bu filozoflar, her olayın bir nedeninin olacağına işaret ederek belirlenebilirlik yararına sav geliştirebileceklerine inandılar” (aynı kaynak, s. 11)

“...nedensellik belirlenebilirlikten ayrı tutulmalıdır...belirlenmiş olan geçmişin açık olan gelecekte ayrı tutulmasının çok önemli olduğunu düşünüyorum” (aynı kaynak, s. 48)

“Belirlenemez gerçeğin bilinemeyeceğini savunan Kant’a katılmıyorum Belki içinde yaşadığımız bu özgün dünyayı hiçbir zaman tamamen bilemeyeceğiz; ancak bilimsel bilgilerimiz bu dünyayı giderek daha iyi anlama çabasıdır ve bu çaba şaşırtıcı bir başarı kazanmıştır” (aynı kaynak, s. 48).

Evet...**nedensellik** ile **belirlenebilirlik** arasındaki ‘ayrım’ ve ‘denklikler’e değindikten sonra, kaldığımız yere, *Heisenberg Belirsizlik İlkesine* dönelim. Son olarak, $\Delta q \Delta p \geq h$ bağıntısına değinmiştik. “**Hubble’ın gözlemsel yasası evrenin genişlediğine işaret eder**” yorumu yapıldıktan sonra insanoğlu ‘filmi geri sarmaya’ ve $t=0$ anından hemen önce ne olduğunu sormaya başladı. Bu noktada ortaya çıkan matematiksel tekillik, fizikçiler için sıkıntı yarattı. Çünkü fizik, tanımı gereği ölçülebilir niceliklerle uğraşan bir bilim dalıdır. Matematiksel tekillikler ise bir *şeylerin* yanlış gittiğine işaret eder. Büyük Patlama evren modeli bizi, özdek, erke, uzay ve zamanın $t=0$ anında ‘yaratıldığına’, ondan ‘öncesinin’ anlamsız olduğuna inandırmaya çalışıyor. Evrendeki tüm özdek, erke, uzay ve zamanın hiç yoktan ortaya çıkışı, Hristiyanlığın 4. yüzyılda geliştirdiği **Ex nihilo** (hiçlikten yaratılış) kavramını andırıyor. Ancak fiziksel bir olayı dinsel bir kavramla açıklama şanslarının olmadığını bilen fizikçiler, **ex nihilo** kavramını, bilimsel bir temele oturtacak olan **Heisenberg Belirsizlik İlkesine** sarıldılar. Aşağıdaki betimlemeyi çok dikkatli okuyunuz!

“Kuantum kuramına göre, çok düşük erkelere sahip olan parçacıklar hiç yoktan ortaya çıkabilir, kısa bir süre varolduktan sonra tekrar ortadan kalkabilirler. *Sanal (Virtual)* parçacıklar ya da kuantum çalkantıları olarak bilinen bu durum herhangi bir an kendiliğinden ortaya çıkabilir. Bunlar laboratuvar deneylerinde gözlenmiştir. Parçacığın erkesi ne denli büyükse yaşam süresi de o denli kısadır. Ve sıfır erkeye sahip bir dizge, ilkesel olarak hiç yoktan varolup sonsuza dek varlığını sürdürebilir. Böylece evreni yaratma şansına sahip olabiliyoruz” (G.L. Verschuur, *The Invisible Universe Revealed*, Springer Verlag, NY, 1987, s. 195).

Evet..., yazar sözünü bile etmeden, $\Delta q \Delta p \geq h$ bağıntısını çok ama çok güzel bir biçimde herkesin anlayabileceği bir dille sözele döküyor. Erke ve zaman eşlenik çiftleri için yazılmış olan *Heisenberg Belirsizlik İlkesi* sözele döküldüğünde bir tür *hadis-i şerif* oluyor!

Son zamanlarda, ‘Kara delikler o kadar da kara değil’ söylentilerini sıkça duymaya başladık. Bizim, eskiden tek bir fotonu bile dışarı vermeyen ‘cimri’ karadeliğimiz artık *Heisenberg Belirsizlik İlkesi* yardımıyla çevresine ışınlam salabiliyor! Prigogine ile devam edelim.

“Ancak olumsuz yorumlarını bir yana bırakırsak, *Heisenberg Belirsizlik İlkesi*, klasik mekaniğin temelini oluşturan kavramların kökten değiştirilme zamanının geldiğine işaret ediyordu. Kuantum mekaniğinin sonuçları, Einstein da dahil olmak üzere, birçok fizikçi için onanabilir türden değildi. Kuantum mekaniğinin saçmalıklarını göstermek üzere birçok ‘düşünce deneyi’ tasarlandı. Bu biliminsanları, kuantum mekaniğinin dayattığı kavramsal değişiklikleri en aza indirebilmek için büyük çaba harcadılar. Kuantum mekaniğinin temelinde, gözlem süreçlerinden kaynaklanan tedirginliklerin olduğu savunuldu. Dizgenin, konsayı ve momentumu gibi çok iyi tanımlanmış parametrelere sahip olduğu düşünüldü; bu parametrelerde ortaya çıkan belirsizliklerin ölçümlerden kaynaklandığına inanıldı. *Heisenberg Belirsizlik İlkesinin*, ölçüm sürecinin yarattığı belirsizliği betimlediği sanıldı. Böylece klasik realizm temel düzeyde bozulmayacak, yalnızca pozitif bir nitelik kazanacaktı. Ancak bugün bu yorumun çok yetersiz olduğunu biliyoruz. Deney ve gözlem sonuçlarımızı tedirgin eden *şey* kuantum ölçüm süreci değildir. Hiç ilgisi yok! Planck sabiti bizi konsayı ve momentum kavramlarımızı gözden geçirmeye zorluyor. Yaralanan klasik belirlenebilirliği onarmak amacıyla sunulan *yerel gizli değişkenler* üzerine yapılan deneyler, kuantum mekaniğinin *belirlenemezlik* özelliğini doğruladı. Bohr için Planck sabiti, kuantum dizgesiyle, ölçüm aygıtı arasındaki etkileşimin birbirinden ayrı düşünülmeeyeceği anlamına geliyordu. Bir kuantum ölçümüne sayısal değer biçerken ölçüm sırasındaki etkileşimi kesinlikle dışlayamayız. Bu nedenle tüm tanımlamalar, seçilmiş bir aygıtı ve seçilmiş bir soruyu da kaçınılmaz olarak içeriyordu. Bu anlamda ele alındığında, ölçüm sonucu, gerçeğe sızabilmemize izin vermez. Hangi ölçümü yapacağımıza, dizgeye hangi soruyu soracağımıza önceden karar vermeliyiz. Kısacası, bir dizgeyi çok değişik biçimlerde betimleyebiliriz. Herbir betimlemeyi de bir dizi işlemciyle oluşturabiliriz.

“Kuantum fiziğindeki bu yeniliklerin zamanla onanması klasik nesnellik (*objectivity*) kavramından kopuş anlamına geliyordu. Çünkü klasik bakış açısına göre, dizgeye ilişkin tek ‘nesnel’ betimleme, dizgeyi olduğu gibi ve tam olarak gösterebilen betimlemedir. Klasik fizikte dizgenin gözlenme biçimi hiç dikkate alınmaz.

“Bohr, *pozitif* seçime daima dikkat çekmiştir. Fizikçi, kullanacağı dili, kullanacağı büyük ölçekli ölçüm aygıtını seçmek zorundadır. Bohr bu görüşünü *tamamlayıcılık ilkesi* (*complementary principle*) ile dile getirdi. Konsayıları ve momentumları ölçebiliriz; ancak herikisini birlikte ölçme şansımız yok! Bir dizgenin fiziksel içeriğini tek bir kuramsal çerçeveye betimleyemeyiz. Değişik kuramsal çerçeveler ve bakış açıları, dizgeye ilişkin değişik yanların betimlenmesinde kullanılacaktır. Bir gerçeği gözleyen değişik bakış açılarını tek bir bakış açısına indirgeyemeyiz. *Bu nedenle, gerçeğin tümünü görebilecek ilahi*

bir bakış açısı bulmak olası değildir. Kuantum kuramının sunduğu yenilikler herkesi ‘sersemletiyor’! Bohr’un dediği gibi, sağduyunun rahatlatıcı tekdüzeliğinden ayrılanlar bu sersemletici etkiyi duyumsayacaktır.

“**Tamamlayıcılık ilkesinden** çıkarılması gereken çok önemli bir ders vardır: Gerçek, tek bir çerçeveye veya mantıksal yapıya sığdırılamayacak denli zengindir. Herbir çerçeve gerçeğin yalnızca bir parçasını betimleyebilir. Bu ders bilgi alanlarının tümüne taşınmalıdır.

“Şimdi de kuantum dizgelerinin zaman evriminden sözedelim. Klasik mekaniğin kanonik eşitliğinin oynadığı rolü, kuantum mekaniğinde Schrödinger eşitliği oynar. Bu eşitlik, dizgenin kuantum durumunu betimleyen işlevin zaman evrimini verir. Kuantum durumu, $H_{i\psi}$ in Ψ dalga işlevi üzerine uygulanması sonucunda ortaya çıkar. Ψ dalga genliğini temsil eder. Schrödinger eşitliği de tıpkı klasik fiziğin kanonik eşitliği gibi *tersinir* ve *deterministik* bir evrimi anlatır. Dalga işlevinin tersinir değişikliği, yörünge devriminin tersinirliğine karşılık gelir. Eğer dalga işlevi herhangi bir anda biliniyorsa, Schrödinger eşitliği yardımıyla daha sonra veya daha önceki anlara karşılık gelen dalga işlevi de bulunabilir. Bu açıdan bakıldığında durum, klasik mekanikteki duruma tıpa tıp benziyor. Çünkü kuantum mekaniğinin belirsizlik ilişkileri zamanı içermez: ***Zaman bir işlemci değil, yalnızca bir sayıdır. Heisenberg Belirsizlik İlkelerindeyse yalnızca işlemciler yer alır***”.

Burada ilgili okuyucu için Karl Popper’ın değerlendirmesini de vermek zorundayız. Popper, zamanın bir işlemci olmadığı savının artık geçerli olmadığını ileri sürmüştür. Bu konudaki ayrıntılı bilgi Popper’ın *Quantum Theory and The Schism in Physics* adlı kitabının 53. sayfasında bulunabilir.

“Diğer yandan, kuantum mekaniği bağlamındaki ölçüm süreçlerine son zamanlarda büyük ilgi var. Her ölçümde bir tersinemezlik ögesi vardır. Küçük ölçeklerdeki bir olayın büyük ölçekli düzeylerde ortaya çıkardığı etkinin genliği yükseltilerek kaydedilir. Bu nedenle ölçümler tersinemezliği içerirler. Ölçümlerin tersinemez özelliği, kuantum mekaniğinde büyük sorunlar yaratır. Bu sorunlar genellikle düşünceler bağıntılara döküldüğünde ortaya çıkar. Bazı yorumculara göre, kuantum mekaniği, birbirinin tersi olan iki durumun birlikte varlığını onamak zorunda kalır: tersinir ve sürekli evrimin, ölçüm sırasında, tersinemez ve kesikli bir biçime indirgenmesi bunu gösteriyor. Bu bir aykırıkanıdır (paradoks). Diğer bir deyişle, tersinir özelliğe sahip olan Schrödinger eşitliğinin doğruluğu, ancak tersinemez ölçümlerle sınanabiliyor. Bu nedenle kuantum mekaniğinin ‘kapalı’ bir yapı oluşturabilmesi olası değildir.

“Bu güçlükler karşısında bazı fizikçiler *öznelliğe (subjektivizme)* sığındı. Bu fizikçiler, dizgenin evrimini, ölçümlerimizin; bazıları daha da ileri giderek usumuzun belirlediğini savundu. Bir başka grup ise, Schrödinger eşitliğinin ‘tamamlanmış’ bir eşitlik olmadığını, ölçümlerin tersinemezliğini içerecek yeni terimlerin eklenmesi gerektiğini ileri sürdüler. Kuantum bağlamında ortaya çıkan bu durum bir aykırık olarak yorumlandı. Oysa ki tersinirlikle tersinemezliğin birlikteliği, klasik fiziğin dinamik bağlamında erekseli bulma isteğinin küçük ölçekli dizgelerde olası olmadığını gösterir. Bohr’un sürekli olarak vurguladığı nokta buydu. Bohr’a göre, bir kuantum dizgesini betimlemede kullandığımız dil (ki buna kuramsal çerçeve de diyebiliriz) ölçüm aygıtlarımızın büyük ölçekli kavramlarından ayrı tutulamaz. Schrödinger eşitliği, gerçeğin bir başka boyutunu betimlemekten uzaktır. Bu eşitlik, yalnızca içinde bulunduğumuz büyük ölçekli dünyayı varsayar.

“Görelilik ve kuantum fiziği gibi devrimler, c ve h gibi evrensel sabitlerin klasik mekanik çerçeveye sokulma çabaları sonucunda gerçekleşmiştir. Bu bilimsel devrimlerin çok önemli sonuçları olmuştur. ***Diğer açılardan bakıldığında, hem Görelilik hem de Kuantum Mekaniği, Newton Mekaniğinin betimlediği dünya görüşünden kopamamışlardır.*** Bu saptama, özellikle zamanın rolü ve anlamı bağlamında doğrudur. Kuantum mekaniğinde, eğer $t=0$ anında dalga işlevi biliniyorsa, $\Psi(t)$ değerini, geçmiş ya da gelecekteki herhangi bir zamanda belirleyebiliriz. Benzer şekilde, Görelilik Kuramında da zamanın durgun (*statik*) geometrik gösterimi, dört boyut kavramının geliştirilmesiyle onanmıştır. Bu gelişmeyi en çarpıcı biçimde 1908 yılında Minkowski dile getirdi: ‘uzay ve zaman kendi başlarına varlık olma özelliğini yitirdiler. Bundan sonra artık bu ikisinin birlikteliğini bağımsız bir varlık olarak alacağız’.

“Ancak aradan geçen 50 yıl sonunda durumun kökten değiştiğine tanık olduk. Kuantum mekaniği, temel parçacıklar ve onların dönüşümleriyle ilgilenen bir bilim dalına dönüştü. Burada yeni bulunan temel parçacıklara değinmeyeceğiz. Ancak şunu anımsayalım: Görelilik ve kuantum mekaniği kuramlarını kullanan Dirac, m kütlesi ve e elektrik yüküne sahip her parçacığa, aynı kütle ve ters elektrik yüküne sahip bir anti parçacık karşılık gelmesi gerektiğini gösterdi. Bugün parçacık hızlandırıcılarında hem elektronun anti parçacığı olan pozitron hem de protonun anti parçacığı olan anti proton gözlenmiştir. Bir parçacıkla aynı parçacığın ‘antisı’ biraraya geldiğinde birbirlerini ortadan kaldırırlar (*annihilate*). Ortaya fotonlar çıkar. Kuantum kuramının eşitlikleri, parçacık–anti parçacık değişimine göre bakışıktır (*symmetric*). Buna *CPT* bakışıklığı denir. Kuram bakışıklığa gereksinim duyarken içinde yaşadığımız evrende bakışiksizliklara tanık oluyoruz. Eğer parçacıklarla anti parçacıklar eşit niceliklerde bulunuyor olsaydı, bugün evren saf erkeden oluşuyor olacaktı. İçinde yaşadığımız gökadada

anti özdeğin olmadığına ilişkin yeterince kanıt var. Ancak çok uzak gökadalarda anti özdeğin varlığı olasılığını dışlayamayız. Şurası kesin ki, özdeğin anti özdekden daha baskın olduğu bir evrende yaşıyoruz. Bu evren, **bakışık olmayan** bir evren! Büyük Patlama evren modelinin ‘yara bantlarından’ (*epicycle*) biri olan bir kuram, özdek bakışiksizliğini, özdeğin olduğu ilk anlardaki(!) *denge dışı* duruma bağlıyor. *İlk an* saçmalığını bir yana bırakırsak, vurgulayabileceğimiz bir gerçek şudur: **denge dışı durum**, tüm alanlarda kendine bir yer buluyor.

“Görelilik kuramı da tıpkı kuantum kuramı gibi birçok değişikliğe uğradı. ‘Zaman’sız yapıları geometrik açıdan ele alarak işe başlayan Görelilik, giderek evrenin ısısal tarihini inceleyen bir kurama dönüştü. Bugün Genel Görelilik, evrende gözlenen yapıların oluşumuna neden olan süreçlerin araştırılmasında kullanılıyor. İlk kez formüle edildiği mühendislik ve uygulamalı kimya alanlarında ortaya çıkan **zaman** ve **tersinemezlik** kavramları bugün, temel parçacık fiziği ve evrenbilim alanlarına dek tüm bilim alanlarına girmiş durumdadır. Bugün fizikte yeni kavramlar ortaya çıkıyor. Bu gelişmede vurgu, belirlenebilirlik ve tersinir süreçlerden, *gelişgüzel* (stokastik) ve tersinemez süreçlere kaymıştır. Bu gelişmede kuantum fiziği ara rol oynuyor. Bundan sonraki adım, tersinemezliği küçük ölçekli olaylara sunmaktır. Klasik tutuculuğu, *gizli değişkenler* ya da diğer *yara bantlarıyla* onarmak yerine, doğanın belirlenebilirlik betimlemesini bırakıp, istatistiksel ve *gelişgüzel* betimlemesine yönelmeliyiz.

DOKTRİNLERİN ÇATIŞMASI

“Termodinamik, karmaşık dizgelerin bilimi olmaya devam ediyor. Tersinemezlik, gözlemciyle doğanın ilişkisini kuran bir özelliktir. Biliminsanları bu gerçeği, ‘bilgisizliğimiz’ olarak yorumladı. Bu gruba göre tersinemezlik, insan çabalarının sınırını yansıtır.

“Bu bakış açısına katılmak oldukça güç! Bu yorumlara göre termodinamik de en az bizim bilgisizliğimiz denli evrensel olmalıdır. *Yalnızca* tersinemez süreçlerin varlığı sözkonusu olmalıdır. Entropi kavramına evrensel yorumlar getirmeye çalışan birçok çaba var. Bu yorumlar dizgenin ilk (veya sınır) koşullarına ilişkin bilgisizliğimize gereğinden fazla yoğunlaştığından önlerindeki engeli aşamıyorlar. ***Tersinemezlik evrensel bir özellik değildir.*** Dinamik ile termodinamiğin ilişkisini kurabilmek için, tersinirlikle tersinemezliği birbirinden ayırdeden fiziksel bir ölçet (kriter) bulmalıyız.

Boltzmann’ın Başarısı

“Boltzmann’ın termodinamiğe yaptığı katkı 1872 yılında yayınladığı makalesiyle belgelenmiştir. Boltzmann’ın en büyük isteği, entropiye ‘mekanik’ bir yorum getirmektir. Boltzmann’dan 30 yıl sonra geliştirilen *Markov süreçleri* (veya *Markov zincirleri*), entropiyi tanımlayabilme özelliğine sahiptir. Markov süreçleri geçiş olasılıklarını çok iyi tanımlamıştır. Bu olasılıklar dizgenin geçmişinden bağımsızdır. Dağılım işlevleri düzeyinde ele alındığında, Markov süreçleri *zamanda tek yönlülüğe* işaret eder. Bu süreçlerde geçiş olasılıkları dizgeye dışarıdan sunulur. Ancak bu olasılıkların, dizgenin davranışıyla ilişkileri kurulmalıdır. Boltzmann’ı büyüleyen ve yaşamının büyük bir bölümünde üzerine çalıştığı konu işte buydu! Boltzmann *Populare Schriften*’de şunları yazıyordu: ‘İçinde yaşadığımız yüzyıla ne isim verelim diye sorsalardı, hiç duraksamadan Darwin yüzyılı derdim’ (L. Boltzmann, *Populare Schriften*, new ed., Braunschweig-Wiesbaden: Vieweg, 1979). Darwin’in evrim kuramı Boltzmann’ı derinden etkiledi. En büyük isteği özdeğin evriminin Darwin’i olmaktır.

“Entropinin mekanik yorumunu yapabilmek için atom ve moleküllerin ‘çarpışmalarının’ fiziksel betimlemeye girmesi gerekiyordu. Böylece istatistiksel betimleme olasılığı doğacaktı. Clausius ve Maxwell bu yönde gelişmeler gösterdi. Çarpışmalar ayrıık olaylar olduğundan sayılabilir ve ortalama frekans bulunabilir. Çarpışmaları sınıflamak da olasıdır. Maxwell kendine şu soruyu sormuştu: Bir molekül topluluğunda değişik türden çarpışmaların süregeldiğini biliyoruz. Molekül topluluğunun hız dağılımı nasıl olmalı ki, çarpışmaların etkisi ortadan kalsın? Maxwell bu özel durumun termodinamik denge durumunda olası olduğunu gösterdi. Bu durumda hız dağılımı ‘çan eğrisi’ (veya gauss eğrisi) biçimindedir. Maxwell’in geliştirdiği kuram, gazların davranışını betimleyen yasaların basit yorumunu yapmamıza yardımcı olur. Gaz sıcaklığının artması, moleküllerin ortalama hızlarının ve bu hızlarla ilişkili olarak kinetik erkelerinin artmasına karşılık gelir. Deneyler Maxwell kuramının doğruluğunu göstermiştir.

“Ancak Boltzmann bununla yetinmeyip daha da ileri gitmek istedi. O yalnızca *denge durumunun* betimlemesini değil, aynı zamanda denge durumuna (Maxwell dağılımına) doğru geçirilen *evrimi* de betimlemek istedi. Boltzmann, entropi artışına karşılık gelen moleküler mekanizmayı, dizgeyi herhangi bir hız dağılımından denge durumuna doğru süren mekanizmayı bulmak istedi.

“Boltzmann’ın fiziksel evrim sorununa yaklaşımı moleküllerin tek tek yörüngeleri düzeyinde değil, molekül *topluluğunun* yörüngeleri düzeyindeydi. Boltzmann bu yaklaşımın, Darwin’in dirimbilimdeki yaklaşımına denk olduğunu düşünüyordu. Dirimsel evrimi güden kuvvet (*doğal seçim*) tek bir birey için değil, tüm topluluk için tanımlanabilir. Bu nedenle istatistiksel bir kavramdır.

“Boltzmann’ın elde ettiği sonuçlar Markov süreçlerinde elde edilen sonuçlara banziyor. Boltzmann’ın öngörülerinden çoğu deneyler karşısında tutarlı olduklarını göstermişlerdir. Boltzmann’ın kinetik eşitliği bugün bile gazların fiziğinde kullanılıyor. Isı iletkenliği ve sızma gibi olayları karakterize eden taşınım katsayıları Boltzmann’ın kinetik eşitliğinden türetilir. Ancak Boltzmann’ın en büyük başarısı kavramsal düzeyde elde ettiği başarıdır. Boltzmann’ın çalışmaları tersinir süreçlerle tersinemez süreçler arasındaki ayrımı küçük ölçeklere taşımayı başarmıştır. Hız dağılımında gözlenen ve moleküllerin özgür deviniminden kaynaklanan değişiklik tersinir bir süreçtir. Moleküller arası çarpışmaların değişikliğe olan katkısıysa tersinemezdir. Entropinin küçük ölçekli yorumunun özü buradaydı. **Moleküler evrimin ilkesi bulunmuştu.** Bu bulgunun, Boltzmann’dan sonra gelen ve Planck, Einstein ve Schrödinger’i de içermek üzere birçok fizikçiye niçin büyülediğini anlamak zor değil!

“Boltzmann’ın başarısı, **süreçlerin fiziğinin** anlaşılması yönünde atılmış çok önemli bir adımdır. Boltzmann eşitliğinde zaman evrimini belirleyen şey artık kuvvetlerin türüne bağlı olan *Hamilton işlevi* değildi. Tam tersine, devinimi üretecek olan *şeyler*, süreçlerle ilişkili olan işlevlerdi (örneğin, saçılma kesiti). Bu gelişmele bakarak tersinemezlik sorununun çözüldüğünü, Boltzmann kuramının entropiyi dinamiğe indirgediği söylenebilir mi? Hayır! Bu soruna biraz daha yakından değinelim.

Boltzmann Yorumunun Sorgulanması

“Boltzmann’ın çalışmalarını 1872 yılında yayınlamasından sonra kurama karşı çıkışlar da başladı. Boltzmann tersinemezliği gerçekten de dinamikten mi türetti? Yörüngelere ilişkin tersinir yasalar nasıl olur da tersinemez evrime götürür? Boltzmann’ın kinetik eşitliği dinamik ile tutarlı mı?

“Boltzmann eşitliğindeki bakışıklık ile klasik mekaniğin bakışıklığının birbiriyle çeliştiğini görmek zor değil. Daha önce de gördüğümüz gibi, $v \rightarrow -v$ dönüşümü $t \rightarrow -t$ dönüşümüyle aynı etkiyi yapar. Bu, klasik mekaniğin temel bakışıklığıdır. Hız dağılım işlevinin zaman değişimini betimlemeye çalışan Boltzmann’ın kinetik eşitliğinin de bu bakışıklığa sahip olmasını bekleriz. Ancak durum hiç de öyle değil! Boltzmann’ın çarpışma terimi, hız dönüşümünden ($v \rightarrow -v$) etkilenmez. Bunun fiziksel nedeni çok basit. **Boltzmann’ın kuramında, gelecekteki çarpışmayı geçmişteki çarpışmadan ayırdedecek herhangi bir belirteç yok.** Poincare Boltzmann’a bu noktada karşı çıkmıştır. Doğru bir hesaplama, varsayımlarla çelişen sonuçlara götürmez. Biraz önce belirttiğimiz gibi, **Boltzmann’ın kinetik eşitliğindeki bakışıklık özellikleri dinamiğinkiyle çelişir. Bu nedenle Boltzmann’ın entropiyi dinamikten türetme şansı yoktu.**

Boltzmann dinamiğe yabancı olan bir şey sunmuş olmalıydı. Modelinin yararlı olmasına karşın dinamik bir ilişkisi yoktur. Zermelo'nun (1896) karşı çıkışı nedeni de budur. Diğer yandan, Loschmidt'in (1876) karşı çıkışını kullanarak modelin *geçerlilik sınırları* saptanabilir. Loschmidt, $v \rightarrow -v$ dönüşümünden sonra modelin geçerli olmadığını göstermiştir.

“Bir gaz dizgesinin geçmişinin izini sürebilmek için gazın, $0 - t_0$ zaman aralığında başına gelen herşeyi anımsamasını isteriz. Diğer bir deyişle, bilginin ‘depolanması’ veya ‘belleğe alınması’ gerekir. Depolama işlemini parçacıklararası *korelasyonla* tanımlayabiliriz. Bu konuya ileride değineceğiz. Bu aşamada şunu belirtmekte yarar var: ***Boltzmann'ın çalışmalarında eksik olan yan, çarpışmalarla korelasyonlar arasındaki ilişkidir.*** Loschmidt bu konuyu gündeme getirdiğinde Boltzmann çıkmaz içinde olduğunu onadı. Boltzmann'ın istatistiksel yönteminin geçerliliği bir varsayıma bağlıdır. Bu, çarpışmadan önce moleküllerin birbirinden *bağımsız* olarak davrandıkları varsayımdır. Buna ilk koşulların varsayımı veya ***‘moleküler kaos’*** varsayımı denir. Hız dönüşümüyle ($v \rightarrow -v$) yaratılan ilk koşullar bu varsayıma uymaz. Eğer dizgenin ‘zamanda geri gitmesini’ sağlayabilirsek, yeni bir ‘anormal’ durum yaratmış oluruz: Bazı moleküller, ($v \rightarrow -v$) dönüşümü sırasında birbirinden ne denli uzak olursa olsun, önceden belirleyebileceğimiz bir anda birbiriyle buluşabilecek ve o anda önceden belirlenebilen bir hız değişikliği ‘yaşayacaklardır’. Bu durum, hız değişikliğinin oldukça örgütlü bir dizge yaratacağı ve moleküler kaos varsayımının çökeceği anlamına gelir. Çeşitli çarpışmalar, sanki önceden belirlenmiş gibi, uyumlu ve amaçlı bir davranışa girerler.

“Dahası da var! Düzensizden düzensizliğe geçiş neyi simgeler? Bu kavramların anlaşılabilmesi için onların ne tür cisimlere uygulandığı belirtilmelidir. Çok yoğun olmayan gazlar için dinamikten termodinamiğe geçişin kolay olduğunu Boltzmann gösterdi. Ancak bu geçiş, molekülleri yoğun olarak etkileşen sıkışık dizgeler için o denli kolay değildir. İşte bu güçlükler nedeniyle, Boltzmann'ın çok önemli ve öncü nitelikteki çalışması tamamlanamadı.

“Daha önce de vurguladığımız gibi, yörüngeler tersinemezlik düşüncesiyle uyuşmaz. Ancak, dinamik bir dizgeyi betimlemede yalnızca yörüngelerden yararlanacağız gibisinden bir kısıtlama da yok! Çok sayıda molekülden oluşan dizgeleri incelemede Einstein ve Gibbs'in geliştirdiği *topluluklar kuramını* (*ensemble theory*) kullanabiliriz. Bu kuramın yeniliği, dinamik kuramı ilk koşullardan bağımsız olarak oluşturabilmemizdir. *Topluluklar kuramı* dinamik dizgeleri *evre uzayda* (*phase space*) betimler. Bir nokta parçacığın dinamik konumu, konum ve momentumuyla belirlenir. Parçacığın bu durumu ya herbiri üç boyutlu uzayın ögesi olan iki noktayla ya da konsayı ve momentumların

oluşturduğu altı boyutlu uzaydaki tek bir noktayla belirlenir. Buna *evre uzay* diyoruz. Bu tür bir geometrik gösterimi n parçacıktan oluşan herhangi bir dizgeye de taşıyabiliriz. Bu durumda dizgenin durumunu saptayabilmek için $n \times 6$ sayıya gereksinim duyarız. Ya da bir seçenek olarak, dizgeyi $6n$ boyutlu *evre uzayda* bir tek noktayla belirleriz. Böylesi bir dizgenin zaman içindeki evrimi *evre uzayda* çizilen bir yörüngeyle betimlenir.

