

Keyifli Okumalar Dileriz

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

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

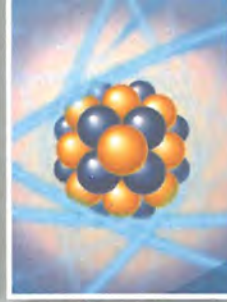
Yedek ve Duyuru Kanallarımız

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>

ANN RAE JONAS

SIFIRDAN SONSUZA / BİLİMİN HAYAL DÜNYASI



SIFIRDAN SONSUZA

BİLİMİN HAYAL DÜNYASI

ANN RAE JONAS



TİMAŞ YAYINLARI ■ 610
BİLİM DİZİSİ ■ 3

© **Adams Media Corporation** tarafından yayınlanan ve orijinal ismi "*Museum of Science/Book of Answers and Questions*" olan eserin Türkiye yayın hakkı Timaş Yayınları'na aittir. İzinsiz yayınlanamaz. Kaynak gösterilerek alıntı yapılabilir.



TİMAŞ
BASIM TİCARET VE SANAYİ
ANONİM ŞİRKETİ

Bu Kitabın Serüveni:

Sıfırdan Sonsuza -Bilimin Hayal Dünyası- adlı bu kitap, Osman Okçu'nun yayın yönetmenliğinde, İsmail Demirci'nin editörlüğünde baskıya hazırlandı. Metni İngilizce'den dilimize çeviren Özlem Çelik. Kitabın kapak tasarımını ise Kenan Özcan'a ait. Baskı ve cilt takibini Ekrem Çalış'ın yaptığı kitabın, kapak baskısı Seçil Ofset'te, iç baskısı Çalış Ofset'te, cilt işlemleri ise Sistem Mücellithanesi'nde gerçekleştirildi. 1. baskı olarak 2000 Mart ayında yayımlandı. Kitabın Uluslararası Seri Numarası (ISBN) : 975-362-528-6

İrtibat İçin: Ankara Cad. No: 50 Eminönü / İstanbul
Yazışma İçin: P. K. 50 Sirkeci / İstanbul
Tel: (0 212) 513 84 15 Faks: (0 212) 512 40 00 / 664 77 97
İnternet: www.timas.com.tr
E-mail: timas@timas.com.tr

SIFIRDAN SONSUZA

-Bilimin Hayal Dünyası-

ANN RAE JONAS

Tercüme:
Özlem Çelik

TİMAŞ YAYINLARI
İstanbul
2000

i ç i n d e k i l e r

Bölüm 1 : KAINAT

En Büyük Patlama, 7

Zamanın Yönü, 9

Kuasarlar, 11

Kırmızı Bir Lekeden Varlığa: Bir

Yıldızın Hayatı, 14

Astreoid Kuşağı, 16

Aynalı Teleskoplar, 19

Dünya Dışı Zekâ, 20

Kara Delikler, 23

Süpersicim Teorisi, 24

Kara Madde, 27

Bölüm 2 : FİZİK

Entropi, 30

Kuarklar, 32

Nötronlar, 35

Antimadde, 37

Eylemsizlik, 39

Fotovoltaj Seli, 41

Akım Olayları, 43

Nükleer Enerji, 45

Elektromanyetik Spektrum, 47

Doppler Etkisi, 49

Bölüm 3 : KİMYA

Nesneler Neden Dağılıp Gitmez, 52

Elmas ve Grafit, 54

Su, 56

Yeni Elementler Yapmak, 58

Polimerler, 60

Kristaller ve Kristalografi, 63

Kırılma Noktası, 65

Sabun, 67

Beynin Kimyası, 69

Ateş, 71

BÖLÜM 4 : MATEMATİK

Sıfır, 73

İrrasyonel Sayılar, 75

Pi Sayısı, 77

Mobius Bantı, 79

Düğüm Teorisi, 81

Olasılık, 84

Oyun Teorisi, 86

Kaos, 88

Garip Çekimler, 90

Sonsuzluk, 92

BÖLÜM 5 : DÜNYANIN İÇİ-DIŞI

Dünyanın Yaşı, 95

Dünya ve Diğer Gezegenler Ara-
sındaki Benzerlikler, 97

Fosiller, 99

Dünyanın Merkezi, 101

Tektonik Levhalar, 103

Volkanlar, 106

Yeraltı Suları, 108

Dünya Mıknatısı, 110

Coriolus Kuvveti, 112

Hava Sistemleri, 114

BÖLÜM 6 : EKOLOJİ VE

BİYOLOK GELİŞİM

Biyolojik Çeşitlilik, 117

Yok Olan Kurbagalar, 119

Neden Biryerlerde Birkaç Dinozor Yaşıyor Olamaz, **121**
İnsan Nüfusu, **123**
Etçil Bitkiler, **125**
Fotosentez, **127**
Sera Etkisi, **129**
İlaçlarımıza Karşı Bakterilerin Gelişen Dirençleri, **131**

BÖLÜM 7 : YARATIKLAR VE ÖZELLİKLERİ

Kürk, **134**
Hayvanlardaki Kamuflaj, **136**
Karanlıkta Parlayan Gözler, **138**
Kollara Geçiş: Denizyıldızının Gelişimi, **140**
Mimar Hayvanlar, **142**
Ahtapotun IQ'su, **144**
Arıların Dansı, **146**
Virüsler, **148**

BÖLÜM 8 : DUYULAR VE ALGILAMA

Duyular, **151**
Renkleri Görme, **154**
Yırtıcı Kuşların Gözleri, **156**
Kızılötesi Radyasyon, **158**
Morötesi Radyasyon, **160**
Yunus Yankılaması, **162**
Biyolojik Pusulalar, **164**
Ağrı, **166**
Yalancı Uzunlar, **167**
Görenkörlük, **170**

BÖLÜM 9 : İNSAN VÜCUDU

DNA: Genetik Kodumuz, **172**
İnsan Gen Haritası Projesi, **174**
Genetik Mühendisliği, **176**
Erkek / Olmak Ya da Olmamak, **178**
Günlük Bir Ritminiz Var: Biyolojik Zamanlama, **180**
Uyku ve Rüya, **183**
Solunum Kontrolü, **185**
Bakterileri İnsülin Fabrikası Olarak Kullanmak, **187**
Yabancı Organ Nakli, **189**
Neden Sonsuza Dek Yaşayamıyoruz, **191**

BÖLÜM 10 : ŞİŞEDEKİ MESAJ

Hafıza, **194**
Dil Öğrenmek, **196**
Yunuslar ve Dil, **199**
Şempanzeler ve Dil, **201**
Haritalar, **204**
DNA'larla Hesaplamak, **206**
Princeton Mühendislik Anormallikleri Araştırması, **208**
Yapay Zeka, **210**
Sanal Gerçeklik, **212**
Siber Uzak, **215**

KAINAT

EN BÜYÜK PATLAMA

Big-bang (büyük patlama) ile, bütün kainat hayal edilemeyecek kadar küçük ve sıcak bir noktacıktan, akıl almaz bir güç ile patlayarak sonuçta varlığa dönüştü.

Big-bang fikri, genişleyen bir evren fikri ile çok yakından ilgilidir. Aslında bilim adamlarının zamanı geriye doğru izleterek big-bang fikrine ulaşmalarını sağlayan, genişleyen evren fikridir. 1920’lerde Edwin Hubble, evrende bizden çok büyük hızlarla uzaklaşan milyonlarca galaksi bulunduğunu keşfetti. Daha sonraki gözlemler, bizden en uzak galaksilerin bizden en yüksek hızlarla, daha yakındakilerin ise daha küçük hızlarla uzaklaştığını gösterdi. Bu, eğer evren devasa bir patlama, bir “big-bang” ile oluştuysa beklediğimiz tablonun aynısıdır. Patlamanın en hızlı fırlattığı parçalar daha yavaş fırlatılan parçalara göre uzayda daha uzağa giderler. Hubble, ayrıca bir galaksinin uzaklığı ile hızının arasındaki oranın sabit olduğunu buldu. (Bu değer Hubble sabiti olarak bili-

nir.) Bu, geçmişte bir zamanda -herşeyin başlangıcında- evrendeki bütün parçaların aynı noktada sıkışmış olduğu anlamına gelir. Fakat bu kozmolojik trafik sıkışıklığı ve onu takip eden patlama ne kadar zaman önceydi?

Bilim adamları için bir sonraki mantıklı adım, birçok galaksinin uzaklığını ve hızını ölçerek, evrenin yaşını tesbit etmeye çalışmaktır. Temelde onlar, galaksilerin şu andaki bulundukları yerlere ulaşmaları için ne kadar zaman geçmesi gerektiğini hesapladılar. İddia ettikleri sonuçlar bir şekilde birbirlerinden farklı; fakat bu fark, birbirleriyle yarışan sonuçların büyük sayısını göze alırsak, çok fazla değil. Birçok bilim adamı, evrenin 8 ilâ 12 milyar yıl yaşında olduğunda uzlaşmışlardır. Bazı araştırmacılar, Samanyolu galaksisindeki en yaşlı yıldızların 14 milyar yaşında olduğunu tahmin ediyorlar. Bu sonuç, bazı şüphecileri, “En yaşlı yıldız evrenden daha yaşlı olabilir mi?” paradoksuna düşürüyor. Fakat gerçekte bir paradoks yok: Bilim adamları günbegün verilerini ve teorilerini yeniliyorlar ve bu sayısal farklılıklar yok oluyor. Evrenin yaşını tesbitin öneminin bir nedeni, bu bilginin yıldızların ve galaksilerin nasıl oluştuğu hakkında bilim adamlarına yardımcı olmasıdır.

Big-bang’dan hemen sonra ne oldu? İlk olarak, temel parçacıkları olan kuarklar ve leptonlar oluştu. Bununla beraber, orjinal birleşik tek kuvvet, bugün kütleçekim kuvveti, elektro- manyetik kuvvet, güçlü ve zayıf nükleer kuvvet olarak bildiğimiz dört ana kuvvete ayrıldı. Ve bütün bunlar saniyenin 10 milyarda birinde oldu. Bundan sonra oluşanlar, parçacıkların kendileriydi; yani proton, nötron ve elektronlar. Bu nötron ve protonlardan ilk atom çekirdeği oluştu; ve çekirdekler ile yarı bağlı elektronlar plazma (vücudumuzdaki plazma sıvısıyla karıştırmayın!) denilen bir gaz halinde karıştılar. Son olarak, elektronlar, nötronlar ve protonlar dünyamızın bugün bildiğimiz ya-

pı taşları olan atomlar halinde birleştiler. Bir an kadar kısa zamanda, bu “maddeler” kozmik ölçekteki uzaklıklara yayıldı.

Big-bang’ı ispatlayan bir delil var mı? En önemli delil, 1964’de keşfedilen, uzayın derinliklerindeki mikrodalga radyasyonuydu. (Evet, kahvenizi ısıtan ve kuru ekmeğini zi yumuşatan da aynı radyasyon!) Eğer evren, çok sıcak bir noktadan varlığa dönüştüyse, ve o zamandan beri genişliyor ve soğuyorsa, o şu anda yaklaşık olarak -270 santigrad derece sıcaklıkta olmalı, yani gökyüzündeki objelerin yaydığı mikrodalga radyasyonu ile aynı sıcaklıkta.

Big-bang’dan önce ne vardı diye belki siz de soruyorsunuz. Böyle müthiş bir patlamadan sonra oluşması beklenen düzensizliğin -kaosun- aksine, mükemmel bir düzenin oluşmasını sağlayan bir “İrade” mi var? Bilimin bunu kulakardı etmesi pek mümkün görünmüyor!

Peki bu hikayenin sonu ne olacak? Bu sonuç üzerinde bilim adamları ayrılıyor. Evren sonsuza dek genişlemeye devam edebilir veya bir gün kendi üzerine çökebilir. Biz sadece beklemeli ve görmeliyiz.

Evren bu kadar büyük ve yaşlı olduğuna göre, bir yerinde hayatın olması -ya da bir zamanlar olup bitmesi-mümkün mü? (Sayfa 20’ye bakınız: Dünyadışı Zekâ)

Eğer bütün evren kendi üzerine çökerse, zaman geriye doğru mu işler? (Bakınız: Zamanın Yönü)

ZAMANIN YÖNÜ

Bunu sadece garip durumlarda düşünmemize karşın, hepimiz zamanın tek bir yönü olduğunu sezeriz. Zaman her zaman geçmişten bugüne ve geleceğe doğru akar, ve siz şu ana dikkatinizi vermeye çalışırken o geçmişte kalmıştır bile... Geçmiş, şimdi ve gelecek sıralama-

sı değişmez ama değişik kültürler zamanın akışını değişik biçimlerde canlandırırlar. Çoğu okuyucu, büyük ihtimalle, geçmişini arkada bıraktığı, geleceği ise önünde kalan zaman dilimi olarak düşünür. Fakat bir Afrika kültürüne göre geçmiş önümüzdedir, çünkü o görülebilir, gelecek ise arkamızdadır, çünkü o görülemez.

Zaman nasıl tarif edilirse edilsin, zamanın bir yönü olmasının esas anlamı (mahiyeti) bu yönün ters çevrilemez olmasıdır. Atomaltı seviyesindeki birkaç seyrek durum dışında, olaylar zamanda geriye döndürülemez. Bu bir filmi geriye oynatırken daha açık -ve komik- olarak görülür. Hiçbir şey mantıklı görülmez. Yere dökülmüş süt için üzölmeye gerek yok, çünkü o geriye doğru bardağın içine dolar! Parçalanmış arabalar kendi kendine birleşir, yamulmuş çamurluklar düzelir. Kar yeryüzünü kuru bırakarak geriye, gökyüzüne doğru yükselir!

Zamanın geriye döndürölemezliği entropi ile ilgilidir. Entropi, düzenin düzensizliğe doğru akma (yönelme, değişme) eğilimidir. Dökölmüş bir süt ve parçalanmış bir araba, bardaktaki süttten ve sağlam bir arabadan daha düzensizdir. Hatta gökyüzünden dökölen kar bile, oluştuğı buluttan daha az düzenlidir. Düzensizliğin düzene doğru gidemeyeceğini söyleyen bir fizik kuralı olmadığı gibi, olayların ters işleyemeyeceğini söyleyen bir fizik kuralı da yoktur. Bu sadece aşırı derecede küçük bir ihtimaldir, o kadar küçük ki olması imkansız bir ihtimal!

Düzenli bir durumdan düzensiz hale gelmiş herhangi bir molekül topluluğunun tekrar düzenli haline geri dönme ihtimali çok küçük, çünkü düzenli durumlardan çok daha fazla değişik düzensiz durum tertip edilebilir. Eğer şekeri kavanozundan dökerseniz, şeker moleküllerinin masa üzerinde alabileceğı sonsuz değişik tertip vardır. Fakat düzenli sayılabilecek durumlar, mesela bir kürenin ya da isminizin harflerinin şekilleri, o kadar azdır ki eğer

şeker döküldüğünde bir top halini alır ya da isminizi yazarsa büyük ihtimalle halüsinasyon gördüğünüze inanırsınız.

Tamam, o halde yemek masanızın üzerinde zamanın geriye işlediğini görmüyorsunuz. Peki ya bu durum daha büyük ölçeklerde, olabilecek en büyük ölçekte -evrendenasi? Neredeyse bütün bilim adamları evrenin büyük patlama ile oluştuğunu ve o zamandan beri genişlediğini düşündüğü halde, bunlardan bazıları evrenin sonsuza dek genişlemeye devam edeceğine, bazıları ise bir zamandan sonra evrenin kendi üzerine çökeceğine inanıyorlar. Geriye işleyen bir film gibi! Böyle bir çöküş zamanın geriye dönüşünü oluşturur. Fakat zamanın bu yönünün başka bir yüzü var; insan beyni ve psikolojisi. Bizim öznel (kişisel) bir zaman hissimiz var, çoğumuz onun ileriye doğru işlediğini hissederiz. O yüzden, eğer biz buralarda evrenin çöküşüne dek hayatta kalırsak, olayların sırasının hâlâ alıştığımız gibi ileri aktığını düşüneceğiz.

Evren kendi üzerine çökebildiği gibi, galaksiler ve yıldızlar da aynı şekilde çökebilir mi? (Sayfa 13'e bakınız: Kırmızı bir lekeden varlığa: Bir yıldızın hayatı.

Bize düzensiz görünen bazı durumlar aslında daha az aşık bir açıdan düzenli mi? (Sayfa 89'a bakınız: Garip Çekimler)

Düzensizlik ile kaos arasındaki fark nedir? (Sayfa 87'ye bakınız: Kaos)

KUASARLAR

Dünyamızdan üç buçuk milyar mil uzaklıktaki küçük Pluton'u bile hayal etmek yeterince zor. Kuasarlar ise dünyamızdan milyarlarca ışık yılı uzaktalar. (Bir ışık yılı: Işığın bir yılda kat ettiği mesafedir.) Astronomlar iki milyar

yıl uzaktaki bir kuasarı yakın olarak düşünürler. Evrendeki en parlak ve en uzak objeler olan kuasarlar güneş sistemimizden daha büyük olmayan bir hacimden, bizim bütün galaksimizden yüz kat daha fazla enerji yayarlar. Bu objeler, kendi özelliklerinden ve ışıklarının bize ulaşana dek geçtikleri yoldaki maddeler hakkında bize getirdiği bilgilerden dolayı astronomları büyüledikleri halde, astronomların onlar hakkındaki bilgileri hâlâ spekülasyonlardan ibarettir. Bizden hem zaman hem de uzayda bu kadar uzak objeleri gözlemek ve çalışmak çok zor, çünkü biz bir kuasarı bugün olduğu haliyle değil tam milyarlarca yıl önceki, şu anda gördüğümüz ışığını uzaydaki yolculuğuna bıraktığı zamanki, haliyle görüyoruz.

En parlak kuasarlar büyük ihtimalle, çoğu ağır yıldızların çöküşünün son devresi olan ağır kara deliklerden enerji alıyorlar. Bir kara delik o kadar çok sıkıştırılmış maddedir ki yakınlarına gelen herşeyi içine çekip hapseden inanılmaz güçteki çekim kuvvetinden başka kendisinden hiçbir şey kalmamıştır. Bir yörüngede dönen gaz ve toz yaklaşımında, gaz ve toz taneciklerinin çarpışmaları enerji çıkarır. Bizim gördüğümüzse, hızla kendi etrafında dönen bu ışık diskidir.

Astronomlar 1960'ların başında kuasarları keşfettiklerinde, onlara ingilizce "yıldızlararası radyo dalgası kaynağı"nın kısaltılmış hali olan kuasar ismini verdiler, çünkü buldukları güçlü bir radyo dalgası kaynağıydı. Fakat daha sonra gerçekte çoğu kuasarların zayıf bir radyo dalgası kaynağı olduğunu farkettilerinde, kuasarın aslında "yıldızlararası obje"nin kısaltması olduğuna karar verdiler.

Fotoğraflarda, kuasarlar aynen bir yıldız gibi görünürler. Astronomlara kuasarın bir yıldız olmadığını söyleyen şeyse onların çok büyük kızılakaymasıdır. Kızılakayma, bizden uzaklaşan bir cismin sahip olduğu ışığın ışık spektru-

munun kırmızı kenarına doğru kaymasıdır. Astronomlar kızılakaymanın büyüklüğünü uzaklığın bir göstergesi olarak alırlar. Astronomların küçük bir çoğunluğu kuasarların büyük kızılakaymasının nedeninin kütleçekim ya da öbür galaksilerin hareketinden dolayı olan Doppler etkisi olabileceğini iddia ediyorlar. Geçen bir trenin düdüğünün tınısının yaklaşırken ve uzaklaşırken değişiyor gibi gelmesine benzer şekilde, Doppler etkisi de iki objenin birbirlerine göre hareketinden dolayı çıkan dalganın frekansının değişimidir. Bununla beraber astronomların büyük çoğunluğu bu büyük kızılakaymanın, gerçekten kuasarların evrendeki en uzak objeler olduğunu gösterdiğini düşünüyor. Çok büyük kızılakayması olan kuasarların, küçük kızılakaymaları olanlara göre daha çok görülmeleri, astronomlara kuasarların evrenin ilk safhalarında daha çok olduğunu düşündürüyor. Buna göre, gözlemlenebilir evrenin en ucundaki, en uzak -ve sayıca en çok- kuasarlar evrenimiz daha bir milyar yıldan küçük bir bebekken oluşmuştur.