“Büyük ölçekli bir dizgenin ilk koşullarını tam olarak bilmenin güçlüğüne daha önce değinmiştik. Ancak hiçbir şey bizi, bu dizgeyi noktalar ‘topluluğu’ olarak betimlemekten alıkoyamaz. *Evre uzayın* her bölgesi sonsuz sayıda temsilci nokta içerir. Bu noktaların yoğunluğu, dizgeyi o bölgede bulabilme olasılığıdır. Sonsuz sayıda ayırık noktalar sunmak yerine, temsilci noktaların *evre uzaydaki* sürekli yoğunluğunu ileri sürmek daha uygun olacaktır. *Evre uzaydaki* yoğunluğa $\rho (q_1, q_2, \dots q_{3n}, p_1, p_2, \dots p_{3n})$ diyelim. Burada, $q_1, q_2, \dots q_{3n}$, n ayrı noktanın konsayıları; $p_1, p_2, \dots p_{3n}$ de momentumlarıdır. ρ yoğunluğu, dinamik bir dizgenin $(q_1, q_2, \dots q_{3n}, p_1, p_2, \dots p_{3n})$ noktası çevresinde bulunma olasılığını ölçer.

“Bu şekilde sunulduğunda ρ yoğunluk işlevi ereksel bir durumu, *evre uzaydaki* noktanın yörüngesi de ‘doğal’ davranışı betimliymiş gibi görünebilir. Aslında ereksel olan yoğunluk değil, noktadır! Gerçekten de, ilk durumu sonsuz yüksek bir doğrulukla bilemeyeceğimiz için, *evre uzayın* bir bölgesini tek bir noktaya indirgeyemeyiz. Dizgenin ilk durumuna karşılık gelen temsilci noktalar topluluğundan başlayarak topluluğun yörüngelerini belirleyebiliriz. ρ yoğunluk işlevi dizgeye ilişkin bilgimizi belirler. Bu bilgi ne denli doğruysa, yoğunluk işlevinin sıfırdan farklı olduğu *evre uzay* bölgesi de o denli küçüktür. Dizgeyi bu küçük bölgede buluruz. Eğer yoğunluk işlevi her yerde tekdüze bir değere sahipse, dizgenin durumuna ilişkin bilgilenme şansımız azalır.

“Bu açıdan baktığımızda, tek bir nokta, dizgeye ilişkin *maksimum bilgiyi* taşır. Bu, bir limit sürecinin sonucudur. İleride değineceğiz. Buradaki temel sorun, bir limit sürecinin ne zaman ortaya çıkacağının belirlenebilmesinde yatar. Bu süreç, ρ nun sıfırdan farklı olduğu bir bölgede aynı bölgenin alt birimlerine gidebilme yeteneğini yansıtır. Dizgenin içinde bulunduğu bölgeyi küçültme işlemine bölgenin boyutları istediğimiz denli küçük oluncaya dek devam edebiliriz. Ancak, *istediğimiz denli küçük*, ‘sıfır boyutlar’ anlamına gelmez. Bu nedenle bu limit sürecin çok iyi tanımlanmış bir yörüngeyi tutarlı bir biçimde öngörebileceğini önceden söyleyemeyiz.

“Gibbs ve Einstein kuramı, Boltzmann’ın çalışmalarının doğal uzantısıdır. ρ yoğunluk işlevi, Boltzmann’ın kullandığı f hız dağılım işlevi yerine kullanılmıştır. Ancak ρ nun fiziksel içeriği f ninkinden fazladır. ρ yoğunluk

işlevi f gibi hız dağılım işlevini içerir. Bunun yanı sıra, belli uzaklıklardaki moleküllerin karşılaşma olasılığını da belirler. Özellikle de, parçacıklararası ilişki (korelasyon) ρ yoğunluk işlevinde içerilmelidir. Aslında $\rho\rho$ işlevi, n noktadan oluşan bir dizgenin istatistiksel özelliklerine ilişkin tüm bilgiyi içerir.

“Şimdi de yoğunluk işlevinin evre uzaydaki evrimini betimleyelim. Bu iş, ilk bakışta çok zor gibi görünebilir. Ancak değil! *Hamilton* eşitlikleri, başka bir yaklaştırmaya gerek kalmadan, ρ için bir evrim eşitliği elde etmemize izin verir. Buna Liouville eşitliği denir. Bu eşitliğe de ileride değineceğiz. Bu aşamada şunu belirtelim: *Hamilton işlevinin* dinamik özellikleri, ρ yoğunluk işlevinin evre uzaydaki evriminin *sıkıştırılmaz* bir akışkan için geçerli olduğuna işaret eder. Temsilci noktalar evre uzayda V oylumuna sahip bir bölgede bulunurlar. Bu oylum zamanla değişmez, *sabittir*. Bölgenin şekli değişebilir ancak oylumun sayısal değeri değişmez.

“Bu açıdan ele alındığında Gibbs’in *topluluklar kuramı*, istatistiksel yaklaşımla dinamik yasaların birlikte ele alınabileceği bir çalışma alanı oluşturur. Aynı kuram, termodinamik denge durumunun da daha doğru betimlenmesini sağlar.

“Einstein–Gibbs topluluklar kuramı tersinemezlik sorununun çözümünü kolaylaştırdı mı? Hayır! Eğer ρ yoğunluğunun evre uzaydaki evrimini temsil eden Liouville eşitliğini kullanır ve evre uzayda oylumun korunumunu da dikkate alırsak, elde edeceğimiz sonuç açıktır: H_G sabittir ve entropiyi temsil edemez. Burada H_G negatif entropiyi ($-S$) temsil eder. Boltzmann’ın başarısını dikkate aldığımızda Einstein–Gibbs kuramının bir ilerleme değil gerileme olduğunu görürüz.

“Negatif olmasına karşın Gibbs’in sonucu çok önemlidir. Düzen ve düzensizliğe ilişkin görüşlerde tam bir açıklığın olmadığına değinmiştik. **H_G nin sabit olduğu sonucu bize, dinamik bağlamında ele alındığında dizgenin düzeninde herhangi bir değişiklik gözlenemeyeceğini söyler.** H_G ile tanımlanan bilgi sabittir. Bunu şöyle anlayabiliriz: önceki paragraflarda çarpışmaların ilişkiler (korelasyonlar) sunduğuna değinmiştik. Hızlar açısından bakıldığında, çarpışmalar sonucunda bir düzensizlik ortaya çıkar. Bu nedenle, bu süreci düzenden düzensizliğe geçiş olarak betimleriz. Ancak, çarpışmalar sonucunda ortaya çıkan ilişkiler de tam ters yöne, yani düzensizlikten düzene geçişe işaret eder. Gibbs’in sonucu, bu iki etkinin birbirini yokettiğini gösterir.

“Bu sonuç bizi çok önemli bir aşamaya getirir: **Hangi kuramsal çerçevede çalışırsak çalışalım, ister yörüngeler isterse de Einstein - Gibbs**

kuramı bağlamında olsun, klasik veya kuantum dinamik yasalarına uyan dizgeler için tersinemez süreçler kuramını oluşturamayız. Düzenlenmiş düzensizliğe geçişi betimleme şansımız bile yok! Bu negatif sonuçları nasıl yorumlamalıyız? Tersinemez süreçleri anlatan kuramlar klasik veya kuantum kuramıyla çelişiyor mu? Daha da ileriye gidip, Einstein ile birlikte, ‘tersinemezliğin simgesi olan zamanın bir yanılsama (ilüzyon) olduğunu ve nesnel (objektif) fiziksel dünyada kendine yer bulamayacağını’ mı savunacağız? Aslında bu düğümü çözecek bir başka yol daha var! Sık sık yinelediğimiz gibi, tersinemezlik evrensel bir özellik değildir. Bu nedenle, **tersinemezliği dinamik bağlamda türetebileceğimiz beklentisine girmemeliyiz.**

“Gibbs kuramı, yörüngeler dinamiğine yalnızca bir tek yeni öğe sunmuştur. Bu çok önemli bir yenilik: İlk koşulları doğru olarak bilme şansımızın olmayışı. Tersinemezliğin, bizim bilgisizliğimizden kaynaklandığı savının doğru olma şansı çok çok azdır. Aslında bu yaklaşım şiddetle eleştirilmesi gereken bir yaklaşımdır. Başarısızlığımız bizi düş kırıklığına uğratmamalıdır. Dinamik dizgenin sahip olduğu bir dizi özellikler onu tersinemez süreçlere götürmektedir. Ancak biz bu özellikleri dinamik yasalara henüz katamadık. Birçok biliminsanı tersinemezliğin *öznel (subjektif)* yorumunu hemen onadı. Entropinin artışı, ereksel olarak tersinir olan işlemleri denetlemedeki yetersizliğimize bağladık. *Öznel* yorumun çekiciliği belki de burada yatıyor. Teknolojik sorunları bir yana bıraktığımızda, bu yorumun saçmalığı hemen ortaya çıkıyor. ‘Zaman okunun yönü’ kavramı termodinamiğin II. yasasına getirilen yorumlarda ortaya çıkmıştı. *Öznel* yoruma göre, kimyasal *affinity*, ısı iletkenliği, viskozite ve tersinemez entropi üretimiyle ilgili tüm özellikler gözlemciye bağlandı. Dahası, dirimbilimde çok önemli rol oynayan tersinemez süreçlerden kaynaklanan örgütlenmeler, bu süreçlerin bir yanılsama ya da bilgisizliğimizden kaynaklanan olaylar olduğu yorumunu geçersiz kılar. Canlı varlıklar olarak bizler, kusurlu duyularımızın ürettiği kurgusal yaratıklar olarak betimlenebilir miyiz? Yaşamla ölüm arasındaki ayrım bir yanılsama mı?

“Termodinamik kuramdaki son gelişmeler dinamiklerle termodinamik arasındaki çelişkinin şiddetini artırdı. Termodinamiğin sonuçlarını bilgisizliğimizden kaynaklanan yaklaşımlar olarak yorumlamak, entropinin yapıcı rolünün ve çalkantılardan düzenin doğduğunun anlaşılmasından sonra anlamsız bir inada dönüştü. Bunun tersine, tersinemezliği savunma adına dinamiği yadsımak da doğru değildir: ereksel sarkaç devriminde tersinemezlikten eser yoktur! Öyle görünüyor ki, birbiriyle çelişen iki dünya var: **yörüngeler dünyası ve süreçler dünyası.**

“Benzer şekilde, tersinemezliğin *öznel* yorumunu yadsımak ve onun zayıf yanlarını göstermek kolay; ancak bu yorumun ötesine gidip, tersinemez süreçlerin *nesnel* kuramını oluşturmak zordur. Bu konunun tarihi üzücü sonuçları da içeriyor. Boltzmann’ın, bu konuda karşılaştığı güçlükleri yenemeyeceğini anlaması üzerine intihar ettiği söyleniyor.

BOLTZMANN VE ZAMAN OKU

“Boltzmann, zaman oku yönünün, dinamik dizgelerce saptandığına inanıyordu. Olasılığı daha yüksek olan durumlara doğru gidiş, zamanın yönünü belirtiyordu. Boltzmann’a göre *complexion* sayısı bir yöne doğru artacaktı. Bu görüşe Poincare ve Zermelo’nun da karşı çıktığına değinmiştik. Poincare her kapalı dizgenin $t \rightarrow -t$ dönüşümüyle bir önceki duruma döneceğini kanıtladı. Kısacası dizgenin tüm durumları kendini sonsuza dek **yineleyebilir**. Bu durumda ‘zaman okunun yönü’ denen şeyin entropi artışıyla bağıni nasıl kurabiliriz? Bu gelişmeler, Boltzmann’ın konuya bakışını kökten değiştirdi. Nesnel bir zaman okunun varlığını kanıtlama çabasından vazgeçti. Bunun yerine bir başka görüş ileri sürdü. Ancak bu görüş, entropinin sürekli arttığını söyleyen yasayı bir gereksiz yinelemeye (totolojiye) çevirdi. Zaman okunu evrene bizim (canlı yaratıkların) sunduğumuzu, aslında geçmişle gelecek arasında nesnel bir ayırımın olmadığını savundu:

“ ‘Önümüzde iki seçenek var. Birincisi, şu anda tüm evrenin çok küçük olasılığa sahip bir durumda olduğunu onamaktır. İkincisiyse, ısısal denge durumunda yani ölü bir evren içinde bulunduğumuzu onamaktır. Bu evrende gökadarlar oraya buraya serpilmiş olarak duruyor. Bu gökadarların entropisi eşit olarak hem artacak hem de azalacaktır. Evrene bir bütün olarak baktığımızda zamanın iki farklı yönünü ayırdetmek olası olmayacaktır. Ancak canlı bir organizma, zamanın yönünü, daha az olası durumdan daha çok olası duruma doğru gidiş olarak tanımlayabilir. İlk duruma ‘geçmiş’, son duruma da ‘gelecek’ diyebiliriz. Sanırım olaylara böyle bakmak II. yasanın geçerliliğini anlamamıza yardımcı olacaktır. Bu, herbir dünyanın ısı ölümü anlamına gelir. Bu bakış açısında, bir bütün olarak evrenin, kesin bir ilk durumdan bir sona doğru evrimini gerektirecek tek yönlü bir değişim sözkonusu olmayacaktır’. (L. Boltzmann, *Lectures on Gas Theory*, Berkeley, Univ. of Calif. Press, 1964, s. 446).

Boltzmann’ın bu değerlendirmesine Popper’in yanıtı ise şöyle:

“Boltzmann’ın düşüncesindeki cesaret ve güzellik nefes kesici! Ancak aynı düşünce, en azından bir realist için savunulabilecek niteliklere sahip değil. Tek yönlü değişikliği yanılsamaya çeviriyor. Bu, Hiroşima felaketini yanılsama

yapmaktır; İçinde yaşadığımız dünyayı ve bilgilenme sürecimizi yanılsama yapmaktır. Bu nedenle bu görüş (her idealist felsefede olduğu gibi) kendi kendini yalanlıyor. Boltzmann'ın idealist ve belli bir amaca yönelik hipotezi, kendi realist ve anti-idealist felsefesiyle ve tutku derecesindeki bilme isteğiyle çelişiyor (K. Popper, *Unended Quest*, La Salle III, Open court Pub. Comp., 1976, s. 160).

Popper'a katılmamak elde değil! Bugün birçok biliminsanı, Boltzmann'ın yarım bıraktığı araştırmayı tamamlama zamanının geldiğine inanıyor. 20. yüzyıl, kuramsal fizikte süregelen büyük bir kavramsal devrime tanık oluyor. Bu devrim, dinamiklerle termodinamiğin birarada bulunabileceğine inananları sevindiriyor. Zamanın tarihinde yeni bir çağ açılıyor. Bu çağda *varlık* ile *süregelen* tek ve çelişkisiz bir bakış açısının tamamlayıcı bileşenleri olacaktır.

ENTROPİ ENGELİ – TERSİNEMEZLİK

“Tersinemez süreçleri küçük ölçeklerde inceleyecek olan kuramı bekleyen güçlüklerle değindik. Tersinemezliğin klasik ya da kuantum kuramıyla olan ilişkisini kurmak zor olacaktır. **Çünkü tersinemezlik ve ona eşlik eden entropi artımı dinamiğin genel bir sonucu olamaz!** Yeni kuramda ek ve daha özgün koşullar olacaktır. İçinde yaşadığımız dünyada tersinir süreçlere de tersinemez süreçlere de yer vardır. Böylesi bir ‘çoğulcu’ dünyayı onamak zorundayız.

“Tersinemezliğin büyük ölçeklerdeki varlığını ve yapıcı rolünü yadsıyamayız. Bu, küçük ölçeklerde süregelen bazı süreçlerin kendisini büyük ölçeklerde tersinemezlik olarak sergilemesinden başka bir şey olamaz. Oluşturulmakta olan küçük ölçekli kuram, iki ögeye açıklık getirmek zorundadır. Bu iki öge birbiriyle çok sıkı ilişki içindedir: İlk olarak, zamanla düzgün olarak değişen entropi (Boltzmann'ın H işlevi) için küçük ölçekli bir model oluşturmamız. Burada sunacağımız değişiklik zaman okunun yönünü tanımlamalıdır. Yalıtılmış dizgelerde entropi artışı dizgenin yaşlanma sürecini anlatmalıdır.

“Zaman okunun yönünü betimlemeye çalışan birçok model vardır. Bunlardan biri evrenbilimin Büyük Patlama modelidir. Eğer evrenin Büyük Patlama ile başladığını varsayarsak, evrensel boyutlarda bir zaman düzeninin varlığına işaret etmiş oluruz. Bu süreçte evrenin boyutları sürekli artar. Ancak evrenin yarıçapıyla entropinin bağıntı kuramayız.

Gerçekten de genişleyen evrende tersinir ve tersinemez süreçlerle karşılaşırız. Benzer şekilde temel parçacık fiziğinde de, **T bozulması** (*T violation*) denen süreçler vardır. Bu süreçler zaman bakışıklığının bozulduğunu

anlatır. **T bozulması**, dizgenin evrimini $+t$ için betimleyen eşitliklerin, aynı evrimi $-t$ için betimleyen eşitliklerden farklı olduğuna işaret eder. Buna karşın, biz bu eşitliklere dinamiğin alışageldiğimiz formülasyonunu (Hamilton işlevi) uygulamaya devam ediyoruz. **T bozulması** nedeniyle entropi tanımlanamaz.

“Einstein ile Ritz arasında tersinemezlikle ilgili çok önemli bir tartışma geçmiş ve bu tartışma 1909 yılında yayınlanmıştır. Bu makale alışılmışın dışında özelliklere sahiptir. Bir tam sayfadan daha kısa olan ve iki kişi arasındaki anlaşmazlığı dile getiren bir makaledir. Einstein, tersinemezliğin, Boltzmann’ın sunduğu olasılık kavramının bir sonucu olduğunu savundu. Bunun tersine Ritz, ‘gecikmiş’ (*retarded*) ve ‘leri’ (*forward*) dalgalar arasındaki ayrımın tersinemezlik için çok önemli olduğunu savundu.

“Aslında hem Einstein hem de Ritz tersinemezlik tartışmalarına çok önemli katkılarda bulundu. Ancak herikisi de öykünün yalnızca bir yanını vurguladı. Olasılık kuramı zamanın yönü konusunda varsayım yapar. Bu nedenle zaman okunun belirlenmesi işinde kullanılamaz. ‘İleri’ dalgaların dışlanması da bizi II. yasanın formülasyonuna götürmeyebilir. Hem Einstein’ın hem de Ritz’in savına gereksinmemiz var!

TERSİNEMEZLİK – BAKIŞIKLIK BOZAN SÜREÇ

“Bakışıklık bozan eşitlikler daima bir çift eşitlik olarak ortaya çıkarlar. Örneğin, eğer uzak bir gelecekte (uzak bir geçmişte değil) dengeye gidileceğini söyleyen bir eşitlik varsa, bir de uzak geçmişte (uzak gelecekte değil) denge durumuna gidileceğine işaret eden bir eşitlik olmalıdır. Yalnızca böylesi bir durumla karşılaştığımızda II. yasanın gerçek anlamını ifade edebiliriz. Bir **çift** çözümün bulunması *seçim ilkesini* gündeme getirir. *Seçim ilkesi*, bu çiftlerden yalnızca birinin sonucunun doğada gözlenebileceğini veya gerçekleşeceğini söyler. II. yasa (geçerli olduğu yerlerde) doğanın kendine özgü yanlılığını (*polarisation*) betimler. II. yasa dinamiğin bir sonucu asla olamaz. Bu yasa, bir *seçim ilkesi* olarak ortaya çıkar ve dinamiğin yasalarına uygun olarak yayılır. Şimdi de, II. yasanın ifade ettiği seçim kuralının küçük ölçekli düzeylerde ne anlama geldiğini inceleyelim.

KLASİK KAVRAMLARIN SINIRI

“Eğer yörüngeler gerçekten temel, indirgenemez ögeler olsaydı, içinde yaşadığımız evren tersinir evren olacaktı; bu betimlemede entropi ve zaman yönü olmayacaktı. Ancak son zamanlarda yörüngeler üzerine yapılan çalışmalar beklenmedik bir gelişme gösterdi: yörünge kavramı sandığımızdan daha sınırlı ve

dar bir anlam taşır. *Bazı dizgelerde* ilk koşulların sonsuz doğrulukla saptanması iç çelişiklere neden olabilir. Bu durumun sergilenmesi, sorunun boyutlarını temelden değiştirebilir. Bu durumda evre uzayda tek bir yörünge yerine yörüngeler topluluğunun varlığından söz etmemiz gerekir. Yeni durum, ilk koşullara ilişkin bilgilerimizin yetersizliğinden çok, dinamik araştırmalarımızda yeni bir başlangıç noktası yakaladığımız anlamına gelir.

“20. yüzyılın en şaşırtıcı sonuçlarından biri, “çoğu” dizgenin *kararsız* davrandığının belirlenmesi olmuştur. Bu tür dizgelerde yörünge, *gözlenebilir* olma niteliğini yitirir. Bu kararsızlık, Newton’un ereksel dizgelerinin sınırını belirler. Newton dinamiğinin bağımsız iki ögesi (ilk koşullar ve dinamik yasa) bağımsızlıklarını yitirir. Dinamik yasa ile ilk koşulların belirlenmesi işlemi birbirleriyle çelişir. Evre uzayın her bölgesi ayrı davranışlar sergileme zenginliğini gösterir.

“Bu açıdan bakıldığında, belirlenebilir (deterministik) yörüngelerin uygulandığı durumlar oldukça sınırlı kalır. Yörüngesiyle betimlemeye çalıştığımız dizgenin geleceği istatistiksel yoldan bulunabilir. Bugün klasik mekaniği çok iyi anlıyoruz, çünkü dayandığı sınırları görebilme fırsatını yakaladık. Böylece yeni bir bilime giden yolu açmış olduk. Bu yol, ‘tamamlanmış’, ‘yeni bilgiye kapalı bir bilim dalı’ olarak düşünülen dinamiğin tamamen dönüşüme uğradığı anlamına gelir.

DİNAMİĞİN YENİLENMESİ

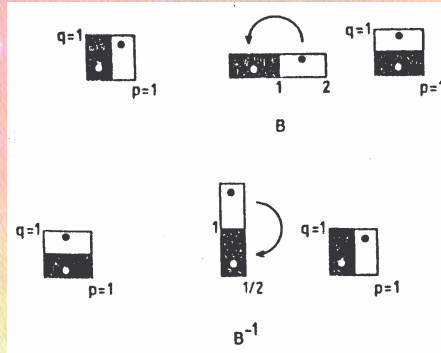
“Önceki bölümlerde 19. yüzyılda formüle edilmiş olan dinamiğin betimlemesini verdik. Bugün bile birçok ders kitabında bu bakış açısı sunuluyor. Dinamik bir dizge ‘*bütünleştirilebilir dizge*’ (*bd*) olarak düşünülmüştü. Devinim eşitliğini çözebilmek için yapmamız gereken işlem ‘iyi huylu’ konsayılar seçmektir. Böylece bu konsayılar karşılık gelen *momentler* devinim sırasında herhangi bir değişikliğe uğramayacaktı. Bu yolu izleyerek, devinin nicelikler arasındaki etkileşimleri kaldırabildik! Ancak bugün bu programın başarısızlığına tanık oluyoruz. Daha önce de değindiğimiz gibi, 19. yüzyılın sonunda Bruns ve Poincare, çoğu dinamik dizgenin ‘*bütünleştirilemeyeceğini*’ gösterdiler.

“Diğer yandan, *bd* erekselini aşmak amacıyla geliştirilen Einstein–Gibbs kuramı, denge durumuna doğru evrim geçiren dizgelerde korunan tek niceliğin erke olmasını ister. ‘*Değişmeyen*’ tek şey erke olmalıdır. Ancak, *bd* için başka ‘değişmezler’ de vardır. Daha doğru olmak gerekirse, bu tür dizgelerdeki ‘değişmez’ sayısı, dizgenin özgürlük derecesine eşittir. Bu güçlüklerin üstesinden gelmek isteyen Maxwell ve Boltzmann, yeni ve oldukça farklı bir dinamik dizge

düşlediler. Bu dizgelerdeki tek ‘değişmez’ erke olacaktı. Bunlara *ergodik* dizgeler denir.

“*Ergodik* dizgeler kuramına çok büyük katkıları olan kişilerden bazıları, Birckoff, von Neumann, Hopf, Kolmogoroff ve Sınai’dir. Bugün *ergodik* olarak sınıflayabileceğimiz çok sayıda dizge biliyoruz. Bu dizgelerden bazılarının evre uzaydaki devinimlerinin oldukça kaotik olduğunu da biliyoruz. Bu dizgelerin oylumu Liouville eşitliğiyle uyuşmasına karşın, evre uzaydaki devinimleri *kaotiktir*.

“Karşılaştığımız sorunları çözebilecek olan yaklaşım, kararlı ve kararsız dizgelerin ayrımını yapabilecek ve kararsızlıkla olasılık arasındaki yakın ilişkiyi sergileyebilecek olan yaklaşımdır. Bugün bu ilişkileri inceleyen birçok araştırma sürmektedir. Örneğin, matematikte ‘*baker dönüşümleri*’, işleme, kare ile başlar. Sonra bu kare bir dikdörtgene dönüştürülür. Dönüşüm sonunda herbir nokta çok iyi tanımlanmış yeni bir noktaya dönüşür. Bu yolla ardarda elde edilen noktalar dizisi ‘*deterministik*’ olmasına karşın dizge *istatistiksel* bir davranış sergiler.



Şekil 7. (B) Baker dönüşümüyle (B^{-1}) ters Baker dönüşümünü göstermektedir. İki noktanın yörüngesi, dönüşüme ilişkin bilgi sunmaktadır.

“Diğer bir örnek katı kürelerden oluşan bir topluluktaki saçılmalardır. Bu problemde tek bir kürenin yörüngesi çok iyi tanımlanmıştır. Ancak, ilk koşullara sunulan çok küçük bir belirsizlik, ard arda gelen çarpışmalar sonunda giderek büyüyecektir. Zaman ilerledikçe, bir kürenin istenen bir bölgede bulunma olasılığı tekdüze bir değer ulaşacaktır. Dönüşüm sayısı ne olursa olsun başlangıç durumuna asla dönemeyeceğiz.

“Bu saydıklarımız, son derece kararsız dinamik dizgelere iki örnek oluşturur. Burada incelediğimiz durumlar, termodinamik dizgelerde ortaya çıkan kararsızlıklara çok benzer. Birbirinden ayrı bir dizi ilk koşullar arasındaki son

derece küçük farklılıkların genliği zamanla büyür. Bu nedenle, topluluğun *evre uzay*daki toplu davranışından tek tek bileşenlerin yörüngelerini bulamayız. Dizgenin betimlemesini tek tek parçacıkların yörüngeleri cinsinden değil, topluluğun davranışı cinsinden yapabiliriz. Bu durumda istatistiksel kavramlara gereksinmemiz var. Bu kavramlara ‘nesnel gerçeğin’ yaklaştırması diyemeyiz. Kararsız dizgelerin gündeme gelmesi, hem Laplace’ın ‘şeytan’ının (*demon*) hem de Einstein’ın zar atmayan tanrısının güç durumunda kaldığı anlamına gelir. Kesin olan şudur ki, kararsızlıkla olasılık arasında sıkı bir ilişki vardır. Şimdi bu önemli noktaya değinelim.

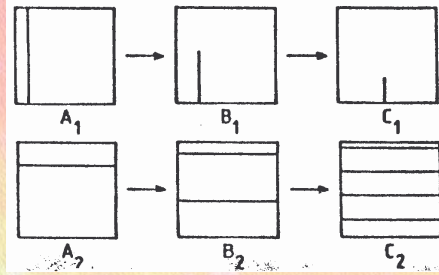
“ ‘Baker dönüşümleri’ ve benzer deneyler, *yerel olmayan betimleme (non-local description)* kavramını gündeme getirmiştir. Bu kavramın geçerli olduğu dizgelere *doğal düzensiz dizge (intrinsically random system)* denir. Klasik deterministik dizgelerde bir noktadan bir başka noktaya *geçiş olasılıklarını* kullanarak gideriz. Aslında bu son derece yoz bir yöntemdir. Çünkü, eğer heriki nokta da aynı bir yörünge üzerindeyse, *geçiş olasılığı 1*, değilse *0* dır. Bunun tersine, gerçek olasılık kuramında *geçiş olasılıkları 0 ile 1* arasındaki tüm gerçel sayı değerlerini alacak biçimdedir. Böyle bir yaklaşım gerçekten olası mı? Tam bu aşamada olasılığın *öznel* ve *nesnel* yorumları arasındaki farkı görürüz. *Öznel* yorum, parçacıkların yörüngelerinin bilinemeyeceğini savunur. O nedenle olasılık (ve dolayısıyla onunla ilişkisi olan tersinemezlik) bizim bilgisizliğimizden kaynaklanıyor denir. *Nesnel* yorum en iyi anlatımını, çok kararsız dizgelerde ortaya çıkan *yerel olmayan betimlemede* bulur.

“Olasılık, dinamikten üretilen objektif bir özelliktir ve dinamik dizgenin temel yapısını betimler. Boltzmann’ın en önemli bulgusu, entropi ile olasılık arasındaki bağı bulmasıyla gerçekleşmiştir. *Doğal düzensiz dizgelerde* olasılık kavramı dinamik anlam kazanır. Şimdi, *doğal düzensiz dizgelerden, tersinemez dizgelere* geçişin nasıl olduğuna bakalım.

“Kararsız dinamik süreçlerde iki tane Markov zinciri olduğunu görmüştük. Bu ikiliği bir başka yolla da görebiliriz. Şimdi, bir çizgi boyunca yoğunlaşmış olan bir *dağılımı* gözönüne alalım. Bu çizgi yatay veya dikey olabilir. Geleceğe doğru ilerleyen bir ‘baker dönüşümünde’ bu çizginin başına geleceklerle ilgilendiğimizi düşünelim. Sonuç *Şekil 8* de gösterilmiştir. Dikine çizgi, ardarda kesilerek uzak gelecekte bir noktaya indirgenir. Yatay çizgi ise çoğalacak ve uzak gelecekte tüm yüzeyi ‘kaplayacaktır’. Eğer geçmişe doğru ilerlersek, tam tersi bir gelişmenin olacağı açıktır. Bu nedenle dikine çizgiye *kısılanan*, yatay çizgiye de *incelen* çizgi denir.

“ ‘Baker dönüşümleri’ ile *sapak noktaları kuramı*’nın benzerliğine tanık oluyoruz. **Kısalan** ve **incelen** çizgiler, dinamiğin iki çözümüne, bakışıklık bozulması sonucunda ortaya çıkan bir **çift** çözüme karşılık gelirler. **Kısalan** çizgi uzak geçmişteki, **incelen** çizgi de uzak gelecekteki denge durumlarına karşılık gelir. Kısacası, elimizde, zamanın ters yönlerine doğru yönelmiş iki Markov zinciri vardır.