Çoğu galaksilerin merkezinde bir şişkinlik vardır. Bazılarında bu şişkinlik sakın (ya da ölü) bir karadelik, bazılarında ise bir kuasardır. Astronomlar çoğu galaksilerin oluşumlarının ilk devrelerinde kuasar benzeri bir evrenden geçmiş olabileceklerini düşünüyorlar. Galaksi belli bir büyüklüğe ulaştığında, çoğu gaz yıldızlar tarafından yakalandığı için, kuasarlara daha azı yakıt olarak kalır ve bu yüzden kuasar ölebilir. Evrende bir zamanlar parlayan çoğu kuasar şimdi ölmüştür.

Kuasarlar ilk keşfedildiklerinde, onların ve sıradan galaksilerin parlaklıkları arasındaki fark o kadar büyüktü ki, bazı astronomlar kuasarları gördükleri gibi parlak olduklarını kabul etmek yerine, kabul edilmiş fizik kurallarını irdelemeyi tercih etmişlerdi. Bununla beraber, son zamanlarda astronomlar çok parlak kuasarlarla sıradan

galaksilerin parlaklığı arasında olan yeni galaksiler keşfettiler. Onlar bu değişik galaksilere “aktif galaksiler” ismini verdiler.

Bir kuasarın ışığı evrenin ilk yıllarından bize milyarlarca yıl sonunda ulaşan bir mesaj gibidir. Bizim bu mesajı yorumlamamızsa devamlı değişiyor.

Bir ışık nasıl “kayabilir”? Yavaşlayarak mı? Işığın kendisi mi değişiyor yoksa bizim onu algılayışımız mı? (Sāyfa 48’e bakınız: Doppler Etkisi)

KIRMIZI BİR LEKEDEN VARLIĞA : BİR YILDIZIN HAYATI

Bir yıldızın hayatı -bir Hollywood efsanesi gibi bir yapımcının eczanede sandalyesinde oturarı farketmesiyle değil ama- dış uzayda yoğun bulutlar arasındaki maddelerin biraraya toplanmasıyla başlar. Sonra kütle çekim kuvveti de işe karışır. Bütün diğer maddeler gibi biraraya toplanmış yıldız maddeleri de kütle çekim kuvveti uygular. Bu çekim kuvveti daha fazla maddeyi kendine çeker, ve sonra tabii ki daha büyük bir kütle çekim kuvveti uygular. Sonuç olarak bu çekim kuvveti artık ağır olan madde topunun kendi üzerine büzüşmesine neden olur. Eğer bir madde topu büzüşürken merkezinde ısı ve basınç oluşmasaydı, yıldızın hikayesi bu safhada kara delik olarak biterdi. Fakat sıcaklık ve basınç artmaya devam ederken, merkezdeki çekirdek sonunda biraraya sıkışıp nükleer füzyon yapabilene kadar hızla ve daha hızla döner. Bu şekilde artık yeni oluşmuş yıldızdaki basınç, kütle çekim kuvvetine karşı çıkabilecek kadar büyür. En sonunda nükleer enerji yıldızın kütesinden kurtulur ve elektromanyetik radyasyon şeklinde uzayda yayılır, bu bizim gördüğümüz parlaklıktır. - <https://rantey.org>

Yıldıza başlangıcını veren ve onu birarada tutan kütle-
sel çekim, aynı zamanda onun sonu olur. Yaşam süresi
boyunca bir yıldız, kütleli çekimin tehdit ettiği çöküşe
karşı savaşı. Yıldızın kütleli çekimiyle savaşı, onun yıl-
dız devrelerinin birinden diğerine geçmesine karar verir.
Fakat bu geçişler uzun zaman aralıklarında vuku buldu-
ğu için, bilim adamları bir devreden diğerine geçişi direkt
olarak gözleyemezler. Bunun yerine her devrenin uzun-
luğunu bulmak için istatistiksel bilgileri kullanırlar. Ya-
ni, belli bir devrede ne kadar çok yıldız varsa, o devrenin
o kadar uzun sürdüğüne karar verirler.

Yıldız nükleer fisyonu başlayıp kararlı hale gelince,
ana-devre denilen bir periyoda girer. Yıldız ne kadar ağır
ise, kütleli çekime karşı gelebilmek için o kadar çok ya-
kıt yakmak zorunda kalır. Yani ne kadar çok parlıyorsa
hayat süresi o kadar kısadır. Orta büyüklükte bir ana-dev-
re yıldızı olan Güneş, yaklaşık beş milyar yıldır parlıyor
ve yakıtını kontrol etmesi için bir beş milyar yıl daha ge-
cecek.

Ana-devre yıldızı merkezindeki yakıtı bitirdikçe, kü-
tleli çekimi onu yine büzülmeye zorlar, ve bu büzülme
de sıcaklık artışına neden olur. Çekirdekteki yakıt bittiği
halde nükleer reaksiyonlar bu sefer çekirdeği saran ka-
bukta olmaya devam eder. Çekirdek büzülürken, kabu-
ğun dışındaki tabakalar genişler. Yıldızın büyüklüğü art-
tığında ise, dış tabakalar soğur ve yıldızın rengi sarıdan
kırmızıya döner. Yıldız artık 'kırmızı dev' ismini alır.
Ana-devre yıldızlarından daha az kırmızı devler olduğu
için bilim adamları onların hayat süresinin daha kısa ol-
duğunu tahmin ediyorlar.

Bir noktada kırmızı devler de enerjilerini bitirirler ve
tekrar büzülmeye başlarlar. Az ağır yıldızlarda, merkez-
deki elektronlar daha fazla sıkıştırılamayacak bir noktaya
gelirler. Yıldız tekrar fışkırmaya başlar. Kütleli çe-

kim içeriye doğru çekerken, elektronlar dışarı doğru iterler. ‘Beyaz cüce’ denilen bu yıldızlar bir yandan soğurken, hiç yakıtları kalmadığı halde uzun zaman parlarlar. Bizim güneşimiz de büyük ihtimalle bir beyaz cüce olarak son bulacaktır. Daha ağır yıldızlarda ise merkezdeki elektronlar da kütleli çekime karşı koyamaz. Elektronlar protonlarla birleşip nötronları oluşturmaya zorlanır ve sonunda yıldız bir nötron yıldızı haline gelerek istikrara kavuşur. Nötron yıldızları o kadar yoğundur ki, bizim güneşimiz ağırlığındaki bir nötron yıldızı sadece altı mil yarıçapındadır. Eğer yıldız çok daha ağır -nötronları kütleli çekime karşı koyamayacağı kadar ağır- ise, kendi üzerine çökerek bir kara delik olur.

En ağır yıldızlarda ise, soğuk dış tabaka saatlerle ölçülebilecek kadar kısa bir sürede merkeze çöküp o kadar hızla ısınır ki yıldızı parçalara ayıran korkunç bir nükleer patlamayı tetikler. Süpernova denilen bu olay çok seyrektir, her galakside yüzyılda iki ya da üç kez meydana gelir. Birkaç gün süren büyüleyici patlamalardan sonra süpernova, bir nötron yıldızı ya da karadelik olarak son bulur. Çoğu yıldızlar, bir nötron yıldızı ya da kara delik olarak değil, beyaz cüce olarak son bulurlar. Yani birçok Hollywood yıldızları gibi sönene dek yerlerinde sadece asılı kalırlar.

Neden sadece en büyük yıldızlar kara delik haline geliyorlar? (Sayfa 22’ye bakınız: “Kara Delikler”)

ASTREOİD KUŞAĞI

Enkaz. Astreoid kuşağı esas olarak Mars ve Jüpiter arasında Güneş etrafında dönen taş enkazından oluşan bir banttır. Fakat göksel bir enkaz astronomlara çok şey söyleyebilir. Astronotlar bir arada bu astreoidlerin parça-

lanmış bir gezegenin yıkıntıları olduğunu düşünmüşlerdi. Fakat şimdi biliyorlar ki, astreoidler kimyasal birleşim olarak, bir zamanlar aynı objenin parçaları olamayacak kadar birbirlerinden farklı. Ayrıca bir gezegenin patlayabilmesi için, patlamanın gezegenin kendi kütleli çekimini kırarak kadar güçlü olması gerekir. Bu da düşük bir olasılık. Astronomlar şimdi ise, bu astreoid kuşağının bir gezegen oluşturabilmek için başarılı bir şekilde bir araya gelememiş parçalardan oluştuğunu düşünüyorlar.

Astreoidler çok büyük değiller. En büyükleri olan Ceres'in, yaklaşık 620 millik (1000 km'lik) bir yarıçapı var. Kuşaktaki binlerce astreoidin hepsinin toplam kütlesi dünyamızın 200'de biri ağırlığında. Astronomlar, astreoidlerin büyüklüğünü yansıttıkları güneş ışığının ve yadıkları ısının miktarını ölçerek belirliyorlar. Astreoidlerin kimyasal birleşimini ise, spektroskopi yöntemi ile değişik elementlerin karakteristik dalga boylarını teşhis ederek buluyorlar.

Ona kuşak denilmesine rağmen, astreoid kuşağı çoğunlukla boş uzaydan oluşuyor. En büyük astreoidler bile çok seyrek çarpışırlar. Çarpıştıklarında ise, kendilerinden uzaklaşıp güneş etrafında başka yörüngelere oturan bir çok küçük parçaya bölünürler. Astronomlar bu ana astreoid ve etrafında yeni oluşan parçalara astreoid ailesi derler. Bu ailenin üyeleri çoğunlukla kuşakta değişik yerlerde dönmeye başladıklarından, astronomlar onların kendilerine özgü şekil ve yönelmelerine bakarak akrabalıklarını teşhis ederler. Tabii ki, astronomlar yanlışlıkla, aslında birbirlerinden ilgisiz astreoidleri de aynı gruba sokabilirler. Bu ihtimal, esas astreoid ailelerinin sayısındaki anlaşmazlığa sebep oluyor. Bazıları onların ortak orijinlerine dair güçlü deliller vererek sadece yaklaşık 20 aile olduğunu iddia ediyorlar. Diğerleri ise gerçek aile olarak 100 kadar grup olduğunu tahmin ediyorlar. Ailele-

rin bilinmesi, insanlar arasında olduğu gibi bir düğüne kimin davet edileceğine karar vermek için değil, astronomlara astreoidlerin oluşumunu ve özelliklerini anlamada yardım edeceği için önemli bir bilgi.

Eğer bazı bilim adamlarının düşündüğü gibi, bir astreoid dünyaya çarparak dinazorları öldürdü ise, acaba bir gün bizi de aynı kader mi bekliyor? Bu imkan dahilinde, fakat çok küçük bir ihtimalle. Astronomlar, dünyaya her 100000 yılda bir 0.6 mil (1 km) çapında bir objenin ve her 50 milyon yılda bir de 6.21 mil (10 km) çapında bir objenin çarpabileceğini tahmin ediyorlar. Dinazor ya da insan, bütün türleri öldürmek için 10 km çapında bir objenin çarpması yeterli olduğu gibi, 1 km çapında bir objenin çarpışı bile dünyada şu anda depolanmış bütün nükleer silahlardan daha tehlikeli olabilir.

Kuşaktaki astreoidler tekrar deneyip bir gezegen oluşturabilirler mi? Hayır. Herşeyden önce kütlelerinin toplamı kabul edilebilir büyüklükteki bir gezegeni oluşturmak için yeterli değil. Fakat daha önemlisi, Jüpiter'in kütle çekim alanı astreoidlerin hareketini devamlı olarak bozarak onların kendi kütle çekimleri sayesinde bir arada durabilecek bir küme haline gelmelerini engelliyor. Fakat eğer astreoidler Güneş sistemindeki statülerinden hayal kırıklığına uğruyorlarsa, bazı astronomların onlardan gezegenimsi diye söz etmelerinden teselli bulabilirler.

Dünya, bu beş dakika içerisinde büyük bir astreoid tarafından vurulabilir mi? (Sayfa 83'e bakınız: "Olasılık")

Çarpışmadan en azından bir dinazor canlı olarak kurtulmuş olabilir mi? (Sayfa 124'e bakınız: "Neden bir yerlerde birkaç dinazor yaşıyor olamaz?")

Astreoidlerde atmosfer olabilir mi? (Sayfa 113'e bakınız: "Hava Sistemleri")

AYNALI TELESKOPLAR

Çoğu insan teleskopları, uzaktaki cisimleri görmemizi sağlayan tüp şeklinde bir araç olarak düşünür. Oysa ki teknik olarak teleskop uzaktaki cisimlerden gelen radyasyonu toplayan bir araçtır. Radyasyon, görünen ışığın yanında kızılötesi, morötesi ışığı, X-ışınlarını, gama ışınlarını, kozmik dalgaları nötrinoları ve radyo dalgalarını da kapsar. Astronomide kullanılan çoğu teleskoplar ışık tayfinin görünür kısmını algılamak üzere dizayn edilmiş optik teleskoplardır.

İki çeşit optik teleskop vardır: Mercekli ve aynalı. Temel olarak mercekli bir teleskop lensleri kullanarak ışığı kırar, aynalı teleskop ise ışığı yansıtır. Mercekli teleskobu ilk olarak 1609'da Galileo yaptı. Mercekli bir teleskoptaki mercekler uzak cisimlerden gelen ışık dalgalarının kırılarak yön değiştirmesini sağlarlar. Işık dalgaları, ince kenarlı birinci mercek ile toplanır ve bükülür. Bu görüntü sonra göz camı denilen ikinci mercek ile büyütülür. Mercekli teleskoplardaki en önemli problem kromatik sapmadır. Bu, mesela kırmızı, mavi gibi değişik dalga boylarındaki ışık dalgalarının değişik yerlerde odaklanmasına denir. Eğer kırmızı odaklanmıyorsa mavi dağılmıştır vs. Mercekli teleskoplaraki bir başka problem, lenslerini büyüklüğünün bir limiti olmasıdır. Çünkü lensler saydam olmak zorunda olduklarından, sadece en ince ve kırılman olan dış kenarlarından tutturulabiliyorlar. 1897'de tamamlanan dünyadaki en büyük mercekli teleskobun çapı 40 inç (1 metre)dir.

Galileo oldukça akıllı biriydi. Newton da öyle. 1668'de Newton ilk aynalı teleskobu yaptı. Işığı toplayıp, odaklamak için çukur bir ayna kullandı ve buna 45 derece açıda yerleştirdiği ikinci daha küçük bir ayna, ışığı görüntüyü büyüten göz camına yansıtıyordu. Bugünün aynalı te-

leskopları ise çok daha büyük. Işık içinden geçmek yerine yüzeydeki alüminyum tabakadan yansıdığı için, aynanın kendisi saydam olmak zorunda değil. Bu sayede de, ayna yüzeyindeki herhangi bir yerden tutturulabilir ve mercekli teleskoplardan çok daha büyük olarak inşa edilebilirler. Teleskop ne kadar büyükse, o kadar çok ışık toplayabilir bu da birçok ışık yılı uzaktaki cisimleri gözlerken önemli bir faktördür. Bugün dünyadaki en büyük teleskop Hawaii, Mauna Kea'daki çapı 400 inç (10 metre) olan aynalı Keck teleskobudur. Teleskopları dizayn edenler, bir tek yekpare büyük bir ayna kullanmak zorunda değiller. Keck gibi bazı teleskoplar, bilgisayarlarla bir odakta tutulan birden çok küçük aynadan oluşuyor. Aynaların lenslere göre bir avantajı daha var: Aynalar ışığı yansıtırken, ışığın değişik dalga boylarını ayırmıyorlar. Böylece kromatik sapma problemi de ortadan kalkıyor.

Çoğumuz için, “görmek” kelimesi bir görüntüyü gözle-
rimizle, belki lens ve ya gözlüklerimiz yardımıyla algıla-
mak anlamı taşıyor. Fakat birçok bilim adamı uzak galak-
sileri “görmek” için teleskoplarının mercekleri ve aynala-
rı arkasında günlerini harcıyorlar.

*Gelişmiş teleskoplarımızla kara delikleri de görebilir
miyiz? (Sayfa 22'ye bakınız: Kara Delikler)*

DÜNYA DIŞI ZEKA

Bilim adamları dünya dışı zekadan bahsettiklerinde, genel olarak, genelde, bize fiziksel olarak benzemeyen ve medeniyetleri bizden tamamen farklı olan, fakat teknolojik bakımdan gelişmiş yaşam şekillerinden söz ediyorlar. Bu durumda bizi zeki kılanlar Picasso, Beethoven veya Konfüçyüs değil, mikrodalga fırınlarımız ve CD-çalarlarımız... Bilim adamları, diğer gezegenlerdeki yaşam şekille-

rinin işleri ve oyunları ile ilgilenmiyorlar, çünkü onların Dünyamızla haberleşebilecek teknolojileri yoksa, zaten biz onlar hakkında hiçbir şey bilemeyiz.

Dünya dışı zekayı arayıp aramamak iki soruya bağlı: Böyle medeniyetler gerçekten var mı ve eğer varsa onlarla iletişim kurabilir miyiz? Bilim adamları da dünya dışı zekanın varlığı hakkında iki -genelde şamatalı- görüşte-ler. Şüpheciler, dünyada hayatın çok hassas kimyasal ve iklimsel şartlarda oluştuğunu ve bunun herhangi başka bir yerde yinelenmesinin ihtimal dışı olduğunu düşünüyorlar. Ayrıca, insanın kolayca çok farklı sonuçlanabilecek biyolojik özelliklere sahip olarak yaratıldığını söylüyorlar.

“Sıradanlık prensibine” bağlı öbür kamptakiler bizim Güneş sistemimizin, gezegenimizin ve türümüzün özel olmadığını savunuyorlar. Sadece Samanyolu galaksisinde Güneş’imize benzeyen yaklaşık 40 milyon yıldız var. Eğer astronomların inandığı gibi, gezegenler ve yıldızlar gaz ve toz bulutlarından yoğunlaşırken oluşuyorsa, bu durumda milyarlarca da gezegen olmalı. Onların çok küçük bir yüzdesi Dünya’nın olanaklarına benzer şartlara sahipse bile, bu yüzde, zeki yaşamı geliştirecek birçok gezegen adaylarını verir. Biyologlara göre, Dünya dışındaki-lerin insanın biyolojik donanımı taşıması kesinlikle im-kan dışı. Fakat zeka -bilgiyi kullanıp, çevreyi değiştirme yeteneği- böyle bir hayatı sürdürebilme avantajı verdiği için, yaşam şekilleri ne kadar farklı olursa olsun aynı özellik gelişmeli.