“Şimdi, *doğal düzensiz dizgeden, doğal tersinir dizgeye* geçişi gerçekleştirelim. Bunu yapabilmek için **kısalan** ve **incelen** çizgiler arasındaki ayrımı daha ince ayrıntılarıyla anlamalıyız. Bunun için katı kürelerin saçılması örneğinden yararlanabiliriz. **Kısalan** çizgi, hızları uzak geçmişte gelişigüzel dağılım gösteren ve uzak gelecekte de birbirine koşut (*paralel*) olacak olan katı küreler topluluğuna karşılık gelir. **İncelen** çizgi ise, bunun tersi duruma karşılık gelir. **Kısalan** çizgilerin dışlanması, deneycinin dizgeyi denetleyemeyeceği anlamına gelir. Diğer bir deyişle, bir dizi çarpışmadan sonra deneyci, dizgenin koşut hızlar üretmesini sağlayamayacaktır. Eğer **kısalan** çizgiyi dışlarsak, olası iki Markov zincirinden biriyle başbaşa kalırız. **Diğer bir deyişle, termodinamiğin II. yasası, ilk koşulların seçim ilkesidir.** Yalnızca, dizgeyi *gelecekte* dengeye götürecek olan ilk koşullar korunmuştur.



Şekil 8. Kısalan ve incelen çizgilerle Baker dönüşümleri.

“Seçim ilkesinin dinamikte geçerli olduğu açıktır. ‘Baker dönüşümünde’ **kısalan** çizgi tüm zamanlarda kısaltmakta, benzer şekilde, **incelen** çizgi de tüm zamanlarda incelmektedir. Markov zincirlerinden birini engellemekle, *doğal düzensiz dizgeden doğal tersinemez dizgeye* geçiyoruz. Tersinemezliğin betimlemesinde üç temel bileşen vardır: 1) **Kararsızlık**, 2) **doğal düzensizlik** ve 3) **doğal tersinemezlik**. Bunların içinde en baskın olanı üçüncüsüdür. **Doğal tersinemezliğin** varlığı, düzensizlik ve kararsızlığın varlığına işaret eder.

“Bu sonuç dinamikte uyur mu? Dinamikte ‘bilgi’ korunur; Markov zincirindeyse yitip gider (dolayısıyla entropi artar). Aslında burada bir çelişki yok! ‘Baker dönüşümünün’ dinamik betimlenmesinden termodinamik

betimlemesine geçerken dağılım işlevi kavramını değiştirmeliyiz. Entropinin artmasına neden olan termodinamik ‘nesneler’, dinamikteki ‘nesneler’den farklıdır. Yeni dağılım işlevi, $\hat{\rho}$, dinamik dizgenin zamana bağlı betimlemesini verir. Burada bu dönüşümün matematiksel yanıyla ilgilenmeyeceğiz. Ancak dönüşümün kanonik olmaması gerektiğiyle yetinelim. Dizgenin termodinamik betimlemesine ulaşabilmek için dinamik bağlamdan kurtulmalıyız. Sözünü ettiğimiz türden bir dönüşümün varlığı, **varlıklar** bilimi dinamikle, **süregelemler** bilimi termodinamiğin birleştirilebileceği anlamına gelir. Diğer yandan tersinemezliğin kararsızlıktan doğduğu sonucu da ilginçtir. İstatistiksel özelliklerin betimlemeye kaçınılmaz olarak girmesini sağlayan şey kararsızlıktır”.

Belirlenebilirlik ilkesini benimseyen dünya görüşüne göre zaman okunun anlamı yoktur. Çünkü, şimdiki zaman hem geçmişini hem de geleceği içerir. Albert Einstein ile Karl Popper arasında bu konuda geçen söyleşi ilginç sonuçları içeriyor. Bu nedenle, Karl, Popper’ın, *The Open Universe* adlı kitabında değindiği konuyu incelemeyi geçmeyelim:

“Önce Einstein’ın metafizik belirlenebilirliğini (*determinizmini*) kendisine betimledim. Benim açıklamalarıma katıldığını belirtti. Konuşmalarımız sırasında kendisini ‘Parmenides’ olarak adlandırdım. Tıpkı *Parmenides*’in değişmeyen üç boyutlu blok evreni gibi, Einstein da değişmeyen dört boyutlu (dördüncü boyut kuşkusuz zamandı) blok evrenin varlığına inanıyordu. Kuramlarında sunduğu görüşlerin bu şekilde yorumlanmasına tamamen katıldı... Eğer evrenin bir film gibi önceden belirlendiğini varsayarsak, bu varsayımların ardından gelecek olan bir dizi sonuçları onamak zor olacaktır. Bu sonuçlardan üçüne değindim. Birincisi, değişmeyen dört boyutlu evren modelinde geleceğin geçmişte içerildiği izlenimi doğabilir. Çünkü geçmiş, nedensellik ilkesi aracılığıyla geleceğin nasıl olması gerektiğini dayatır...Einstein’ın belirlenebilirliği (*determinizmi*), geleceği (herbir ayrıntısıyla) geçmişin içine tamamen katmıştır. Bu nedenle *gelecek fazla* olmuş, varlığı *gereksiz* kılınmıştır” (K. Popper, *The Open Universe*, s. 90–91). Popper’ın son iki tümcesi çok anlamlı olduğundan ve anlamların çoğu zaman çeviride yitirilme tehlikesi bulunduğundan bu iki tümcenin İngilizce karşılıklarını da vermek istiyorum: “**The future became, therefore redundant. It was superfluous**”. Şimdi kaldığımız yere dönebiliriz.

“*Gelecek, şimdiki zamanda* içerilmediğinden ve *geleceğe, şimdiki zamandan* yola çıkarak ulaştığımızdan, zamanın yönünü, *şimdiden geleceğe* geçiş olarak betimleyebiliriz. Dikkat edilirse, düzensizlikten yola çıkarak oluşturduğumuz tersinemezlik kavramı, salt bilimin ötesine taşan anlamlar kazanır. Şimdi de II. yasanın izin verdiği ve yasakladığı *durumlara* değinelim.

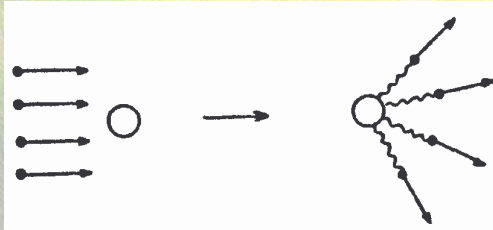
ENTROPİ ENGELİ

“Zamanın yalnızca bir yönü vardır; geçmişten geleceğe doğru akar. Zamanı denetleyemeyiz; onu geri çeviremeyiz. Sonsuz entropi engeli, *olası* ilk koşulları *yasaklanmış* ilk koşullardan ayırır. Bu engel sonsuz olduğundan teknolojik ilerlemelerle asla aşılamayacaktır. Birgün, geçmişe yolculuk edebileceğimiz beklentisinden vazgeçmeliyiz. Bu engel, bir yönüyle ışık hızının dayattığı engele benzemektedir. Teknolojik ilerlemeler bizi ışık hızına yakın hızlara getirebilir; ancak bugünkü fizik bilğimiz bu hızı aşamayacağımızı söylüyor.

“Entropi engelinin kaynağını daha iyi anlayabilmek için, Markov zincirlerinde ortaya çıkan H niceliğinin betimlemesine bakalım. Herbir dağılıma bir sayı karşılık gelir; bu sayı H nin değeridir. Her dağılım, iyi tanımlanmış ‘bilgi’ yumağına karşılık gelir. Bilgi yumağı ne denli zenginse o *durumun* gerçekleşme olasılığı da o denli zayıftır. Burada göstermeyi amaçladığımız *şey*, II. yasanın yasakladığı ilk dağılımın sonsuz bilgi yumağına sahip olduğu gerçeğidir. Bu nedenle, bu durumları ne gerçekleştirebilir ne de doğada bulabiliriz.

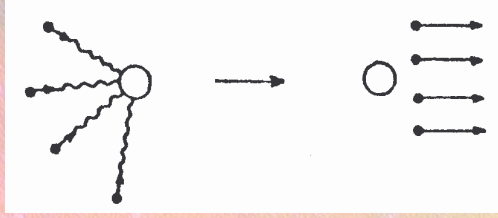
KORELASYONLARIN DİNAMİĞİ

“Önceki bölümlerde hız dönüşüm ($v \rightarrow -v$) deneylerine kısaca değinmiştik. Şimdi düşük yoğunluklu bir gazı ele alıp onun zaman evrimini inceleyebiliriz. t_0 zamanında moleküllerin hız dönüşümlerini gerçekleştirmeye başlayalım. Gaz, ilk durumuna dönecektir. Gazın, kendi geçmişinin izini sürebilmesi için ‘bilgi’ depolaması gerekir. ‘Bilgi’ depolama işlemi, parçacıklar arası korelasyon cinsinden betimlenebilir.



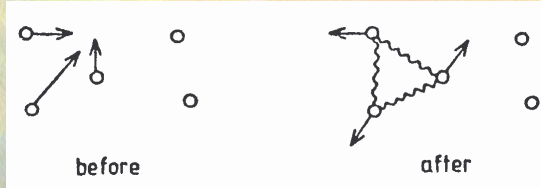
Şekil 9. Parçacık saçılması. Başlangıçta tüm parçacıkların hızı aynıdır. Çarpışmadan sonra parçacık hızları denkliliğini yitirir. Saçılan parçacıklarla saçan parçacık arasında korelasyon kurulur. Dalgalı çizgiler korelasyonu temsil eder.

“Bir hedef parçacığa (ağır, devinimsiz bir parçacık) doğru devinen bir parçacıklar bulutu düşünelim. Bu durum *Şekil 9* da gösterilmiştir. Uzak geçmişte, parçacıklar arasında herhangi bir ilişki (*korelasyon*) yoktur. Saçılma iki etki doğurur: 1) parçacıkları dağıtır (hız dağılımını bakışık yapar) ve 2) saçılan parçacıklarla saçan parçacık arasında ilişki üretir. İlişkileri daha iyi anlayabilmek için hız dönüşümünü uygulayalım. *Şekil 9* bunu gösteriyor. Dalgali çizgiler ilişkiyi simgeliyor. Birinci durumda (*Şekil 9*) saçılma, hız dağılımını bakışık yaparak ilişkiler üretir; ikinci durumdaysa (*Şekil 10*) hız dağılımındaki bakışıklık bozulur ve ilişkiler ortadan kalkar. Dikkat edilirse, ilişkileri dikkate alınca *dolaysız* ve *ters* süreçler arasındaki temel fark ortaya çıkar. Bu sonucu *n cisim* sorununa taşıyabiliriz. Burada da iki farklı durum olasıdır: *Birincisinde* olay birbiriyle ilişki içinde olmayan parçacıklarla başlar; parçacıklar saçılır ve aralarında ilişki kurulur (*Şekil 11*).

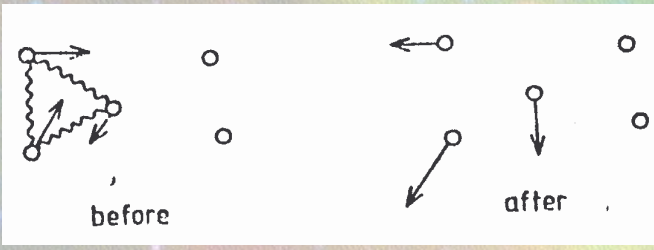


Şekil 10. Çarpışma sonrası hız dönüşümünün etkisi. Korelasyonların etkisi kalkmış, tüm parçacıklar aynı hıza kavuşmuştur.

İkincisinde (birinci durumun tersidir) olay, aralarında ilişki kurulmuş olan parçacıklarla başlar; çarpışmalar ilişkileri ortadan kaldırır ve sonuçta, birbiriyle ilişki içinde bulunmayan parçacıklar üretilir (*Şekil 12*).



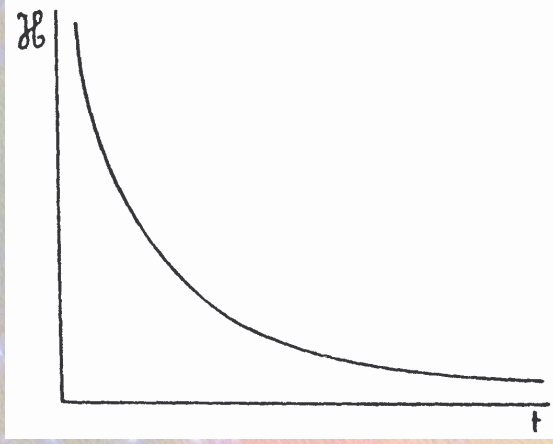
Şekil 11. Çarpışma sonrası ilişki üretme.



Şekil 12. Çarpışma öncesi korelasyonların çarpışmaların etkisiyle ortadan kaldırılması.

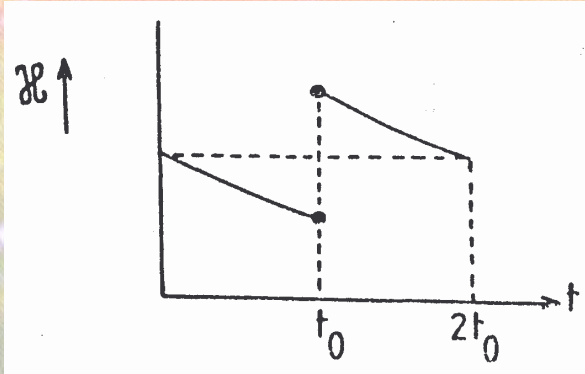
“Yukarıdaki iki durumu birbirinden ayırdeden etmen, çarpışma ve ilişkilerin zaman sırasıdır. *Birinci durumda*, ‘çarpışma sonrası’ ilişki vardır. Şimdi, ‘çarpışma öncesi’ ve ‘çarpışma sonrası’ kavramlarını usumuzda tutarak hız dönüşüm deneyine dönelim. $t=0$ zamanına, parçacıklararası ilişkinin olmadığı ilk duruma dönelim. $0 \rightarrow t_0$ zaman aralığında dizge ‘normal’ evrimini geçirir. Hız dağılımı, çarpışmalar sonunda Maxwell denge dağılımına yaklaşır. Aynı çarpışmalar, parçacıklar arasında ‘çarpışma sonrası’ ilişki de üretir. t_0 anında hız dönüşümünden sonra tamamen yeni bir durum ortaya çıkar. Artık ‘çarpışma sonrası’ ilişkiler ‘çarpışma öncesi’ ilişkilere dönüşmüştür. $t_0 - 2t_0$ zaman aralığında ‘çarpışma öncesi’ ilişkiler ortadan kalkar, hız dağılımı giderek daha az bakışık olur ve $2t_0$ anında ilişkilerin olmadığı duruma döneriz. Bu nedenle dizgenin tarihinde iki aşama vardır: *Birincisinde*, çarpışmalar ilişkilere dönüşür; *ikincisindeyse* ilişkiler çarpışmalara döner. Heriki süreç de dinamikle uyum içindedir. Dahası, toplam ‘bilgi’ sabit kalır. Boltzmann’ın betimlemesiyle açıklarsak, $0 - t_0$ zaman aralığındaki evrim, bildiğimiz H azalmasına karşılık gelir (Şekil 13). Ancak, $t_0 - 2t_0$ zaman aralığında elimizde olağandışı bir durum bulunur: H artacak, entropi azalacaktır. Bu durumda laboratuvarlarımızda düzenleyeceğimiz deneylerde veya bilgisayarlarımızda II. yasanın geçersiz olduğu yönünde çalışmalar yapabileceğiz. $0 - t_0$ zaman aralığında gelişen tersinemezliği, $t_0 - 2t_0$ zaman aralığındaki ‘anti tersinemezlikle’ dengeleyebileceğiz!

“Bu açıklama hiç de doyurucu değil! Eğer ‘Baker dönüşümleri’nde olduğu gibi yeni ‘termodinamik betimlemeyi’ yeğlersek, tüm güçlükler ortadan kalkar ve dinamik, Markov zincirinde olduğu gibi bir olasılık süreci niteliğini kazanır. Hız dönüşümünün de ‘doğal’ bir süreç olmadığını unutmamalıyız; hız dönüşümü, moleküllere dışarıdan ‘bilgi’ aktarımına gereksinim duyar. Bu dönüşüm için bir tür Maxwell **demon**’una gereksinim vardır. Ancak **demon**’un fiyatı çok yüksek!



Şekil 13. H niceliğinin zaman evrimi. Bu nicelik zamanla azalır ve uzun bir zaman içinde ortadan kalkar.

Şimdi, olasılık süreci için H niceliğini zamanın işlevi olarak alalım (Şekil 14). Bu yaklaşımlarda ilişkilerin etkisi H işlevinde içerilir. Bu nedenle, t_0 anında ($v \rightarrow -v$ anında) H niceliği bir sıçrama gösterecektir; çünkü, ansızın ‘çarpışma öncesi’ ilişki yaratmış oluyoruz ki bunun daha sonra ortadan kaldırılması gerekiyor. Bu sıçrama, ödememiz gereken entropi veya ‘bilgi’nin bedelidir.



Şekil 14. Hız dönüşüm deneyinde H niceliğinin değişimi. t_0 zamanında hızlar dönüştürülmüş ve H niceliğinde süreksizlik ortaya çıkmıştır.

“Artık II. yasanın betimlemesini yapabiliriz: H niceliği *her an* azalır (veya entropi artar). Ancak t_0 anında durum farklıdır: H yukarı doğru sıçrar; bu an

dizgenin **açık** olduğu ana karşılık gelir. Hız dönüşümünü ancak dizgeye dışarıdan etki edersek gerçekleştirebiliriz.

“Diğer çok önemli bir nokta da şudur: t_0 anında yeni H niceliğinin iki farklı değeri bulunur. Biri hız dönüşümünden önceki, diğeri de hız dönüşümünden sonraki değeri. Bu iki durumun entropisi farklıdır.

“Şimdi hız dönüşümü yapmadan önce, yeterince uzun bir süre beklediğimizi varsayalım. ‘Çarpışma sonrası’ ilişkilerin düzensiz bir aralığa sahip olduğunu göreceğiz. Bu, hız dönüşümünün neden olduğu entropi ederinin çok yüksek olduğu anlamına gelir. Hız dönüşümü çok yüksek bir entropi ederi isteyeceğinden dışlanacaktır. Fiziksel açıdan bu durum, II. yasanın, varlığını inatçı bir biçimde sürdüren uzun erimli ‘çarpışma öncesi’ ilişkileri dışlaması anlamına gelir.

“II. yasanın büyük ölçekli betimlemesiyle olan benzerliği oldukça çarpıcı! Erkenin korunumu açısından baktığımızda ısı ve iş aynı görevi görür. Ancak, II. yasa açısından bu ikisinin rolü aynı değildir. Kısacası, iş erkenin daha **uyumlu** bir biçimidir ve daima ısıya dönüştürülebilir. Çarpışmalarla ilişkiler arasında küçük ölçeklerde de benzer bir ayırım vardır. Dinamik açıdan baktığımızda çarpışmalarla ilişkiler aynı rolü oynar. Çarpışmalar ilişkileri ortaya çıkarır; ilişkiler de çarpışmanın etkisini yokeder. Ancak çok önemli bir fark vardır. Çarpışmaları denetleyerek ilişkiler üretebilmemize karşın, çarpışmaların dizgeye sunduğu etkileri ortadan kaldıracak olan ilişkileri denetleyemeyiz. Dinamikte eksik olan yan işte budur; bu fark termodinamiğe girebilir. Dikkat edilirse, dinamik ile termodinamik herhangi bir noktada çalışmıyor. Termodinamik, evreni anlama çabamıza yeni bir öge ekler.

ENTROPİ : BİR SEÇİM İLKESİ

“Tersinemez süreçlerin küçük ölçekli kuramı geleneksel büyük ölçekli kurama çok benzer. Heriki durumda da entropi başlangıçta negatif anlamlara sahiptir. Büyük ölçeklerde ısının soğuktan ısıya doğru akmasını yasaklar. Küçük ölçeklerdeyse bir dizi ilk koşulları yasaklar. Neyin yasak neyin izin verilebilir olduğu, dinamik yasalarındaki **zaman**’da içerilmiştir.

“Entropinin negatif yanı pozitif yanından ortaya çıkar: entropi, olasılık yorumu ile birlikte vardır. Tersinemezlik, büyük ölçeklerde bir “**mucize**” gibi ortaya çıkma özelliğini yitirmiştir. Büyük ölçeklerde gözlenen tersinemezlik, içinde yaşadığımız evrenin ‘yanlı’ doğasını (zamanda yanlılık) sergiler.

“Sık sık yineliyoruz: doğada tersinir biçimde davranan dizgeler vardır. Bu dizgeler klasik veya kuantum mekaniği yasalarıyla betimlenebilir. Ancak ilgimizi çeken dizgelerin çoğu (kimyasal ve dirimsel dizgeler) büyük ölçeklerde yanlı davranır. Bu yanlılık zaman davranışında ortaya çıkar. Bu durumu **yanılsama (ilüzyon)** olarak değil, küçük ölçeklerde zaman bakışıklığının bozulduğu gerçeğiyle açıklamalıyız. Tersinemezlik ya tüm düzeylerde doğrudur ya da hiç doğru değildir. Bir düzeyden diğerine geçerken ‘**mucize**’ türünden bir geçiş bekleyemeyiz.

“Tersinemezlik, diğer bakışıklık bozulmalarının da başlangıç noktasıdır. Örneğin, parçacıklarla anti parçacıklar arasındaki farkın yalnızca denge durumundan uzak koşullarda ortaya çıktığına inanılır. Bugün süregelen en etkin araştırma konularından biri, tersinemezliğin özdek yapısına ‘imzasını’ atış biçimleridir. Okuyucu, klasik mekanik bağlamından verdiğimiz tüm örneklerin kuantum bağlamında da geçerli olduğunu bilmelidir. Dahası, **çarpışma ve ilişkiler** kavramları kuantum kuramında da kullanılabilir. Bu nedenle, klasik kuramda olduğu gibi, kuantum kuramında da II. yasa uzun erimli ‘çarpışma öncesi’ ilişkileri yasaklar.

“Olasılık süreçlerine geçtiğimizde yeni ‘varlıklar’la karşılaşyoruz. II. yasanın düzenden düzensizliğe doğru bir evrim olduğunu ancak bu varlıklar cinsinden anlayabiliriz. Bu çok önemli bir sonuçtur. II. yasa bizi, özdeğin doğasına ilişkin yeni bir kavrama götürür”. Şimdi bu kavrama bir gözatalım.

ETKİN ÖZDEK

“Entropi ile dinamik bir dizgenin bağıı kurduğumuzda Boltzmann’ın kavramına geri dönmüş oluyoruz: denge durumunda olasılık maksimum olur. Termodinamik evrimin betimlemesinde kullandığımız birimler denge durumunda kaotik bir davranışa girecektir. Bunun tersine, yakın denge koşullarında ilişkiler ve **uyumlu (coherent)** süreçler gözlenecektir.

“Bu gelişme bizi çok önemli sonuçlardan birine götürüyor: Denge dışı durum, tüm düzeylerde, büyük ölçekli, çalkantılı veya küçük ölçekli düzenin kaynağıdır. Denge dışı durum karmaşadan düzenin doğmasına neden olur. Ancak daha önce de değindiğimiz gibi, düzen (veya düzensizlik) kavramı düşünülenenden daha karmaşıktır. Yalnızca bazı limit durumlarda (örneğin düşük yoğunluklu gazlarda) düzen, Boltzmann’ın çalışmalarına uygun olarak basit bir anlam kazanır.

“İçinde yaşadığımız fiziksel evrenin *kuvvetler* ve *alanlar* cinsinden betimlemesiyle, termodinamik betimlemesini bir kez daha karşılaştıralım: Herhangi bir dizgeyi oluşturan birimler, denge durumunda **uyumsuzdur** (*incoherent*); bunlara **hypnon** denir. **Hypnon**, uyurgezer anlamında kullanılmıştır; çünkü denge durumunda birbirlerini dikkate almazlar. Dizgeyi oluşturan bileşenlerin herbiri olabildiğince karmaşık olabilir. Ancak denge durumunda bunların karmaşıklığı ‘içe doğrudur’. Molekülün içinde çok yeğin bir elektrik alan bulunur. Bu elektrik alan düşük yoğunluklu gazdaki diğer moleküller için hiçbir anlam taşımaz. Karmaşıklığın ‘içe dönüklüğünden’ anlaşılması gereken şey budur.

“Günümüz fiziğinin en önemli konularından biri, temel parçacıklardır. Ancak temel parçacık olarak tanımlanan bu yapı taşlarının temel olmaktan çok uzak olduğunu biliyoruz. Çünkü hergün, daha yüksek erkelerde gerçekleştirilen deneylerin özdek yapısının yeni katmanlarını ortaya çıkardığını biliyoruz. Temel parçacık kavramı ‘**bağımsızlığı**’ gerektirir. Bugünkü kavramlarla ‘bağımsızlığı’ betimlemek oldukça zordur. Temel parçacıklar dediğimiz birimleri **hypnonlar** olarak tanımlayabiliriz. Bunlar denge durumunda bağımsız evrimlerini geçirirler. Bu hipotezi sınayacak deneylerin yapılabileceğini sanıyoruz.

“Bu aşamaya dek söylenenleri kısaca özetlersek: Termodinamiğin II. yasasının büyük ölçekli dizgelerdeki önemine değindik. Bugün artık büyük ölçeklerin ötesine gidip, küçük ölçeklerdeki tersinemezliğin anlamına bakmalıyız. Bu çaba, fiziğin temel yasalarının kökten değişikliğe uğramasını gerektiriyor. Klasik bakış açısının geçersiz olduğu dizgelerde (örneğin kararsız dizgelerde) ‘doğal düzensizlik’ten ve ‘doğal tersinemezlik’ten sözdebiliriz.

“p yoğunluk işlevinde tüm *iç yaşlar* (*internal ages*) bakışıklığa sahiptir. Bunun tersine, â da **geçmiş** ve **gelecek** farklı rollere sahiptir. **Geçmiş** işin içindedir ancak **gelecek** belirsizdir. Zaman okunun anlamı burada açıklık kazanıyor. **Yeni yaklaşımın büyüleyici yanı, artık ilk koşullarla değişikliği betimleyen yasalar arasında bir bağın kurulmuş olmasıdır. Zaman okuna sahip durum yasanın kendisinden ortaya çıkıyor. Aynı yasanın kendisi zaman okuna sahiptir. Bu yasa, dizgenin durumunda dönüşümlere neden olurken, zaman okunu korumayı da unutmaz”.**

SON SÖZ

Evet! Isabella Stengers & Ilya Prigogine’in, ***Order Out of Chaos*** adlı kitaplarında ileri sürdüğü savlar bunlar. Büyük Patlamacıların ve onlara Kutsal kitaplarından alıntılarla destek vermeye çalışan bir takım din çevrelerinin

entropiye, düzene, düzensizliğe bakış açılarının değişip değişmeyeceği merak konusu. Ancak kesin olan şu ki, bilim değişiyor. Doğayı betimleme biçimlerimiz değişiyor. Evrenin sunduğu çeşitlilik ve karmaşıklık karşısında onu tek bir kavramsal çerçeve içine sokmamıza, dar ceketler giydirmemize izin vermiyor. **“Evet! İşte son yanıt budur!”** gibilerinden yaklaşımların çok geçmeden yanlış olduğu ortaya çıkıyor. Bilim tarihinde bu tür yanılgılarla sıkça karşılaşırız. Bu, aslında bir biliminsanı için o denli “tuhaf” bir durum değil. Bilim kendisini yadsıyarak ilerliyor; biliminsanı bu duruma alışkın!

İnsanlığın bilgi tarihini sarmal bir merdivene benzetebiliriz. Bir alt basamakta gözlemlerden yola çıkarak ortaya serdiğimiz nesnel gerçekliğe kuramsal bir çerçeve uyduruyoruz. Bu çerçeve bize bir takım öngörülerde bulunuyor. Bu öngörülerini sınamak için daha gelişkin aygıtlara gereksinim duyuyoruz. Yeni aygıtlar eğer kuramın öngörüsünü doğrular yönde sonuçlar verirse bir üst basamağa çıkıyoruz. Bir alt basamaktaki kuramsal çerçevemiz “yanlışlanarak” bilimselliğini gösteriyor. Bu Popper’cı yorum, diyalektik materyalist felsefenin “yadsımanın yadsıması” ilkesini andırıyor. Bilim dünyası yadsımaya ve yadsınmaya alışkındır. Ancak, tarihin bir döneminde, merdivenin herhangi bir basamağını son durak olarak görmek, “son bilgi” saplantısına kapılmak demektir. Bu durumlarda Kutsal Kitapları karıştırarak, bu basamağa destek olabilecek birkaç tümce cımbızlamak o dini “bilimsel” yapmayacağı gibi, o basamağı da yadsınmaktan başışik kılamaz. Yadsınmak, bilimsel bir kuramın saygınlığını sarsamaz ama yadsınan bir kurama bağlanan Kutsal Kitapların inananlar gözündeki saygınlığı sarsılabilir. Bilimsel kuramsal çerçeveyle Kutsal Kitabı sıkı sıkıya bağlayanlar bir de bakarlar ki, bilim, tıpkı bir kertenkele gibi kuyruğunu bu kişilerin ellerinde bırakıp kaçmış; bir üst düzeye çıkmış ve Kutsal kitaplarını bir alt düzeyde bırakmış. Bu yadsıma kaçınılmaz olarak ona bağlanan herşeyin de yadsınması anlamına gelir! Sonra? Bilimin yeni bulgularının da Kutsal Kitaplarda zaten varolduğunu gösterme çabası başlar. Katolik Kilisenin Galileo deneyinden “öğrendiği” en acı ders şudur: Bilimin boşluklarının din öğretileri tarafından doldurulmaya çalışılması din açısından tehlikelidir. 350 yıl gibisinden bir gecikmeyle gerçeği görmek ve pişman olmak hiç de hoş olmasa gerek! Bu nedenle, gerçeği kuyruğundan yakalamak yerine gerçeğin kendisine sarılmayı öğrenmeliyiz. Gerçek ise şudur: Din ile bilim birbirini tamamen dışlayan iki düşünsel etkinlik alanıdır. Birbirlerinin sonuçlarını kullanamaz, birbirlerine yazılı “doğmalarından” destek veremezler!

Bir başka bağlamda söylenmiş olmasına karşın, aşağıdaki mektup bu konuya da ışık tutucu nitelikte. Alıntılar yumağı biçiminde ortaya çıkmış olan bu çalışmanın son alıntısını, *Ivan Turgenev*’in *Leo Tolstoy*’a 1856 yılında yazmış olduğu bir mektuptan verelim:

“Dilerim tanrıdan çevreniniz hergün genişler. Kendisini sistemle bütünleştirmiş olan kişiler gerçeği kavramakta yetersiz kalırlar. Bu kişiler gerçeği hep kuyruğundan yakalamaya çalışırlar. Sistem gerçeğin kuyruğuna benzer; gerçek ise kertenkele gibidir, kuyruğunu parmaklarınızın arasında bırakır kaçar ve bilir ki çok kısa bir süre sonra bir yenisi gelecektir”.

EK 1

YAŞAM

“Dirimbilim açısından yaşam, sürekli evrim geçiren, erke tüketici karmaşık bir yapıdır. Kendisini erke tüketici yapı olarak sergileyen öz örgütlenme süreçlerinde temel belirsizlikler doğal olarak vardır. Bu yapıların evrimini, denge durumundan oldukça uzak koşullarda ortaya çıkan düzensiz, öngörülemeyen çalkantılar (fluctuations) belirler. Bu tür koşullarda ortaya çıkan kararsızlıklar süreç yapının davranışının ikiye yarılmasına neden olur. Dirimsel bir dizge zorunlu olarak büyük ölçekli (makroskopik), evrenin tümüne **açık** ve de termodinamik dengeden olabildiğince uzak olmalıdır; bu dizge içinde süregelen süreçlerde doğrusal olmayan (non-linear) gelişmeler baskın olmalıdır. Gezegen yüzeyleri, soğuk yıldızlararası molekül bulutları denge durumundan uzak koşulların baskın olduğu ortamlardır. Özellikle molekül bulutlarından kaynaklanan ışınlama bulutların kinetik sıcaklığı arasındaki doğrusal olmayan ilişki uç boyutlardadır. Kısacası, ileri gelişmişlik düzeyine erişmiş olan bir yaşam biçimi kendisini entropi dışsattımı gibisinden bir etkinlikle sergileyecektir. Bu entropi dışsattımı, büyük bir olasılıkla düşük nitelikteki erke sızması yoluyla olacaktır.

YAŞAMIN GENEL ÖZELLİKLERİ

“Yaşam, özdeğin öz örgütlenme gösterdiği doğal bir olgudur; termodinamik dengeden oldukça uzak olan bir çevrede gelişir ve bu tür bir çevrede kendiliğinden ortaya çıkan tersinemez süreçlere bağlı olarak ilerler.

“Bu nedenle yaşam için gerekli olan koşul, yaşamın büyüüp geliştiği dirimkürenin (biyosfer) evrenin tümüne **açık** olmasıdır. Böylece dizgede süregelen tersinemez süreçlere özdek ve erke aktarımı yapılabilir ve bu süreçlerin son ürünü olan bozulmuş erkeyle birlikte tüm atıklar dizgeden arındırılabilir.

“Canlı organizmalar erke ve özdek tüketen süreçleri, entropi üretimi oldukça yüksek olacak biçimde örgütler. Ancak üretilen entropinin dizgeden

atılması da son derece etkin bir biçimde gerçekleşir. Böylesi bir davranış erke saçıcı yapılara özgüdür. Dirimsel dizgeler çok karmaşık bir yapı gösteren kimyasal dizgelere benzetilebilir. Erke tüketici yapıların oluşabilmesi için dizge içinde ortaya çıkan süreçlerin **doğrusal olmayan** bir doğaya sahip olması gerekir. Dirimsel dizgelerde doğrusal olmayan süreçler, metabolizmadaki *otokatalitik* ve *çaprazkatalitik* tepkime aşamalarda ortaya çıkar. Bu tür doğrusal olmayan süreçlerde kararsızlıkların ortaya çıktığı deneysel olarak kanıtlanmıştır. Kararsızlıklar da dizgedeki küçük çalkantıların genliklerinin büyümesine ve sonuçta dizgenin gelecekteki evriminin saptanmasına yardımcı olur. Kararsızlıklar için kritik bir nokta vardır. Bu noktanın ötesinde, dizgeyi tanımlayan eşitliklerin çözümünde ikiye yarılma (*sapak noktası*) görülür. Bu nokta ötesinde yeni çözümler elde edilir. Kendisini hem uzay hem de zamanda son derece yüksek boyutlarda örgütleyebilen bu yapıların fiziksel özelliklerini klasik denge durumu termodinamiğiyle açıklamak olası değildir.

“Dizgedeki küçük çalkantılardan ortaya çıkan ve büyüyen bu çözümlerin tanımladığı yapıların sürekli olabilmesi, diğer bir deyişle varlığını sürdürebilmesi yalnızca ve yalnızca belli bir kararlılığa erişebilmesiyle olasıdır. Bunun olabilmesi için de, dizgenin büyük ölçekli bir yapı olması gerekir. Bir dizgenin kararlılığı, dizgede ortaya çıkan çalkantıların genliğine (*amplitude*) bağlıdır. Bu çalkantılar ne denli büyükse dizge de o denli kararsızdır. Dizgedeki çalkantıların genlikleri, dizgeyi oluşturan parçacık sayısının kare köküyle ters orantılıdır. Bir yapının yerel olarak oluşan bir gürültünün (*noise*) üzerine çıkabilmesi ve varlığını sürdürebilmesi için büyük ölçekli olması gerekir. Erke saçıcı yapılar, varlıklarına yönelik herhangi bir çekincenin üstesinden gelebilmek için, dizgenin içinde süregelen süreçlerin dinamiğiyle, dizgeye dönüşüm yeteneği sağlamıştır. Dizgedeki küçük genlikli çalkantıların genliği büyüyebilir ve dizgede bir yenilik ortaya çıkabilir; bu yenilik de dizgeyi yeni ve kararlı bir yapıya götürebilir. Bu aşamada yeni bir düzen ilkesi, **"çalkantılardan ortaya çıkan düzen"** görülür. Erke tüketici yapının düzeni, örneğin, dış tedirginliklerle bozulabilir. Yapı başlangıç durumundan sapmalar gösterir. Bu sapmalar doğrusal olmayan bir biçimde yükseltilir (*amplified*) , özdek ve erke akısına uğrayan yapı kararlı bir duruma ulaşır.

“Çalkantıların oluşumu düzensiz, öngörülemez süreçler sonunda gerçekleşir. Dizgenin davranışı bu çalkantıları sönmülendirdiği (*damped*) sürece klasik termodinamiğin belirlenebilirlik özelliği taşıyan yasalarınca belirlenir. Bu yasalar büyük ölçekli değişkenler cinsinden anlatımını bulur. Ancak, eğer çalkantıların genliği yükseltilirse bu çalkantılar dizgeyi yeni bir davranışa ulaştırır ve klasik termodinamik tanımlar geçerliliğini yitirir. Bu nedenle, kararlı yapılarda, örneğin denge durumuna yakın koşullarda evrimin yazgısı öngörülebilir

(belirlenebilir). Diğer yandan, denge durumundan oldukça uzak olan koşullarda, kararsızlıkların yapıyı bir durumdan diğer bir duruma geçişe hazırladığı koşullarda evrim raslantısaldır, geleceği olasılık yasalarınca belirlenir. Bu durum dirimsel evrimi, öngörülemez olayların dizisi durumuna sokar. Yaşam, diğer basit erke tüketici yapılarda olduğu gibi evrim geçirmek zorundadır. Dizgeyi tanımlamakta kullanılan **ilk koşullar**, dizgenin evriminin saptanmasında yardımcı olamaz; evrim, süregelen gelişme sırasında şekillenir. Yenilikler kendiliğinden ortaya çıkar; ancak bu kendiliğindenliğin ardında doğaüstü bir etken değil, öngörülemeyen fiziksel değişimlerin birikimi vardır. Bu yenilikler evrimin yaratıcı ve yenilikçi yanını sergilediği gibi, sürecin her aşamasında ve de gelecekte izleyeceği yönün belirsiz ve öngörülemez olduğunu da gösterir.

YAŞAMIN TEMEL ÖZELLİKLERİ

“Yukarıda sözünü ettiğimiz temel belirsizlikleri gözönüne aldığımızda, yerötesi koşullardaki yaşamın dış görünüşü ve fiziksel özelliklerine ilişkin öngörülerde bulunmanın yanlışlığı ortaya çıkar. Dirimsel bir yapıdaki düzen özgün ve işlevseldir. Bu düzeni matematiksel olarak tanımlamak veya matematiksel desenini çıkarmak olası değildir. Bir proteinin *polipeptid* zincirini yerötesi uygarlıkların birinden gelen dirimbilimcinin incelediğini düşünelim! Bu bilimsanı, Yer'den götürdüğü amino asit dizisinde anlamlı bir düzen bulamayacaktır. Amino asitlerin zincir içindeki dağılımı tamamen gelişigüzel veya düzensiz görünecektir. Yapısal olarak oldukça düzenli olan bu molekülün düzeni gizli kalacaktır. Çünkü moleküldeki düzen kendisini yalnızca işlevsel olarak uyumlu bir organizmada işlerlikte olan birleştirici, *stereospesifik* işlevlerde sergiler. *Stereospesifik* işlevler, moleküllerdeki atom ve atom gruplarının uzay dağılımlarındaki özgünlükten kaynaklanan işlevlerdir.

“Dirimsel evrimin sonucu olan dış görüntüleri öngörmek olası olmadığından özle ilgilenmek daha uygundur.

“Dirimsel bir dizgenin evrenin tümüne açık olması, ilkesel olarak onun daima gözlenebilir olmasını sağlar. Bu dizgenin ussal yeteneklere sahip olması gerekmez. Dahası, bir dirimsel yapının termodinamik dengeden uzak ve entropi kaynağı olması gerekir. Yerötesi yaşam veya uygarlıkların araştırılmasında dengede olmayan ve gevşeme göstermeyen (*unrelaxed*) bölgelerin araştırılması gerekir. Bu bölgeler özgür erkeyi tüketen ve çevrelerine erke atığı ve ısı salan bölgelerdir. Bu tür bölgelerde üretilen ve sergilenen olayların dirimsel süreçlerle ilişkisi kurulabilir.

“Bir yaşam biçiminin sürekliliğinin güvencesi, yapısının kararlılığı ve evrimsel tarihçesinde ortaya çıkan kararsızlıklarla sağlanır. Eğer dizge gereğinden fazla kararlıysa evrim süreci durabilir; aslında ölüme bile götürebilir, çünkü kararlılığın baskın olduğu durumlar çoğunlukla denge durumlarıdır. Olabildiğince kararlı yapılar işlevsel dirimsel düzen yerine kristal benzeri "ölü" desenler sergiler. Diğer yandan, gereğinden fazla kararsızlık da kaçınılmaz olarak yapının çözülmesine neden olan "kaçak" durumları doğurur. Kararsızlık karmaşıklığın bir sonucudur. Karmaşıklık, dizgede ortaya çıkacak olan yarılmaların sayısını artırır. Kararlılık cephesine gelince: denge durumunda olmayan bir dizgenin kararlılığı, dizgenin boyutlarının büyütülmesi ve dizge içindeki iletişim hızının artırılmasıyla yükseltilebilir. Küçük çalkantıların büyük dizgelerdeki etkisi olabildiğince azdır; hızlı iletişim ise, dizgede ortaya çıkabilecek tedirginliklere karşı uyumlu ve eşgüdümlü tepkilerin örgütlenmesine izin verir.

“Bu bağlamda, evriminin ileri aşamalarında olan yerötesi uygarlıkların tek bir gezegenin sınırları ötesine yayıldığını (Dünya denen şu gezegendeki uygarlığın uygulamaya başladığı gibi!) varsaymak yanlış olmaz. Bu uygarlık aynı zamanda onu oluşturan değişik kesimler arasındaki iletişimi gelişkin iletişim araçlarıyla kuracaktır.

YERÖTESİ YAŞAM (UYGARLIKLAR) NEREDE ARANMALI ?

“Bugüne dek yapılan yerötesi uygarlıkların (*ET* ?) araştırılması çalışmalarında Yer bağlamında karşılaşılan dirimsel olgular ve bu olgular temelinde geliştirilmiş olan kavramlar üzerinde yoğunlaşmıştır. Yerötesi ortamlarda hidrokarbon veya amino asitlerin bulunduğunu gösteren gözlemler karşısında heyecandan ölüyoruz! Çünkü Yer'deki deneyimimizden bu moleküllerin dirimsel evrimin öncüleri veya ürünleri olduğunu biliyoruz. Oysa ki, örneğin Jüpiter atmosferi gibi kimyasal olarak indirgeyici ortamlarda bu tür bileşenler kimyasal denge durumundadır. Bu moleküller Yer'deki denklerine benziyor olmalarına karşın oksitleyici olmayan bir atmosferde bulunduklarından Yer'deki silikatlar denli ‘ölüdür’.

“Bu nedenle, yerötesi yaşam veya uygarlık araştırmalarında özdekden çok, olay ve süreçler üzerinde yoğunlaşmalıyız. Titreşen *Belousov - Zhabotinsky* tepkimesi içeren kimyasal bir kap, hidrojen zengin bir ortamda bulunan *polipeptid* zincir karışımından daha "canlıdır"!

“Yukarıda belirlenen ölçekten yola çıkarsak, yerötesi yaşam veya uygarlık araştırma çabalarımızda termodinamik dengede olmayan bölgeleri ele almak daha

uygun olacaktır. Bu açıdan baktığımızda gezegen yüzeyleri en doğal adaylar arasındadır. Yakınındaki yıldızın sağladığı yüksek sıcaklıktaki ışıınım alanı içinde yüzen, göreceli olarak düşük sıcaklıktaki yüzeyleriyle gezegenler, termodinamik dengeden uzak bir ortam sunarlar. Ancak, özellikle soğuk moleköl bulutları başta olmak üzere yıldızlararası ortam da en az gezegen yüzeyleri denli uygundur. Bu bölgelerdeki ışıınım alanı sıcaklığı 30.000 kelvin olan sıcak O ve B yıldızlarınca belirlenir. Oysa ki, bu yıldızların yakın komşuluğunda bulunan moleköl bulutlarındaki kinetik sıcaklık yalnızca 100 kelvin veya daha azdır. Kısacası, bu tür bir ortam ısısal denge durumundan oldukça uzak olduğu için tersinemez süreçlerin kaynağı olabilir. Bir kıyaslama yaparsak: ileri yaşam biçimlerinin yerleşme yeri olarak yıldızlararası uzay, ısı ve gürültü yönünden oldukça zengin olan yıldız çevrelerine kıyasla daha uygundur. Yıldızlararası ortam gezegen yüzeylerine kıyasla büyüme ve yaşam çeşitliliği yönünden daha çok olasılık sunar. Gezegen yüzeylerinin doğal kaynakları kısıtlı ve uzay-zaman süredurumuna dayattığı çekimsel çukurlar kaçınılmazdır! Yakın çevresine dar band TV ve radar ışıınımı sızdırdığından Yer'deki yaşam, yine Yer'dekine benzer bir uygarlık tarafından algılanabilir. TV sızıntı oranı ve sızan erkenin gücü, Yer'i, yakın komşuluğumuzda bulunan 122 yıldız tarafından algılanabilecek bir uygarlık durumuna getirmiştir. Yukarıda değindiğimiz gibi, yaşam yakın çevresine hem entropi dışsatımı yapacak hem de düşük nitelikde erke sızdıracaktır. Yalnız bize özgü değil, varolan tüm uygarlıkların ortak özelliği evrenin tümüne "**açık**" olmaktır. Bu nedenle, herhangi türden bir yaşam kendisini açık bir biçiminde sergileyecektir. Ancak bu aşamada Fermi aykırıkansı (paradoksu) hala duruyor: **‘Where are they ?’** "

(G. Bodiffee & C de Loore, *The Search for Extraterrestrial Life: Recent Developments*, IAU Symposium No. 112, 1985, D. Reidel Pub. Comp.)

EVRENİN BÜYÜK ÖLÇEKLİ YAPILARI

Einstein, evren modelini oluştururken, en büyük uzay ölçeklerinde ele alındığında, evrendeki özdeğin uzayda eşit dağıldığını (*homojen*) düşünmüştür. Bu ilk ilkeden yola çıkan Einstein, Genel Görelilik kuramını kullanarak uzayın sonlu olduğu sonucuna vardı.



Diğer bir deyişle, belli bir yoğunluktaki kütle ne denli büyükse, uzayı da o denli çok bükecektir. Eğer yoğunluk yeterince büyükse, uzay, kendi üzerine tamamen kapanacak biçimde eğrilecektir. Kısacası, eğer evrendeki özdeğin yoğunluğu her yerde eşit olacak biçimde eşdağılım gösteriyorsa, evren sonlu olmak zorundaydı.

Ancak, 1919 yılında, evrenin *eşdağılımlı olmadığına* ilişkin yeterince çok sayıda kanıt vardı. *Newton* zamanında bilim adamları, evrendeki hemen tüm özdeğin birbirinden dev uzaklıklarla ayrılmış olan yıldızlarda toplandığına inanıyordu. *Newton*'dan sonra yapılan gözlemler (*Einstein*'dan önce yapılan gözlemlerdir) yakın komşuluğumuzdaki yıldızların Samanyolu gökadasını oluşturduğunu göstermiştir. 1850 yıllarında gökbilimciler, sarmal kollu bulutsuların varlığını biliyorlardı. Çoğu gökbilimci, haklı olarak bu bulutsuların başka gökadar olduğunu savunuyordu. Yine bu sarmal kollu bulutsuların gökyüzünde geniş bir bandda toplandığı dikkat çekmişti. Bugün bu oluşumlara *gökada süper kümeleri* adı verilir.

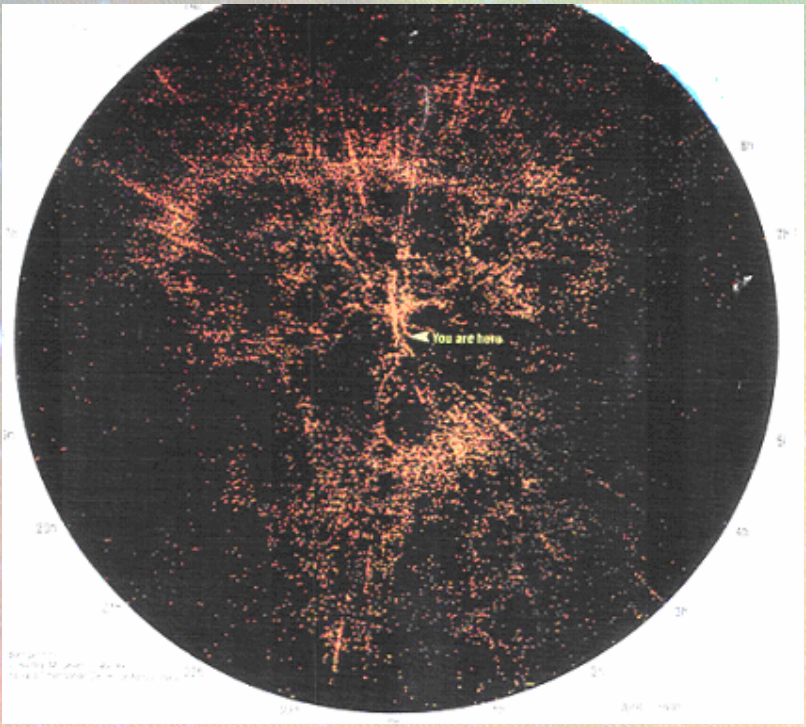
Kısacası *Einstein*, hangi ölçeklerde alınırsa alınsın, gözlemlerin evrenin eşdağılımlı olmadığına işaret ettiğini biliyordu! Buna karşın, salt felsefi ve estetik nedenlerle, eşdağılımlı bir evren modeli önerdi. Oysa ki, bir seçenek olarak, eşdağılımsız bir evren modelini düşünürsek, uzayın büyük oylumlarının yoğunluğu, küçüklerin yoğunluğundan daha az olduğundan, evrenin bir küre gibi kendi üzerine kapanmasına gerek kalmayacaktır.

Einstein'ın eşdağılımlı evren varsayımının evrenbilim üzerinde üç olumsuz etkisi olmuştur: **Birincisi**, önceki dönemlerde saçma ve bilimin antitezi olarak tanımlanmış olan ortaçağ sonlu evren kavramını hortlatmıştır. **İkincisi**, eşdağılım varsayımının estetik basitliği *Einstein*'ın bilimsel saygınlığıyla birleşince, bu varsayımın tüm diğer relativistik evren modellerinde de kullanılmasına neden

olmuştur. **Üçüncüsü**, ve belki de en önemlisi, gelecekte yapılacak gözlemlerin eşdağılım varsayımını doğrulayacağı beklentisinden yola çıkarak, gözlemlerle çelişen varsayımların yapılmasına izin vermiştir. Konuyu *Einstein*'in evren modeli bağlamında incelersek, *Einstein*, evrenin, gökada kümelerinden ve gökada süper kümelerinden daha büyük ölçeklerde eşdağılımlı olacağının beklentisi içindeydi. Ancak gözlemler bu beklentiyi yıktı (*Şekil 15*).

GÖKADA DAĞILIMLARI

Samanyolu gökadası dışındaki gökadalara varlığı 1925 yılında *Hubble*'in *Andromeda* bulutsusunda *Cepheid* türü değişen yıldızların varlığını bulmasıyla kesinlik kazanmıştı. Dört yıl sonra *Hubble* kırmızıya kayma-parlaklık bağıntısını buldu. Bu bulgu, önce *Friedmann* daha sonra da de Sitter'in yapmış olduğu kuramsal çalışmalarla birleştirilince, genişleyen bir evrene işaret ettiği yönünde yorumlandı. *Max Wolf*, bulutsu kümelerinin varlığını 1903 yılında yaptığı gözlemlerle göstermişti. Gökadaötesi gökbilimin başladığı andan beri, gökadalara en az 1 Mpc (yaklaşık 3 milyon ışık yılı) ölçeklerde kümelendiği biliniyordu. Daha sonra, hem ender sayıda (Samanyolunun da içinde bulunduğu Yerel gökada grubu) hem de daha büyük sayılarda (*Virgo*, *Coma Berenices* ve *Perseus* gibi) gökada içeren tüm yapıların kümelene eğiliminde olduğu kanıtlandı. Gökadaların daha da büyük ölçeklerde kümelene kümelenemediği uzun yıllar tartışma konusu oldu. *Brent Tully*'nin 1986 yılında bulmuş olduğu süper gökada küme kompleksleriyle bu tartışma noktalanmış oldu. *Tully - Fisher* kompleksleri yaklaşık 100 milyon ışık yılı genişliğinde ve bir milyar ışık yılı uzunluğundaki yapılardır. 1957 yılına dönersek, *Abell*, 1. *Palomar Gökyüzü Araştırmasını* kullanarak 2500 gökada kümesinden oluşan dizelgesini oluşturdu. *Abell* kümelerinin kırmızıya kayması 0.15 dir (1000 Mpc uzaklığa karşılık gelir). Bu kümelerdeki gökada sayısı oldukça yüksektir, öyle ki, ünlü *Virgo* kümesi yeterli sayıda gökada içermediğinden bu dizelgeye alınmamıştır. 1958 yılında *Abell*, kendi hazırlamış olduğu dizelgedeki gökada dağılımını inceledi ve bu gökadalara ilgili kümelere ilişkin olmama olasılığını "*10⁶⁰ da 1*" ($1/10^{60}$) olarak belirledi. *Abell* çalışmalarında birkaç "süper küme" örnekleriyle de karşılaştı.

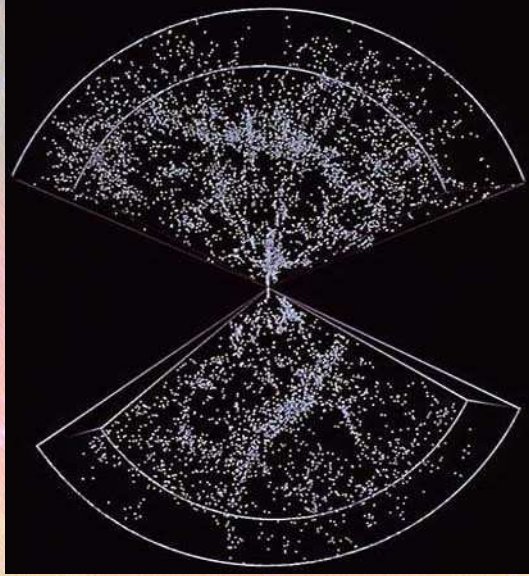


Şekil 15. Evrenin en yeni haritası. Harvard - Smithsonian Astrofizik Merkezinde çalışan J. Huchra, M. Geller ve R. Marzke tarafından hazırlanmıştır. Samanyolu gökadasından gökada diskine dik yönde 1 milyar ışık yılı uzaklaştığımızı düşünelim. Göreceğimiz görüntü şekildeki gibi olacaktır. Şekildeki her bir nokta bir gökadayı simgeler. Samanyolu gökadası şeklin özeğinde, “You are here” yazılı yerdedir. Şekildeki toplam gökada sayısı 14 000 dir. 9h - 16h arasında uzanan yapıya “Büyük Duvar”(Great Wall) denir. 3.5h - 23h arasındaki zincir “Pisces - Perseus küme zinciri” olarak anılır. Şekildeki çember biçimindeki bölgelere “boşluk” (void) denir. Hangi ölçeklerde alınırsa alınsın özdeğin eşdağılım göstermediğine dikkat ediniz.

Aynı verileri daha ayrıntılı bir yöntemle inceleyen Yu ve Peebles (1969) gökada kümelerinin önemli bir kümelenme göstermediği sonucuna vardı. Daha önceleri, yakın komşuluğumuzdaki parlak gökadalardan dağılımını inceleyen De Vaucouleurs (1956) içinde bulunduğumuz Yerel Grubun, Virgo süperkümesi adı verilen (özeği Virgo kümesinde bulunan uzun ve yassı bir süperküme) kümenin dış bölgelerinde yer aldığı sonucuna vardı.

Gökbilimciler yerel süper kümelerin önemini kavramada, bazen varlığını onamada oldukça yavaş davrandı. Ancak son yıllarda, gökada süper kümelerinin evrenin temel yapıları olduğu konusunda yeterince kanıt birikti. 1983 yılında

yayınladığı bilimsel bildirisiyle *Oort*, çoğu gökbilimciyi süper kümelerin önemine inandırmak için büyük çaba gösterdi. Bu arada, kırmızıya kayması daha büyük olan gökadalara gözlenmesiyle, evrenin üç boyutta incelenmesi çalışmaları da hız kazandı. 1956 yılında *Humason*, *Mayall* ve *Sandage*, o zamana değin elde edilen gökada kırmızıya kaymalarıyla 580 elemanlı bir dizin elde etmişti. *Harvard-Smithsonian Astrofizik* kuruluşunda çalışan *Huchra, J.P.* nin dizelgesinde ise 7500 gökada bulunmaktadır. Bu gökadalara konum ve kırmızıya kaymaları bilindiğinden yakın komşuluğumuzdaki gökadalara üç boyutlu dağılımı yapılabilmektedir (Şekil 16).



Şekil 16. Gökadaların 3 boyutlu dağılımı.

Daha büyük kırmızıya kayma gösteren gökadalara dağılımından da ortaya benzer bir harita çıkıyor. Bu çalışmalardan ilginç bir sonuç çıkmıştır: belli bir kırmızıya kayma aralığında hemen hemen hiç bir gökada bulunmuyor. Bu sonuca göre gökadalara, birbirinden dev boşluklarla (voids) ayrılmış süper gökada zincirleri üzerinde kümeleniyor. Parlak gökadalara çok ender bulunduğu boşlukların gökada dağılımlarının temel özelliklerinden biri olduğu görüşü günümüzde yaygın onay kazanmıştır. *Kirshner* ve arkadaşlarının (1981) *Bootes* takım yıldızında bulduğu geniş boşluğun çapı 100 Mpc dir.

1974 yılında *Peebles* ve *Hauser*, *Shane-Wirtanen* sayımlarını kullanarak çok uzak ve sönük gökadalara dikkate değer bir haritasını çıkardı. Bu haritanın hazırlanması sırasında 1 milyon gökada tek tek elle sayılmıştır! Bu gökadalara

kırmızıya kayma ölçümlerinin tamamlanması ve tüm kuzey yarım küredeki gökadalara 3 boyutlu haritasının tamamlanması uzun sürecektir. Ancak, 2 boyutlu haritadan bile büyük ölçekli gökada dağılımının petek benzeri (gökada küme zincirleri ve onların çevrelediği boşluklar) bir yapıya sahip olduğu görülüyor.

Dr. Tully ve çalışma arkadaşı *J.R. Fischer*, yakın komşuluğumuzdaki 2000 gökadanın uzaklık ölçümlerini kullanarak, evrenin bizim köşemizdeki 3 boyutlu görüntüsünü çıkarma işlemine giriştiler. *Tully* ve *Fischer* de gökadalara birbirine bağlı filamentler boyunca dizildiğini gösterdi. Bu filamentler birkaç milyon ışık yılı kalınlığında ve yüz milyonlarca ışık yılı uzunluğundaki yapılardır; öyle ki, bu yapılar *Tully* ve *Fischer*'in haritalarından dışarıya taşı. Bunun üzerine *Tully* daha büyük bir harita yapımı için işe girişti. Yer'den 1.5 milyar ışık yılı ötede bulunan gökadalara haritası amaçlandı. Bu uzaklıklardaki gökada sayısı 2 milyonun üzerindedir. Çağdaş teleskoplar bu uzaklıkları "görebiliyor", ancak bu gökadalara tek tek sayımını yapmak olası değildir. Bu nedenle *Tully*, 40 yıl önce gökbilimci *Abell*'in gökada kümeleri olarak tanımladığı büyük gökada kümelerinin bulunduğu bölgelerin haritasını çıkarmaya karar verdi.

Kümelerin sergilediği desen *Tully*'i de şaşırttı. Kümeler, herbiri en az 20-30 süperküme filamentlerinden oluşan dev kurdeler biçiminde uzanıyordu. *Tully* yaklaşık beş tane "süperküme kompleksinin" tanısını yaptı. Bu yapıların herbiri milyonlarca trilyonlarca yıldız içeriyordu. "*Kurdela* " içindeki kümelerin yoğunluğu, "*kurdela*" dışı ortamın yoğunluğunun yaklaşık 25 katıydı. Dahası, bu süperküme komplekslerinden bazıları *Tully*'nin yeni haritasından dışarıya taşı. Daha da ilginç, bu komplekslerin tümü birbirine koşut düzlemlerde yer alıyordu; sanki daha da büyük bir yapının alt birimleriydiler!