Dünya dışı zekayı arama (SETI) ciddi olarak büyük radyo teleskoplarının gelişmesiyle başladı. Çünkü radyo dalgaları diğer medeniyetlerin bizimle iletişime geçmek için kullanacakları yolların en yüksek ihtimale sahip olanlardan biri. Radyo dalgalarının diğer avantajı, onlar-
ca ışık yılı uzaklıkta birine mesaj gönderirken önemli bir

faktör olan, ışık hızıyla yol almasıdır. 1980'lerin sonuna dek, bilim adamları 45 radyo dalgası araştırması yaptılar (Sonucun negatif olduğunu tahmin edersiniz herhalde). Daha sonra 1992 Ekim'inde, Columbus gününde, NASA, dünyanın etrafına yerleştirilmiş teleskopları kullanan 10 yıllık bir arama görevini başlattı. 100 milyon dolarlık proje iki parçadan oluşuyor. Hedefli arama denilen biri yüksek hassasiyetteki radyo teleskoplarını, bilim adamlarının yüksek ihtimal verdikleri gökyüzü parçalarını taramakta kullanıyor. Diğeri ise her ihtimale karşın bütün gökyüzünü daha az hassasiyetli araçlarla dinliyor. Fakat proje başladıktan bir yıl sonra Kongre, ona ayrılmış desteği kesti. Kârsız SETI enstitüsü, NASA yönetiminde çalışmak üzere özel sektörden parasal destek aradı. Para bulmasına rağmen NASA'nın Jet Yakıtları Laboratuvarı'nda yapılan bütün gökyüzü taramasına son verildi. SETI yetkililerine göre birkaç yıl içinde, cep telefonlarının uyduların ve benzerlerinin sinyallerinin karışması yüzünden Dünya'dan tüm gökyüzü taraması yapmaya imkan kalmayacak.

SETI bilim adamları, tarihi en azından Copernic'e kadar uzanan bir soru zincirini cevaplamaya çalışıyorlar. O zamanlar soru "Dünya'nın Güneş sisteminin merkezinde olup olmadığı"ydı. Şimdiki sorumuz ise, "bizim evrende tek zeki varlık olup olmadığımız". Aslında daha pratik bir açıdan esas soru, "Bir yerlerde bize ulaşmaya çalışan birileri var mı ve eğer varsa, bir cevap için ne kadar beklemeye niyetliler?" soruları.

Eğer bilim adamları, dünya dışı bir medeniyetten radyo dalgaları keşfederlerse, bu delil geçmişten mi yoksa şimdiki zamandan mı gelmiş olur? (Sayfa 11'e bakınız: "Kuasarlar").

KARA DELİKLER

Evrendeki bazı cisimler, hayal etmeye başlayabilmek için bile çok büyük, çok sıcak ya da çok uzak. Fakat, kara delik gibi bazı cisimler ise hayal edebilmek için çok tuhaf! Çok ağır bir yıldızın kütleli çekimi yüzünden çöküşünün son safhası olan kara delik o kadar sıkıştırılmıştır ki onu oluşturan tek şey onun kütleli çekimidir. Hem de nasıl bir çekim! Herhangi birşey karadeliğin içine çekildiğinde bu onun tek yönlü yolculuğudur, dönüş bileti yoktur. Fakat bu çok da önemli değil çünkü, kara deliğin içine çekilecek kadar şanssız herhangi birşey, astronomların sonsuz yoğunluk dediği bir noktaya kadar ezilecektir. Bundan daha küçük bir noktaya ezebilmeniz imkansız!

Astronomlar kara deliklerden hiçbirşey geriye çıkmaz dediklerinde gerçekten hiçbirşeyi kastediyorlar, ışık bile değil. Bu kara delikleri gözlemlemek istediğimizde problem oluşturuyor, çünkü astronomlar gökteki cisimleri tanımak ve gözlemlemek için onların yansıttıkları veya ışıdıkları ışığı kullanıyorlar. Bu yüzden astronomlar, kara delikleri doğrudan teşhis edemedikleri için, sadece karadelik “adaylarından” sözdebiliyorlar. Onlar bir kara deliğin varlığını, onun yakınındaki ışık dalgalarını bükmesi gibi kütleli etkileşimden tesbit ediyorlar. Çift yıldızlar denilen bir yıldız çiftinin birinin çöküşünden oluşan karadelikler ek ipuçları sağlıyorlar. Kara delik, eşi olan yıldızların maddesini çekip yutarken, bu maddeler astronomların katılma diski dediği bir girdap halinde dönerler. Maddeler dönerken, ısınırlar ve X-ışınları yayarlar. Buna örnek olarak Samanyolunda Cygnus takım yıldızında görünmeyen eşi etrafında dönen, X-ışını yayan süper dev bir yıldız olan Cygnus X-1 denilen bir yıldız sistemi var. Bu Cygnus X-1 en kuvvetli kara delik adaylarından biri.

Kara delikler o kadar yoğundur ki, bizim güneşimizin 5 katı ağırlığında biri sadece 12 mil (20 km) yarıçapındadır. Çöken bütün kütlenin etrafında “olay ufku” denilen bir sınır vardır. Bu sınır onu geçen şanssızların dönüşsüz yolculuğunun başlangıç noktasıdır.

Eğer paradoksları seviyorsanız, kara delikler tam size göre... Çünkü bazı astronomlar, bu en karanlık cisimlerin belki de bilinen en uzak ve en parlak cisimler olan kuasarların kaynağı olduğu düşünüyorlar. Bizim güneş sistemimizin büyüklüğünün sadece çok küçük parçası kadar olan bir kuasar güneşimizin 10 bin yılda ürettiği enerji miktarı kadar enerjiyi bir saniyede yayabilir. Astronomlara göre bir yörünge etrafında dönen gaz ve toz bulutları kara deliğe yaklaşırken gaz ve toz tanecikleri birbirleriyle çarpışarak enerji yayarlar. Güneşimizden yüz milyonlarca daha ağır kara delikleri düşününce bu yayılan enerji kuasarların ışığı da olabilir.

Yıldızlar doğarlar ve ölürlere ve en ağır olanları kara delik halinde son bulurlar. Fakat ondan sonra kara delik hep kara delik olarak kalır. Bir kara delik içine madde çektikçe büyür. Ve tek yönlü biletler hiçbir zaman dönüş bileti olarak değiştirilemez.

Eğer en ağır yıldızlar kara delik olarak son buluyorlarsa, o kadar ağır olmayan diğer yıldızlar ne oluyor? (Sayfa 13'e bakınız: “Kırmızı bir lekeden varlığa: Bir yıldızın hayatı”)

Kara delikler kara madde ile dolu olabilir mi? (Sayfa 26'ya bakınız: “Kara Madde”)

SÜPERSİCİM TEORİSİ

Son zamanlarda bazı bilim adamları evreni sicimlerle açıklamaya çalışıyorlar. Bilim adamların başka türlü anla-

mak için çok soyut olan kavramlar hakkında düşünmeye yardımcı olmak için sicimler gibi görsel imajları kullanıyorlar. Fakat bu evren spagetti gibi ince, sallanan sicimlerden oluşmuş demek değil tabii ki. Süpersicim teorisini anlamaya başlamak için iki şeye göz atmak yararlı olur: Bu varsayılan sicimlerin varolduğu ölçek ve bilim adamlarını böyle garip şeylere ulaştıran motivasyon. Öncelikle ölçek: Küçük, çok çok küçük boyutlardan sözediyoruz. Teorik olarak, tek bir sicimin atoma göre boyutu, atomun dünyamıza olan oranı kadar. Cevabı daha zor olan diğer soru ise motivasyon.

Bilimin en hırslı ve en yüce araştırması, bilim adamlarının “büyük birleşik teori” ya da “herşeyin teorisi” dedikleri fizik teorisidir. Fizikçilerin teorileri dünyayı iki seviyede açıklıyor: Mikroskobik ve makroskobik boyutlarda. Einstein’ın evreni, kütlelenin varlığının çekim alanı oluşturduğu devamlı bir uzay-zaman dokusu olarak açıklayan genel relativite teorisi evrenin günlük makro düzeyine uygulanır. Moleküler ve atomik seviyede ise, kuantum teorisi maddenin ve enerjinin tavrını, yerleri olasılık terimleri ile tanımlanan çok çok küçük ya da ayrı parçalar formunda tanımlarlar. Fizikçilerin birleştirmeye çalıştıkları kuvvetler işte bu iki seviyede etkilidirler.

Dört ana kuvvet vardır. Çekim kuvveti zayıf bir kuvvettir. Kuantum teorisi tarafından açıklanan diğer üç kuvvet ise elektromanyetizma, güçlü nükleer kuvvet ve zayıf nükleer kuvvettir. Sicim teorisinin gelişimini boyunca ve ondan daha yeni denemelerde, fizikçiler kütsel çekim ile kuantum teorisini birleştirecek bir yol bulamamışlardır. Sicim teoricipleri, ışığı taşıyan foton denilen parçacık ile aynı şekilde kütsel çekimi taşıyan graviton denilen parçacık sayesinde iki teori arasında bir köprü kurmaya çalışıyorlar.

1960’ların sonlarında geliştirilen ilk sicim teorisinin,

genel relativite için gereken 4 boyuta (uzunluk, genişlik, derinlik ve zaman) karşılık, ancak 26 boyutu olan bir evrende uygulanabilmesi büyük bir dezavantajdı. Daha sonra 1970'lerde, bilim adamları sicim teorisini süper simetri denilen bir başka teoriyle birleştirerek süpersicim teorisini ortaya attılar. Süpersimetri maddeyi oluşturan parçacıklar ile kuvvetleri ileten parçacıklar arasındaki bir çeşit simetri (birbirleriyle değiştirilebilme)dir. Süpersicim teorisinde, küçük sicim benzeri parçacıkların değişik salınımları hem maddeyi oluşturan parçacıklara hem de dört ana kuvvete sebebiyet verirler. Bilim adamları çoğunlukla, bu salınımları değişik notaları çıkaran keman tellerinin salınımlarıyla karşılaştırırlar. Süpersicim teorisi, gerekli boyut sayısını yirmi altıdan on taneye indirerek bilim adamlarını rahatlatmış. Peki yine de ekstra altı boyut nelerdir? Söylemesi zor. Büyük patlama anında varolup, fakat hemen sonra şu an bize görünmez olan bazı şekle kıvrılmış olabilir.

Süpersicim teorisi, bir çok popüler yayınlara beraber bir çok da ciddi inceleme aldı. Bununla beraber o piyasadaki tek ipli teori de değil! Çünkü 1980'lerde, bir başka bilim adamı da halka teorisiyle ortaya çıktı. Kütlesel çekimin ve diğer üç kuvvetin hepsinin aslında tek bir kuvvetin değişik görünüşleri olduğunu göstermeye çalışan süpersicim teorisinden farklı olarak, halka teorisi sadece(!) kütlesel çekimin kuantum seviyesindeki parçacıklara nasıl etki ettiğini açıklamaya çalışıyor. Halka teorisine göre, uzay-zaman devamlı bir doku olmaktan çok, birbirine bağlı küçük halkalardan oluşuyor. Bu şekilde, halka teorisyenleri uzay-zamanı devamsız ayrı parçalar halinde açıklayabilen ilk kişiler oldular.

Sicimler, halkalar... bir sonra neler var? Dört boyutlu dünya anlamamız için yeterince zor -bilim adamlarının kurduğu garip çok boyutlu benzetmeleri hoşverin. Hatır-

lanması gereken tek önemli şey ise bu teorilerdeki sicimlerin ve halkaların sadece bilim adamlarına çok soyut konuları anlamaya ve göz önüne getirmelerine yardım eden görsel araçlar olduğudur. Kağıt ataşları, isteyenler?

Eğer madde parçacıklardan oluşuyorsa, kuvvetler nasıl oluşuyor? (Sayfa 45'e bakınız: "Elektromanyetik Spektrum")

KARA MADDE

Galaksiler, kırmızı devler, beyaz cüceler, süpernova lar, kara delikler ve benzerleri üzerinde konuşulanlar kainatın neden oluştuğunu astronomların yeteri kadar çok bildiği izlenimi veriyor. Fakat astronomların iç sıkıntısının nedeni aslında bütün bu göksel cisimlerin kainatın yüzde onunu oluşturması... Kainattaki maddenin yüzde doksanı henüz açıklanamamıştır. Bu yüzde doksanı oluşturan maddenin bir ismi de kayıp madde. Tabii ki, kainatın kayıp maddesi gerçekten kayıp değil, sadece biz onun nerede ve ne olduğunu bilmiyoruz.

Peki astronomlar neden evrende bu yüzde doksanlı parçanın kayıp olduğunu düşünüyorlar? Basitçe söylersek, galaksilerin hareketini açıklamak için. Galaksiler çok büyük hızlarla dönüyorlar, ve dönerken onları birarada tutan tek kuvvet kütle çekim kuvvetidir. Kütle çekim ise, bir cisimin içindeki maddelerin miktarı olan kütleyle orantılı. Galaksileri birarada tutmaya yetecek kadar kütle çekime karşılık, astronomların kainatın belli miktarda kütlesi olduğunu varsaymaları gerekiyor. Fakat kainattaki bilinen bütün cisimleri toplayınca gereken kütlenin sadece yüzde onunu buluyorlar. Buradan da kayıp madde varsayımı çıkıyor.

Kayıp maddenin öbür ismi de kara maddedir. Astronomlar kayıp maddeye kara madde diyorlar çünkü o bilinen hiçbir çeşit radyasyonu yaymıyor ve emmiyor. Olayları daha çok karıştırmak için, astronomlar bu kara maddenin de yüzde yirmisinin sıcak kara madde, yüzde sekseninin ise soğuk kara madde olduğunu düşünüyorlar. Bazı araştırmacılar sıcak kara maddenin, lepton denilen temel parçacıkların bir grubuna ait nötrinolardan oluştuğunu düşünüyor. Bilim adamlarının nötrinoları kütesiz olarak düşünmelerine rağmen, 1994'te Los Alamos'daki fizikçiler nötrinoların kara maddenin yüzde yirmisini oluşturmaya yetecek kadar kütlesi olduğunu gösteren deneylerini duyurdular. Astronomlar soğuk kara maddeye soğuk diyorlar çünkü, onun yüksek ihtimalle büyük patlamadan ışık hızından düşük hızlarla çıktığını düşünüyorlar.

1995'te, bazı fizikçiler bu soğuk kara maddenin en azından bir kısmını karşılayabileceğini düşündükleri yeni bir çeşit atomaltı parçacık ileri sürdüler. Ona "zayıf etkileşen ağır parçacık"ın İngilizce karşılığının (Weakly Interacting Massive Particle) ilk harflerinden oluşan WIMP ismini verdiler. 1996'da ise, İngiliz bir grup beyaz cüce denilen yanıp yakıtını bitirmiş yıldızların kara maddenin yüzde ellisine karşılık gelebileceğinin delillerini sundu.

Kara madde için başka adaylar ise iddia edildiler ve sonra elendiler. Bir süre, bazı astronomlar kara deliklerin, kara madde tarafından oluşturulan kütesel çekimin kaynağı olabileceğini düşündüler. Diğer astronomlar ise kara maddenin basitçe teleskopların bulabilmesi için çok sönük olan normal yıldızlardan olduğunu düşündüler. Fakat Hubble teleskobu, astronomların beklediğinden daha az sönük yıldız buldu. Aynı zamanda Hubble teleskobunun buldukları, en azından Samanyolu'nda yıldızların kütesinin bir alt kısmı olduğunu gösterdi. Güneşimizin

kütlesinin yüzde yirmisinden daha hafif yıldız yok gibi görünüyor.

Kara madde kayıp olmayabilir, ama kesinlikle gizemli. Sonuçta ne olduğu hakkındaki gerçek şu an düşünülenlerden tamamen farklı olabilir. Fakat bilimin cevaplardan çok sorular hakkında olduğunu düşünenler için, gizem eğlencenin bir parçası!

*Temel parçacıklar nelerdir? (Sayfa 31'e bakınız: "Ku-
arklar")*

FİZİK

ENTROPİ

Entropi, zavallı Humpty Dumpty'nin kaderi olarak özetlenebilir. *"Kralın bütün atları ve adamları, Humpty Dumpty'yi tekrar bir araya getiremezler."*

Entropi bir ölçü ve bir yöndür. Düzensizliğin ölçüsü ve herşeyin yöneldiği yöndür: düzensizlik. Eğer bir kavanozda kırmızı, mavi, yeşil ve sarı bilyeler rastgele karışmışsa renk entropisinin seviyesi yüksektir, o kadar yüksek ki bilye rengine göre maksimum entropi diyebiliriz. Eğer bilyeleri kırmızı, mavi, yeşil ve sarı tabakalar halinde dizer ve sonra kavanozu sallarsanız, kısa bir sürede bilyeler maksimum entropi durumuna gelirler. Yani, siz kavanozu sallarken bilyeler düzensizlik yönüne doğru yönelirler. Düzensizlik aynı zamanda olasılık terimleriyle de tanımlanabilir; en düzensiz durum en yüksek olasılıklı durumdur. Kavanozu salladığınızda en büyük olasılıklı durum bilyelerin rastgele dağıldığı durumdur. Bilyelerin tekrar eski tabakalı durumlarına dönme olasılığı çok küçüktür, o kadar küçük ki kavanozu milyarlarca yıl sallarsanız da bunun olduğunu göremezsiniz.

Düzensizlik, düzene göre çok daha çabuk ve kolay elde edilir. Bir evi inşa etmenin ne kadar uzun sürdüğünü düşünün ve ne kadar çabuk yıkılabilir; bir yelkeni dikmek ne kadar sürer ve ne kolay yırtılabilir; bir salatayı tabakta güzel süslemek ne kadar alır ve yine ne çabuk karıkarışık olur.

Eğer kainatın istekleri olduğunu söyleyecek olsaydık, onun düzensizlikten hoşlandığını söyleyebilirdik. Şimdi sorabilirsiniz ki, peki herhangi bir düzen nasıl sağlanıyor? Cevap, bir başka yerdeki düzensizlik pahasına olduğudur. Bilim adamları problemler üzerinde düşünürken çoğunlukla kapalı sistemler ile çalışırlar. Bir kapalı sistem, mesela rafınızdaki düzgün sıralı kitaplar, kesin bir düzene sahip olabilir. Fakat bu hale nasıl geldi? Siz veya daha kuvvetli düzen alışkanlığı olan kardeş, eş gibi başka bir dış etki onları bir sıraya koymuştur. Bunu yapmak için enerji harcayıp bir başka düzensizlik yarattılar: düzenli yiyecek maddeleri vücutta parçalandı, ifraz edilip, iş yapmak için yakıldı.

En düzenli sistemler yaşam şekilleridir. **Yaşayan bir organizma yaşamını sürdürebilmek için mükemmel şekilde düzenlenmiş olmalıdır.** Gerçekten de bilim adamları kanserli hücreleri bir kesitte gördükleri düzensizlikle tanırlar. Hücreler ne kadar düzensizse, kanser teşhisi o kadar kesindir.

Entropinin doğası ve sonuçları termodinamiğin meşhur ikinci yasasının üç parçasında belirtilir. İlk kısmı, ısı enerjisinin her zaman sıcak cisimlerden soğuk cisimlere doğru aktığını söyler. Eğer kışın kapınızı açık bırakırsanız, içerinin ısısı kaçır. Eğer yazın klimalı evinizin kapısını açık bırakırsanız soğuk dışarı kaçmaz -ısı içeri girer.

Yasanın ikinci kısmı enerjiyi yüzde yüz işe dönüştürecek hiç bir makinanın olmadığını söyler. Enerjinin birazı

mutlaka daha düşük sıcaklıktaki bir alana harcandığı için kaybolur. Mesela bir arabada, motordan ısı çıkar ve eksoz borusuyla dışarı atılır.

Üçüncü kısım zaman geçtikçe bütün sistemlerin düzensizliğe kaydığını söyler. Bilim adamları buna zamanın yönü derler. Bir kova sütün devrilip yere aktığını gösteren bir filmi seyrettiğinizi düşünün. Eğer filmi, sütün yerden toplanarak kovanın içine girip kovanın dik pozisyonuna gelecek şekilde geriye doğru izlerseniz çok eğlenirsiniz, fakat aynı zamandan durumun ihtimalsizliğinden filmin geriye doğru aktığını bilirsiniz.

En büyük kapalı sistem, eğer şimdiye dek tahmin edemediyseniz, kainatın kendisidir. Ve, evet o da daha yüksek entropiye doğru yöneliyor. 'Büyük Patlama' kainat varlığa patladığında geçici -bizim standartlarımıza göre çok uzun- bir süre için entropide bir düşüşe sebep oldu. Sonra kainat genişlemeye devam ettikçe, daha düzensizliğe doğru kaymaya başladı. Eğer sonsuza kadar genişlerse de, Humpty-Dumpty gibi tekrar bir araya konulamayacak tamamen tükenmiş bir duruma gelebilir.

Zamanın geriye işlemesi imkansız mı yoksa sadece çok düşük ihtimalli mi? (Sayfa 9'e bakınız: "Zamanın Yönü")

KUARKLAR

İnsanoğlu etraflarındaki dünya hakkında düşünmeye başladıklarından beri, maddeyi oluşturan temel yapıtaşlarını merak etmişlerdir. Milattan önce beşinci yüzyıl kadar eskilerde, Yunan filozofları atom dedikleri küçük homojen parçalardan sözediyorlardı. Şimdi çoğumuz biliyoruz ki madde proton, nötron ve elektronlara bölünebilen atomlardan oluşmuştur. Bilim adamları, küstahça atomların bu parçaların temel parçacıklarına kadar git-

tiler. Fakat hikaye burada bitmedi. Şimdi bilim adamları biliyorlar ki o zaman temel parçacık denilen parçacıklar tekrar lepton ve hadron denilen iki gruba ayrılabilir.

Elektronları ve daha birkaç ekzotik parçacıkları içeren leptonların kendine ait iç yapıları yok olduğu biliniyor. Fakat, proton ve nötronları içeren hadronların kompleks bir iç yapısı var. Hadronlar kuarklardan oluşmuştur; yani iki çeşit temel parçacıklar aslında leptonlar ve kuarklardır. Birbirine zıt ve eşit elektrik yükü olan elektronlar ve protonların tersine, kuarklar kesirli yüke sahipler: ya bir pozitif yükün üçte ikisi, ya da bir negatif yükün üçte biri. Kuarkların kendi yüklerinin zıddını taşıyan antikuarkları da vardır. Bir antikuark, antimaddenin bir parçasıdır. Bütün antiparçacıklar kendi zıt parçacığı ile aynı kütleye ve elektrik yükü gibi aynı miktar fakat zıt özelliğe sahiptir.

Kompleks hadronlar kuarklardan oluştuğu için, kuarklar bilim adamlarının atomaltı dünyayı anlayışlarında merkezde duruyor. Kuark teorisini kuran bilim adamı, Murray Gell-Mann, onlara önceden quork ismini vermişti. Fakat, James Joyce'un "*Finnegannns Wake*" kitabının sayfalarını karıştırırken içinde kuark geçen bir pasajla karşılaştı ve onun çok anlamlılığını ve komik okunuşundan çok hoşlandı. (Eğer Joyce'un kuarklarını merak ediyerseniz *Finnegannns Wake*'ı okuyun.) Fizikçiler böyle acayip terminolojiyi seviyor olmalı ki, kuark çeşitlerini çeşni dedikleri isimler verdiler.

Altı tane kuark çeşnisi var: yukarı (up), aşağı (down), gizemli (charmed), garip (strange), tepe (top) ve zemin (bottom). Teoriye göre, bütün bu altı çeşit büyük patlamadan hemen sonra yaratıldı. Sadece bütün protonları ve nötronları oluşturan up ve down kuarklar doğada kaldılar. Öbür çeşniler gözlenen kainattan yok olsalar da, bilim adamları onları parçacık hızlandırıcılarındaki yüksek enerjilerde gözlemeyi başardılar.

1977'ye kadar bütün diğer kuarklar gözlenmesine rağmen top (bazen gerçek'in İngilizce karşılığı "truth"un baş harfi t ile gösterilir.) 1995 Mart'ında büyük heyecanla dünyaya bildirilene kadar bulunamamıştı.

Eğer sizin için altı çeşit yeterli değilse, her çeşidin üç değişik rengi olduğunu da ekleyebiliriz: Kırmızı, yeşil ve mavi. Antikuarklar da tümleyici renge sahipler: Mavi, kırmızı ve sarı. Böylece onsekiz kuark ve onsekiz antikuark oluyor. Kuark sanatının kuralı bütün kombinasyonların beyaz rengi vermek zorunda olmasıdır. Bu, ya üç rengi birleştirerek ya da bir renkle onun tümleyici rengini birleştirerek olur. Aklınızda tutmanız gereken bir şey de, çeşni ve renk terimlerinin yediğiniz dondurma çeşnisi ya da oturma odanızın duvarlarının rengiyle aslında hiç ilgisi olmadığıdır. Bu terimler sadece bilim adamlarına kompleks konularda düşünmelerine yardımcı olacak araçlardır.

Kuarklar hakkında hâlâ birçok soru var. Kuark teorisi sabit bir şekilde kurulmasına rağmen, henüz hiç kimse isole edilmiş bir kuark göremedi; bilim adamlarının bir parçacığı "görmesi" parçacığın hareketi sırasında bıraktığı bir çeşit izi görmek anlamındadır. Yalnız bir kuarkın kesirli elektrik yükü nedeniyle teşhis edilmesi kolay olmalı. Altıdan daha fazla kuark olması da mümkün.

Ve daha ilginç, bilim adamlarının hâlâ gerçek yapı taşlarına ulaşamamış olabileceğidir, kuarkların kendisi de daha küçük parçalardan oluşabilir.

Kuarklar büyük patlamada nasıl yaratıldı? (Sayfa 7'ye bakınız: "Büyük Patlama")

Bir quark antikuark ile çarpışırsa ne olur? (Sayfa 35'e bakınız: "Antimadde")

NÖTRONLAR

Üç atomaltı parçacıktan -elektron, proton ve nötron- nötron en çok yönlü ve bilimsel ve teknolojik önemi en büyük olanıdır. Sadece onun elektrik yükü sıfırdır, yani nötrdür, bu yüzden de nötron ismini almıştır zaten. Mütevazı bir kişiliği olan bir insanın siberuzay tarihinden bilim kulübü toplantılarına kadar bütün sosyal aktiviteleri kolayca idare etmesi gibi nötron da nötrlüğüne kullanarak elektron ve protonların bulunamadığı yerlere gitmeye cesaret eder. Onun kullanımı sıradan durumlardan tehlikeli durumlara dek değişir, nötron ölen yıldızların maddesidir mesela.

Nötronlar ve protonlar çekirdekte birbirlerine bağlıdır ve elektron bulutuyla çevrelenmişlerdir. Bilim adamları izole nötronları çekirdeği kırılmaya zorlayarak elde ederler. Yaklaşık 15 dakika sonra ise izole bir nötron, elektron, antinötrino ve protona bozunur. (Bir antiparçacık kendi parçacığının zıt yüklü olmasına rağmen, nötronlar ve nötrinolar yüksüz oldukları için kendi antiparçacıkları da yüksüzdür.)

Bilim adamları nötronları değişik maddeleri moleküler ve atomik seviyede incelemek için kullanırlar. Kullandıkları tekniğe, nötron saçılması denir. İlk önce, fisyon ile çekirdeği kırıp nötron ışını elde ederler. Sonra da bu ışını incelemek istedikleri maddeye çarptırırlar. İnsanlara daha tanıdık olan X-ışınları, incelemeye "gönderildikleri" atomların elektron bulutu ile etkileşirler. Nötronlar ise, elektronları tamamen dikkate almadan doğrudan maddenin atom çekirdeğinin içine girer. Nötronlar elektron bulutundan çok daha küçük oldukları için ışındaki nötronlar bulutun içinden hiçbir şeye çarpmadan doğruca geçerler. Fakat sonra çekirdeğe çarpanlar geri sıçrayıp değişik yönlere dağılırlar. Nötronların çarptığı çekirdeğin ge-

ometrisi nötronların hangi açıda saçılacağını belirler ve bilim adamları bu bilgiyi "okurlar". Eğer çarpışma inelastik ise -yani çarpışmada nötronlar geri sıçramaz da çekirdeğe yapışır- bilim adamları nötronun çekirdeğe çarpmasından oluşan enerji transferinden de aynı değerli bilgiyi elde edebilirler.

Nötronlar nükleer fisyonunda -hem nükleer reaktörlerdeki kontrollü çeşidinde hem de atom bombasındaki kontrolsüz halinde- en önemli rolü alırlar. Nükleer fisyonunda, bir nötron mesela uranyum gibi bir maddenin çekirdeğine çarptırılır. Bu çekirdeğin iki ya da üç nötron vererek ikiye bölünmesine sebep olur. Bu sırada açığa çıkan enerji, ilk çekirdek ile sonuçta meydana gelen çekirdeklerin kütle farkına eşittir. Bu arada yayılan nötronlar başka çekirdeklere de çarparak bir zincirleme reaksiyon oluştururlar. Bu zincirleme reaksiyon bilinen bir "kritik kütle"ye ulaştığında ise kontrolden çıkar ve bir patlama olur. Atom bombaları iki ayrı ama toplamı kritik kütleyi geçen maddeden yapılır. Bu iki kütle uygun patlayıcılarla çevrelenir. Bu patlayıcılar patlatılınca da iki kütle bir araya gelmeye zorlanır ve bu atomik patlamaya sebep olur.

Nötronların önemi sadece nükleer reaktörler ve atom bombalarıyla sınırlı değildir. Bir yıldız, hayatının sonuna ulaştığında da o kadar sıkıştırılmış olur ki, negatif yüklü elektronlar çekirdeğe girmeye zorlanır ve onlar pozitif yüklü protonlarla birleşip nötronları oluşturmaya zorlanır. Böylece, sonunda yıldız sadece nötronlardan oluşur. Artık o bir nötron yıldızıdır ve kara delikler haricinde kainattaki herşeyden daha yoğundur... Elektrik yükü bile olmayan bir parçacık için hiç de fena değil.

Peki bir yıldızın hayatına başlangıcı nasıl olur, ilk keresinde bir yıldız nasıl oluşur? (Sayfa 13'e bakınız: "Kırmızı Bir Lekeden Yordam Bir Yıldızın Hayatı")

ANTİMATDE

Antimatde kelimesi insanın aklında hep günlük gerçeklerimizin arkasından fırlayan görünmez dünyalar imajını çağrıştırır. Fakat bir fizikçi için antimatde basitçe antiparçacıklardan yapılmış maddedir. Her atomaltı parçacığa karşılık gelen bir de antiparçacık -aynı kütleye ama eşit fakat zıt miktarlarda bir ya da daha fazla özelliğe sahip bir başka parçacık- vardır. Mesela bir elektronun negatif yükü vardır, ama onun antiparçacığı pozitronun pozitif yükü vardır. 1928'de, Fransız fizikçi Paul Dirac pozitronun varlığını öngörmüştü ve ilk olarak 1932'de Carl Anderson isimli Amerikan bir fizikçi onları kozmik ışınlar arasında buldu. (Kozmik ışınlar uzaydan dünyamıza ulaşan yüksek enerjili parçacıklardır.)

Bilim adamlarının, antiparçacıklarla ilgili problemi onların ortalıkta fazla kalmamalarıdır. Bir antiparçacık kendi parçacığı ile karşılaştığı an, her ikisi de radyasyon halinde saf enerji yayarak yok olurlar. Bu eğer karşılaşanlar sadece kaderlerine küsen birer parçacık ise herhangi bir risk ortaya koymaz ama eğer büyük bir parçacık kütlesi aynı büyüklükte bir antiparçacık kütlesiyle karşılaşsa -yapabileceği başka çok şey de olamaz- bu çok güçlü bir patlamaya neden olur. Bazı bilimsel hayalperestler, antimaddenin bu gücünü bir gün yıldızlararası yolculuk için uzay gemisi yakıtı olarak kullanmayı bile öneriyorlar.

Fizikçiler 1930'dan beridir yüksek enerji hızlandırıcılarını kullanarak antiparçacıkları üretebiliyorlar. Fakat henüz, bir antimatde atomu oluşturmayı başaramadılar. En kolay aday antihidrojen gibi görünüyor, çünkü hidrojenin sadece tek bir proton etrafında dönen tek bir elektronu var. Ancak şimdi, fizikçiler bir elektronu bir protonla eşleştirebilmenin de eşiğindeler. Bunun için gereken,

kararlı bir antiatom yapabilmek için onları birbirine yeterince yakın hale getirmek. Bir antihidrojen atomu kurmak kadar heyecanlı olarak, fizikçiler kendi başarılarını sadece aynı atomların yok olduğunu görerek ispatlayacaklar. Onların yokolmalarının ispatı onların olduğunun ispatı olacak. Bu arada bilim adamları antimaddeyi madde ile karşılaşp yok olmayı önleyerek tutacakları kapları geliştirmek üzerinde çalışıyor. Bu kaplar, çok büyük termoslara benzer şekilde içinde sadece vakum bulunduracak ve elektrik ve magnetik alanlarla antimaddeyi bu vakum içerisinde kabın duvarlarına çarpmadan tutacak.

Fizikçilerin antimadde yaratma heyecanının bir nedeni, bu şekilde antimaddenin maddeden farklı davranıp davranmayacağını öğrenecek olmaları. Özellikle cevaplamayı istedikleri iki soru da acaba antiatomun spektrumunun kendi atomuyla aynı olup olmadığı ve kütle çekimin antimaddeye de maddeye etki ettiği gibi mi yoksa farklı mı etki ettigidir. Antimaddenin aynı zamanda endüstride ve tıpta da pratik kullanışı olabilir. Mesela tıbbi görüntülemede antimadde, şimdi X-ışınlarının ya da CAT uygulamasının gerektirdiğinden daha az dozlarda radyasyon gerektirir.

Bilim adamları sadece bir antimadde atomu oluşturmak için bu problemlerle uğraşırlarken, bilim-kurgu yazarları antigalaksiler ve antikainatlar üzerine yazılar yazmaya başladılar bile. Antikainat fikrini destekleyebilecek tek gerçek sebep, onun gerçek madde ile karşılaşmadığı sürece kararlı olabileceğidir. Fakat çoğu bilim adamı antigalaksilerin ve antikainatların varlığını olanaksız buluyor. Büyük patlamadan hemen sonraki ateş topu büyük ihtimalle eşit miktarda madde ve antimaddenin bilinen bütün parçacıklarına sahipti. Fakat maddenin ve antimaddenin bozunum oranında çok küçük bir fark vardı. Bu yüzden madde ve antimadde birbirine yok ederken

çok küçük bir miktarda madde fazlası kaldı. Ve kainat büyümeye devam ettikçe bu fark daha da çok büyüdü. Belki de bir yerde antibilim-kurgu yazarı da bizimkisi gibi bir kainat hakkında yazıyordu.

Eğer antimaddenin parçacıkları zıt yüke sahiptirler, antinötronlar (nötr antiparçacıklar) var mı? (Sayfa 33'e bakınız: "Nötronlar")

EYLEMSİZLİK

Eylemsizlik günlük hayatımıza orijinal anlamının sadece bir kısmını koruyarak girmiş olan bilimsel kelimelerdendir. Çoğu insan eylemsizliğin, sabahları yataktan çıkmanın veya akşamları televizyon seyrettiğimiz koltuktan kalkmanın zor olmasına sebep olduğunu sanırlar. Fakat, o aynı zamanda buzda kayarken durmayı zorlaştıran şeydir. Eylemsizlik kavramsal olarak ilk Sir İsaac Newton'un üç hareket kanunundan ikincisinde ortaya atıldı. Eylemsizlik bir cismin hareketini değiştirmeye isteksizliğidir. Başka türlü bir anlatımla, eğer bir cisime hiçbir kuvvet etki etmiyorsa, duran bir cisim durmaya, hareket eden bir cisim de sabit doğrusal bir çizgide hareketine devam eder. (Newton İngiliz olmasına rağmen, çalışmalarını Latince yazmıştır, o yüzden yapıtlarının değişik tercümeleriyle karşılaşabilirsiniz.) Newton'un yaptıklarının gücünün bir kısmı onların evrenselliğidir; eylemsizlik prensibi bir yüzeyde yuvarlanan bilyeden yörüngelerinde dönen gezegenlere (kütlesel çekim onların düz bir çizgide uzaklaşmadan Güneş etrafında dönmesini sağlıyor) kadar herşeye uygulanır.

Eğer herşey çok basit görünüyorsa, onları kütle kavramını ortaya atarak biraz zorlaştırabiliriz. Kütle, bir cisimde ne kadar birşeyler olduğunun ölçüsüdür, mesela bir

kek diliminde ne kadar atom olduğu gibi. Birçok insan, kütleyi ağırlıkla karıştırır. Fakat, bir cisme uygulanan kütle çekim kuvvetinin bir ölçüsü olan ağırlık, kütle çekimin değişmesiyle değişir, bu yüzden cisimler uzayda ağırlıksızdır. Bir cismin kütlesi ise nerede olursa olsun içindekilerin miktarı değişmediği için hep aynıdır. Kütle aynı zamanda o cismin eylemsizliğinin bir ölçüsüdür. Başka kelimelerle, bir cismin kütlesi, eğer cisim duruyorsa harekete geçirmek için, eğer hareket ediyorsa durdurmak için ona ne kadar kuvvet uygulanması gerektiğini belirler. Bir buzdolabı, bir kek diliminden ağırdır, bu yüzden hareket ettirmek için daha çok kuvvet gerekir.

İvme de bilimsel anlamı günlük anlamından çok daha geniş olan bir başka kelimedir. Çoğu insan ivmelenmeyi hızlanmak olarak bilir. Aslında ivme hareketin herhangi bir şekilde -hızlanarak, yavaşlayarak, yön değiştirerek-değişmesidir. Newton'un ilk kanununa göre, her tür ivme bir kuvvet uygulanmasını gerektirir. Eğer, hızlanmakta olan bir treni durdurmak için ne kadar kuvvet gerektiğini ölçebilirsiniz, bu ölçümü trenin kütlesini hesaplamak için kullanabilirsiniz.

Eylemsizlik için gösterilen en trajik örnek, emniyet kemeri takmadan araba kullanan bir insandır. Mesela, eğer bir kaza olur da araba bir duvara çarparsa, arabaya duvar tarafından etki eden kuvvet onu durdurur. Fakat eylemsizlik, şanssız sürücüyü, üzerine herhangi bir kuvvet -çoğunlukla bu direksiyon veya hava yastığı olur- etki edene dek, arabanın eski hızında hareketine devam etmeye zorlar.

Eylemsizlik kainatın genişlemeye devam etmesine sebep olur mu? (Sayfa 7'ye bakınız: En Büyük Patlama.)

FOTOVOLTAJ SELİ

Biz farkına varmasak da, içeriye ışık ve ılıkılık girsin diye perdeleri açtığımızda aslında güneş enerjisini kullanıyoruz. Evimizi güneş ışığı ve ısını ve verimli kullanacak şekilde dizayn ettiğimizde ise güneş enerjisini çok düşünceli kullanıyoruz. Güneş ışığını elektriğe çevirerek kol saatlerimizi, hesap makinelerimizi veya trafik ışıklarını çalıştırdığımızda, güneş ışığını yakıt olarak kullanıyoruz. Güneş ışığını yakıt olarak kullanmaksa hiç yakıt kullanmamak gibi birşey -çünkü o çok bereketli, kullanımı bedava ve güneş ısıdığı sürece (en azından birkaç milyar yıl daha) kullanıma hep açık. Güneş ışığını güç kaynağı olarak kullanmanın en bilinen yolu fotovoltaj ya da solar selidir. Fotovoltaj kelimesi "ışık" anlamındaki "photo" ve elektrik potansiyeli ölçüsü "voltaj"ın birleşiminden meydana gelmiştir.