Gökada süperküme kompleksleri Büyük Patlama varsayımlarından biri olan "özdeğin büyük ölçeklerde eşdağılım gösterdiği" ilkesiyle dolaysız olarak çelişiyordu. Einstein'ın **kozmolojik ilkesi** Büyük Patlama evren modeline her zaman sorun yaratmıştır. Çünkü evrendeki özdeğin eşdağılımlı değil, "yumrulu" olduğu gerçeği her yeni gözlemlerle bir kez daha kanıtlanıyor. Eğer evren sanıldığı gibi, Büyük Patlama sonucunda, eşdağılımlı plazma-foton çorbasından evrim geçirerek bugünkü duruma geldiyse, eşdağılım göstermeyen yapılar nasıl ortaya çıktı? Bu soruya verilen genel yanıt: "*Erken evrende çok küçük özdek yumruları oluşmuştu. Bu yumrular zamanla büyüdü, yıldızları, gökadalara, ve gökada kümelerini oluşturdu*" biçimindedir.



Bu "0" mı? "Büyük patlama" mı?



"Büyük Patlama"dan önce her şey bir tek noktada olduğu için denetlenmesi daha kolaydı!

Kuşkusuz yumru ne denli büyükse oluşması için geçecek olan zaman dilimi de o denli büyük olacaktır. Yıldızlar için birkaç milyon yıl yeterlidir. Gökadalar içinse 1-2 milyar yıl gerekiyor. Gökada kümelerinin oluşumu ise daha uzun bir zaman diliminde gerçekleşir. Süper gökada kümeleri bulunduğu, evrenbilimciler büyük bir güçlkle karşılaştılar ve bu güçlüğün üstesinden gelmek için oldukça büyük çaba harcadılar. *Tully*'nin süper gökada kompleksleri durumu güçleştirmişti; bu yapılar, Büyük Patlamadan günümüze geçtiği sanılan 20 milyar yılda oluşamayacak denli büyüktü!

Kısacası, olduğu sanılan Büyük Patlamadan günümüze geçen 20 milyar yılda bir gökadanın (veya gökadayı oluşturan özdek) devinebileceği uzaklıklar ancak 65 milyon ışık yılıdır. Ancak, evreni Büyük Patlamayla başlatıp, özdeği uzaya eşdağılım gösterecek biçimde dağıtır ve yalnızca 65 milyon ışık yılı uzaklıklara devindirirseniz *Tully* kompleksleri cinsinden dev boyutlarda ve yüksek yoğunluklardaki yapıları **oluşturamazsınız!** Çünkü bu yapıların oluşabilmesi için özdeğin en az 270 milyon ışık yılı uzaklıklar katetmesi gerekir. Bu da, 1000 km s^{-1} lik özdevinin gösteren özdek için yaklaşık 80 milyar yıl demektir. Bu süre, Büyük Patlama kuramcılarının izin verdiği sürenin **dört katıdır!**

Aslında durum daha da kötü! Çünkü önce özdeğin 1000 km s^{-1} lik hızlara ivmelendirilmesi gerekir. Ondan da önce, özdeği *Tully* kompleksleri boyutlarında oluşmak üzere çekecek olan çekirdek özdeğin oluşması gerekir. Kısacası, bu tür komplekslerin oluşabilmesi için gerekli zaman, en tutucu değerlendirmeyeyle **100 milyar yıldır**. Büyük Patlamacıların bu sıkıntıdan çıkış yolu olarak önce gözlemsel bir gerçek olan süperküme komplekslerini yadsımayı denediler. Daha sonra bunun geçersiz bir çıkış yolu olduğunu anlayınca yeni "*yara bandları*" (epicycles)

aradılar: "Evrendeki özdek dağılımı aslında yumrulu değil, ancak yumruluymuş gibi görünüyor" savını geliştirdiler. Çünkü evrende denge durumu arama isteği evrenbilimcileri gökada haritalarında açıkça sergilenen boşlukları (voids) karanlık özdekle doldurmaya itiyordu. Gökada kümeleri üzerine yapılan gözlemleri yorumlamak ve sonuçları beklentilerine uydurabilmek için karanlık özdek varsayımına sarıldılar. Aslında bu oldukça yürekli (!) bir varsayım; çünkü bu varsayım, gökadalardan birbirine çekimsel olarak bağlı kalabilmesi için evrenin % 99 undan fazlasını **karanlık özdekle** doldurmak anlamına gelir!

Karanlık özdek varsayımı yerine, *Prigogine*'in önerdiği biçimiyle karmaşadan düzenin doğacağını ve gökada kümelerinin büyük ölçekli *Erke Saçıcı Yapılar* (*dissipative structures*) olduğunu onamak daha az çekincelidir. Eğer bu seçeneğin olasılığının yüksek olduğunu gösterebilirsek gökada kümelerinin birbirine çekimsel olarak bağlı kalması için gerek duyulan karanlık özdek sorununun üstesinden gelmiş oluruz.

KOZMİK MİKRODALGA ARDALAN IŞINIMI

Yıldızlararası ortamın en bol bileşeni, *kozmetik mikrodalga ardalan ışıınım* fotonlarıdır.

Serendip Bulgu

Mikrodalga ardalan ışıınımı ilk kez 1965 yılında *Arno Penzias & Robert Wilson* tarafından çoğu radyo gökbilim bulguları gibi *serendip* olarak algılanmıştır. *Serendip* sözcüğü ilk kez yazar ve tarihçi *Horace Walpole* tarafından 18. yüzyılın ortalarında kullanılmıştır. Bu sözcüğün alındığı peri masalında *Serendip'in* (Eski Seylon şimdiki Sri Lanka) üç prensi oldukça şanslıdırlar; sürekli olarak beklenmedik bulgular yaparlar. *Walpole* bu sözcüğün, şansın yanısıra usun da devrede ağırlıklı olarak bulunduğu bulgular için kullanılması gerektiğine işaret etmiştir. Bu gerçeği en çarpıcı biçimde dile getiren biliminsanı *Louis Pasteur* olmuştur: "Gözlemsel çalışmalarda şans, bulguya ussal olarak en hazırlıklı olan kişiyi yeğler". Adı geçen bilim adamları bu bulguları nedeniyle 1978 yılında Fizik dalında *Nobel Ödülü* almışlardır.

Ardalandan gelen ve kara cisim tayfı sergileyen bu ışıınının *Büyük Patlama* kuramının gerekli bir bileşeni olduğunu 1948 yılında *Gamow* öngörmüştü. II. Dünya savaşı sırasında bilim adamları savaş projelerinde çalıştırıldığından, barış zamanının çoğu araştırmasının yanısıra, evrenbilim de askıya alındı. Savaşın sona ermesiyle birlikte evrenbilim de dönüşüme uğradı. Savaş öncesi dönemde, evrende gözlenen elementlerin nasıl oluştuğu konusu, spekülatif kuramsal bir

konuydu. Kısacası ne doğruluğu ne de yanlışlığı kanıtlanabiliyordu. Çekirdek tepkimelerine ilişkin çok az şey biliniyordu. Atom bombasının üretilmesinden sonra, elementlerin kaynağı artık bir hipotez olmaktan çıkmış, teknolojik bir gerçek durumuna dönüşmüştü. *New Mexico* çöllerinde sınanan ve *Japonya* üzerine atılan bombanın yakıtı bile, uranyumdan üretilmiş bir element olan plütonyumdur. Atom bombaları, bilinen elementleri, yeni ve egzotik elementler ve bu elementlerin izotoplarına dönüştürmüştü. Bu yeni elementler, özellikle *Trinity* testinin sonucunda ortaya çıkan serpinti üzerine yapılan çalışmalarda bulunmuştu. Atom bombasını ortaya çıkaran *Manhattan Projesinden* gelen dev araştırmalar, çekirdek tepkimeleri üzerine yeni veriler sunuyordu.

Manhattan Projesinde görevli bilim adamlarından biri olan *George Gamow*'a göre, atom bombasının patlaması evrenin başlangıcına güzel bir benzerlik oluştuyordu: "eğer bir atom bombası saniyenin yüz milyonda biri gibi çok kısa bir sürede yeni elementler üretiyor ve bunlar yıllar sonra bile çölde gözlenebiliyorsa, niçin birkaç saniye süren evrensel bir patlama, milyarlarca yıl sonra bugün gözlediğimiz elementleri üretmesin?" 1946 yılı sonbaharında yazdığı bir makalede *Gamow* düşüncelerini ileri sürüyor ve Büyük Patlamanın *Lemaître* çeşitlemesinden sonraki ikinci çeşitlemesi ortaya çıkıyordu. Ancak *Gamow*, *Lemaître*'in tersine hipotezinin gözlemsel kanıtı olarak, kozmik ışınları değil de element bolluklarını almıştı. *Bunun yanı sıra Gamow da tıpkı Lemaître gibi, gözlenen bollukların günümüz evreninde süregelen fiziksel süreçlerce üretilemeyeceğini varsaymıştır. Gamow, 1930 lu yıllarda yapılan çalışmalarda, elementlerin kaynağını açıklama çabalarının boşa çıktığını biliyordu. Çünkü kuramlar, atom ağırlığının artmasıyla birlikte element bolluğunun eksponansiyel olarak düşeceğini öngörüyordu. Şöyle ki, karbon atomunun bolluğu hidrojeninkinden bir trilyon kez daha azdır; kurşun gibi daha ağır elementler ise, hemen hemen yok denecek denli azdır. Bu sonuç, gözlemlerle müthiş bir biçimde çelişiyordu. 1940'lı yılların ortalarına gelindiğinde, bilim adamları, yıldız ve gaz bulutu tayflarından edindikleri bilgiler ışığında, evrenin çok büyük bir kısmının hidrojen ve helyumdan oluştuğunu ve gözlenen evrendeki kütlenin dörtte üçünün hidrojen olduğunu biliyordu. Kütlesi biraz daha ağır olan elementlerden başlıca karbon, azot ve oksijen (yaşam için gerekli elementler) toplam kütlenin yaklaşık yüzde birini oluştururlar. Bu gözlemsel değerler, öngörülen değerlerden trilyonda bir denli fazladır. Azottan daha ağır ancak demirden daha hafif olan element bolluklarının gözlenen değeri, yüzbinde bir denli büyük dalgalanma gösterir. Daha ağır elementlerin gözlenen bolluğu, yaklaşık milyarda bir olup, yine kuramsal öngörülerden çok daha fazladır.*

Bunun üzerine *Gamow*, gözlemlerle kuram arasındaki bu aşırı çelişkinin kaynağının, patlamanın genliğini hesaplamada yetersiz kalan ilk kuramsal çalışmalar olduğunu ileri sürdü. Eğer evren gerçekten tekil bir noktadan geldiyse, Genel Görelilik eşitlikleri, evrenin sıcaklığının birkaç saniye içinde hızla düşeceğine ve elementleri oluşturan ve ayrıştıran çekirdek tepkimelerinin duracağına işaret eder. Ağır elementlerin oluşması için yeterince zaman bulunacak, ancak bu elementlerin parçalanması için zaman yetmeyecektir. Evren tıpkı A bombası gibi, sıcak bir nötron gazı olarak başlayacaktır; daha sonra nötronlar birbirini bombardımana tutacak, birbiriyle birleşerek hafif elementleri oluşturacak ve giderek ağır elementler ortaya çıkacaktır. Belli bir anda evrenin yoğunluğunu saptayan parametreyi istediği biçimde ayarlayarak *Gamow*, bugün gözlenen niceliklerde ağır element üretmeyi becerdi. *Helyum* ve *Dötoryumun* gözlenen kozmik bolluklarından yola çıkan *Gamow*, *mikrodalga ar dalan ışı nımının* sıcaklığını 5 K olarak öngördü. O dönemde bu ölçümleri gerçekleştirebilecek aygıtlar bulunmasına karşın düşüncenin peşine düşülmüdi.

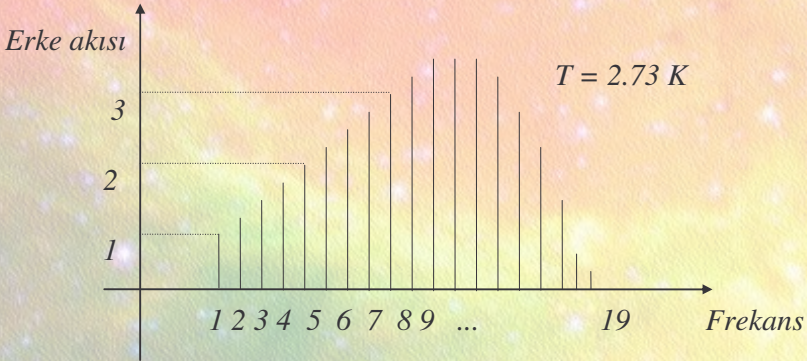
1964 yılında *Dick*, *mikrodalga ar dalan ışı nımı* kavramını yeniden canlandırdı. Bu ışı nım *Dick'in çevrimsel evren* modelinin gerekli bir bileşeniydi. Bu modelde evrenin ardarda geçirdiği her bir bü zülmede ağır çekirdekleri ayrıştıracak yüksek erke fotonlarına ($T > 10^{10}\text{ K}$) gereksinim vardı. Böylece bir sonraki çevrim yalnızca temel parçacıklar ve ışı nımla başlayacak, önceki çevrimlerden arda çekirdekler birikmeyecekti. *Dicke* modelinde ısısal ar dalan ışı nım art ışı nı da öngörmüş, *Roll* ve *Wilkinson*'dan böylesi bir ışı nımı gözleyecek bir ölçüm düzeneği yapmalarını istemişti. Hazırlanan aygıt gözlemlere başlama aşamasına geldiğinde *Penzias & Wilson*'un gökyüzünden geldiği sanılan beklenmedik bir gürültü kaynağı keşfettikleri haberi geldi. *Penzias & Wilson*, gökada ışı nımının $\lambda \sim 7\text{ cm}$ de mutlak sıcaklık haritasını yapmak üzere *Bell Laboratuvarının "horn"* antenini dikkatli bir biçimde ayarlıyorlardı. Heriki çalışma grubu biraraya gelip çalışmalarını gözden geçirince, *mikrodalga ar dalan ışı nımının* bulgusunu duyurup yorumunu yaptılar.

Kozmik mikrodalga ar dalan ışı nımının evrenbilimdeki önemi

Standart Büyük Patlama modeli evrendeki özdeğin eşdağı lımlı (homojen) olduğunu, uzayın da herhangi bir yönü yeğlemeksizin (yönbağımsız - izotropik) genişlediğini savunur. Bu model, erken evrenin sıcak ve bu evrendeki özdekle ışı nımın ısısal dengede olduğunu varsayar. Böyle bir ortama *kara cisim (blackbody)* denir. Öngörülen *mikrodalga ar dalan ışı nımının* frekans tayfının *kara cisim frekans tayfını* öyküneceği savunulur.

Büyük Patlama senaryosuna göre başlangıçta bir “ateşten top” vardı. Bu ilk anlarda, “özdek” veya “saf erke” gibisinden bir ayırım yapılmıyordu. Bu arada uzay genişliyor, temel parçacıklar ortaya çıkıyordu. Bir süre sonra “ateşten top”, özdek ve ışıınım bileşenlerine ayrışıyordu. Bu aşamada özdek yeterince yoğun olduğundan, ışıık hızıyla uzaklaşmak isteyen ışıınımı oraya buraya saçarak “çorbadan” kaçmasını engelliyor, ışıınım da bu engellemeye tepki olarak özdeği iyonlaştırıyordu; yani, elektronlarla protonların biraraya gelerek hidrojen atomuna dönüşmelerini engelliyordu. Bu arada uzay genişlemesini sürdürüyordu. Genişleme sonucunda evren $T \sim 4000\text{ K}$ sıcaklığın altında bir değere soğumuş ve fotonların erkesi artık özdeği iyonlaşmış durumda tutamayacak denli azalmıştır.. Bu aşamada ışıınının tayfı *kara cisim* tayfıdır. Çünkü önceki aşamalarda, iyonlaşmış özdekle ışıınının ısısal dengede olduğu varsayılır. Evrenin sonraki aşamalarda geçirdiği genişleme ışıınının tayfinin ısısal doğasını etkilememiş, ancak ışıınının sıcaklığı, uzayın genişlemesine bağlı olarak azalmıştır.

Sıcak Büyük Patlama modelinin tutarlılığı ve geçerliliği birçok etmenin yanı sıra ardalan ışıınınının ısısal tayfına da bağlıdır. *Mikrodalga ardalan ışıınınının* geniş bir frekans aralığında yapılan duyarlı parlaklık ölçümleri 2.73 K termodinamik sıcaklığındaki ısısal tayftan hiçbir sapma göstermiyor (Şekil17). Frekans tayfı gerçekten de *Gamow'un* beklediği gibi *kara cisim* tayfı biçimindeydi. Gözlenen bu gerçeklerin anlam kazanabilmesi için evrendeki bazı fiziksel niceliklerin belli değerlere sahip olması **gerekiyor**.



Şekil 17. 2.73 kelvin sıcaklığındaki kara cismin frekans tayfı. 1, 2, 3, ... ile gösterilen çizgilere ayrıık erke kanalları gözüyle bakabiliriz 1. erke kanalından 12. erke kanalına doğru gidildikçe herbir kanala akıtılan erke niceliğinde artış sonrakilerde de azalış olduğuna dikkat ediniz.Eğer 1 - 19 erke kanalları arasındaki gözlem sayısını arttırsak, diğer bir deyişle erke kanal sayısını ayrıık değil de hemen hemen sürekli bir görünüm oluşturunak biçimde arttırsak, tayf sürekli bir tayfa dönüşür.

Bu modelde *baryonik özdek* (elektron, proton, nötronun kombinasyonlarından oluşan özdek) yoğunluğu “kapanma yoğunluğunun” 0.02 katından daha azdır. “Kapanma yoğunluğu”, evrenin günümüzdeki genişlemesini *asimptotik* (sonsuz zaman içinde evrenin “yarıçapı” belli bir R değerine yaklaşacak) olarak durdurmak için gerekli yoğunluktur. Çünkü, eğer Büyük Patlama anındaki yoğunluk bu değerden daha düşük idiyse, süper sıcak plazma yıldız ve gökadalardan oluşmasına olanak tanımadan dağılıp “yokolacaktı”. Yok, eğer yoğunluk “kapanma yoğunluğu”ndan biraz daha büyük idiyse evren bir mikrosaniyeden daha az bir sürede genişleyip hemen kendi üzerine çökecekti. Günümüz evreni ancak yoğunluk parametresinin ***tam tamına 1*** olması durumunda olasıdır. Kuramın bu öngörüsü *anthropic ilke* denen ilkeyi gündeme getirmiştir. Büyük Patlama senaryosuna göre evrenin % 99 denlisi ***baryonik olmayan soğuk karanlık özdektedir***. *Baryonik olmayan soğuk karanlık özdeğin* doğası “şimdilik” bilinmiyor! baryonik özdekle nasıl etkileştiği bilinmiyor! evrende aranıyor, yok! parçacık fizikçilerinin hızlandırıcılarında aranıyor, yok! Ama adları hazır: *WIMP’ler, ino’lar, axion’lar, manyetik monopol’ler, string’ler, vb.*

Mikrodalga ardalan ışıınının bulgusundan hemen sonra *Peebles* bu ışıınının özdek ile ışıınının ayrıldığı çağda evrenin yapısına ilişkin bilgi sunacağına işaret etti. *Mikrodalga ardalan ışıınının* bugün gözlenen sıcaklık dalgalanmalarını ölçerek, özdek ile ışıınının ayrıldığı çağdaki ***kütle*** yoğunluk dalgalanmalarının genliğine ilişkin bilgilenebileceğimiz ileri sürüldü. Eğer ***kütle*** yoğunluk dalgalanma genliklerini bulabilirsek, ***çekim kuvvetinin 12 milyar yılda*** (Hubble Uzay Teleskobu ölçümlerinden bulduğumuz yaş) bugün gözlediğimiz büyük ölçekli yapıları oluşturup oluşturamayacağını söyleyebiliriz. 1970’li yıllardaki kuramsal çalışmalar adı geçen sıcaklık dalgalanmalarını 10^{-4} düzeylerinde öngörüyordu^[5]. Daha düşük değerler bugün gözlediğimiz evreni yaratamazdı! Ancak bu değerler gözlenemeyince kuramsal değerler sürekli aşağıya çekildi! ^[1] *COBE’nin* bulduğu sonuç, $\Delta T / T \sim 10^{-6}$ dır ^[2]. Bu sonuç, eğer Büyük Patlama modeli doğruysa, bugün gözlediğimiz yıldızların, gökadalardan, gökada kümelerinin, boşlukların, büyük duvarın, vb. henüz oluşmamış olması gerekiyor!

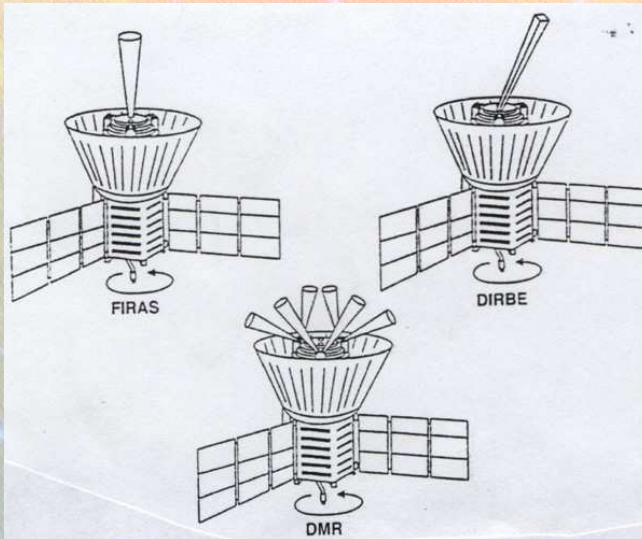
COBE Ölçümleri

2. 73 K sıcaklığına sahip *mikrodalga ardalan ışıınının*, erken evrene ilişkin araştırmalarda kullanılabilecek en etkin aygıt gözüyle bakılıyor. Büyük açısal ölçeklerde ele alındığında ($\sim 7^\circ$) *mikrodalga ardalan ışıınının* ilkçağlardaki çekimsel gizilgüç erke (potansiyel) dalgalanmalarının izini taşıdığı savunulur. Bugün evrende gözlediğimiz büyük ölçekli yapıların oluşumuna neden

olan etmenin, çekimsel gizilgüç erke (potansiyel) dalgalanmaları olduğuna inanılıyor. COBE' nin DMR (Differential Microwave Radiometer) adlı aygıtı mikrodalga aralan ışıınının büyük açısıl ölçeklerde sergilediğı yönbağımlılığı ölçmek amacıyla tasarlanmıştır. Bu aygıt üç frekansta gözlem yapmıştır: 31.5 GHz , 53 GHz , 90 GHz (Bu frekanslara karşılık gelen dalgaboyları sırasıyla 9.5 mm , 5.7 mm , 3.3 mm dir). Bu frekanslar, gökada ışıınının minimum ve mikrodalga aralan ışıınının maksimum akıya sahip olduğu dalgaboyu aralıklarıdır. Böylece gözlem sonuçları dış mikrodalga kaynaklarınca çok kirlenmemiş olacaktır. Herbir frekansta gözlem yapan ve birbirinden hemen hemen bağımsız iki frekans kanalı vardır. COBE' nin yörüngesi ve dönme eksenini, altı ayda tüm gökyüzü haritasını çıkaracak biçimde ayarlanmıştır (Şekil 18).

DMR üç çift "horn" antenden oluşur. Dewar adı verilen soğutucu tank üzerinde, birbirinden 120° lik açıklıklarla konuşlandırılmışlardır. Herbir radyometre kanalı, aralarındaki ayırım 60° olan iki ayrı gökyüzü bölgesini 7° lik açıklıklarla gören iki "horn" antenden gelen radyo akı farkını ölçer. Antenlerin şişimlerinin dönme ekseniniyle yaptığı açı 30° dir. Dewar, 650 litrelik süperakışkan helyum cryostatdır.

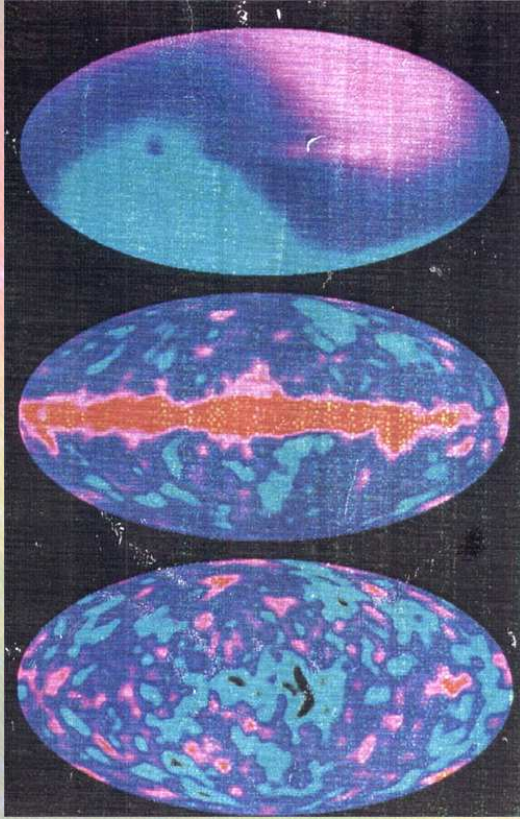
Yukarıda da belirtildiğı gibi, DMR, aralarında 60° bulunan iki gökyüzü parçasından gelen ışıınının anten sıcaklığı arasındaki farkı ölçer. DMR haritalarında baskın olan iki özellik vardır: 1) ışıınının çiftuçay yönbağımlılığı; diğeri bir deyişle, haritada bir bölge sıcak (mavi) diğeri bir bölgeyse soğuktur (kırmızı). Bu bölgeler arasındaki sıcaklık farkı $3.36 \pm 0.1 \text{ mK}$ düzeylerindedir.



Şekil 18. COBE uydusu.

Çiftuçay yönbağımlılığı ($\Delta T / T \sim 10^{-3}$) tüm frekans kanallarından şaşmaz bir biçimde gelmektedir. (Şekil19). Karacisim ışınım alanı olan mikrodalga ardaalan ışınımıyla görelî devinimde bulunan gözlemci çiftuçay yönbağımlılığı gözleyecektir. Gözlenen tüm çiftuçayın Samanyolu'nun yerel küme içindeki özgün hızından kaynaklandığı varsayılmıştır; ve 2) gökada düzleminden gelen ışınım.

COBE'nin gözlem sonuçları gerçekten nefes kesici. Bu harita bize, Samanyolu gökadasının, Kova burcu - Aslan burcu doğrultusu boyunca, Kova'dan Aslan'a doğru 600 km/s lik hızlarla sürüklendiğini söylüyor.



Şekil 19. (Üst) Samanyolunun evren içindeki sürüklenmesinden kaynaklanan çiftuçay bağımlılığı. (Orta) Samanyolu gökadasından ve ardaalandan gelen mikrodalga ışınımı. (Alt) Samanyolunun katkısının düşülmesinden sonra elde edilen mikrodalga ardaalan ışınımı haritası.

COBE DMR haritalarındaki karakteristik yönbağımlılık $\Delta T / T \sim 10^{-6}$ düzeylerindedir. Bu yapı görelî olarak daha büyüktür ve tanısı yapılabîlmîş olan tüm yanîlgılardan farklıdır. Bu yapının Gökadamızdan mı, gökadaötesinden mi yoksa *mikrodalga ardalan ışıınımından* mı kaynaklandığı henüz anlaşılamamış kritik bir sorundur. *COBE*'den sorumlu *G.F. Smoot*, “En ekonomik hipotez, bu yapının *mikrodalga ardalan ışıınımından* kaynaklandığı hipotezidir” saptamasını yapıyor.

Eğer *mikrodalga ardalan ışıınımının* yönbağımlılığı olarak yorumlanabilirse, bu sonuçlar evrenin yapısını açıklamaya çalışan *şişme* (enflasyon)+ *karanlık özdek* modellerini sınayabilir; bu modeller yoğunluk tedirginliklerinin kullanılan ölçeklerden hemen hemen bağımsız olduğunu öngörür. *DMR* haritalarındaki yönbağımlılıklar, aynı zamanda, yapı oluşumlarında kullanılan çekimsel kararsızlık modellerini de sınar.

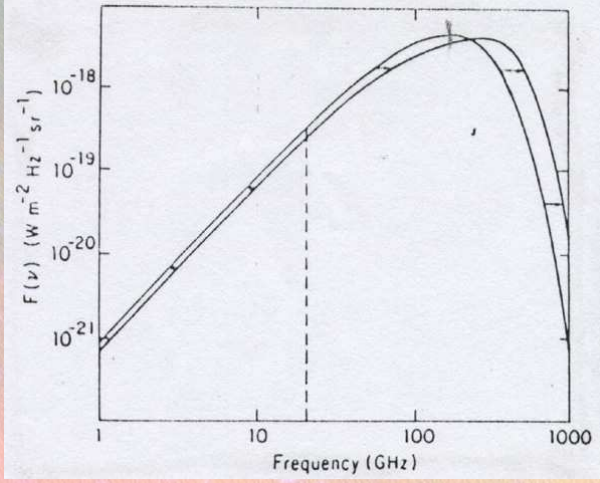
Isısal Sunyaev - Zel'Dovich Etkisi

Mikrodalga ardalan ışıınımı tanımındaki *ardalan* sözcüğü bize ne anlatıyor? Bu ışıınının, herhangi bir gök cisminde kaynaklanmadığını, Büyük Patlamadan ardakalan *fosil ışıınım* olduğunu ve “gözlenebilir evrenimizin” ötelereinden geldiğini anlatıyor. Bu ışıınının gerçekten de “*ardalandan*” geldiğini kanıtlayabilecek gözlemler yapılabîlir mi? Evet yapılabîlir. *Isısal Sunyaev Zel'Dovich etkisinin* gözlenmesi bizim bu konudaki kuşklarımızı giderebilir.

Yoğun gökada kümeleri güçlü *X - ışıın* kaynağıdır. Bu ışıınının ana kaynağının, kümenin gökadalararası ortamında tuzaklanmış olan sıcak, iyonlaşmış gazdan gelen ısısal *bremsstrahlung* olduğu gösterilmiştir. Özgür elektrik yüklü parçacıklar birbirlerinin elektrik alanı içersinde ivmelenirler. Bunun sonucunda erkelerinin bir kısmını ışıınım olarak salarlar Bu sürece *Bremsstrahlung* denir. Gökada kümelerinde salınan ışıınım *X-ışıın* bölgesine düşer (Ancak *bremsstrahlung* sürecinde ışıınım *X-ışıın* bölgesine de *optik* bölgeye de *radyo* bölgesine de düşebilir). Gökada kümelerinde bu ışıınının *X-ışıın* tayfı salma çizgileri gösterir. Bu çizgilerin, yüksek derecede iyonlaşmaya uğramış *demir* atomlarından geldiğini inanılır. Bu çizgiler, daha yoğun ve daha sıcak kümelerde gaz sıcaklığının $10^8 K$ denli yüksek olduğuna işaret eder.