Fotovoltaj selinin çalışması üç adımda gerçekleşir: Güneş ışığının emilmesi, pozitif ve negatif yüklerin hareketi ve ayrılması ve yüklerin elektrik akımı olarak selin dışına taşınması.

Emilen güneş ışığının miktarı kullanılabilir güneş ışığına bağlı. Tabii güneş ışığını değerlendirebilmek için bir elektrikçi lisansına sahip olmanıza gerek de yok, dışarıda bir yürüyüş bunun için yeterli. Selin güneş ışığını emme kapasitesi aynı zamanda kullanılan yarı-iletken maddesine de bağlı. (Yarı-iletken tam da ismi gibi- iletkenle elektrikçe yalıtkanın tam ortasındadır.) Işık yarı-iletken tarafından emildiğinde, ışık materyali negatif yüklü elektronlar ile pozitif yüklü kalan boşluklara ayırır. Fotovoltaj selini çalışabilir yapan da iki benzer olmayan madde arasındaki sınır olarak tanımlanabilen elektrikselsınırdır. Fotovoltaj selindeki iki farklı madde çoğunlukla metal ve yarı-iletkenidir. Işık yarı-iletken tarafından emildiğinde,

selde elektrik yükleri oluşturur. Elektriksel-sınır ise bu yüklerin (elektronların) bir maddeden diğerine geri dönüşsüz geçişini sağlar. Yüklerin bu şekilde ayrılması potansiyel denilen şeyi yaratır, yani maddeler arasındaki voltaj farkını. Voltaj, bu elektronların ya da elektrik, akımının dış bir devre yoluyla akıp selden ayrılmasını sağlar.

Dünya fotovoltaj selinin kullanıldığı tek yer değil. Hayır, tabii ki Marshlıların da onu kullandığına dair delillerimiz yok ama uzaydaki bazı uydularımızın araçlarına gerekli gücü üretmek için uzayda da bu seller kullanılıyor. Dünyadan uzak, alışılmış güç kaynaklarına ulaşımı zor bölgelerde bu sellerin kullanımı yararlı olsa da, yaygın olarak elektrik üretimi için henüz ekonomik olmaktan uzak. Fotovoltaj selinin en pahalı kısmı yarı-iletkenlerdir. Çoğu seller silikon kristallerden yapılıyor. Amorf (kristal düzeni olmayan) filmi şeklindeki silikonlar daha ucuz ama aynı zamanda daha az verimli ve daha çabuk yaşlanıyorlar. Fiyatı azaltabilmek için araştırmacılar yarı-iletken oluşturmak için daha ucuz maddeler üretmeye çalışıyorlar. Bazı fotovoltaj selleri güneş ışığını daha küçük alanlara odaklamak için aynalar ve mercekler de kullanıyorlar. Ayrıca bilim adamları bitkilerde güneş ışığını kimyasal enerjiye çeviren klorofillerin de özelliklerini kullanarak benzer birşey geliştirmeye çalışıyorlar. Tabii ki, ne kadar verimli ve ucuz olurlarsa olsunlar fotovoltaj selleri gece ve bulutlu havalarda enerji üretemezler. O yüzden hâlâ stoklanmış enerji kaynakları bulundurmalıyız; ya da gün batımında uyuyup güneş ağarırken kalkan kendini doğaya uydurmuş çiftçilerin yaşam biçimini seçebiliriz.

Bitkiler güneş enerjisini kimyasal enerjiye nasıl çevirirler? (Sayfa 131'e bakınız: "Fotosentez")

Silikon "kristalleri" nedir?(Sayfa 61'e bakınız: "Kristaller ve Kristalografya")

AKIM OLAYLARI

En basit tanımıyla, elektrik elektronların, yani atom çekirdeğini çevreleyen negatif yüklü parçacıkların, hareketidir. Daha zor şekliyle elektrik elektronlar tarafından taşınan yükün hareketidir. Daha kompleks açıklamasını isterseniz de, elektrik elektronlar iletkenin pozitif yüklü tarafına doğru çekilirken taşıdıkları yükün akışıdır.

Isının yüksek sıcaklıktaki bölgelerden, düşük sıcaklıktaki bölgelere denge oluşana dek akışı gibi, elektrik yükleri de iletkenin yüksek potansiyelli ucundan düşük potansiyelli ucuna doğru akar. Potansiyel, bir birim elektrik yükünü sonsuz uzaklıktaki bir noktadan belirlenen bir noktaya getirmek için harcanan enerji miktarıdır. Mesela, eğer bir elektrik telini tutarsanız, teldeki elektrik potansiyeli ile ayağınızın altındaki toprağın potansiyel farkı çok büyük olduğundan yükler üzerinizden -iletkenden- yere doğru geçer. Elektrik akımının akmasını devam ettirmek için, devamlı bir potansiyel farkını sürdürmek gerekir. Bu elektrik jeneratörlerinin işidir. Bir jeneratör mekanik enerjiyi -hareket enerjisini- alıp elektrik akımına çevirir. En basit şekliyle, bir jeneratör manyetik alanda dönen tellerden oluşur. Manyetik alan negatif yüklerin pozitiflerden ayrılarak bir potansiyel farkı oluşturmalarını sağlar. Teller dönerken, manyetik alanın bir yönünden diğerine geçerler ve bu tellerdeki elektronların önce bir yana sonra diğer yana akmasını sağlar. Biz buna alternatif akım, ya da AC diyoruz. Depoladığı kimyasal enerjiyi elektrik akımına çeviren bir pil ise, sadece bir yönde akım üretir. Biz buna doğrudan akım -DC- diyoruz.

Bütün öbür teknolojiler gibi, elektriğin de çoğu tanınmış insanların adı olan kendine ait bir terminolojisi var. Potansiyel birimi volt, 1800'lerde pilin ilk versiyonunu üreten Alessandro Volta'nın adından gelmiştir. Yüksek

potansiyel veya yüksek voltaj iletkeninden geçen çok sayıda elektron demektir. Elektrik akımının enerji taşıma oranına ise güç denilir. Güç ise watt veya kilowatt (bin watt) birimiyle ölçülür, -bu birim de buhar makinasının mucitlerinden bir olan İskoç mühendis James Watt'ın isminden gelmiştir. Elektrik akımının birimi ise amper, ya da amp'tir -Andre-Marie Ampere ismindeki Fransız fizikçi yüzünden! Bu üç terim birbiriyle ilişkilidir: Bir watt, uçları arasında bir volt potansiyel fark olan iletken boyunca akan bir amperlik elektrik akımının oluşturduğu bir saniyedeki enerji değişimi (güç)tür.

Bir jeneratör, mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviriyorsa, bir şeyin mekanik enerji üretmesi gerekir. Bu bir şey, bir su değirmeni kadar basit bir şey de olabilir, kocaman bir hidroelektrik baraj ya da nükleer güç istasyonu kadar kompleks de olabilir. Bir sıvının enerjisini mekanik enerjiye çeviren araca türbin denir. Türbinler yakıt gerektirir. Geçmişte bunun için yerine konulamayan yakıtlar dediğimiz (yeniden oluşup depolamak milyonlarca yıla gerek duyulduğu için yerine konulamaz diyoruz) petrol ve kömür kullanıyorduk. Bu yıllardaki akım ise güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir, ya da nükleer enerji gibi yine yenilenemez kaynakları kullanmak.

Elektrik akımı kavramı yeterince basit: Bir iletken boyunca geçen elektron kümesi. Daha az basit olansa bizim konforlu ve eğlenceli yaşayabilmemiz, şehirlerimizi aydınlatabilmemiz için yeteri kadar çok elektronu hareket halinde tutmak için enerji sağlayabilmek.

Elektrik üretmek için nükleer enerjiyi nasıl kullanabiliriz? (Sayfa 43'e bakınız: "Nükleer Enerji")

Bazı piller kimyasal reaksiyonlar sonucu elektrik üretiyorlar. Bitkiler de aynı şeyi nasıl yapıyor? (Sayfa 131'e bakınız: "Fotosentez")

NÜKLEER ENERJİ

"Nükleer enerji, enerji kaynaklarının tükenmesi sorununun çözümüdür." "Nükleer enerji kabul edilemeyecek kadar tehlikeli nükleer atıklar meydana getirir." "Nükleer enerji temiz ve çevre dostu enerjidir." "Nükleer enerji, başka şekillerde daha iyi kullanılabilir parayı gerektiren pahalı bir teknolojidir." Birçok insanın, tam olarak onun temel prensiplerini bilmedikleri halde, nükleer enerji hakkında bir fikri vardır. Nükleer enerji hakkında bilinmesi gereken ilk şey onun iki çeşit olduğudur -atom bombasının iki çeşidi olduğu gibi-: fisyon ve füzyon. Fisyon dan elde edilen nükleer enerji artık bir çok ülkenin nükleer reaktörlerinde kullanılan yaygın bir teknolojidir. Füzyon dan elde edilen nükleer enerji ise çok daha zor bir teknoloji gerektirir ve bilim adamları da hala onu başarmaya doğru ilk bir kaç adımları atıyorlar.

Bilim adamları fisyon ve füzyonu, atom bombasında ya da nükleer reaktörlerde olsun, termonükleer reaksiyon olarak kabul ederler. Yani, onlar atomun çekirdeğinde ve yüksek sıcaklıkta olan olaylardır. Fisyon da, atom çekirdeği parçalara ayrılır. Plutonyum ve Uranyumun belli çeşitlerinin dahil olduğu bazı materyellerde, parçaların toplam kütlesi, baştaki çekirdekten küçüktür ve fark enerji olarak bırakılır. Daha sonra parçalar ortamdaki diğer çekirdekleri parçalayarak zincirleme bir reaksiyon oluştururlar. Nükleer reaktörlerin merkezinde -atom bombasından farklı olarak- bu zincirleme reaksiyon kontrol altındadır. Reaktörlerde, bırakılan enerji merkezi çevreleyen bir su tabakasını ısıtır. Daha sonra su buhara dönüşür ve elektrik jeneratörünü çalıştır.

Nükleer reaktörlerin iki ana riskinden biri, radyoaktif materyalin havaya kaçmasına neden olan radyoaktif sızma, diğeri ise radyoaktif atık denilen atıkların yokedilme

problemidir. Radyoaktif atıklar, yarı ömrü binlerce yıl olan maddeleri içerir. Yarı ömür, belirli bir miktarda radyoaktif materyalin yarısının artık radyoaktif olmayan maddelere bozunması için geçen zamandır. Radyoaktif atıklar genellikle toprağın derinliklerinde jeolojik olarak sabit bölgelere ya da tektonik tabakalardan uzak deniz yataklarının altına gömülür.

Fisyonun tam tersi olan füzyonda, çekirdekler birleştirilir. Eğer, birleşmiş çekirdeğin kütlesi ilk parçaların toplamından küçükse aradaki fark yine enerji olarak bırakılır. Bu yıldızların parlamasını sağlayan sürecin aynısıdır. Bilim adamları füzyon ile atom bombası yapmayı başardılarsa da -hidrojen bombası-, hala füzyon enerjisini barışçıl amaçlar için kullanabilmekten çok uzaklar. 1989'da Utah Üniversitesi'nden iki bilim adamı soğuk füzyon - tekmonükleer reaksiyonlar için yüksek sıcaklık gerektirmeyen füzyon- yaptıklarını iddia ederek ilk sayfalarda yer almışlardı. Umut insan kalbine sonsuzluk ilham etse de, başka kimse onların sonuçlarını tekrarlamayı başaramadı ve bu bilimadamları da medyadan silindi.

Füzyon reaktörlerinin çekici tarafı, sürekli yok edilme problemi olan radyoaktif atık üretmeyecek olmasıdır. Hiç bir tehlikesi olmayan atıklar veren sonsuza dek yenilenebilir bir enerji kaynağı doğru olamayacak kadar güzel görünüyor, ama şimdilik böyle. Teknolojik güçlülere karşın, bilim adamları inanıyorlar ki, bir gün yıldızların ışığını sağlayan aynı işlem, bir gün evlerimizi de aydınlatacak ve fax makinalarımızı çalıştıracak.

Elektrik jeneratörü buharı elektriğe nasıl çevirir? (Sayfa 41'e bakınız: "Akım Olayları")

Bir yıldız, nükleer reaksiyon üretebilme yeteneğini kaybedebilir mi? (Sayfa 22'ye bakınız: "Kara Delikler")

ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM

Yemek yemek üzere mutfağa gittiğinizde, buzdolabınızı çalıştıran elektrik ile, buzdolabı kapısının üzerindeki alışveriş listesini tutturduğunuz mıknatısın elektromanyetizma denilen tek bir olayın iki farklı yüzü olduğunu farketmeyebilirsiniz. Bir maddede eğer fazladan negatif yüklü elektronlar ya da fazladan pozitif yüklü protonlar varsa o madde elektrik yüküne sahiptir. Aynı yüke sahip cisimler birbirini iterken, zıt yüklü cisimler birbirini çekerler. Bütün manyetik cisimlerin, bunlar bir atom, bir miktar demir ya da dünyanın kendisi olabilir, iki kutbu vardır. Mesela dünyanın iki kutbuna kuzey ve güney diyoruz. Bir cisim mıknatıslandığında o cismin atomları iki uçları iki kutba bakacak şekilde kendilerini sıralarlar. Elektriklenmede olduğu gibi aynı uçlar birbirini iterken, farklı uçlar birbirini çeker. Fakat bir madde tek -negatif ya da pozitif- yük taşıyabildiği halde, tek kutuplu bir mıknatıs asla olamaz. İkiye kırılan bir mıknatıs, her birinin iki kutbu olan iki küçük mıknatıs haline gelir.

Bir elektrik yükü hareket ettiğinde, manyetik alan üretir, bir manyetik alan değişirken ise, elektrik alan üretir. Soyut görünen bir çok şey gibi, bu ilişki de günlük cisimlerin hareketlerinden doğanın gizlerini görebilecek kadar dikkatli bir bilim adamı tarafından keşfedildi. 1820'de Danimarkalı fizikçi Hans Christian Oersed, elektrik akımının çalıştırılmasının yakındaki pusulanın iğnesinin oynamasına sebep olduğunu farketti.

Elektrik ve manyetik enerjinin ikisi de foton denilen yüksüz küçük parçacıklar tarafından taşınır. Bizim gözlem şeklimize bağlı olarak, fotonlar parçacık ya da dalga olabilirler, yani onlar parçacık ya da dalga benzeri hareket edebilirler. Elektromanyetizmanın uzun mesafeli etkilerini incelerken, bilim adamları genellikle onların dal-

ga benzeri hareketlerine önem verirler. Her elektrik alan manyetik alan oluşturduğu ve bunun tersi de olabildiği için, bunların aralarında devamlı bir gidip gelme -salınım- olur. Bu salınım elektromanyetik radyasyon -ya da dalga- dediğimiz dalgalar halinde uzayda yayılır. Dalganın büyüklüğü ve enerjisi radyasyonun hangi çeşidi olduğunu belirler. En uzun dalga boylu, en düşük enerjili radyasyondan, en kısa dalgaboylu, en yüksek enerjili radyasyona doğru giderek, bilim adamları elektromanyetik spektrumu radyo dalgaları, mikro dalgalar, kızıl ötesi radyasyon, görünür ışık, morötesi radyasyon, X-ışınları ve gama ışınları isminde bölgelere ayırdılar.

Elektromanyetik radyasyonun bütün formları bizim ışık hızı dediğimiz -saniyede yaklaşık 186 bin millik- aynı hızla yayılırlar. Dalga boyu iki dalganın tepeleri ya da çukurları arasındaki uzunluktur, frekans veya enerji ise, birim zamanda bir noktadan geçen dalga tepelerinin (ya da çukurlarının) sayısıdır. Genel olarak dalga boyu ne kadar uzunsa enerjisi o kadar azdır ve radyasyon o kadar güvenlidir. En uzun dalga boylu radyo dalgaları en düşük enerjili, yani en güvenlidir. En kısa dalga boylu, gamma ışınları ise en yüksek enerjili, yani en tehlikeli olanıdır.

Zararsız ve kolay tesbit edilebilen radyo dalgaları, iletişim için en ideal ortamdır. İletişimde mikrodalgalar da önemli rol oynuyorlar. Çünkü onlar radyo dalgalarına göre daha dar bir bölgeye odaklanabiliyorlar, bu da mikrodalgaların uydulara ve sonra tekrar dünyaya yönlendirilip ışınlanmasını kolaylaştırıyor. Uzun mesafe telefon konuşmaları ve çoğu televizyon sinyalleri bu şekilde iletiliyor. (İnsanların çatılarındaki bütün uydu antenleri aslında mikrodalga alıcılarıdır.) Bizim kızılötesini genellikle ısı olarak algılamamıza rağmen, bizden farklı olarak bazı hayvanların kızılötesi ışığı görme yetenekleri de var. Bizim günlük aktivitelerimizin merkezindeki görünür ışık

elektromanyetik spektrumun sadece küçük bir kısmını oluşturur. Morötesi ışınların çoğu atmosferde emildiği halde, bize ulaşabilenler tenimizi yakar ve fazlası deri kanserine sebep olabilir. Bazı maddelerin içine işleyebilir ve bu yüzden özellikle tıpta görüntüleme ve tedavi amaçlı kullanımında yararlıdır. Çoğunlukla yıldızlar tarafından yayılan gamma ışınları da dünyamızın atmosferi tarafından emilir. Astronomlar onları inceleyebilmek için Dünya yörüngesinde dönen gama ışını dedektörlerini kullanırlar.

Elektromanyetizmanın sizin akşam yemeğinizdeki rolüne geri dönelim: Radyonuzu açtığınızda ve mikrodalga fırınınızı ısıtırken, radyo dalgalarını ve mikrodalgaları kullanıyorsunuz. Yemek tepsinizi masaya taşıırken yemeğinizden gelen sıcaklık kızılötesi dalgalar yoluyla. Ve karanlıkta yemek gibi garip alışkanlıklarınız yoksa muhtemelen görünür ışık üreten lambanızı da açmışsınızdır. Ve eğer mutfağınızda floresan lamba varsa, içinde morötesi radyasyonun görünür ışığa çevrildiğini unutmayın.

Hayvanlar kızılötesi radyasyonu "görebilirler" mi? (Sayfa 167'e bakınız: "Kızılötesi Radyasyon")

Hayvanlar morötesi radyasyonu "görebilirler" mi? (Sayfa 169'a bakınız: "Morötesi Radyasyon")

Dünya dışı medeniyetler bizle bağlantı kurmak için radyo dalgalarını kullanıyor olabilirler mi? (Sayfa 20'ye bakınız: Dünya dışı Zeka")

Biz görünür ışığın alt bölümleri olan renkleri nasıl görüyoruz? (Sayfa 163'e bakınız: "Renkli Görme")

DOPPLER ETKİSİ

Doppler etkisinin en bilinen örneği, hareket eden bir trendir. Diyelim ki siz, kitaprensiyonun hemen önündeki

caddede yaşıyorsunuz ve kahvaltıya yeni oturdunuz. Saat tam 08:00 ve tren vaktinde geçiyor. Yaklaşırken tren sinerinin perdesi yükselir, uzaklaşırken ise alçalıyor gibi gelir. Kimin hareket ettiği önemli değildir. Mesela siz sinirlenip pencereye çıkmış, "Sessiz olun, birşey okumaya çalışıyorum" diye bağırabilirsiniz. Eğer, makinistin camı açıksa (ve siz çok kuvvetli bağırıyorsanız), makiniste de sizin sesinizin perdesi tren size yaklaşıyorken yükseliyormuş gibi, uzaklaşırken de alçalıyormuş gibi gelir. Aslında sesin perdesi değişmiyordur, öyle gibi görünmesinin nedeni ses size yaklaşırken kulağınıza bir saniyede daha çok dalganın, uzaklaşırken de daha az dalganın gelmesidir. Sesin perdesi frekansla -bir saniyedeki dalga sayısı- ilgili olduğu için de frekanstaki görünürde olan değişim perdedeki değişime sebep olur. 1942'de bu etkiyi öngören Christian Johann Doppler, aslında deneylerini hareket eden bir trenden yapan başka bir bilim adamı tarafından doğrulanmıştı.

Doppler etkisi ses dalgalarına olduğu gibi ışık dalgalarına da uygulanır. Aslında Doppler, bu fikre başarılı olmadığı yıldızların renklerini açıklama teşebbüsü sonucunda ulaşmıştır. Bunula beraber Doppler etkisi gerçekten de kırmızıya kayma kavramının temelini oluşturur. Doppler kayması olarak da bilinen kırmızıya kayma, bazı galaksilerden gelen ışığın uzun dalga boylarına, yani spektrumun kırmızı ucuna, doğru kaymasına denir. Astronomlar şimdi biliyorlar ki elektromanyetik spektrumun herhangi bir parçasındaki radyasyon kırmızıya kayabilir; bu durumda spektrumun, zaten görünür ışıktan uzun bölgelerindeki radyasyon kırmızıdan öteye -kırmızıya doğru değil- kayar.

Şimdi sorabilirsiniz ki, kırmızıya kaymaya sebep olan trenler uzayın neresinde? Galaksilerin kendileri hareket eden trenlerdir! Kırmızıya kayma galaksilerin bizden

uzaklaşmaları yüzünden olur. Hubble teleskobuna ismini veren Edwin Hubble adındaki astronom, bu olayı astronomların Hubble sabiti dedikleri, uzaklaşan galaksilerin hızlarının bize uzaklıklarıyla orantılı artma oranını hesaplamakta kullandı. Başka türlü söylersek, bir galaksi bizden ne kadar uzaksa o kadar hızlı uzaklaşıyor demektir. Astronomlar Hubble sabitini bir galaksinin bizden ne kadar uzakta olduğunu hesaplamakta kullanırlar. Galaksilerin bizden uzaklaşması, kainatın -büyük patlamadan beridir- genişlediğinin ispatı olduğu düşünülüyor.

Siz bu bizden uzaklaşan galaksiler kadar hızlı gidemeyebilirsiniz, fakat biri -bir astronom değil ama büyük ihtimalle bir polis memuru- hızınızı hesaplamak için Doppler etkisini kullanabilir. Bazı radar sistemleri, gönderdikleri radyo dalgalarının frekansı ile, sizden yansıyıp ona geri dönen dalga'nın frekansı arasındaki farkı kullanarak hızınızı hesaplar.

Bizden uzaklaşan bu galaksiler nereden geliyor? (Sayfa 7'ye bakınız: "En Büyük Patlama")

KİMYA

NESNELER NEDEN DAĞILIP GİTMEZ?

Hiç düşündünüz mü, üzerinde oturduğunuz sandalye, yediğiniz elma neden dağılıp gitmez? Onları neyin bir arada tuttuğu aynı zamanda birçok arkadaşlığı ve evliliği de açıklar: Zıt kuvvetlerin birbirini çekmesi olgusu. Elbette burada bahsettiğimiz, uzun ve kısa, ya da içine dönük ve dışına dönük gibi kavramlar değil, pozitif ve negatif elektrik yükler.

Nesnelerin neden dağılıp gitmediğini bulmak için, atom seviyesine inmemiz gerekir. Bütün nesneler, okuyucular, sandalyeler ve elmalar da dahil, atomlardan meydana gelirler. Atomlar, protonlar, nötronlar ve elektronlardan oluşur. En basit atom olan hidrojen atomunun bir proton ve bir elektronu vardır. Birçoğumuz atomların güneş sistemine benzer resimlerle gösterimlerini hatırlarız, elektronlar çekirdeğin (proton ve nötron birlikteliği) etrafında gezegenlerin güneş etrafındaki durumları gibi yörüngelerdedirler. Bu gösterim gerçekte tam olarak doğru değildir, ama bazı durumlarda böyle olduğunu varsay-

mak uygun olabilir. Nesneler dağılmazlar çünkü atomlar çoğu zaman birbirlerine yapışarak, kimyasal bağları oluştururlar. Her çekirdek pozitif elektrik yüküne (proton, pozitif; ve nötron, nötr) ve her elektron negatif elektrik yüküne sahiptir. Bütün atomlar nötr, pozitif yüklü ya da negatif yüklü olarak bulunurlar. Çekirdek ve elektron yükleri birbirlerini dengelediği zaman atom nötrdür. Protonlar elektronlardan fazla ise atom pozitif yüklüdür, elektronlar protonlardan fazla ise negatif yüklüdür.

Basit bir kimyasal bağ iki çekirdek ve aralarındaki elektronlardan oluşur. Pozitif çekirdekler ve negatif elektronlar arasındaki çekim atomları birarada tutar. Atom bağlarının iki temel çeşidi iyonik bağlar ve kovalent bağlardır. İyonik bağlarda atomlardan biri elektronlar için daha açgözlüdür. Kendiliğinden nötr olan atom fazladan elektron aldığı zaman negatif olurken, elektron kaybedeni ise pozitif olur. Yüklü bir atoma iyon denir. Zıt yüklenmiş iyonlar yüklerinden dolayı birbirlerini çekerler, fakat ikisinin de pozitif yüklü olan çekirdekleri birbirini iter. Bu denge atomların birbirlerine çok yakın olmalarını önler; birarada çok vakit geçiren çiftlerin, bir süre sonra sadece kendilerine ait yer ihtiyacı hissetmeye başlamaları gibi.

Kovalent bağlarda ise elektronlar atomlar tarafından daha eşit şekilde paylaşılırlar. İyonik bağlarda olduğu gibi her ikisinde de pozitif olan çekirdekler onların çok yakınlaşmalarını engeller. Kovalent bağların en önemli örneği karbondur. Oluşturduğu çoğu bileşiklerde, karbon atomu diğer atomlara dört tane kovalent bağ ile bağlanır.

Birçok bileşikler ise hem iyonik hem de kovalent bağlar içerirler. Bağların oluşup koptuğu -bir maddenin diğerine değiştiği- işlemlere kimyasal reaksiyon denir. Sistemin güzelliği, sınırlı sayıdaki atomlardan -elementlerin meşhur periyodik tablosundaki 109 elementten- milyon-

larca değişik çeşitte madde yapılabilmesidir. Daha da güzeli, aynı iki çeşit atomun değişik oranlarda birleşmesinden de değişik fiziksel karakterlerde bileşikler elde edilebilmesidir.

Yani siz, elektriğin -ya da elektriksel olayların- sizi bir arada tuttuğunu söyleyebilirsiniz. Teknik olarak ise sizi bir arada tutan kuvvet elektromanyetik kuvvettir, fakat ışın çoğunu “elektro” kısmı yapar. Kütleli çekim gibi diğer kuvvetler sizin sandalyenizin üzerinde havada yüzmenizi önlerler ama atomlarınızın odaya saçılmasını önlemek adına çok da birşey yapamazlar.

Periyodik tablodaki elementlerden yapılan değişik çeşit maddelerin sayısında bir sınır var mıdır? (Sayfa 56'ya bakınız: Yeni Elementler Yapmak)

ELMAS VE GRAFİT

Sakız, Mars gezegeni, telefon ve Limburger peynirinin ortak özelliği nedir?

Hepsi proton, elektron ve nötronlardan oluşan atomlardan yapılmıştır. Elmas ve grafitin ise daha çok ortak özelliği vardır. Her ikisi de karbon elementinin saf formlarıdır. Fakat karbon atomları kendilerini her ikisinde çok değişik organize ettiği için birbirlerinden bu kadar farklı görünürler. Bildiğimiz kadarıyla elmas, karbon atomlarının en kararlı dizilişidir.

Karbondan sadece pahalı yüzükler ve ucuz kurşun kalem yapılmaz, hayat karbonla mümkündür. Kimyacılar karbon kimyasına hayatın kimyası derler; ya da bütün organizmalardaki yüksek öneminden dolayı organik kimya derler. Bütün yaşayan ve cansız maddelerde, karbon bütün öbür elementlerin toplamından daha fazla sayıda bileşik kurar. Tipik bir karbon atomu ise altı elektron tara-

findan çevrelenmiş altı proton ve altı nötronu olan bir çekirdekten oluşur.

Herhangi iki materyal elmas ve grafitten daha farklı olamaz. Grafit, koyu, opak, yumuşak ve esnektir, bu yüzden “kurşun” kalemelerde kullanılır. Ondan yağlama maddesi de yapılır. Elmas ise saydam ve çok serttir. Aslında o bilinen en sert maddedir. Bu yüzden mücevhercilerde olduğu kadar o endüstride de kesici araçlar yapımında çok tutulmaktadır.

Neden bazı karbonlar sıradan grafit olurken, bazıları elmas olur? Bilim adamları elmasın, Dünya’nın magma-sında, aşırı yüksek basınç ve 2600 Fahrenheit derecesine kadar çıkan sıcaklıklarda oluştuğunu düşünüyorlar. Gazlar tarafından zorlanan patlamalar da bu elmasları içeren taşları Dünya’nın yüzeyine doğru fırlatıyorlar. Elmasların çoğu Afrika’dan geliyor. Büyük miktarlarda elmaslar bir de Afrika açıklarında Atlas Okyanusu’nun yatağında bulunuyor. Fakat bu taşları çıkarmanın masrafı, taşların değerinden çok daha fazla.

1980’lerin sonlarına doğru, bilim adamları (kendilerini) yeni içi boş küre şeklindeki bir karbon molekülü formu keşfettiler. Kaşif Buckminster Fuller tarafından dizayn edilen jeodezik kubbelerle çok benzediği için bu moleküle Fullerene dediler. Daha sonra daha büyük ve heyecan veren Fullerene’lerden birisine de Buckyball ismini verdiler. Buckyball’lar kimyacılar için ayrı bir ilgi konusudur, çünkü onlar kendi oyukları içerisinde diğer atomlara ve moleküllere ev sahipliği yapabilirler.

Astronomlar bir süpernovanın enkazındaki karbonun birazının grafit, birazının da elmas zerrelere oluşturduğuna ve her birinin sadece birkaç bin atom içerdiğine inanırlar. Bu elmas tozunun birazı göktaşlarında bulunmuştur. Böylece belki de, “yıldızların elmaslar gibi siyah ka-

difeye karşı ışıldaması” sözü o kadar da hayalci değildir, tüm bunların üzerine.

Karbonları birarada tutan nedir? (Sayfa 51’e bakınız: “Nesneler Neden Dağılıp Gitmez?”)

SU

Su şimdilerde özel tasarlanmış şişelerde satılacak kadar önemsenmiş ise de, çoğu insan onun ne kadar hususi olduğunun farkında değildir. Hayatımız ona sadece dayanmaz, aynı zamanda çoğu ondan meydana gelir; vücudumuzdaki her bir hücre su içerir. Yeryüzünün çoğu suyla kaplıdır, buhar şeklinde yükselir; tekrar yağmur ve kar şeklinde inmek üzere. Hava durumunun en uç durumlarını suyun çok az veya çok fazla olmasıyla tarif ederiz; seller ve kuraklık. Hiç şüphesiz, her yerde bulunması ve bu kadar önemli olması, onu birçok durumda çevremizi saran milyonlarca madde arasında eşsiz bir hale getirir.

Suyun formülü basit ve meşhurdur: H_2O : İki hidrojen atomu bir oksijen atomuyla bağlı. Suyun her yerde bulunmasının sırrı hidrojen bağında yatar, nispeten zayıf bir bağdır, suyun hemen hemen herşeye yapışmasına neden olur. Su molekülleri kimyacıların polar kovalent bağlar dedikleri formdadır. Bir kovalent bağda, iki çekirdek aralarındaki elektronların paylaşımı ile bağlı halde bulunurlar. Birçok kovalent bağda, atomlar elektronları eşit olarak paylaşırlar. Fakat polar kovalent bağlarda, elektronlar bir çekirdek tarafından diğerine göre daha fazla çekilirler. Bu da molekülün bir ucuna hafif negatif yük diğer ucuna ise hafif pozitif yük verir. Tamamiyle iyonik olan bir bağda, çekirdekler elektronlarını paylaşmak yerine birinden diğerine aktarırlar. Elektronlarını kaybeden çekirdek pozitif yüklü, elektron kazanan çekirdek ise ne-

gatif yüklü olur. Polar su moleküllerinin yüklü uçları çoğu iyonik bağlı madde ile kolayca bağlanabilir, negatif uçlar pozitif yüklü molekülleri pozitif uçlar negatif yüklü molekülleri çeker. Su ayrıca birçok madde ile de polar kovalent bağlarla bağlanır. Böylece okyanuslardaki tuzdan kanımızdaki besinlere kadar birçok madde suda çözünürler.

Su molekülleri polar ya da yüklü olduğundan dolayı, komşu su molekülleri de birbirlerini çekerler-negatif uçlar pozitif uçları. Su molekülleri birbirlerine bu kadar güçlü bağlı olmasaydı, onları koparmak daha az enerji gerektirirdi, ve su çok daha düşük bir sıcaklıkta kaynardı. Okyanuslardaki suyun çoğu buharlaşırdı. Su, çözücü (içinde başka bir maddenin çözüldüğü madde) olarak hareket etmediği zamanlarda kimyasal reaksiyonlarda yer almakla meşguldür. Birçok polimerin yani, vücudumuzdaki proteinlerden üzerimizdeki elbisenin naylonuna kadar birçok şeyi meydana getiren uzun molekül zincirlerinin oluşumunda başrol oynar. Polimerlemenin bir türü olan yoğunlaştırma polimerlemesinde, zincir oluştukça küçük su molekülleri açığa çıkar. Hidroliz denilen tersi işlemde de su molekülleri polimer bağların arasına girer ve zincirler dağılır.

Suyun tuhaflıklarından belki de en ilginç, bütün diğer maddelerin aksine sıvı halden katı hale geçerken genleşmesidir. Sıcaklık düştükçe su molekülleri tetrahedronlar halinde bir araya istiflenir. Tetrahedron her yüzü üçgen olan dört yüzlü bir şekildir. Tetrahedral bir düzen sıvıdaki rastlantısal molekül dizilişinden daha çok yer kapladığı için, suyun katı hali -buz- sıvıdan daha az yoğundur. Bu da bardağınızdaki içecekte buz küplerinin batmamasını sağlar. Daha önemlisi, göllerdeki ve okyanuslardaki su donduğu zaman buz yüzeyde toplanır. Bu ise balıkların ve diğer canlıların buzun altında hayatta kalmasını

sağlar. Eğer buz batsaydı, okyanuslar katı olarak donacaktı ve dünyada hayat hiçbir zaman gelişemeyecekti. Bu ise “Su, her yerde su, ama içmeye tek damla yok.” sözünü anlamlandıracaktı.

Hidrojen ve oksijen gibi atomlar neden birbirlerini çekmeye eğilimlidir? (Sayfa 51’e bakınız: “Nesneler Neden Dağılıp Gitmez?”)

Polimerler nasıl oluşur? (Sayfa 59’a bakınız: “Polimerler”)

YENİ ELEMENTLER YAPMAK

Çevremizdeki dünyayı öğrenmenin bir yolu da modelleri ayırt etmektir. Küçük çocuklar bu durumla, anne ve baba akşam vakti giyindikleri zaman kendilerinin bebek bakıcısına teslim edileceklerini anlamalarıyla karşılaşır- lar. Kediler mutfak dolabını açtığınızda şekerlemelerin yolda olduğunu bilirler (ve sonrasında dolabı kendileri açmaya çalışırlar). Yabancı bir dile çalışırken dilbilgisi ve kelimelerin kullanımıyla ilgili modeller ararız. Bilim adamının görevinin büyük kısmını modelleri araştırmak oluşturur. Ödül ise birşeylerin birbirlerine nasıl uyduğunu bulmanın getirdiği tatminin yanında, henüz keşfedilmemiş şeyleri öngörmek için modeli kullanabilmektir. Böyle bir modelin güzel bir örneği elementlerin periyodik tablosudur.

1800’lerin sonlarında, Dimitri Mendeleev adındaki Rus kimyager malzeme dünyasının altını çizen temel bir sıralamanın farkına vardı. O zamanlar bilim adamları atomları ve onların biraraya gelerek maddeleri oluşturduğunu biliyorlardı. Hangi maddelerin elementlerden, hangilerinin de elementlerin birleşiminden geldiğini belirlemeye uğraşıyorlardı. Altmışüç elementi ayırt edebilmiş-

lerdi. Mendeleev, elementler atom ağırlıklarına, yani çekirdeklerindeki proton sayılarına göre düzenlenirlerse, belirli fiziksel özelliklerin periyodik olarak tekrarlandığını dahice fark etti. (En basit atom olan hidrojen bir protonuyla 1 atom ağırlığına sahiptir.) Elementlerin atom ağırlığı sırasını koruyarak, onları dik sütunlar halinde fiziksel özelliklerine göre düzenledi. Bu noktadan itibaren modelin öngörücü gücünü görüyoruz: Tablosunu oluştururken, Mendeleev henüz keşfedilmemiş olsa da elementlerin olması gerektiğini düşündüğü yerleri boş bıraktı. Her boşluk için, elementinin atom ağırlığını ve fiziksel özelliklerini tahmin etti. Birkaç yıl içinde, diğer kimyagerlerin eksik elementleri bulması onu haklı çıkardı.

Periyodik tablo dünyada doğal olarak bulunan doksan iki element içerir. 92 numara çekirdeğindeki doksan iki protonuyla uranyumdur. Kimyagerler periyodik tabloya bakarak, uranyuma bir proton ekleyip 93 numaralı elementi yaratıp yaratamayacaklarını düşündüler. Bu sorunun cevabı “evet”, 93’ten 109’a kadar numaralanmış olan elementlerin temelidir. Bilim adamları bu elementlerden bazılarını uranyumu nötronlarla bombalayarak oluşturdular. Çarpma sonucunda nötron bir proton ve elektrona bölünür. Proton yeni elementin bir parçası olur, elektron ise çarpışmadan öteye fırlatılır. Kimyacılar yeni elementleri oluşturmak için daha komplike metodlar kullansa da temel fikir aynıdır: Uranyumun extra protonların üretimi için bombardıman etmek.

Bilim adamları periyodik tabloda uranyumdan sonraki elementlere transuranyum -uranyum ötesi- diyorlar. Uygulamalı ve Temel Kimya Topluluğu elementin kaşifini -bu günlerde tek bir kişi yerine genellikle bir grup oluyor-tasdik ettikten sonra, o elementi isimlendirme hakkına sahip oluyor. 106 numaralı, seaborgium, transuranyum elementlerinin on tanesinin keşfinde rol alan yaşayan bir

bilim adamının, Glen Seaborg, ismini alan tek elementtir.

Nereye kadar gidebiliriz? Uranyuma yeni elementler oluşturabilmek için kaç tane daha proton ekleyebiliriz? Bu konudaki bir problem elementin atom numarası büyüdükçe daha az kararlı ve daha kısa ömürlü olmasıdır. Kararsız elementler ise daha kararlı elementlere bozunuyorlar. Mesela 110 numaralı element sadece saniyenin milyarda biri uzunluğunda bir yaşam ömrüne sahip olabilir. Bununla beraber, elektronlarının dizilişi sayesinde daha büyük atom numaralı elementler daha kararlı olabilirler.

Büyük patlamadan hemen sonra kainat, sadece hidrojen (1 numaralı element) ibaretti. Hidrojen çekirdekleri çarpıştığında helyum ve lityum -2 ve 3 numaralı elementler- oluştu. Kütleli çekim bunları ilk yıldızları oluşturmak üzere bir araya topladı. Bu yıldızların ve yıldızların ölümünün sinyalleri olan büyüleyici süpernova patlamalarının ateşinde, güçlü ve daha güçlü çarpışmalar sonunda 92 numaralı uranyuma kadar doğal olarak varolan bütün elementleri oluşturdu. Yani biz ve etrafımızdaki dünya aslında yıldızlarda doğduk.