Mikrodalga ardalan fotonlarıyla kümelerdeki gökadalararası plazmanın güçlü bir etkileşime girmesi beklenir. Plazma, ışıınımdan çok daha sıcak olduğundan etkileşim *ters Compton saçılması* süreciyle olacaktır. Yani elektron, proton, vb. elektrik yüklü parçacıklardan oluşan plazma erkesini mikrodalga ışıınına aktarır. Bu süreç plazmanın soğumasına neden olurken ışıınının tayfını

da bozar. Etkileşim foton sayısını korur. Ancak saçılmaya uğramış olan fotonların erkesi, bu ortama giren foton erkesinden daha yüksek olur. Işınım *Rayleigh-Jeans* bölgesinde (radyo bölgesi) "daha soğuk", *Wien* bölgesinde (optik-moröte) "daha sıcak" olur. Bozulmaya uğramamış olan tayfin tepe noktasından ($\sim 162 \text{ GHz}$) biraz daha yüksek frekanslarda ($\sim 218 \text{ GHz}$) tayf bozulma göstermez (Şekil 20) ^[1].



Şekil 20. Yoğun gökada kümeleri içindeki sıcak, iyonlaşmış gaz içinden geçen mikrodalga ardalan ışınımının bazı fotonları ters Compton saçılması süreciyle daha yüksek frekanslara kayarlar. Bu süreçte foton sayısı korunurken kara cisim tayfı bozulmaya uğrar. Ters Compton süreci ışınımı "ısıtmasına" karşın ışınımın Rayleigh - Jeans bölgesindeki tayfsal erke yoğunluğu Sunyaev - Zel'Dovich etkisi nedeniyle azalır.

Isısal Sunyaev-Zel'Dovich etkisinin inandırıcı ölçümleri, kozmik mikrodalga ardalan ışınımının yüksek kırmızıya kayma gösteren bölgelerden geldiğini kanıtlayacağı gibi, ***Standart Büyük Patlama*** modelinin en belirsiz iki parametresi olan H_0 *Hubble sabiti* ile q_0 *yavaşlama parametresinin* saptanmasında da yardımcı olur.

COBE bu etkiyi gözleyemezdi çünkü "horn" antenlerinin açısız çözümüleme gücü, gökada süperkümelerinin açısız boyutlarından çok büyüktü. Ancak tasarlanan yeni aygıtların açısız çözümüleme gücü, bu etkiyi gözlemeye yetecek denli yüksek olacaktır. Bu arada şunu da belirtmek isterim: 5 Eylül 1997 günü *Türkiye Ulusal Gözlemevi'nin* açılışı yapıldı. Bu açılış sırasında sayın *Raşid Sunyaev* ile yaptığım söyleşide, *ısısal Sunyaev - Zel'dovich etkisinin* kırmızıya kayması 0.82 ye dek olan kümelerde gözlemlendiğine ilişkin inandırıcı kanıtlar olduğunu söyledi. *Sunyaev* ayrıca bu etkiyi gözleyebilecek uyduların görebildiği uzaklığın $z = 1$ denli olduğuna da işaret etti. Daha uzakları görebilecek, adı geçen

etkiyi gözleyebilecek uydularımız henüz yok. Ancak, $z \sim 5$ uzaklıklarını görebilen yer konuşlu radyo teleskopların ölçüm sonuçları belirsizliğin sürdüğüne işaret ediyor.

Özetleyecek olursak, en büyük ölçeklerde gözlediğimizde evren bugün süper gökada kümeleri, "bubble"lar, boşluklar gibisinden devasa yapılar sergiliyor. Eğer evren **Standart Büyük Patlamanın** ileri sürdüğü gibi eşdağılımlı özdek ve ışınım "çorbasından" bugünkü durumuna geldiyse, bu yapılar nasıl oluştu? Bu sorunun **Standart Büyük Patlama** modelindeki yanıtı, " Bu yapıların kaynağı, enflasyonist çağın sonunda, kozmik çorbadaki ortaya çıkan küçük ölçekli kuantum dalgalanmalarıdır" biçiminde verilir. *COBE*'nin gözlediği sıcaklık dalgalanmaları da bu dalgalanmaların günümüzdeki büyük ölçekli durumudur. Diğer bir deyişle, özdek yoğunluğundaki kuantum dalgalanmaları kendisini foton sıcaklıklarındaki dalgalanmalar olarak gösterir.

Işınımın frekans tayfı 2.73 K sıcaklığındaki bir kara cismin tayfını öykünüyor. Bu gerçekten yola çıkan standart Büyük Patlamacılar mikrodalga ardaan ışınımının, evrenin sıcak yoğun bir başlangıcı olduğunun kanıtı olduğuna işaret ediyor.

Diğer yandan sıcaklıklardaki yönbağımlılıklar bugünkü yumrulu yapıları açıklama görevi görecek. Ancak, yönbağımlılıkların genliği ($\Delta T / T \sim 10^{-6}$), bugün gözlenen süperküme yapılarını açıklayamayacak denli küçük olduğundan "**karanlık özdek**" kavramı bir yara bandı (*epicycle*) olarak evren modellerine sızmıştır. *COBE* sonuçları, *Büyük Patlama*, *Enflasyon* ve *Karanlık özdek* içeren evren modelleriyle tutarlıdır.

Işınımın ardalandan mı geldiği yoksa yerel bir etki mi olduğuna ilişkin belirsizliği açıklığa çıkarabilecek olan *ısısal Sunyaev - Zel'dovich etkisi* henüz inandırıcı bir biçimde algılanamamıştır.

Seçenek Açıklama

Yukarıda da değindiğimiz gibi, gözlemsel bir gerçek olan *Mikrodalga Ardaan Işınımı*, evrenin sıcak bir başlangıcı olduğunu savunan Büyük Patlama modelinin güçlü bir kanıtı olarak sunulur. *COBE* uydusu verileri bu ışınımın tayfının 2.73 K sıcaklığındaki kara cisim tayfına uyduğunu göstermiştir. Bu sonuç, çoğu evrenbilimci tarafından Büyük Patlama modelinin doğrulanması olarak yorumlanmıştır. Başka yorumlar da var.

“Ancak, Büyük Patlama modeli, erken dönemlerin kara cisim tayfinin daha sonra gerçekleşen ve termodinamik karakterde olmayan olaylarca bozulacağını öngörüyor. Termodinamik karakterde olmayan olaylara örnek olarak, gökadalara, gökada kümelerinin ve bugün gözlediğimiz, boyutları *100 Mpc* e dek uzanabilen hücre benzeri yapıları sayabiliriz. *Mikrodalga ardalara ışınımında* bu olayların izi algılanmalıydı. Algılanamamış olması, on yıl önceki kuramsal beklentilerin boş çıkmasına işaret eder. Gözlemler karşısında sınanmaktan kaçınan Büyük Patlama modeli yerine yeni arayışlar başlamıştır.

“Büyük Patlama modeli evrenin düz ve yapısız (yapı sözcüğünden gökadalara, gökada kümeleri, gökada süper kümeleri ve boşluklar anlaşılmalıdır) olarak başladığını ancak daha sonra yapıların oluştuğunu söyler. Bu *mucizenin* (*mucize*, çünkü evren boyutlarına da dikkatsiz bir biçimde uyguladıkları *termodinamiğin II. yasası*, eşdağılımlı bir ortamdan büyük ölçekli yapılara geçmenin, diğer bir deyişle, karmaşadan düzen doğurmanın olası olmadığını savunur!) nasıl oluştuğunu açıklayabilmek için sayısız çabalar harcanmıştır. Bu çabaların iki ortak yanı bulunuyor. *Birincisi*, daha üst düzeyde fiziğe kaçış; *ikincisi*, sığınılan yeni fizikte ortaya çıkan devasa boyutlu ayrıntıların deneysel veya gözlemsel olarak sınanamıyor olması. Belki de bu nedenle bu modellere “senaryo” deniyor!

“Sorunun özü olayların gelişme sırasında yatıyor. Büyük Patlama modeline göre önce *Mikrodalga Ardalara Işınımı* vardı; gökadalara sonra oluştu. Ancak gözlemler bunun tam tersi bir gelişmenin olduğunu kuşkuya yer bırakmayacak bir biçimde sergiliyor. *Mikrodalga Ardalara Işınımının* gökada oluşumlarından sonra ortaya çıkmış olabilmesi için belli yapılara sahip parçacıkların gökadaötesi ortamda oldukça yaygın olarak bulunması gerekir. Günümüzde ya da görelili olarak yakın geçmişte gökadaötesi ortamda bulunan bu parçacıkların mikrodalgada güçlü soğurucu ve aynı zamanda da görsel bölge ve daha uzun dalgaboylarında da ışınımına geçirgen olmaları gerekir. Bu durumda kendimize üç soru yöneltebiliriz: **1)** Bu tür parçacıkların varlığı kuramsal olarak olası mı? **2)** Bu tür parçacıkların varlığına ilişkin laboratuvar kanıtları var mı? **3)** Bu tür parçacıkların varlığına ilişkin gökbilimsel–gözlemsel kanıtları var mı?

“Birinci sorunun yanıtı kesinlikle “evet” tir! *Mie* türü bir hesaplama, iğne biçimindeki ince metalik parçacıkların *1mm* dalgaboylu radyo dalgalarını soğurma gücünün, *5000 A* dalgaboylu optik ışınımı soğurma gücünden *100* kez daha büyük olduğunu gösterebilir. Bu sonuçlar oda sıcaklığında geçerlidir. Çok düşük sıcaklıklarda metalik direnç sıcaklıkla azaldığından yukarıdaki karşılaştırma katsayısı *100* den *1000* e çıkar. Kısacası, gökadaötesi ortam mikrodalgalarda son derece soğurucuyken görsel bölgede de son derece

geçirgendir. Metalik iğnelerin yüksek soğurma gücü uzun dalgaboylarında çapları ve boylarına bağlı olarak azalır. Örneğin, 1 mm uzunluğundaki metalik iğne, yaklaşık 10 cm radyo dalgaboyları için soğurma yeteneğini yitirir.

“İkinci sorunun yanıtı de “evet” tir. Laboratuvar deneyleri yavaş yavaş soğutulan metal buharının, çapı 10^{-6} cm ve uzunluğu da 1 mm olan iğneler biçiminde yoğunlaşacağını göstermiştir. Metal buharından oluşan ilk yumaklanmalar birkaç bin atom içeren sıvı damlacıkları biçimindedir. Katı duruma doğru ansızın kristalleşme başlayınca, açığa çıkan erke kristalin yapısında kırıklara neden olur. Bu kırılmalar değişik biçimlerde gerçekleşir. Özgün bir kırılma biçimi “burgu kırılma”dır. Bu kırılma türü özdeğin boyutlarının zamanla doğrusal olarak büyümesini sağlar. Diğer tür kırılmalar özdeğin küresel büyümesine neden olur. Küresel büyüme gösteren yumakların yarıçapı zamanla *doğru orantılı* olarak artarken, doğru biçiminde büyüyen parçacıkların boyu zamanla *eksponansiyel* olarak artar. Kısacası, boyları zamanla doğru orantılı büyüyen parçacıklar zamanla daha baskın büyüme biçimi olduklarını gösterirler. Eksponansiyel büyümenin baskın olması nedeniyle, metal buharındaki atomların çoğu, iğne biçimindeki katı metallere oluşur.

“Üçüncü sorunun da “evet” biçiminde yanıtlanabileceğine işaret eden iki gökbilimsel kanıt var. Kanıtların herikisi de süpernovalardan geliyor. Yıldızlararası ortama doğru genişleyen süpernova artıklarında metaller senteze uğrarlar. Bu nedenle süpernova artıklarında metalik, özellikle de demir iğnelerin varlığı beklenir. *Yengeç bulutsusundaki* atarcadan gelen ışınım $30\text{ }\mu - 10\text{ cm}$ aralığında çok belirgin bir azalma gösteriyor. Bu aralık, demir iğnelerin soğurma gücünün en yüksek olduğu dalgaboyu aralığıdır. İlgili band aralığında atarca ışınım yapmıyor olabilir. Ancak bu oldukça düşük bir olasılıktır. Bu azalmaya getirilebilecek daha uygun bir açıklama, atarcanın çevresinde bulunan (ancak *Yengeç bulutsusunun* dış bölgelerinde bulunmayan) demir iğneler algılayamadığımız ışınımı soğuruyor olabilir.

“İkincisi, gökadalara radyo ısıtmalarıyla uzak kızılöte ($\sim 100\text{ }\mu$) ısıtmaları arasında olağanüstü bir ilişki bulunuyor. Bu ilişki, varlığını oldukça geniş bir aralıkta korur (10^4 çarpanı denli). Radyo ışınımı atarca kaynaklı yüksek erkeli elektronların *synchrotron ışınımından* gelir. Atarcaların kaynağı olan süpernovalar aynı zamanda demir iğne parçacıklarının da kaynağıdır. Evrende ne denli çok süpernova olursa o denli çok atarca ve yine o denli çok demir iğne parçacıklar olacaktır. Bu durum da bize, açıklanması zor olabilecek bir ilişkinin doğal olarak açıklanabilmesini sağlar.

“Demir iğneciklerin uzak kızılötedeki soğurma gücü çok yüksektir. Bu iğnecikler yakınlarındaki bir kızılöte ışıınım alanından oldukça yüksek ışıınım basıncı duyumsarlar. Bu tür ışıınım alanlarının erke yoğunluğunu kullanarak demir iğnelerin gökadalaraası uzaya çıkma hızını 10.000 km s^{-1} olarak bulabiliriz. Bu hız, parçacıklarla onları doğuran ebeveyn gökadalaraın *Hubble zamanında* (H^{-1}) birbirlerinden 100 Mpc uzaklıklara ayrılmaalarını sağılayabilir. Bu nedenle, kozmolojik açıdan baktığımızda, demir iğne parçacıklarının gökadalaraası ortamdaki dağılımı gökadalaraın kendi dağılımlarından daha tekdüze olacaktır.

“Aslında, yalnızca 10^6 gökadanın iğne parçacık üretimi, bu dağılımın *Hubble zamanı* içersinde tekdüzeliğe kavuşması için yeterlidir.

“Bununla ilişkili olarak şunu söyleyebiliriz: ışıınım alanı kara cisim tayfına kavuştuktan sonra ışıınının tayfını ısısal yapan etmenin uzay dağılımı hiç önemli değildir. ısısal tayfi sağılayan etmenlerin tekdüze dağılmış olması gerekmiyor. Mikrodalga ışıınım kuantınının soğurulup salınmadan önceki ortalama özgür yolu λ olsun. *Hubble zamanı* içersinde ışıınının sızma uzaklığı $(\lambda c H^{-1})^{1/2}$ dir. $\lambda = 10^{-2} c H^{-1}$ için bu uzaklık, $0.1 c H^{-1}$ olur. Bu değıer, kozmolojik optik derinlik 100 bile olsa, ışıınım alanındaki dalgalanmaaların H^{-1} zamanında ortadan kalkacağına işaret eder.

“Sonuç olarak, tayfin düzgün ve yönbağımsız olmasını sağılayan iki eğilim vardır. Bu eğilimin birisi ışıınının kara cisim ışıınımına bürünmesini sağılayan etmen (metal iğneler) diğeriye ışıınım alanındaki güçlü eğilimdir. Bu iki eğilimin *Mikrodalga Ardaalan Işıınımında* gözlenen yönbağımsızlığı üretmesi beklenir. Metal iğneler uzak kızılötede yüksek bir salma gücüne sahip olduğundan soğuk kalma eğilimindedirler. Bir gökada yakınındaki metal iğnelerin sıcaklığı bile *Mikrodalga Ardaalan Işıınımının* sıcaklığını geçemez. Mikro parçacıklarla çarpışan bu metal iğnelerin “buharlaşıma” olasılığı var mı? Yok! Yabancı moleküller iğneler üzerinde yoğunlaşabilirler. H_2 molekülü dışındaki tüm katı özdekler 2.7 K sıcaklığında yoğunlaşabilirler. Bu metal iğnelerle çarpışan mikro parçacıklar iğneler üzerindeki molekülleri buharlaştıracaktır ama iğneleri buharlaştıramazlar”
[4]

Kaynaklar :

- [1] Verschuur, G.L. & Kellermann, K.I. (eds), *Galactic & Extragalactic Radio Astronomy*, Springer Verlag, NY, 1988, s. 619.
- [2] Smoot, G.F. ve ark., *Ap.J. Lett.*, Vol. 396 : L1 - L5, 1992, Sept. 1.
- [3] Redhead, A.C.S & Lawrence, C.R., *Ann.Rev. Astron. & Astrophys.*, Vol. 30, 692, 1992.

[4] Arp, H.C., Burbidge, G., Hoyle, F., Narlikar, J.V., Wickramasinghe, N.C., *Nature*, Vol.346, 30 Aug. 1990.

[5] Oort, J.H., *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* Vol.21, 1983, s.374.

EVREN GENİŞLİYOR MU ?

Büyük Patlama çerçevesinde çalışan tüm evren modelleri evrenin genişlediğini savunur. Uzay gerçekten genişliyor mu? Biliminsanları bu sonucu hangi gözlemsel gerçekten çıkarıyorlar? Bu soruların yanıtlarına aşağıda değineceğiz. Evrenin genişlediğinden son derece emin olan Büyük Patlamacı evrenbilimcilerin sıkça kullandıkları savsözleri: “Kuazarlar en uzak gök cisimleridir. Ne denli uzağa bakarsak zamanda da o denli geriye, başlangıca gideriz” biçimindedir. Bugün birinci tümcenin doğruluğuna ilişkin çok ciddi kuşkular duymayı haklı gösterecek gözlemsel veriler var. İkinci tümceninse yarısı doğru yarısı yanlıştır! “Ne denli uzağa bakarsak zamanda da o denli geriye gideriz”. Bu tümce doğru. Işığın boşluktaki hızının sabit ve bilgi taşımada erişilebilecek en büyük hız olduğunu gözlem ve deneylerden biliyoruz. Işık boşlukta bir saniyede 300.000 km yol kateder. Diğer bir deyişle, 1 saniye $\equiv 300.000$ km denkliği doğrudur. Bu denklik bağıntısı, fiziğin *homojenlik ilkesini* çiğnedi demeyin! Bilindiği gibi fizik, eşitliklerin veya denkliklerin heriki yanında yeralan fiziksel niceliklerin *fiziksel boyutlarının* aynı olması konusunda son derece dikkatlidir. *Einstein’ın Görelilik kuramında* $c = 1$ alınır. Bu eşitlik, $L / T = 1 \Rightarrow L = T$ anlamına gelir. Yani, uzunluk demek zaman demektir! *Einstein* zamanı işte böyle “uzaysallaştırmıştır”; zamanın 4. Boyut olarak alınması böyle bir usa vurmayla gerçekleşmiştir. “Zamansız” *Einstein* bu nedenle, “Zaman bir illüzyondur” demiştir. Diğer yandan *Einstein’ın* alan denklemlerinin çözümü evrenin dinamik “tarihçesini” verir; yani, evrenin R yarıçapının t zamanıyla nasıl değişeceğini anlatmaya çalışır.

Yukarıda ‘doğru’ olarak belirlediğimiz tümcenin işaret ettiği sonuçlara değinerek diğer tümceye geçelim. Çok çok çok 300.000 km’ ler, çok çok çok saniyeler demek olacağından, “ne denli uzağa bakarsak zamanda da o denli geriye gitmiş oluruz”. Ancak, ‘zamanda geriye gitmek’ niçin ‘başlangıca’ yaklaşmak anlamına gelsin? Zamanda bir başlangıç olduğuna ilişkin elimizde gözlemsel–bilimsel veriler var mı? *Hubble ilişkisini* kuazarlara uyguladığımızda evrenin genişlediğini savunamayacak duruma geldiğimizi göreceğiz.

Uzay, zaman ve erkenin bir başlangıcı olduğuna ilişkin iki gözlemsel sonuç bulunuyor: 1) *Hubble ilişkisi*. Bu ilişki, S_b türü sarmal kollu gökadarlar içinde kırmızıya kayması 0.5 e dek olan gökadarlar için saptanmış olan bir ilişkidir. İlişkiyi tüm gök cisimlerine dek uzatmanın olanaksızlığına değineceğiz; ve 2) Termodinamiğin II. Yasası.

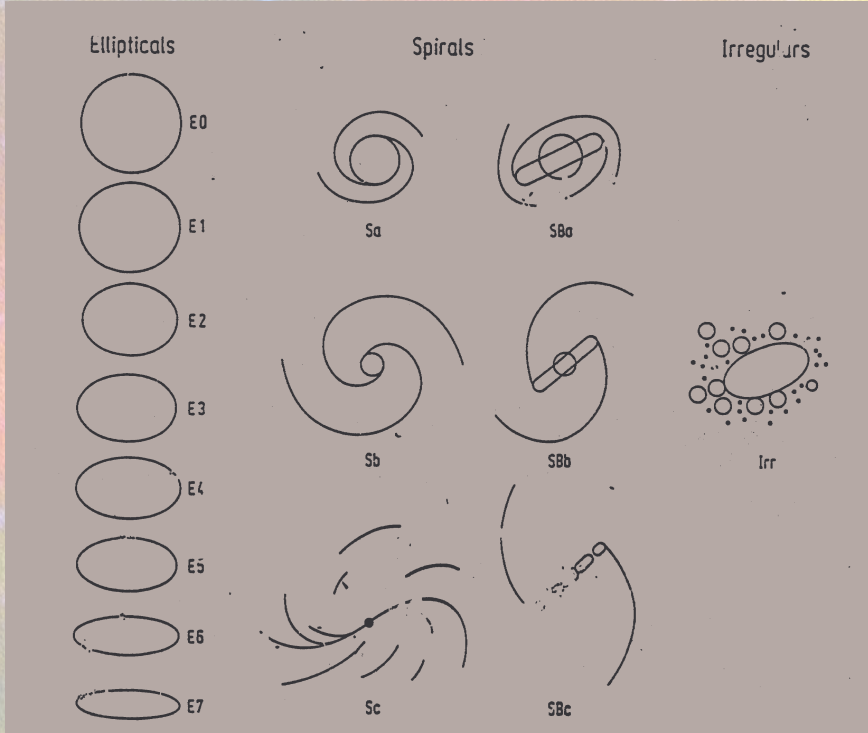
Bu yazının konusu *Hubble ilişkisi* olduğundan termodinamiğin *II. Yasasına* değinip geçelim. *Entropi yasası* olarak da bilinen bu yasa, “Çevresiyle ısı, erke, özdek, bilgi, vb. alış verişinde bulunmayan kapalı dizgelerdeki fiziksel süreçlerde *entropi* ya sabit kalır ya da artar. Eğer *entropi* artıyorsa sürece *tersinemez* süreç denir. Dizge giderek termodinamik denge durumuna yaklaşır; öyle ki, dizge en sonunda ‘ısı ölümüne’ ulaşır“.

Düne değin evrensel bir yasa olarak sunulan *II. Yasa* diğer adıyla *Entropi yasası* doğada kendiliğinden ortaya çıkan süreçlerde özgür ve kullanılabilir erkenin daima azaldığını savunur.

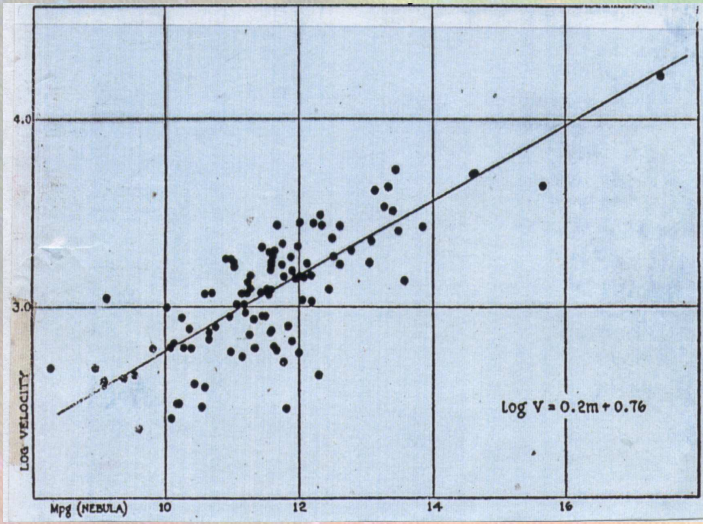
Kötümser varoluşçu felsefeye veya yazgıcı dinlere destek olarak kullanılan bu yasanın geçerlilik sınırlarını iyi çizmek gerekiyor. Evrende gerçek anlamda ‘kapalı dizgelerin’ olmadığı gerçeğini bir yana bırakırsak, günümüzün popüler *paradigması* olan *Kaos kuramı* termodinamiğin *II. Yasası*’nın geçerlilik sınırlarını çok güzel çiziyor ve bizi bu tarihsel ve mantıksal tuzaktan kurtarıyor. Analitik olarak çözülebilen denge dışı dinamik dizgeler *kaostan* düzenin doğabileceğini kanıtlamışlardır. Bu kanıtlar, fizik, kimya, gökbilim, biyoloji ve toplumsal bilimler alanından çok çeşitli örnekleri içermektedir. *Karmaşadan düzenin doğması* demek, *dizge II. Yasanın geçerlilik sınırlarının dışında* demektir. *İçersinde entropi üreten ancak ürettiği entropiyi dizgenin dışına atabilen yapılara erke tüketici yapılar* (dissipative structures) denir. Bu yapılar, örgütlenmelerinin önünde engel oluşturan entropinin dış satımını çok etkin bir biçimde yapılabiliyor. Böylece giderek daha üst düzeyde örgütlenebilirler. İşte insan, işte canlılar, işte insan toplumları, işte Bernard hücreleri, vb. Bu konunun ayrıntıları bir başka yazının konusu olabilir.

Şimdi *Hubble ilişkisi*’nin işaret ettiği gerçeklere değinmeye çalışalım. *Edwin Hubble* zamanında gökadarlar, *eliptik*, *sarmal*, *çubuklu sarmal*, *düzensiz* olarak sınıflandırılıyordu (Şekil 21). *Hubble* 60 adet *Sb* türü gökada üzerinde yaptığı çalışmada, gökadarların görünürdeki parlaklığıyla gökada tayflarındaki çizgilerin sergilediği kırmızıya kayma arasında doğrusal bir bağıntının varlığını saptıyor (Şekil 22). Eğer gözlenebilir çevrenimiz içindeki *tüm gökcisimleri* aynı doğrusal bağıntıya uyarsa, bu sonucun, evrenin genişlediğine işaret ettiği yorumunu yapabiliriz. Sarmal kollu gökadarların o dönemde bilinen toplam türler içindeki oranı % 25 dir. *Hubble, Realm of the Nebulae* adlı eşsiz kitabında ilgili okuyucuyu bir konuda sürekli uyarıyor: “Gözlemler, kırmızıya kaymanın gerçekten de devinimi temsil edip etmediğini iyice ortaya çıkarmadan önce herhangi bir kozmolojik yargıya varılmamalıdır... Bu arada, kırmızıya kaymalar, uygunluk açısından hız ölçekleriyle anlatılabilir. Kırmızıya kaymanın davranışı

hız kaymalarına benziyor. Dikkatli bir biçimde kurduğumuz tümcelerimizde ‘görünürdeki hız’ kavramını kullanmalı ve genel kullanımı içinde ‘görünürdeki’ sıfatını dikkate almasak da varlığını daima anımsamalıyız...Tanım gereği gözlenebilir evrenin tam ortasındayız. Yakın komşuluğumuzu oldukça iyi tanıyoruz. Uzaklıkların artmasıyla birlikte bilgimiz azalıyor, üstelik hızla azalıyor. En sonunda teleskoplarımızın sınırına erişiyoruz. O sınırdan artık gölgeleri ölçmeye başlıyoruz. Burada ölçüm yanlışlarımızın yanısıra bize ipucu olabilecek görüntüleri de araştırmaya başlıyoruz. Araştırmalarımız sürecektir. Deneyssel-gözlemsel kaynaklarımız tamamen tükenmedikçe düşsel spekülasyon alanına kaymamıza gerek yok”.



Şekil 21: Gökadaların Hubble sınıflaması. E ve S türleri arasındaki geçiş türü S0'dır. a, b, c, d, m dizisi ile gösterilen gökadaların sarmal kolları disk çevresinde sıkı sıkıya sarılı ve iyi tanımlanmış kollardan açık, parçalanmış kollara doğru gidişi anlatır.



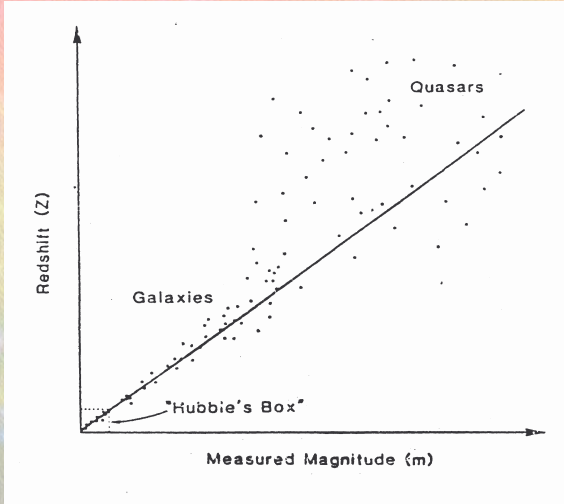
Şekil 22. Hubble' nin Sb türü gökadarlar için oluşturduğu fotografik salt parlaklık - hız logaritması grafiği.

Hubble kendi çalışmalarının sınırının ayırdındaydı. “*Gökbilim tarihi giderek genişleyen çevremizin tarihidir*” derken belli ölçeklerdeki çalışmaların geçerlilik sınırlarının genişleyen çevremizle sürekli denetlenmesi gerekliliğini vurguluyordu. Yinelemede yarar var: *kırmızıya kayma* değerleri en çok 0.5 olan Sb türü gökadarlar için saptanmış olan bu ilişkiyi *kırmızıya kaymaları* ölçülmemiş olan diğer gökadalara dek uzatan biliminsanları *Eddington* ve *Lemaître*'dir. Evet, “serçenin iki ayağı iki kanadı ve gagası var ve uçar. Öyleyse, iki ayağı, iki kanadı ve gagası olan her kuş uçar” gibisinden bir önerme, hindi, devekuşu, tavuk, evcil ördek vb. kanatlılar için geçerli değildir! Dahası, *Hubble* zamanında bilinmeyen ancak bugün gökada yazınına girmiş olan değişik türden gökadarlar vardır. Bunlar ‘toptancı’ isimleriyle *Etkin Gökada çekirdekleri (AGN)* olarak anılır. Bu gökadarlar, sarmal kolluların toplam nüfus içindeki % 25 oranını kimbilir ne denli küçülttü!