Elektronları ve protonları bir arada tutan nedir? (Sayfa 51'e bakınız: "Nesneler Neden Dağılıp Gitmez?")

Elementlerin atom ağırlıkları atomlarındaki protonların sayısı ile belirlenir. Peki protonlar nelerden yapılmıştır? (Sayfa 31'e bakınız: "Kuarklar")

POLİMERLER

Çoğumuz molekül ve atomları -atomlardan oluşmuş moleküller etrafımızdaki herşeyin yapı taşıdır- biliriz. Bu gittiği yere kadar doğrudur. Fakat materyallerin çoğu, binlerce küçük molekülün bir zincir boyunca dizilmesin-

den meydana gelen dev moleküllerden oluşur. Bu materyallere polimerler denilir. Poli çok demektir, iki ya da daha çok melodiden meydana gelen müzik olan polifoni, ya da birden çok eş ile evlilik demek olan poligamide olduğu gibi. Polimer zincirler dev bir partideki benzer dans çizgileri gibidir. Onlar genelde monomer denilen tekrar eden yapılardan oluşur. Polimerik materyallerde zincirler değişik uzunlukta (her materyalin ortalama uzunluğu olduğu halde) olduğu için polimerler için belirli bir formül yoktur. Onun yerine bilim adamları zinciri yapan birimlerden bahsederler.

Polimerler, vücudumuz dahil her yerdedirler. Saç, kas ve deriyi oluşturan protein molekülleri polimerdir, onlar uzun aminoasit zincirlerinden oluşur. Birçok değişik vücut işlemlerinde katalizör olarak görev yapan enzimler de proteindir. Bir örnek, vücudun laktozu kırmasına yardımcı olan laktazdır. İnsulin de bir proteindir. Vücudun proteinleri nasıl yaptığı ise bilim adamlarının en ilgili olduğu konudur. İnsülinin suni üretimi mesela, şeker hastaları için büyük bir fayda olacaktır.

Bir polimerin oluşma işlemine polimerizasyon denir. İki çeşit polimerizasyon vardır: Yoğunlaşma ve ekleme polimerizasyonu. Onlar isimlerinden anlaşıldığı gibidir. Bir polimer yoğunlaşma polimerizasyonu ile oluşturulduğunda, küçük su molekülleri ve diğer materyaller polimer formlarından ayrılarak zincirleri oluştururlar. Ekleme polimerizasyonu ile polimer oluşturulduğunda ise, bütün küçük moleküller hiç fire vermeden zincirlere girerler. Yoğunlaşma polimerlerinin çoğu zincirleri 5000-30000 arasında molekül ihtiva ederken, ekleme polimerlerinin zincirleri ise 20.000'den birkaç milyona kadar küçük moleküle sahip olabilirler.

Polimer araştırmalarının çoğu doğal polimerleri geliştirmek ve suni olanları oluşturabilmek üzerindedir. Ka-

uçuk çok bilinen, hem geliştirilmiş doğal halde hem de sentetik halde bulunan bir polimerdir. Kauçuk dinlenme halindeyken gelişigüzel sarmallar içinde uzanan kıpırdamaya hazır zincirler içerir. Kauçuk gerildiği zaman, zincirler açılarak sıralı bir düzen oluştururlar. Serbest bırakıldığında ise, zincirler düzensiz sarmal hallerine dönerler. Kauçuğa esnekliğini veren de budur. Doğal kauçuk ağaçlardan elde edilir.

1839 yılında, Charles Goodyear doğal kauçuğu kükürt ile ısıtınca zincirlerin birbirleri ile bağ yaparak daha sağlam bir kauçuk, vulkanize edilmiş kauçuk, oluşturduğunu keşfetti. Neticede, kimyagerler daha esnek ve daha sağlam olan bütünüyle sentetik kauçuklar geliştirdiler.

Birçok polimer kimyageri sentetik lifler elde etmek üzerine çalışırlar. Lifli malzemeler, doğal ya da sentetik, birbirlerinin etrafına sarılı zincir desteleri içerirler. Çoğu sentetik lif organik polimerdir, yani karbon atomu taşırlar. (Organik kimya, her yerdeki önyargılı öğrencilerin belası, karbonun kimyasıdır.) Belki de en az bilinen sentetik lif polyesterdir. Bütün bu kırışmayı reddeden giyecekler polimer kimyacılarının hediyesidir. Polyesterden pamuk gibi daha doğal lifler için kaçınmak isteyebilirsiniz, yine de polyester (ve akrilik ve naylon) yapımında en çok kullanılan maddenin petrol olduğu aklınızda olsun. Petrolden yapılmış giyecekler kulağa romantik gelmese de “doğal”lar.

Herhangi bir polimer su içerir mi? (Sayfa 54’e bakınız: “Su”)

Kauçuk gibi esnek bir polimer çok fazla gerilirse ne olur? (Sayfa 63’e bakınız: “Kırılma Noktası”)

KRİSTALLER VE KRİSTALOGRAFİ

Bazı insanlar kristalleri küpe ve pandantif yapmada kullanılan traş edilmiş camın güzel parçaları olarak düşünür. Diğerleri ise mistik özellikleri olduğu farzedilen küçük kuartz parçaları olarak düşünür. Ancak dünyamız çoğu kişinin bildiğinden çok daha fazla kristalden oluşur; aslında çoğu madde katı hallerindeyken kristal yapıdadır. Gazlar ve akışkanlar nisbeten düzensizdir. Kristal bir madde moleküler seviyede düzenlidir. Sadece birkaç katı, cam gibi, düzensizdir. Bazı bilim adamları camı aşırı soğutulmuş bir sıvı olarak düşünürler; bayağı düzenli bir katı hale geçmeksizin donma noktasının altına indirilmiş bir sıvı. Kristal yapı kimyagerlere değişik maddelerin atomlarının birbirlerine nasıl bağlandığı hakkında iyi bir bilgi verir. Ayrıca birçok alandan bilim adamlarına kristalografi adında çok iyi bir yardımcı sağlar.

Birçok kristal madde -metaller gibi- içlerinde bir düzene sahip olduklarından çıplak gözle ayırdedilemezler. Kristal bir madde küçük üç boyutlu düzenli yerleşmiş kendini tekrarlayan şekillerden oluşur. Bilim adamları kendini tekrarlayan en küçük şekile birim hücre derler. Kendini tekrar eden kedi yavrusu ve sepetlerden oluşan bir duvar kağıdı örneğinde, matbaacının peşi sıra basmak için ayırabileceği en küçük kedi yavrusu ve sepet grubu birim hücre olacaktır.

Bilim adamları bir kristali geometrik şekli ve simetrisi ile nitelendirirler. Bütün kristaller simetrinin bazı türlerini sergilerler. Simetri bir nesnenin şeklini değiştirmeden konumunu değiştirmenin yollarını tarif eder. Örneğin insan vücudu sol-sağ simetrisine sahiptir, ama ön-arka ya da aşağı-yukarı simetrilerine değil. Sağdan sola ters çevrilmiş olsa da aynadaki görüntümüzü ayırdedebilmemizin nedeni budur. Eğer ayna kafamızı aşağı ayaklarımızı

yukarı ters çevirmiş olsaydı, üstümüzü düzeltmek çok daha fazla sorun olurdu.

Bilim adamları birçok kristalin üç boyutlu yapılarını belirlemek için iki boyutlu görüntüleri kullanmayı öğrendiler. Kristalografi adındaki teknikleri, X ışınlarının dalgaboyunun (dalga ucundan dalga ucuna mesafe) bir kristalin atomlarının arasındaki boşluklara aşağı yukarı eşit olması olgusuna dayanır. X ışınları kristalden geçerken, temasta olan atomlar onların değişik açılarda birbirlerinden ayrılmasına neden olurlar. Bilim adamları buna kırınım derler. Kristalin uzak ucuna yerleştirilen bir fotoğrafik plaka ışınların hangi açılarda kırınımına uğradıklarını kayıt eder. Bir ışın demetinin dalgaları üstüste bindiği zaman, şiddetlerini ikiye katlarlar, ya da birbirlerini büyütürler. Bir tepe ile bir çukur üstüste geldiğinde ise birbirlerini iptal ederler. X ışınları değişik açılarda kırınımına uğradığından, bazı dalgalar birbirlerini şiddetlendirir bazıları da iptal eder. Şiddetlendikleri yerlerde görüntü üzerinde koyu noktalar oluşur, iptal oldukları yerlerde ise açık noktalar oluşur. Kristalograflar kristalin üç boyutlu yapısını belirlemek için hem noktaların uzaklıklarından hem de siddetteki değişimlerden yararlanırlar. Bu tekniği fizik, mineraloji, metalurji ve biyoloji gibi çeşitli alanlarda kullanırlar. Bir kar tanesi paltonuzun koluna düştüğü zaman, onun altı uçlu dantelimsi yapısına hayran olabilirsiniz. Görmediğiniz ise o kar tanesinin daha küçük birimlerinin de aynı kristal yapıya sahip olduğudur. Moleküler düzeyde dünya bizim günlük hayatımızda farkında olduğumuzdan çok daha büyük bir düzenin yeridir.

Kristalleri bir arada tutan nedir? (Sayfa 51'e bakınız: "Nesneler Neden Dağılıp Gitmez")

Aynı madde hem kristal olup hem de olmayabilir mi? (Sayfa 53'e bakınız: "Elmas ve Grafit")

KIRILMA NOKTASI

İlanların dediklerini umursamazsak, kırılmaz madde diye bir şey yoktur. Eğer bir malzemeye yeterince baskı uygulanırsa kırılır. Baskı, mühendisler malzemeye uygulanan yük ya da basınç için kullandığı kelimedir, ve mukavemet de bir malzemenin ne kadar büyük bir baskıya karşı koyabileceğinin ölçüsüdür. Diğer insanlar gibi siz de yanılabilirsiniz. Sağlam görünen bir malzeme kolayca kırılabilir, zayıf görünen bir malzeme de oldukça sağlam olabilir.

Malzemeler iki çeşit basınçla yüzleşir: Germe ya da çekme; sıkıştırma ya da itme. Mühendisler çekmeye dayanan bir malzemenin gerilme mukavemetine, itmeye dayanan bir malzemenin de sıkışma mukavemetine sahip olduğunu söylerler. Bazı malzemelerde germe ve sıkıştırma oldukça dramatik görülmesine rağmen, hareket maddeyi bir arada tutan kimyasal bağlarda yer alır. Atomların arasındaki bağlar küçük yaylar olarak düşünülebilir. Bir malzeme gerilince, atomlar arasındaki bağlar uzar, ve bir malzeme sıkıştırılınca da bağlar kısalır.

Malzemeler iki temel şekilde kırılır ya da hasar görür. Kopmadan önceki en uç biçim değişimine kadar gerilirler, kauçuk kayışta ya da yumuşak karamela parçasında olduğu gibi; ya da çatlarlar, cam parçası ya da porselende olduğu gibi. Gerilebilir, ya da kırılman olmayan malzeme en sonunda koparken, atomlar birbirinin yanından kayıp gider ve yırtılma en uç seviyeye gelince de malzeme ayrılır.

Kırılman bir madde çatlayınca, çatlağın başlangıcındaki bölgedeki atom katmanları arasındaki bağlar kırılır. Malzeme üzerinde eşit aktarılmakta olan basınç çatlak etrafında yoğunlaşır. Bu ise çatlağın hemen ötesindeki alanda daha da büyük bir basınç yaratır, ve daha fazla bağ

kırılır. Bu da kırılan bağların zincirleme bir reaksiyonuna neden olur, bir nesnenin çok çabuk parçalanıyor görünmesinin nedeni de budur.

Kırılmaz bir malzeme olmaması gibi, tamamen bükülmez olanı da yoktur. Okurken dirseğinizi masaya dayıyorsanız, dirseğinizin basıncı altında masa ayrılıyordur, yine de hafifçe, dirseğinizin yükü ile geçici olarak biçim değiştirirler. Malzemenin üzerindeki yük kaldırıldığında eski haline dönme kabiliyetine elastiklik denir. Sadece lastik bantlar gibi bilinen malzeme ve cisimler elastik değildir. Ayağınızın altındaki halı da siz üzerinden geçip gittikten sonra eski haline dönmesi gerekir.

Eski haline dönmeyen malzemeler ise plastiki davranırlar. Bilinen bir örnek, elastik bilekliklerdir, uzadıkça şekillerini yitirirler ve sonunda yırtılana dek gevşedikçe gevşer. Gevrek malzemeler de kırılma noktasına kadar gerilebilirler, ve sonra hiç uyardırmadan kırılırlar. Bu yüzden cam gibi kuvvetli malzemeler bazı büyük yapılarda kullanılmaz, çünkü hiç uyardırmadan kırılırlar. Diyebilirsiniz ki elastik bir malzeme, kolaylıkla “kararlarında esneyebilir” bir insan gibiyken, gevrek malzeme herşey yolunda gibi hareket edip bir gün birden çöken insanlar gibidir.

Bazı insanlar sertliği, güçlülük ile karıştırırlar. Sert bir madde, esnek bir maddenin olduğu gibi güçlü ya da zayıf olabilir. Diyelim ki bu kitabı olurken bir gece atıştırması yapıyorsunuz. Yediğiniz üzüm jeli esnek ve zayıftı; ne kadar kırılıp masa üzerine döküldüğüne bakın. Krakerler ise sert, veya gevrek, ve zayıftırlar, bıçağın basıncıyla çok kolay kırılırlar. Krakerlerin olduğu tabak ise sert ve güçlüdür, yatmadan önce kullandığınıza emin olduğumuz diş fırçanız ise esnek ve güçlüdür.

Atomlar ve moleküller arasındaki kimyasal bağlar nasıl oluşur? Neden onlar nesneleri kırılma noktalarını geç-

meye zorlanana dek birarada tutarlar? (Sayfa 51'e bakınız: "Nesneler Neden Dağılıp Gitmez?")

Bilim adamları baskaya değişik tepkileri olan değişik bileşikler dizayn edebilir mi? (Sayfa 59'a bakınız: "Poli-merler")

SABUN

Sabunun büyük yetenekleri onun ayırık karakterinden dolayıdır. Çok şık ambalajlar içerisinde satılmasından değil, çok nazik gibi görünmesinden de değil ama moleküllerinin ne istediklerine bir türlü karar verememesi yüzünden bu yeteneklere sahiptir.

Bütün sabun moleküllerinin uzun bir hidrokarbon kuyruğu (Bir hidrokarbon bileşik sadece karbon ve hidrojenen meydana gelen bileşiktir.) ve suda çözünebilir bir başı vardır. İşte sabun moleküllerinin karışık kişiliği burada yatar. Sabun moleküllerinin başı yüksek oranda polarizedir, bu yüzden de su gibi polar moleküller tarafından çekilir. Bu yüzden su çeken anlamında hidrofilik denir. Sabun molekülünün öbür ucu, kuyruğu ise polarize değildir ve bu yüzden yağlar gibi polarize olmayan maddeler tarafından çekilir. Bunlara da su-iten anlamında hidrofobik denir.

Sabun suda çözüldüğünde, misel denilen büyük molekül toplulukları oluşturur. Hidrofobik kuyruklar misellerin merkezine, hidrofilik başlar ise dışa dönük yerleşir. Devamlı hareket halindeki bu miseller, mesela yüzünüz gibi yağlı bir cisimle karşılaştıklarında kuyruklar yağa doğru çekilirken, başlar su ile bağ oluştururlar. Sonuç olarak sabun yağın kendisinin sanki suda-çözünebilir gibi davranmasına izin verir. Çünkü sabun, yağ ve suyun karşılaştığı bir yüzey olarak davranır, bu yüzden aktif-yüzeyli madde ya da kısaca surfaktant olarak adlandırılır.

Suni sabunlar olarak kullanılan deterjanlar da surfaktanttır.

Kuyruğu yağa gömülmüş başı ise su moleküllerine bağlanmış miseller yağ damlası oluştururlar. Sabun moleküllerinin yüklü başlarının itişiyüzünden biraraya yapışamayan yağ damlaları da su ile taşınırlar. Yüzünüz ya da tişörtünüz temizlenmiştir. Sabunlu su ve yağlı cisim arasındaki yüzeydeki kuvvetli dalgalanma, yağ damlacıklarının oluşumunu ve uzaklaştırılmasını hızlandırır. Yani, kuvvetli çitileyin!

Bütün sabunlar yağ, alkali maddeler ve çözünür tuzlar içerir. Sabun büyük ihtimalle atalarımız tarafından ateşin üzerinde yemek pişirirken yemeğin yağı ağaç küllerinin üzerine döküldüğünde keşfedilmiştir. Eğer ateşi söndürmek için küllerin üzerine su dökülürse, yağ ve kül artıkları ilkel bir çeşit sabun oluştururlar. Mutfaktaki -ya da kamp yapan- bazı insanlar bu sabunun temizlemede faydalı olduğunu fark etmişlerdir.

Günümüzde, sabun çoğunlukla kuyruk yağı yerine hurma ya da zeytin yağıyla, ve kül artığı yerine de sodyum hidroksit ile yapılır. Değişik formüller daha fazla ya da daha zor köpüren sabunlar elde edilmesini sağlar. Sabun sert su -kaynağının kenarındaki kayalardan kalsiyum ve magnezyum iyonu sahibi olan su- ile kullanıldığı zaman kireç sabunu denilen çözünmeyen bir madde oluşur. Bu yağlı artık aynı zamanda küvet halkası -ilk atalarımızın dert etmek zorunda olmadığı birşey- olarak da bilinir.

*Neden ateşten arta kalan küllerde karbon bulunur?
(Sayfa 69'a bakınız: "Ateş")*

BEYNİN KİMYASI

İnsan bedeninin bütünü hücrelerden oluşur, ve tüm bedensel büyüme ve aktiviteler bu hücrelerin kimyasal değişimi sonucudur. Peki ya kafamızın içinde ne var? Sadece beyin değil, bununla birleştirdiğimiz herşey; düşüncelerimiz, hislerimiz, hafızamız, bilincimiz, açıkça kendimiz. Bazı bilim adamlarına göre bütün beyin faaliyetleri kimyasal işlemlere indirgenebilir. Diğer bilim adamları ise kimyanın birçok şeyi açıklamasına rağmen, herşeyi açıklayabileceğini söylemek için erken olduğunu söylemekten ileri gitmezler.

Sinir sisteminin milyarlarca özelleşmiş sinir hücresine nöron denir. Vücut hücrelerimiz arasında en genişleri olan nöronlar, diğer vücut hücrelerinden ve dokularından aralarındaki incelikle işlenmiş haberleşme sistemiyle ayırt edilir. Bu haberleşme ağıyla beyin vücudun diğer bölgelerine mesaj gönderirken ve alırken dış dünyanın durumunu da gözden geçirir. Duyu hücreleri dokunma ve sıcaklık gibi duyular hakkındaki bilgiyi alır ve beyine nakleder. Motor nöronlar beyinden aldıkları mesajı kasları ve bezleri harekete geçirmek için dış zara gönderir. Nöronlar arasında en çok sayıda olan ara nöronlar motor, duyu ve ara nöronlar arası ara bağlantıyı sağlar, vücudun ve beyinin karışık aktivitelerini organize eder.