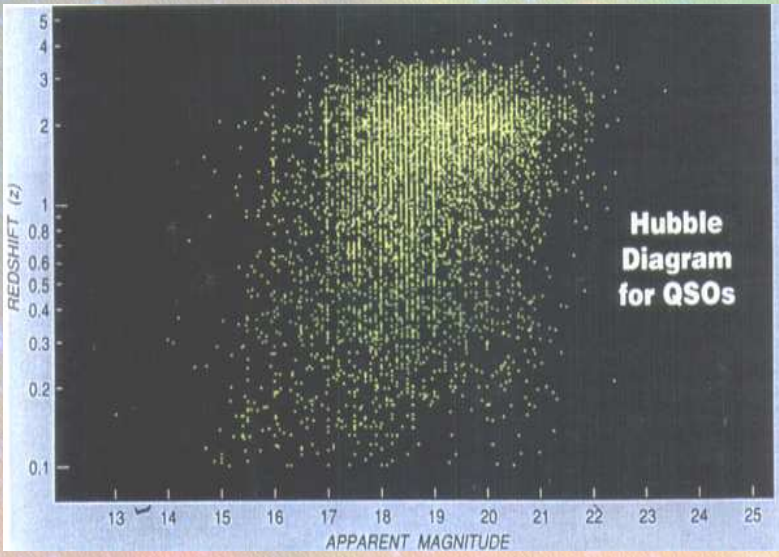
Biraz da kuazarlara değinelim. Kuazarlar çok parlak, yıldız benzeri nokta kaynaklardır. Bazılarının çevresinde, *gazoz* reklamındaki ‘yüzbin baloncuğun’ oluşturduğu hale benzeri bir yapı vardır. Kuazarların dış görünümü, bilinen diğer gökadarların görünüşünü andırmaz; çok uzakta oldukları varsayıldığından, varsa bile sarmal kollarının algılanamayacağı savunulur. Işıtmaları çok yüksek olduğundan özeklerinde dev kütleli karadelikler bulunduğu varsayılır; çünkü bu denli yüksek erkelerin ancak çekimsel erkenin özgür duruma geçmesiyle açığa çıkabileceği savunulur. Çekimsel erkeyi özgür duruma geçiren fiziksel süreç ise

gökadadaki yıldızların karadeliğe doğru düşmeleridir. Bu nedenle karadeliklere “kozmik yamyam” denir.

‘Ne’liğine kısaca değindiğimiz kuazarlar gerçekten çok uzakta mı? Kuazarların sergilediği kırmızıya kaymanın ‘inanılmaz’ boyutları, *kozmolojik kırmızıya kayma* kavramını gündeme getirmiştir. *Kozmolojik kırmızıya kayma* Doppler kayması ve çekimsel kırmızıya kaymadan farklıdır. *Kozmolojik kırmızıya kayma* uzayın genişlemesinin doğurduğu bir etki olarak sunulur. Ancak, bunu söyleyebilmek için *Hubble kutusunun* dışında yeralan tüm gökadalardan veya gökcisimlerinin dağılımının da doğrusal yasaya uygun olması gerekir (Şekil 23). Şekil 24, kuazarlar için çizilmiş olan *Hubble ilişkisidir*. Aslında “ilişkisizliği” demek daha doğrudur. Gerçekten de kuazarların görünürdeki parlaklığı ile kırmızıya kaymaları arasında bir ilişkinin varlığından sözede bilmek için ‘bilim karşıtı’ derecesinde yanlı olmak gerekiyor. Şekil 24 deki gözlem verilerine çok çeşitli istatistiksel yöntemler uygulanmasına, aynı verilerin değişik biçimlerde yerleştirilmiş olmasına karşın veri noktalarının dağılımı asla ve asla eğimi 5 olması gereken bir doğru ile temsil edilememiştir. Eğer bunu başarabilseydik, diğer bir deyişle, *Hubble’ın Sb* türü gökadalar için saptadığı doğrusal ilişkinin, *Hubble kutucuğunun* dışında da geçerli olduğunu gösterebilseydik, evrenin genişlediğinden sözede bilirdik.



Şekil 23. Hubble kutusu (“Hubble’s Box”) dışındaki bazı gökadalar ve kuazarlar doğrusal bağıntı ile betimlenemez. Bu nedenle evrenin genişlemesinden söz etmek doğru değildir.



Şekil 24. Kuazarlar için Hubble bağıntısı. Grafikteki noktaların bir doğru ile anlatılamayacağına dikkat ediniz.

İkincisi, kozmolojik hipoteze göre, birbirinden olabildiğince farklı kırmızıya kayma sergileyen iki gökcisminin Yer’deki gözlemciden aynı uzaklıkta bulunması olanaksızdır.

Halton Chip Arp 1949 yılında *Harvard College*’dan mezun olur. 1953 yılında *California Institute of Technology*’de doktorasını tamamlar. 29 yıl süreyle *Mt. Wilson* ve *Palomar* gözlemevlerinde kadrolu çalışır. 1980-1983 yılları arasında *Astronomical Society of the Pacific* topluluğunun başkanlığını yapar. Yaptığı çalışmalardan dolayı, *Helen B. Warner*, *Newcomb Cleveland* ve *Alexander von Humboldt* ödüllerini alır. Günümüzde de etkin olan bilimsel yaşamına 1965 yılında başlar ve çoğu *Astrophysical Journal*, *Astronomy & Astrophysics* adlı birinci sınıf gökbilim dergilerinde olmak üzere birçok makalesi yayınlanır. Bulguları, evrenbilimin ana akıntısındaki görüşleri çürüttüğünden ünlü gözlemevlerindeki teleskop zamanı elinden alınmış, bilimsel makaleleri yıllarca bekletildikten sonra ya basılmamış ya da basılabilmesi için “bilimsel ödünlerde” bulunması istenmiştir! Bilimsellikten ödün vermeyen *Arp* kendi deyişiyle, “Bilimsel sonuçların standart bilim dergilerinde yayınlanması ve tartışılması engellenince yapacak bir tek şey kalıyor: kitap yazmak”. Bunun üzerine *Halton Chip Arp* , 1987 yılında *Interstellar Media* adlı yayıneviyle anlaşarak *Quasars, Redshifts and Contraversies* adlı kitabını yayınlatır.

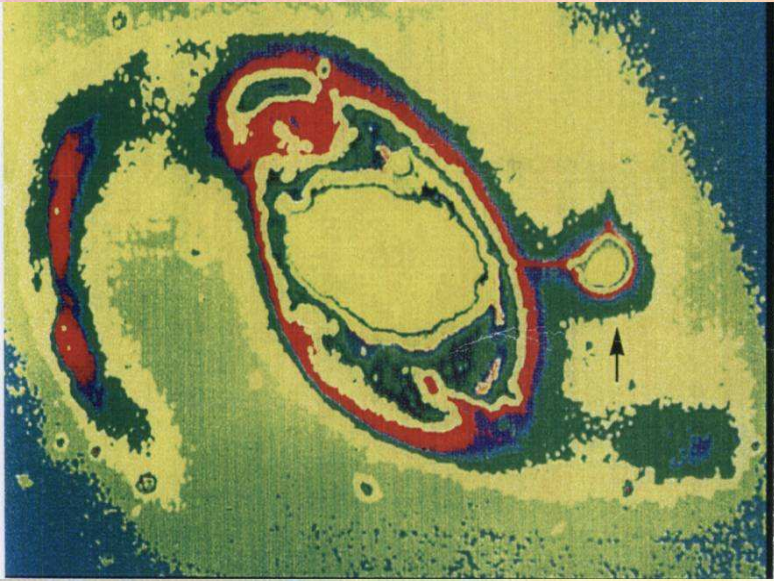
Bu kitapta *Big Bang* evren modelini yanlışlayan birçok gözlemsel veri yeralıyor. Kitabın iletisi son derece açık: “Gözlemsel veriler kırmızıya kaymanın kuazarlar için iyi bir uzaklık ölçeği olmadığını gösteriyor...Bugün elimizdeki zengin veriler yalnızca kuazarların değil çoğu gökadalara da *görünürdeki parlaklık - kırmızıya kayma* bağıntısına yani *Hubble bağıntısına* uymadığını gösteriyor”.

‘Peki, tüm bu sağlam kanıtlara karşın bilim dünyası gerçeklere sarılmada, onları yüceltmede niçin yavaş veya isteksiz davranıyor? Çürütüldüğü savunulan *Big Bang* modelini niçin bırakmıyor?’ sorusu sorulabilir. Bu sorunun yanıtını, ‘Ne yazık ki evrenbilim ve parçacık fiziği alanlarında ortaçağın sonlu evren modeli hortlamıştır; gözlemsel–deneysel sonuçlar yerine fiyakalı matematiksel sonuçlar yeğleniyor’ biçiminde vermek zorundayız. *Big Bang* yalnızca evrene ilişkin bir model değildir. Bu model, birçok fiziksel süreçlerin yanı sıra, insanın tanrılarıyla olan ilişkileri gibisinden metafizik sorunlarına; yönetici sınıfların yönetilenlerle olan hiyerarşik ilişkilerine de yanıt veriyor. Kısacası, *Big Bang*’in öyküsü yalnızca gökyüzünün ve gökbilimcilerin öyküsü değildir.

H.C. Arp’a göre *Big Bang*’in çöküş süreci, Ermenistan’da, küçük bir *Schmidt* teleskopla gözlem yapan *Markarian* adlı bir gökbilimcinin bulgusuyla başlıyor. Güçlü moröte ışınımı salan sürekli kaynaklar üzerine bir araştırma yapan *Markarian NGC 4319* sarmal kollu gökada yakınında kuazar benzeri bir cisim buluyor ve bu cisme *Markarian 205* adını veriyor (*Şekil 25*). Daha sonra *Daniel Weedman* kuazarın tayfını alıyor ve kırmızıya kaymasından uzaklaşma hızını 21000 kms^{-1} olarak buluyor. Diğer yandan *NGC 4319* gökadasının bizden uzaklaşma hızı 1700 km s^{-1} olarak bulunuyor. *Arp*, fotoğraf plağı üzerinde birbirine çok yakın bulunan bu iki gökcisminin birbirine yakın olup olmadığını incelemeye başlıyor. *Eastman Kodak* firmasının özellikle gökbilim çalışmaları için ürettiği, son derece duyarlı *III a - J* filmiyle kuazar–gökada çiftinin fotoğrafını yeniden çekiyor. Bunun için *Mt. Palomar*’daki *5 m* lik yansıtıcı teleskopta *4 saatlik* poz süresi gerekiyor. Çekmiş olduğu fotoğraf plağını banyo eden *Arp* kuazar ile gökada arasında yeralan ışıklı bir köprünün varlığına dikkat ediyor. Büyük teleskoplarla çalışan deneyimli gökbilimciler bir fotoğraf plağındaki görüntünün netliği, biçimi ve boyutlarına bakarak onun gerçek bir gökcisminin görüntüsü mü yoksa emülsiyon bozukluğu mu olduğunu hemen söyleyebilir. *Arp*’a göre *NGC 4319* gökadasıyla *Markarian 205* kuazarı arasındaki ışıklı köprü gerçek bir görüntüyü. Bunun üzerine *Arp* kendisine, “Kuazarla gökada fotoğraf plağı üzerinde birbirine çok yakın duruyorlar. Acaba *Markarian köprüsü* önalandaki bir gökadayla ardalandaki bir kuazarın ışıklarının saçılması sonucunda oluşmuş bir ‘sızıntı’ mı? “sorusunu yöneltiyor. Yanıt,

“Olamaz! “ oluyor. Çünkü, gökyüzünde birbiriyle fiziksel ilişki içinde bulunmayan ancak fotoğraf plağı üzerindeki görüntüleri birbirine yakın konumlara izdüşen gökcisimlerinin görüntüleri birleşirken arada kum saatine benzer bir ışık sızıntısı oluşur. *Markarian köprüsü* dar ve düz uçlara sahip bir köprü olduğundan iki cismin birbirine fiziksel olarak bağılı olduğunu kuşkuya yer bırakmayacak biçimde sergiliyor.

Bulgunun bilim dünyasında dolaşıma girmesiyle birlikte *Big Bang* yanlıları da kendi fotoğraflarını çekiyorlar. 2 m çapındaki bir teleskopla çektikleri fotoğraf plağında *NGC 4319* gökadasıyla *Markarian 205* kuazarı arasındaki ışıklı köprü kendisini göstermiyor. Onlar da kendi plaklarını bilim dünyasında dolaşıma sokuyorlar. Amaçları, *Arp*’ın iyi bir fotoğrafçı olmadığı izlenimini bırakmak. Ancak *Arp* iki farklı görüntüyü oluşturan teleskopların foton toplama güçleri oranının $(2/5)^2 = 0.16$ olduğunu, dolayısıyla 2 m lik teleskobun *Markarian köprüsünden* gelen fotonları toplayamayacağını gösteriyor. Bunun üzerine diğer grup, *Arp*’ın sergilediğı bilimsel gerçeğı yadsımak için iki sav geliştiriyor: 1) *Markarian köprüsü* gerçek değıl; 2) Işıklı köprü gerçekse bile büyük bir olasılıkla ardalanda bulunan ve tam kenardan gözlenen bir gökada görüntüsüdür.



Şekil 25. *NGC 4319* sarmal kollu gökadası ve hemen yanında okla gösterilen *Markarian 205* kuazarı.

Ancak *Markarian köprüsünün* “yüzey parlaklığı” bir gökadanınkinden oldukça çok düşüktür. Bu nedenle bir gökada olma olasılığı yoktur! Ayrıca, tam kenardan gözlenen gökadalara yüzey parlaklığı gökada özeğinden uçlara doğru gidildikçe azalır. Dikkat edilirse *Markarian köprüsünde* böyle bir azalma yok! Daha sonra geliştirilen *CCD* teknolojiyle elde edilen görüntüler de köprünün ne kum saati biçiminde ne de tam kenardan gözlenen gökada diski biçiminde olduğunu göstermiştir. Ancak, yukarıda ileri sürdükleri savlardan vazgeçmeyen *Big Bang* yanlıları değişik kırmızıya kayma gösteren gökcisimlerinin fiziksel olarak ilişkili olamayacağı konusunda ayak diretmeyi sürdürüyorlar.

Teknik ayrıntılarda boğulan *Big Bang* yanlıları çok önemli bir özelliği gözden kaçırdılar. Dikkat edilirse *NGC 4319* alışılmışın dışında bir sarmal kollu gökadadır. Gökadanın sarmal kolları kökünden kopmuş durumda! Gökada yaklaşık *10 milyon yıl* önce ya bir patlama ya da büyük bir tedirginlik yaşamış olmalıdır. Kuazarı gökadaya bağlayan ışıklı köprünün önemi, köprü boyunca gökadaya doğru ilerlediğimizde gökadanın tam özeğine varıyor olmamızda yatıyor. Bu gerçek, kuazarın gökada özeğinden fırlatıldığına ilişkin hipotezi doğrular görünüyor. Çoğu gökada çekirdekleri etkindir; yani özekten dışarıya doğru yüksek erkeli ışınım, radyo yumakları ve ışınım yapan özdek fırlatırlar. Fırlatılan özdek ve ışınım zamanla değişir. *Markarian köprüsü* de *Markarian 205* kuazarının *NGC 4319* gökadasının özeğinden fırlatılmış bir cisim olduğunu doğrularcasına orada yatıyor.

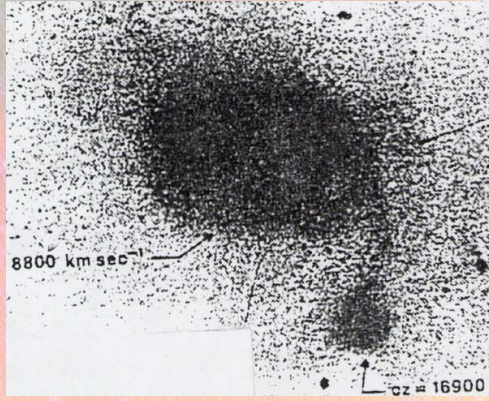
1973 yılında başlayan bu tartışma 1984 yılında *Jack Sulentic*’in çalışmasıyla *Arp*’ın savını doğrular yönde bir gelişme göstermiştir. Aradan geçen 11 yıllık süre içinde *Palomar*’daki 5 m lik teleskopla alınan en iyi 4 görüntüyle, *Kitt Peak Ulusal Gözlemevindeki (KPNO)* 4 m lik teleskopla alınan en iyi 3 görüntüyü *JPL* deki görüntü işlemcisine sokan *Sulentic*, *Markarian köprüsünün NGC 4319* gökadasının özeğine dek uzandığını gösteren bir görüntü elde etmiştir. Aslında köprü, gökada diskini boydan boya geçen bir ‘omurganın’ varlığını da ortaya çıkarmıştır. Gökcisimlerinin fırlattığı jetlerin hemen hemen daima bir de karşı jeti bulunur. Bu gerçekten yola çıkan *Sulentic*, ‘omurganın’ diğer ucunda, *Markarian köprüsü* ile bakışık konumda yıldızimsı bir nesnenin olup olmadığını araştırdı. Gerçekten de moröte *CCD* görüntüsünde karşı jetin varlığı görüldü. Bu arada *Palomar*’daki 5 m lik teleskop *Arp* ve *Sulentic*’e kapatıldığından (!) karşı jetin tayfını 4 m lik *KPNO* teleskobunda almak zorunda kaldılar. Güvenilir bilimsel sonuçların elde edilebilmesi için daha fazla teleskop zamanına gereksinimleri var. Ancak çalışmaları ana akıntıdan saptığı için bu tür projeler teleskop zamanı bulamıyorlar.

Bu arada *KPNO'da* elde ettikleri tayflar hiç beklenmedik sonuçlar gösterdi. $H\alpha$ ışıını sarmal kollu gökadarlar için tipiktir. Ancak *NGC 4319* gökadası $H\alpha$ ışıını göstermiyor. Bunun yerine tüm gökada diskinden yalnızca iyonlaşmış azotun ışıını geliyor. Bu da sarmal kollu gökadarlar için olağanüstü bir durumdur. Tayf verileri gökadanın şiddetli tedirginliklerle sarsıldığını gösteriyor.

NGC 4319 - Markarian 205 çifti üzerine yapılan çalışmaların en ilginç de bir çift “suskun” (!) gökbilimciden geldi. 5 m lik *Mt. Palomar* teleskobunda oldukça uzun gözlem zamanı bulabilecek denli ayrıcalıklı olan *Caltech’li* bir gökbilimciyle onun İngiliz arkadaşı, düşük kırmızıya kaymalı cisimler yanındaki yüksek kırmızıya kaymalı cisimler üzerinde yoğunlaşmışlardı. Bu kişiler, yüksek kırmızıya kaymalı cismin tayfında düşük kırmızıya kaymalı cismin soğurma çizgilerini algıladıklarında, bu sonuçları, yüksek kırmızıya kaymalı cismin daha uzakta olduğunun kanıtı olarak yorumluyorlardı. Bu yorum çok sağlıklı sayılmaz. Aslında yüksek kırmızıya kaymalı cisim diğerinin hemen arkasında veya içinde olabilir ve hatta düşük kırmızıya kaymalı cisim tarafından fırlatıldıysa o cismin özdeğini bir kuyruklu yıldızın saçları gibi çevresinde toplamış da olabilir. Öyle ya da böyle! Eğer yüksek kırmızıya kaymalı cismin tayfında düşük kırmızıya kaymalı cismin soğurma çizgileri yoksa, bu bulgu, ‘yüksek kırmızıya kayma gösteren cismin diğerinin önünde olduğu’ biçiminde yorumlanmalıdır. Bu durumda *Big Bang* yanlılarının bir tek çıkar yolu kalıyor: eğer yüksek kırmızıya kaymalı cisme düşük kırmızıya kaymalı gökadaki vakum benzeri bir boşluktan bakıyorsak soğurma çizgileri gözlenemeyebilir (Gerçekten de Samanyolu gökadasının özeğine yakın bir yerde, gökada konsayıları $l = 0^0$. 9 ve $b = - 3^0$. 9 olan noktada bir “gökada penceresi” var. Bu bölgede yıldızlararası gaz ve toz çok düşük yoğunluklu olduğundan o bölgede optik gözlemlerin yapılabilmesine izin verir). Ancak *NGC 4319* gökadasının *Holmberg yarıçapını* belirlemek amacıyla oluşturulmuş olan eşyükselti haritası o denli düzgün dağılımlı ki bu olasılığı da çürütüyor.

Adı geçen *Caltech’li* ve İngiliz gökbilimcinin *Markarian 205* örneği üzerinde çok yoğun çalıştıkları haberi *Arp’a* sızdırılır. 1983 yılında *Liege’deki* uluslararası toplantıda *Arp* bu iki bilimciye *Markarian 205* ile ilgili çalışma sonuçlarını sorar. Onlar da kuazar tayfında soğurma çizgileri gözleyemediklerini açıklarlar. Bu öykünün tüyler ürpertici yanı şudur: Dünyanın en büyük teleskoplarından devasa boyutlarda gözlem zamanı alabilme ayrıcalığına sahip olan bu biliminsanları (!) yapmış oldukları bilimsel çalışma sonuçlarını yayınlamamışlar, elde ettikleri bilgileri, kendi evren modellerine aykırı düştüğü için gizlemişlerdir.

NGC 4319 - Markarian 205 ikilisi çok tartışılmış bir örnek olduğundan üzerinde ayrıntılarıyla durduk. *Arp'ın* kitabında benzer tartışmalı örneklerin sayısı çok (*Şekil 26*) Yansız bir okuyucu için, kuazarların etkin gökada öteklerinden fırlatılan cisimler olduğu hipotezi kitabın sayfalarından dışarıya fırlıyor! Etkin gökadalara evren içindeki konumlarıysa hiç de ayrıcalıklı değil. Bunlar çok yakınlarımızda da orta uzaklıklarda da çok uzaklarda da bulunabilir. Dolayısıyla kuazarlar hiç de sanıldığı gibi uzak gökcisimleri değil. Sergiledikleri kırmızıya kaymanın belli bir bölümü *Doppler*, *kozmojik veya çekimsel* kaynaklı olabilir. Ancak kuazarların kırmızıya kaymalarının esas nedeni özgün bir fiziksel sürecin varlığına işaret ediyor; ama ne? Henüz bilemiyoruz (*Wolf etkisi, dispersion, vb*). *Çizelge 1*, yakın komşuluğunda birden çok kuazar bulunan gökadalara gösteriyor.



Şekil 26. NGC 7603 gökadası ve ışıklı köprü ile bağlanan kuazar.

Kuazarlar konusunda ana akıntıya karşı yüzen genç ve yaratıcı biliminsanlarından bir diğeri de *K.G. Karlsson'dur*. *Karlsson*, kuazar kırmızıya kaymalarının 'kuantlaştığını' göstermiştir. Bulduğu ilişki, $\Delta \log (1 + z) = 0.089$ bağıntısıyla anlatılır. Ancak bu parlak gökbilimci, gökbilim dünyasında iş bulamamış ve tıp alanında gelecek aramak zorunda kalmıştır.

Sb türü gökadalara için elde edilmiş olan *Hubble ilişkisine* bakarak ya da geçerlilik sınırları, denge durumundaki dizgelerle sınırlanmış olan termodinamiğin *II. Yasasına* yaslanarak evrenin belli bir zamanda başladığını, genişlediğini ve 'ısı ölümüne' doğru gittiğini söyleyebilmek için ya yazgıcılığın prangalarına gönüllü bağlanmak ya da kötümser varoluşçu olmak gerekiyor.

Çizelge 1. Yakın komşuluğunda birden çok kuazar bulunan gökadarlar. z, kırmızıya kayma değerini; p de ilgili kuazarın gökada yakınında raslantısal olarak bulunma olasılığını simgeler. Eğer $p > 0.01$ ise kuazarın gökada yakınında raslantısal olarak bulunduğunu söyleriz. Uzaklıklar yaysaniyesi cinsindendir.

GÖKADA		KUAZAR				
Adı	z	Adı	uzaklığı	parlaklığı	z	p
NGC 622	0.018	UB1	71	18.5	0.91	0.001
		BSO1	73	20.2	1.46	0.02
NGC 470	0.009	68	95	19.9	1.88	0.015
		68D	95	18.2	1.53	0.002
NGC 1073	0.004	BSO1	104	19.8	1.94	0.01
		BSO2	117	18.9	0.6	0.006
		RSO	84	20.0	1.4	0.02
NGC 3842	0.02	QSO1	73	19.0	0.34	0.003
		QSO2	59	19.0	0.95	0.002
		QSO3	73	21.0	2.20	0.01

Kaynaklar :

Arp, H.C., *Quasars, Redshifts & Controversies*, Interstellar Media, Berkeley, 1987.

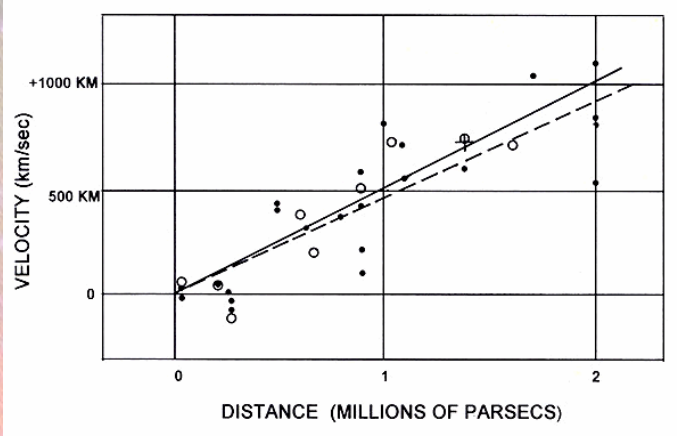
Hubble, Edwin, *The Realm of the Nebulae*, Yale University Press, London, 1936

Hubble yasasının Evrimi

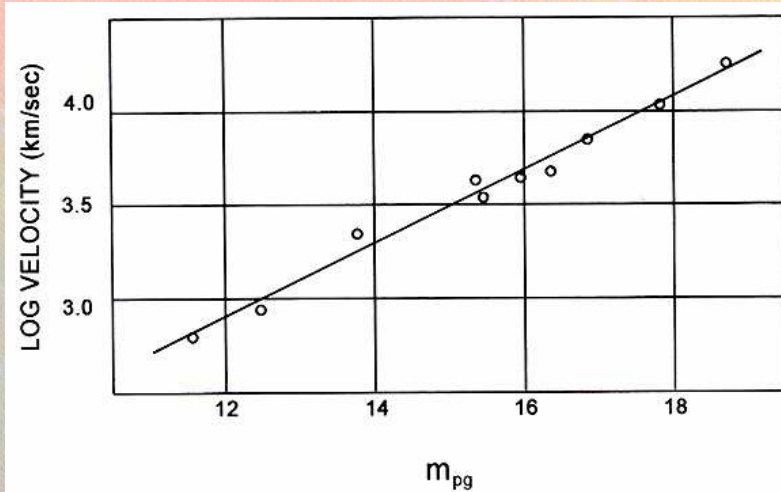
1930: $H_0 = 558 \text{ kms}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$

Sonraki yıllarda: $H_0 = 30 - 100 \text{ kms}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$

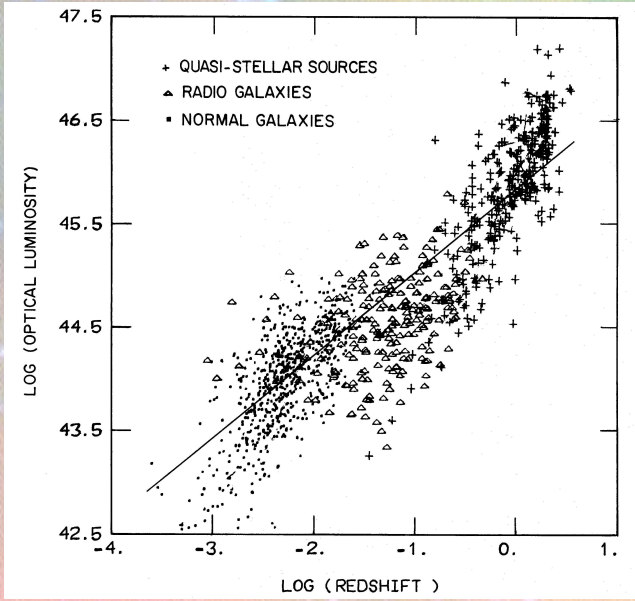
Günümüzde: $H_0 \approx 55 \text{ kms}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$



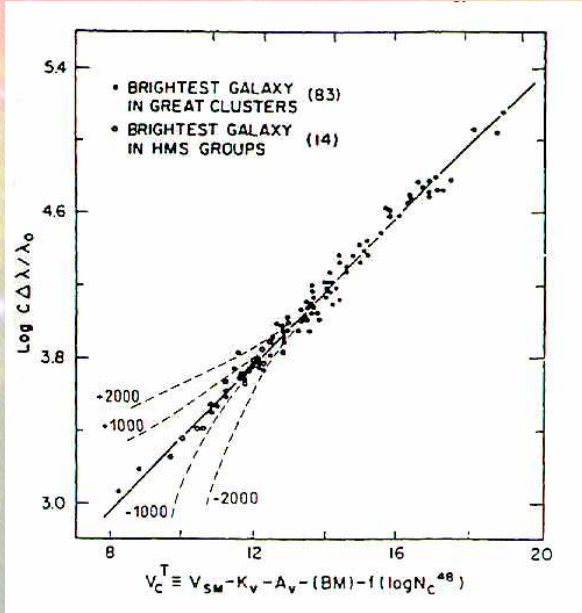
Şekil 27. Hubble ilişkisi (Hubble, 1929; Hoyle ve ark. 2000 den alınmıştır)



Şekil 28. Fotoğrafik parlaklığa (m_{pg}) karşı hızın logaritmasının çizgesi (Hubble & Humason, 1931; çizge Tolman, 1934 den alınmıştır. Hoyle ve ark. 2000)

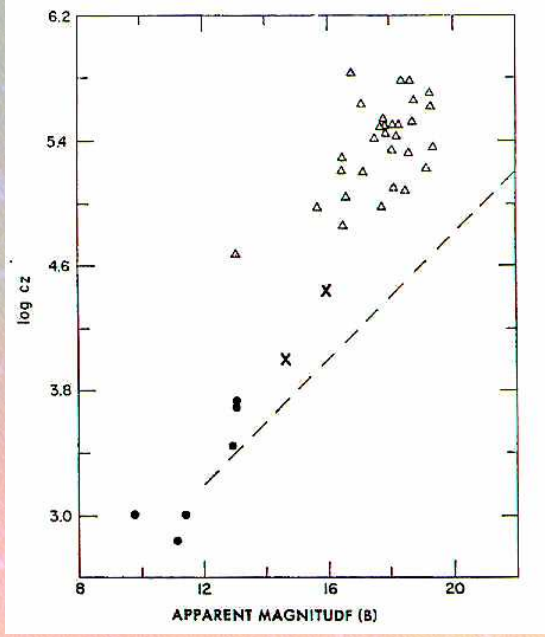


Şekil 29. Gökadaların radyal hızı karşı görünürdeki parlaklık çizgesi Lang ve ark. (ApJ, 202, 1975). Veriler de Vaucoulers ve ark. 1964 'Reference catalogue of Bright Galaxies' den alınmıştır.

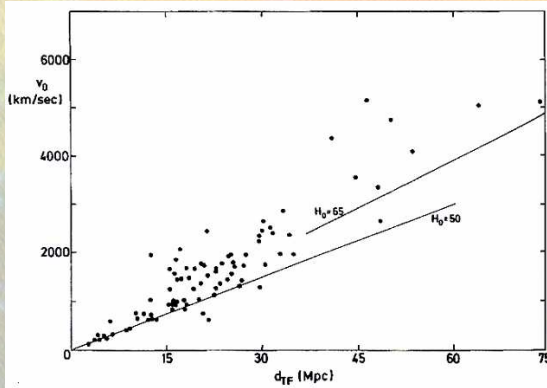


Şekil 30. Palomar Gözlemeylerinden Alan Sandage tarafından hazırlanmıştır. Kesikli çizgiler 1000 – 2000 kms⁻¹ aralığındaki peculiar hızları simgeliyor (Arp 1998 den alıntı).

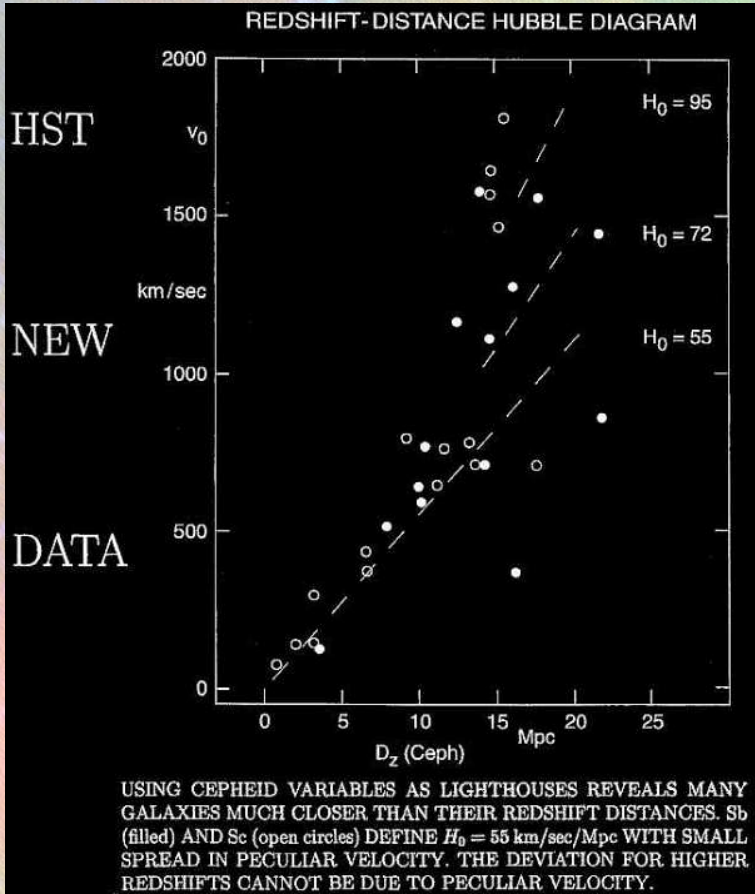
Seyfert gökadalari (veya kuazarlar) gibi gökada ötesi etkin gökcisimlerinin beklenenden daha büyük kırmızıya kayma (z) gösterdiği farkedilmeye başlandı ve ilişki Hubble ilişkisinden kopmaya başladı.



Şekil 31. Halton Arp'ın(1968) derlediği verilerin çizgesi, 1998 bildirisinde atıf verildi. İçi dolu çemberler = yakın komşuluğumuzdaki Seyfert gökadalari (genel olarak sarmal kollu ve çok parlak ve hızlı değişen ötek bölgesine sahip); 'x'ler sıkışık Seyfert-benzeri gökadalari; üçgenler = QSolar; kesikli çizgi beklenen Hubble ilişkisi.



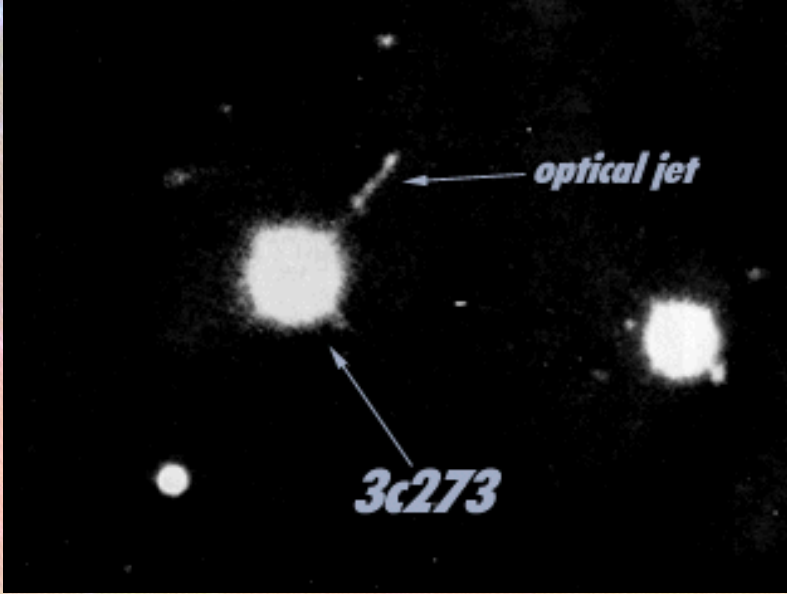
Şekil 32. Kırmızıya kaymaya (v) karşı uzaklık (Mpc): Arp'a göre yükselen Hubble ilişkisi (1998).



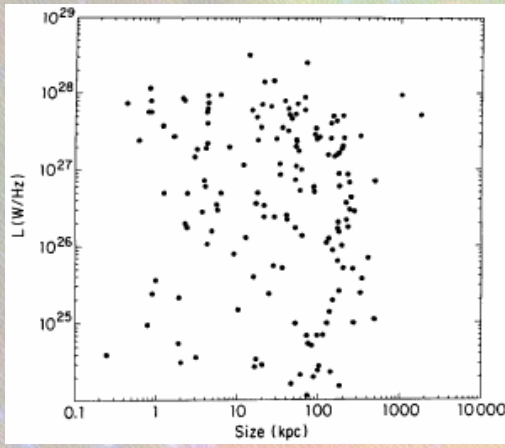
Şekil 33. Cepheid türü değişen yıldızları deniz feneri olarak kullandığımızda birçok gökada, aynı gökadalardan kırmızıya kaymalarından elde edilen uzaklıklarından farklı olarak daha yakında olduklarına işaret etti. Daireler: Sb ve çemberler Sc Hubble ilişkisini $H_0 = 55 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ olarak belirler. Büyük kırmızıya kaymaların sapması peculiar hızdan kaynaklanmış olamaz. Hubble Space Telescope verileri ışığında (<http://haltonarp.org/>)

Quasi-Stellar Objects (QSOs) veya Kuazarlar

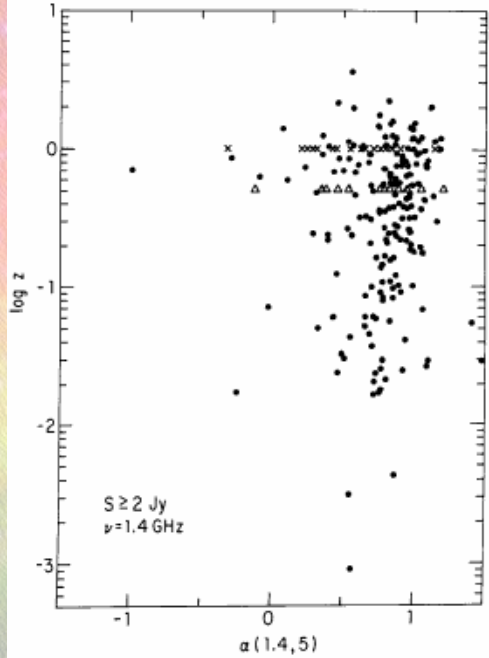
Kuazarlar 1946(?) yılında bulundu ve olağandışı kırmızıya kaymalar gösterdikleri görüldü. Hubble ilişkisine göre evrenin en uzak köşelerinde olduğu sanıldı.



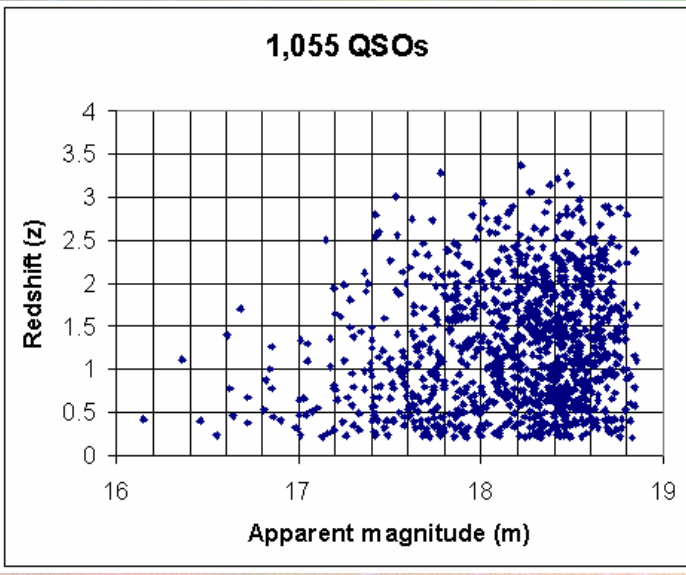
Şekil 34. 3C273 kuazarı ve fırlattığı jetin görsel bölgedeki görüntüsü.



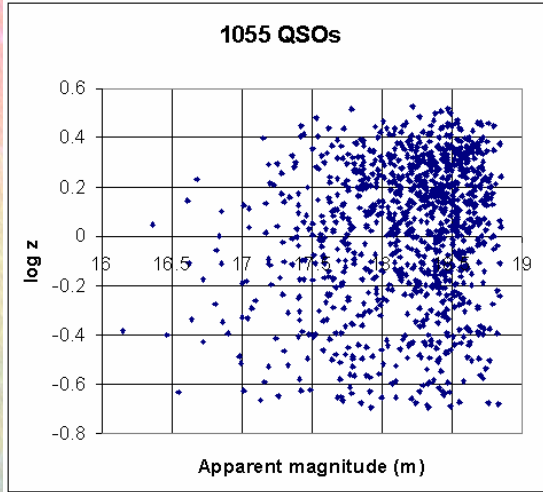
Şekil 35. 1.4 GHz frekansında gözlenen ve 2 jansky'den daha parlak olan radyo kaynaklarının doğrusal boyutlarına karşı ışıma gücü çizgesi. Saçılmanın büyüklüğüne dikkat ediniz (Condon 1991).



Şekil 36. 1.4 GHz de gözlenen radyo kaynaklarının kırmızıya kaymasına karşı tayf indeksi çizgesi. Bu çizge de büyük saçılmalar gösteriyor (Condon 1991).

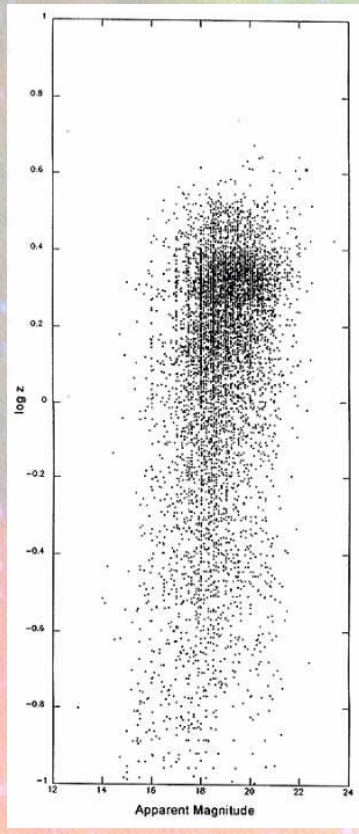


Şekil 37. Veriler LBQS (Hewett ve ark., 1995) den derlenmiş ve L. Greer tarafından çizgeye dökülmüştür (1999).

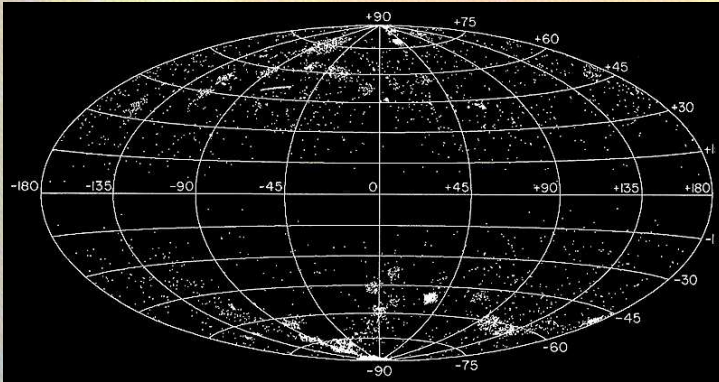


Şekil 38. Veriler LBQS (Hewett ve ark., 1995) den derlenmiş ve L. Greer tarafından çizgeye dökülmüştür (1999).

Kuazarlar Hubble ilişkisine $-m = 5 \log(z) + H_0 (\text{kms}^{-1} \text{Mpc}^{-1})$ – uymak yerine büyük saçılmalar göstermiştir.



Şekil 39. 7315 kuazarın kırmızıya kayma ($\log z$) değerlerine karşı görünürdeki parlaklıkları çok büyük bir saçılma gösteriyor (Hewitt & Burbidge, 1993; Hoyle ve ark. 2000 tarafından atıf verilmiştir).

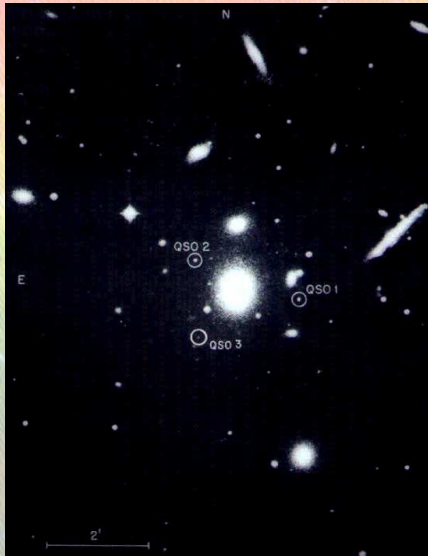


Şekil 40. Bilinen 7315 kuazarın Samanyolu Gökadası konsaylıları üzerindeki izdüşümleri (Hewitt & Burbidge, 1993; Hoyle ve ark. 2000 tarafından atıf verilmiştir).

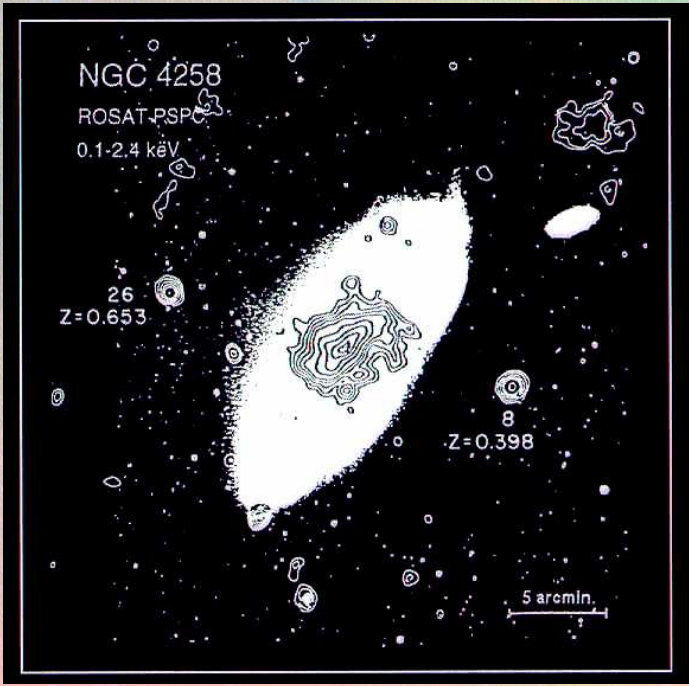
Beklenmeyen İlişkiler



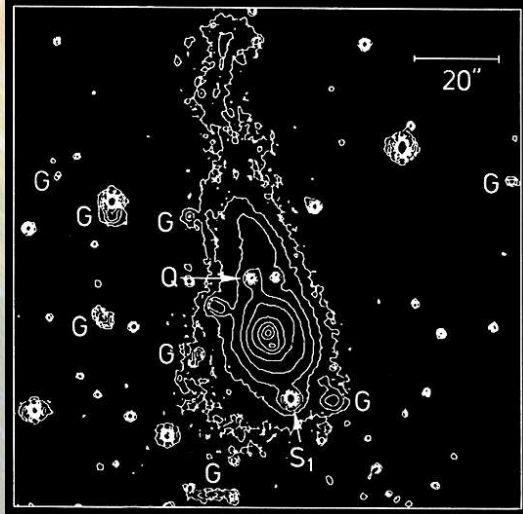
Şekil 41. Zamanla kuazarların yakın komşuluğumuzdaki düşük kırmızıya kayma gösteren gökadalarla ilişkisi görülmeye başlandı. Çubuklu sarmal kollu ve düşük kırmızıya kayma gösteren bir gökada olan NGC 1073 ile ilişkili olduğu varsayılan yüksek kırmızıya kaymalı kuazarlar (H. Arp tarafından bulgusu yapılmış, Burbidge ve ark., 1999 tarafından atfı almış. Kuazarların sarmal kollar üzerinde yaeralışına dikkat ediniz.



Şekil 42. Düşük kırmızıya kaymalı, yerel NGC 3842 gökadasıyla ilişkili olduğu varsayılan yüksek kırmızıya kaymalı kuazarlar (H. Arp tarafından bulgusu yapılmış ve Burbidge ve ark., 1999 tarafından atfı almıştır).



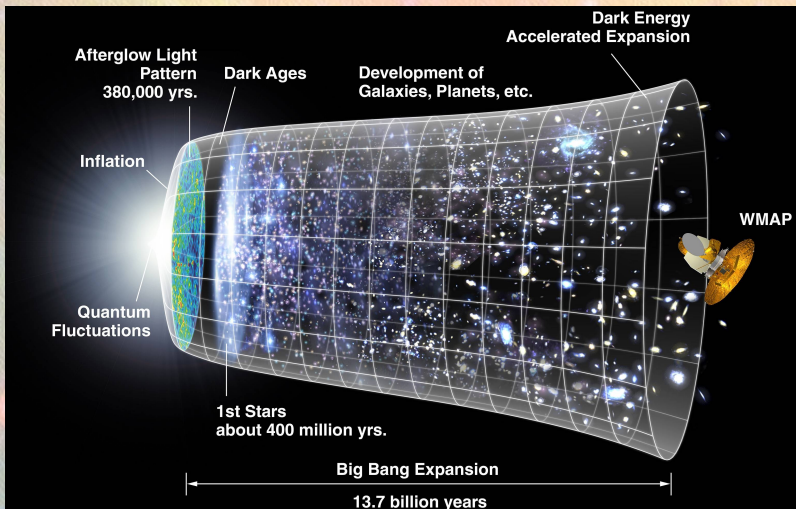
Şekil 43. Seyfert gökadası olan NGC 4258 gökadasının özeğine göre bakışık olan iki yüksek kırmızıya kaymalı mavi yıldızimsı nesneler (BSO – Blue Stellar Objects, QSÖlara benzerler) Arp, 1998 ve Burbidge ve ark., 1999 tarafından atf verilmiştir.



Şekil 44. Gökada – QSÖ çifti 0248+430: Eşyükselteler X-ışın verileriyle çizilmiştir. $z_G = 0.051$ ve $z_Q = 1.311$ (Hoyle ve ark., 2000).



Şekil 45. Gökadanın kırmızıya kaymasına denk gelen hız 8.700 km/s; gökadayla fiziksel olarak ilişkili olan sıkışık cismin kırmızıya kaymasının hız dengiyse ~ 17.000 km/s dir (Arp, 1987; 1998 tarafından atf verilmiştir).



Büyük Patlama Olmadı Mı? Yeni Kuantum Denklemi Evrenin Başlangıcı Olmadığını Öngörüyor...

Einstein'ın genel görelelik teorisini tamamlayıcı şekilde kuantum düzeltmeler uygulayan yeni model evrenin ezelden beri var olabileceğini öngörüyor. Ayrıca yeni modelleme, karanlık madde ve karanlık enerjiye ilişkin pek çok problemi tek seferde açıklayabilir. Genel rölativiteyle tahmin edilen evren yaşının, 13,8 milyar yıl olduğu geniş kesimler tarafından kabul ediliyor. Başlangıçta her şeyin sonsuz yoğunlukta bir noktadan ya da tekillikten oluştuğu düşünülüyor. Sonrasında bu nokta "Büyük Patlama-Big Bang" ile genişleyerek evreni başlattı. Gerçi son yayınlardan birinde ,evrenin dört boyutlu bir kara deliğin olay ufkunu saran üç boyutlu bir yapı olabilir. Bu senaryoda; evren dört boyutlu bir evrendeki bir yıldızın çökerek kara deliği dönüşmesiyle, büyük patlamaya dolayısıyla evrenin oluşumuna neden olduğu düşünülüyordu. Büyük Patlama tekilliği genel görelelik matematiğiyle doğrudan ve kaçınılmaz olarak ortaya çıksa da, sadece patlamanın hemen sonrasındaki tekilliği açıklayabiliyor. "Büyük Patlama tekilliği genel görelelikteki en büyük problemlerden biridir, çünkü bu aşamada fizik kanunlarının ihlali söz konusu," diyor Mısır Benha Üniversitesi ve Zewail Bilim ve Teknoloji Merkezi'nden Ahmed Farag Ali. Ali ve Kanada Lethbridge Üniversitesi'nden yardımcı yazar Saurya Das'ın Physics Letters B dergisinde yayınladığı makalede, Büyük Patlama Tekilliği'nin evrenin başlangıcının ve sonunun olmadığını gösteren yeni modelle yeniden çözüyor.

Eski Fikirleri Yeniden Ziyaret Etmek...

Fizikçiler kuantum düzeltme şartlarını Büyük Patlama tekilliğini özellikle elimine etmek için uygulanmadığının altını çiziyor. Araştırma fizik üzerine felsefi yaklaşımlarıyla bilinen David Bohm'un fikirlerinden yola çıkıyor. 1950'lerden başlayarak, Bohm klasik jeodeziklerin (eğimli bir yüzeyde iki nokta arasındaki en kısa yol), kuantum yörüngelerle değiştirilebileceğini keşfetti. Araştırmada Ali ve Das bu Bohmian yörüngeleri 1950'lerde Presidency Üniversitesi'nden fizikçi Amal Kumar Raychaudhuri'nin geliştirdiği denkleme uyguladı. Aynı zamanda Raychaudhuri 90'larda Das'ın öğretmeni idi. Ali ve Das kuantum düzeltmeli Raychaudhuri denklemini, kuantum düzeltmeli Friedmann denklemlerini türetti. Bu denklem genel görelelik şartları dahilinde, evrenin genişlemesini ve evrimini (Büyük Patlama dahil) tanımlıyor. Doğru kuantum yerçekimi teorisi olmamasına karşın, bu model hem kuantum teorisi ve hem de genel görelelik teorisinden bileşenler içeriyor. Ayrıca araştırmacılar elde ettikleri sonuçların, formüle edilmiş kuantum kütle çekimi teorisini de ilgilendirebileceğini düşünüyorlar. Ne Tekillikler Ne de Karanlık Şeyler Ayrıca yeni model ne Büyük Patlama tekilliğini, ne de Büyük Çöküş (Big Crunch) tekilliğini öngörmüyor. Genel göreleliğe göre evrenin muhtemel sonlarından biri içe doğru büzülerek büyük çöküşü meydana getirerek sonsuz yoğunlukta nokta formuna geri dönmesidir. Ali ve Das modellerinde klasik jeodezikler ve Bohmian yörüngeler arasındaki anahtar fark nedeniyle tekilliklerden kaçındıklarını açıklıyorlar. Klasik jeodezikler eninde sonunda birbirini kesişirler bunlar tekilliklerdir. Buna karşın Bohmian yörüngeler asla birbiriyle çakışmazlar, bu nedenle de denklemlerde tekillikler çıkmaz. Kozmolojik terimlerle bilim insanları kuantum düzeltmelerinin, kozmolojik bir sabit terim (karanlık enerjiye ihtiyaç olmadan) ve radyasyon terimi gibi düşünülebileceğini açıklıyor. Bu terimler evreni sonlu bir boyutta tuttuğundan, sonlu bir yaş da veriyor. Ayrıca bu terimler kozmolojik kozmolojik sabit ve evrenin yoğunluğuna ilişkin mevcut gözlemlerle bağdaşan tahminler yapıyor.

Yeni Yerçekimi Parçacığı

Model, fiziksel olarak evrenin kuantum sıvısıyla doldurulduğunu tanımlıyor. Bilim insanları bu sıvının gravitonlardan oluşabileceğini iddia ediyor. Gravitonlar hipotetik olarak kütsüz parçacıklara denir. Bu parçacıkların kütleçekimine neden olduğu düşünülüyor. Eğer varlarsa, kuantum kütle çekiminde anahtar rol oynadıkları düşünülüyor. Das ve diğer bir işbirlikçi Rajat Bhaduri bu modele daha fazla inandırıcılık kattılar. Gravitonların Bose-Einstein yoğunlaşmasıyla evrende her çağda olabilecek sıcaklıklarda oluşabileceğini gösterdiler. Büyük Patlama tekiliği, karanlık madde ve karanlık enerjiye dair potansiyel çözümlemesinden motive olan fizikçiler bu modeli gelecekte daha katı bir şekilde incelenecek. Sonrasında yapılacak hesaplamalarda küçük homojensizlikler ve anizotropik pertürbasyonları da hesaba katacaklar. Yine de bu pertürbasyonların sonuçları etkilemeyeceği düşünülüyor.

Büyük Patlama ve Evrenin Oluşumuna Kara Delik Mi Neden Oldu ?

Perimeter Enstitüsü'nden araştırmacılar, tüm evrenin büyük boyutlu bir kara delikten doğmuş olabileceğini öngörüyorlar. 13,7 milyar önce gerçekleşen Büyük Patlama'ya halen neyin neden olduğu büyük bir soru işareti. İşte Perimeter Enstitüsü'nden bilim insanları büyük patlamadan önce ne olduğuna ilişkin yeni bir fikir sunuyorlar. Biraz kafa karıştırıcı olsa da matematik temellere dayalı, test edilebilir gözükten bu fikir Scientific American' nın kapağında "The Black Hole at the Beginning of Time-Zamanın Başlangıcında Kara Delik " adıyla yayınlandı. Genel olarak büyük patlama uzay-zaman halen tam olarak akıl sır ermeyen tekillik ilkesiyle anlaşılmaya çalışılıyor. Fakat tekillikler fizik kanunlarını alt üst edecek kadar tuhaf ve sınırlı. Bu bağlamda her şeyin mümkün olabileceği düşünülüyor. Fakat araştırmanın yazarları evrenin belki de daha tahmin edilebilir, tekillikten uzak olabileceğini düşünüyorlar.

Yapılan önerme ise; bizim evrenimiz dört boyutlu bir kara deliğin olay ufkunu saran üç boyutlu bir yapı olabilir. Bu senaryoda; evren dört boyutlu bir evrendeki bir yıldızın çökerek kara deliği dönüşmesiyle, büyük patlamaya dolayısıyla evrenin oluşumuna neden oluyor. Bizim üç boyutlu evrenimizde kara delikler iki boyutlu olay ufuklarına sahipler ve iki boyutlu geri dönüşü olmayan noktayla çiziliyorlar. Fakat dört boyutlu evrende kara deliği üç boyutlu olay ufku oluyor. Amaçlanan senaryoda evrenimiz asla tekillik içinde olamıyor, olay ufkunun dışında tutulduğundan tekillikten korunuyor. Genişletilmiş bir dört boyutlu yıldızdan doğan kalıntılar aslında. Araştırmacılar bu fikir ne kadar absürd gelse de uzay-zamanı en iyi tarif eden modern matematik ilkelerine sıkıca bağlı. Özellikler holografinin ilkeleri kullanarak büyük patlama kozmik bir illüzyona döndü. Ayrıca bu model uzun soluklu kozmik bulmacalar adres göstererek, kritik bir biçimde test edilebilir. Bununla beraber bizim önsezilerimiz dört boyutlu bir kara deliğin olay ufkundan yola çıkıyor. Bununla ne dört boyutlu bir evrene dair konseptimiz ya da dört boyutlu bir evrenin nasıl olabileceğini bilmiyoruz. Bizim insan önsezilerimiz yanılgıya düşebilse de araştırmalarımız üç boyutlu evrenin evrilmesiyle ancak gerçekliğin gölgeleri açığa çıkarılabilir. Plato'nun mağarasına benzetme yapıyorlar. Mahkumlar sadece mağaranın duvarında ateşin yaptığı gölgelerin hareketini izleyerek ömürlerini harcarlar. "Mahkumların prangaları gerçek dünyayı, dışarıdaki bir diğer boyutu algılamalarını engeller. Plato'nun mahkumları güneşin arkasındaki güçleri anlayamaz, bizim 4 boyutlu yığın evreni anlayamamamız gibi. Fakat onlar en azından cevap için nereye bakacaklarını bilirler," diyor Perimeter Enstitüsü'nden araştırmacılar.