Bütün nöronlar stoplazma adında bir merkeze sahiptir, protein ve diğer kimyasalları içeren bir zarla çevrilidir. Zar negatif yüklü sitoplazma ile pozitif yüklü hücre dışı sıvılar arasında duvar rolü oynar. Yükler arasındaki bu fark uyartıların bir nörondan diğerine nasıl geçtiğinin önemini belirtir. Öte yandan nöronların dallanmış uzantıları olan dendritler gelen uyartıları alır ve bunları hücrelere iletir. Ayrıca nöronların uzun, iplik şeklindeki uzantıları olan aksonlar uyartıları hücrelere; kimi zaman

çok uzakta olan hücrelere iletir. Bütün nöronların aksonları genellikle uyarıları diğer nöronlara iletir ve dendritler bu uyarıları diğer nöronlardan alır.

Bir uyarı bir nöronun aksonundan diğerinin dendritine giderken sinaps adı verilen ince bir boşluktan bir atlama gerçekleştirir. Her nöronun tek gidiş yolu vardır, yani uyarılar sadece bir yönde giderler. Uyarılar elektriksel etkiye neden olan kimyasal işlemlerle geçirilir, bu sinyallere elektrokimyasal sinyaller denir. Bu işlem bir aksonun nörotransmitter denilen kimyasalı sinapstan diğer nöronun dendritine salıvermesiyle başlar. Nörotransmitter alıcı hücreye bağlandığı zaman, pozitif yüklü parçacıkların geçebildiği alıcı hücrenin proteinleri açılır. Hücre içindeki negatif yükler tarafından çekilen pozitif yüklü parçacıklar dengeyi bozarak hücre içini pozitif yüklü hale getirir. Hücre içinde, yakında bulunan proteinler benzer şekilde açılarak pozitif yüklü parçacıkların geçmesine izin verir ve daha sonra kapanır. Hücrenin her kısmının yaptığı gibi önceki kısım yükü ters çevirir ve negatif hale getirir. Hücrenin uzunluğu boyunca devam eden bu işleme sinir uyarısı deriz.

Nöronlara uyarıları harekete geçirmek için talimat veren nörotransmitterlerin yanında nöronların harekete geçmesine engel olan nörotransmitterler de vardır. Bu denge olmasaydı bütün nöronlarımız sabit bir şekilde uyarı gönderirdi; bu da kesinlikle -tahammül edilebilecek gibi değilse- rahatsız bir durum olurdu.

Kuşkusuz sinir sistemimizi sade kimya ile düşünürken ki problem “sade” kelimesindedir. Sinir sistemimiz karışık bir orkestranın ince enstrümanlarının elektrokimyasal mesajlar göndermesine benzer. Mesajların karışımı inanılmaz ince ayırd edilir ve sonsuz değişir. Öyleyse, bu durumda bir orkestra şefinin de olması da gerekiyor. Onun hakkındaki hiçbir şey “sade” değildir.

Duygusal izlenimlerimizin nesneleri gerçekten dışımızda mı, yoksa bütünüyle kafamızın içinde mi? (Sayfa 161'e bakınız: "Duyular")

Beyin faaliyetlerinin elektriksel temeli nedir? (Sayfa 41'e bakınız: "Akım Olayları")

Beyin kimyası hafıza üzerinde nasıl bir rol oynar? (Sayfa 205'e bakınız: "Hafıza")

"Düşünmek" için bir beyne ihtiyaç var mı? (Sayfa 220'ye bakınız: "Yapay Zeka")

ATEŞ

Maddenin enerjiye dönüşümü için ateşten daha güzel bir örnek bulamazsınız. Şöminenin yanında duran odun yığınının düşünün, güzel alevleri ve korların sıcaklığını düşünün, ve sonra küçük bir kül yığınının. Arka bahçenizdeki mangalın içinde dikkatlice dizilmiş kömürleri, sonra balığınızı ya da bifteğinizi pişiren alevi ve sonra da kalan siyah artığa bakın. Tutuşturmak için kullandığınız kağıt bile çok değişir.

Ateş malzemenin oksijenle birleştiği, oksidize olduğu, kimyasal bir reaksiyondur. Oksijen, oksijen içeren bir karışımın parçası da olabilir. Tutuşma da denen yanma işlemi, yakıt moleküllerinin varolan oksijenle etkileşebilmesi için yeterince sarsılacak kadar ısıtılmasıyla başlar. Kibritler, kibritin kutusunun yüzeyine sürtüldüğünde karşılaştığı sürtünmeden kaynaklanan ısının tutuşturabileceği şekilde dizayn edilmişlerdir. Yanmanın sonucundaki maddeler, baştaki maddelerden, yakıt ve oksijen, daha az enerjiye sahiptirler, ve artan enerji ısı ve ışık olarak verilir. Küçük bir kısmı da havayı sıkıştırarak, bir şey yanarken duyduğunuz sesi çıkarır. Basit kavramları bu kadar açık da olsa, gerçek işlem oldukça karışıktır. Hidrojen ve oksijenin, en basit yanma işleminde, atomlar grupla-

nıp dağıldıkları en az on dört kademeden geçerler.

Yakıtlar katı, sıvı ya da gaz olabilirler. Odun gibi katı maddeler yandığında, düşük sıcaklıkta buharlaşan maddeler önce ayrılır ve yanmaya başlar. Bu yüzden bazen odun ya da kömür ateşini devamını sağlamak zordur. Sıvı yakıtlarda ise, ısı yüzeydeki sıvıyı önce buharlaştırır ve bu buhar yanar. Buhar yandıkça da daha fazla buhar çıkar. Gazın sıcaklığı arttığında ise, moleküller arasınadaki güçlü çarpışmalar atomlar arasındaki bağların kırılmasına neden olurlar. O zaman atomlar daha da çabuk etkileşirler ve yanma zincirleme reaksiyon olarak gider. Eğer sıcaklık yeterince yüksekse, zincirleme reaksiyonlar o kadar hızlı olur ki bütün yakıt aynı anda yanar, ya da patlar. Yani patlama aslında çok hızlı yanmadır. Yakıtın katı, sıvı, ya da gaz olmasının bir önemi olmaksızın yakıt ve yeterince oksijen bulunduğu sürece ateş yanmaya devam edecektir. Ateşi bir battaniye ile boğduğunuz zaman onu oksijenden yoksun bırakırsınız.

Kendiliğinden oluşan yanma sihir değildir, ve çoğunlukla malzemeler yığınlar halinde depolandığında oluşur. İçindeki mikroplar ısı ürettikçe malzemenin sıcaklığı artar. Malzeme en sonunda alevlenene kadar bu sürer.

Konuşmamıza maddenin enerjiye dönüşümüyle başlamıştık. Bir adım geri atarsak, kullandığımız yakıtların enerjinin maddeye dönüşümüyle oluştuğunu görürüz. Odunumuzu sağladığımız ağaç güneşin enerjisini emip onu büyümek için kullanmıştı. Petrol gibi fosil yakıtlar milyonlarca yıl önce depolanmış olan güneş enerjisini açığa çıkarırlar. Şu anda ise sizin için yeniden dönüşümde!

Bir ateşin ısını hissedebilirsiniz, peki ya ısıyı gerçekten görebilen herhangi bir hayvan var mı? (Sayfa 167'ye bakınız: "Kızılötesi Radyasyon")

MATEMATİK

SIFIR

Batı yarımküredeki medeniyetlerde 'sıfır' fikri milattan sonra ilk yüzyıllarda Mayalar tarafından bulunmuştur (Sıfırın Mayalardaki sembolü boş bir istiridye kabuğudur). Çoğu tarihçi, sıfırın milattan önce beş yüzyıllarda Babililer tarafından icat edilmesine ve bin yıl kadar sonra Hindistan'da tekrar ortaya çıkmasında yoğunlaşırlar. Sıfır, Hindistan'dan Ortadoğu'ya yolculuk yapmış; Arap sayı sistemine katılmış ve oradan da Avrupa ve Amerika'ya geçmiştir.

Bu, yolculuk seven sıfır, yer belirtici bir sıfır, 2, 20 ve 200 arasındaki farkı gösteren sıfırdır. Bu sıfır diğer rakamlara ne kadar değer verileceğini belirtir. Yer belirtici sıfır, fasulyelerle sayı sayma pratiğinden ortaya çıkmıştır. Birçok eski kültürde insanlar bir sayı tablosuna dizilmiş fasulyelerle sayarlardı. Sütunların günümüzde kullandığımız sistemdeki karşılığı rakamlardır. İlk sütundaki bir fasulye 1, ikinci sütundaki bir fasulye ise 10 değerindeydi. Sıfırın icadından önce bizim sıfır koyduğumuz sütunlar boş kalırlardı. 10 sayısı boş olan birinci sütunun yanında ikinci sütundaki bir fasulyeyle ifade edilirdi. Sıfırı kullanmaya o kadar alıştık ki, eski insanların nasıl olup

da sıfır sembolü kullanmadan bizimkine bu kadar yakın bir sayı gösterimine sahip olduklarını anlamak güç.

Yer belirtici olan sıfırın Babilliler tarafından icat edilmesinden sonra, sıfırın bir sayı olarak Hindular ve Çinliler tarafından geliştirilmesi bin yıl sürdü. Daha sonra batı dünyasında kullanıma girmesi ise 700 yıl aldı. Sıfır sayısı insan düşüncesine o kadar uzaktı ki, eksi sayılar bile daha önce bulunmuştur.

Sıfır, hiç bir şeyden başka bir şey ifade eder mi? Hem evet, hem hayır. Sıfır hiçbir şey anlamına gelir ama aynı zamanda da bazı matematiksel özellikleri taşıyan tek sayıdır. Bütün basit sayılara; 1,2,3,4,5 vs. tamsayılar denilir. Sıfır da bir tamsayıdır ama negatif ya da pozitif olamayan tek sayıdır.

Bütün tamsayılar ardışıktır. Sıfırın tamsayı olduğunu göstermenin tek yolu -5'ten +5'e kadar saymaktır. -1 ile +1 arasına 0'ı yerleştirmek zorundasınız, çünkü -1 ile +1 ardışık değildir.

Sayılar birer soyutlamadır. 2 sayısı iki insan, iki fil ya da iki şekeri ifade edebilir. 2 sayısı ile ifade edilebilecek çiftlerin sayısında bir sınır yoktur. Matematikçiler 2 sayısının çift elemanı olan bütün kümeleri ifade ettiğini söylerler. 3 sayısı da üç elemanı olan kümeleri ifade eder. Bu şekilde kaç küme olduğuna bir sınır getirilemeyeceğinden matematikçiler kümelerin sonsuz olduğunu söylerler. Sıfır ise, herhangi bir şeyin olmayan elemanını içeren kümeleri ifade eder, bu yüzden matematikçiler böyle kümelere boş küme derler.

Genelde bir şeyi saymaya 1 sayısı ile başladığımız halde, matematikçiler doğrusunun 0 ile başlamak olacağını söylüyorlar. Mesela domatesleri sayıyorsak, bir domatesi olan kümeyi elde etmek için, hiç domatesi olmayan kümeye bir domates eklememiz gerekir. Daha sonra iki do-

matesli bir kümeyi elde etmek için ikinci domatesi de ekleriz ve bu şekilde devam eder. Tabii terimlerimizi değiştirip, çoban salatası içeren bir kümeyi elde etmek için, hiç sebzesi olmayan bir boş kümeye bir domates, bir biber ve bir marul ekleyebiliriz.

Sayı kümelerinin sonsuz olduğunu söylerken bilim adamları neyi kastediyor? (Sayfa 91'e bakınız: "Sonsuzluk")

İRRASYONEL SAYILAR

Bir çocuk saymasını parmaklarını sayarak öğrenir: Bir, iki, üç... Matematikçiler bu sayılara tamsayılar derler. İkinci adım kesirlerdir: Çikolatalı kekin son parçasının yarısını siz, diğer yarısını kardeşiniz yer. Son kalan parça için kavga eden çocukların genelde farketmedikleri şey, bir kesirin iki rakamın oranı olduğudur. Yarım, $1/2$, bu durumda 1'in 2'ye oranıdır. Eski Yunan'a kadar, matematikçiler bütün kesirlerin oranlar yani kesirler olarak ifade edilebileceğini sanıyorlardı. (Bir tamsayı ise, bu sayı bölü 1 şeklinde de yazılabilir. Örnek olarak: 4 sayısı $4/1$ şeklinde kesir olarak da ifade edilebilir.) Milattan önce 6. yy'da Pisagor, bir üçgenin hipotenüsünün karesi, diğer iki kenarın kareleri toplamına eşit olduğunu söyleyen ünlü Pisagor teoremini ortaya attı. Eğer bu iki kenar 1 birim uzunluğunda ise, hipotenüsün uzunluğu (2 olmalıydı. Pisagor (2'nin kesir olarak ifade edilemediğini gördüğünde dehşete düşmüştü. Bu öfkeli zamanında (2'ye irrasyonel -akıldışı- adını verdi ve böylece irrasyonel sayılar kavramı doğmuş oldu. Tarihsel söylentilere göre, Pisagorun öğrencilerinin bu konudan o kadar rahatsız olmuşlar ki, bu yüzden bu bilginin kendi grupları dışına çıkarmamaya bile çalışmışlar.

Eğer oranlar fikri size biraz fazla soyut geliyorsa, uzunluk birimleri cinsinden düşünebilirsiniz. Eğer kenarlar 1 ve 2 cm. uzunluğunda bire dik üçgeni ele alırsak, o halde hipotenüs karekök $[1^2 (=1) + 2^2 (=4)]$, yani karekök 5'e eşittir. Fakat karekök 5'i cm cinsinden ifade edemezsiniz. Her zaman elinize santimetrenin bir oranı kalan olarak geçecektir.

Bir sayının rasyonel mi yoksa irrasyonel mi olduğunu belirlemenin kolay bir yolu vardır. Rasyonel bir sayıyı onluk sistemde ifade ettiğinizde her zaman sayının sonunda bir yerde kendini tekrar eden bir parça bulunur. Mesela $4 \frac{1}{3}$, 4.333333..'tür. İrrasyonel sayılar ise hiç bir zaman düzenli, bir şekilde tekrar etmezler.

En bilinen tekrar etmeyen sayı π (pi)'nin değeri 3.14159265358979...'dur.

İnsanlar irrasyonel sayı fikrine alıştıklarında işler daha da karıştı. Rasyonel sayılardan daha fazla irrasyonel sayı olduğu ortaya çıktı! İrrasyonel sayıların mükemmelliği rasyonel sayılar arasındaki boşlukları doldurmalarıdır.

Tam sayılar ve kesirli sayılar parçalı, ayrık (yani aralarında boşluklar olan) sayılardır. Bir kesirli sayı ne kadar küçük olursa olsun, her zaman onu daha küçük parçalara bölebilirsiniz. Sadece tamsayılar ve kesirli sayılar ile sürekli bir çizgiyi matematiksel olarak ifade edemezdik. İrrasyonel sayılar, kesirli sayılar arasındaki boşlukları doldurarak sürekli çizgiyi ifade edebilmemizi sağlarlar.

İrrasyonel sayıların dünyası, rasyonel sayılarınkinden geniş olduğu halde, çoğumuz günlük hayatımızda rasyonel sayılarla sayar, ölçer ve hesap yaparız. İrrasyonel sayıları, kesirlere sığmayı reddeden bu sayılar dünyasını, onlarla uğraşmayı boş bir uğraş değil de tutarlılık için gerekli bir çalışma olarak gören matematikçilere bırakırız.

Pi sayısı nedir? (Sayfa 76'ya bakınız: "Pi Sayısı")

Eğer irrasyonel sayılar tekrar etmiyorsa ve sonlanmıyorsa, ondalıklı kısmı sonsuz uzunlukta mıdır? (Sayfa 91'e bakınız: "Sonsuzluk")

(π) Pİ SAYISI

π (pi) değerin uzun bir hikayesi vardır ve değerin hesaplanması için verilen kahramanca uğraşlardan "ister inan, ister inanma" türünden bir kitap yazılabilir. Bu grip, kesin değeri bilinmeyen sayı, fiziksel dünyanın matematiksel açıklaması için muazzam önemlidir.

$\pi = (3.1415926535)...$ Bir dairenin çevresinin çapına oranıdır. ($\pi = \text{Çev.} / \text{Çap}$) Eşitliğin Çev./Çap tarafına hangi sayıları koyarsanız koyun, (hiçbir zaman iki tamsayının birbirine oranı olarak yazılamaz; bu matematikçilerin onu irrasyonel sayı olarak adlandırmalarının nedenidir. (Aynı zamanda "transcendental"dır: hiçbir zaman bir cebir eşitliğinin çözümü olamaz. (Cebir, değişik değerler için sembollerin kullanıldığı ve bir bilinmeyen değeri bulmak için eşitliğin iki tarafındaki sembollerin katı kurallara göre birbiriyle değiştirilebildiği bir matematik dalıdır.)

Eski Yunanlılar, iki bin yıl kadar önce (sayısı üzerinde düşünmeye başladılar. Arşimed (MÖ. 287-212) π 'nin değerini yaklaşık olarak hesaplayabilmek için çokgenleri kullandı. (Çokgen birçok kenarı olan şekildir, beşgen altıgen gibi.) Bir dairenin içine ve dışına bir çokgen oturtup dairenin çevresini bu iki çokgenin çevrelerinin sınırladığı değer olarak alarak π 'yi 3.1418 olarak hesapladı. 223/71 ile 22/7 arasındaki bu değer bir irrasyonel sayı olduğunu ispatlayamasa da bunun bir yakınsamış değer olduğunu biliyordu. 18. yy'da matematikçiler π 'nin irrasyonel olduğunu ispatladılar. Daha sonraları ise transen-

dental olduğu ispatlandı. π 'nin transendental olmasının sonucu alanı bir dairenin alanına eşit bir karenin bulunamayacağıdır. İngilizce'de hâlâ eski Yunanlıların da kullandığı gibi imkansızı yapmaya çalışan insan için "circle-squarer" (daireyi kare yapmaya çalışan) deyimini kullanılır.

Daire ve silindir gibi şekillerin alanlarının hesaplanmasında π 'nin kullanılması şaşırtıcı değildir, sonuçta hepsi yuvarlaktır! İlginç olan, π 'nin bütün kapalı şekillerin alanlarının hesabında kullanılmasıdır. (V açık bir şekildir, O ise kapalıdır.) Günümüzde, dairenin alanının ölçülmesinden çok daha kompleks matematik konularında (kullanılmaktadır. Elektromanyetizma formüllerinde bile (kritik bir sayıdır. Bilgisayarlar π 'yi hesaplayabilmek için algoritmalara ihtiyaç duyarlar. (Algoritma, bir problemin alt parçacıklara bölünerek çözülmesi metodudur.) π 'yi hesaplamak için bulunan algoritmaların başka bilgisayar uygulamaları da olabilir. Bilgisayar donanımları ve yazılımlarındaki hataları bulmak için de π 'nin hesaplanması iyi bir methodur.

İrrasyonel sayıların bir kesir olarak yazılamamalarının yanında diğer bir özellikleri de onluk sisteme göre yazıldıklarında basamaklarının kendilerini tekrar eden bir modele sahip olmamasıdır. π 'yi hesaplamak bazıları için vakit geçirme aracı olmuşsa da, bazılarının hayatına bir takıntı olarak girmiştir. 17. Yüzyılın sonunda Ludolph van Cevlen adındaki Alman matematikçi π 'yi virgülden sonra 35 basamağa kadar hesapladı. Öldüğünde, π 'nin değeri mezar taşına yazıldı! Almanlar π 'ye Ludolp'un sayısı adını verdiler. Sonraki yüzyıllarda π takıntısı olanlar değerini onlarca, daha sonra yüzlerce basamağa kadar hesapladılar. Şimdilerde bilgisayar çağı bu yarışmayı tamamen yeni düzeylere taşıdı. 1990'ların başında, New-york'ta yaşayan iki Rus kardeş David V. ve Oregery V.

Chudnovsky, π 'yi 2.16 milyar basamağa kadar hesaplayabilmek için evlerinde bu iş için özel olarak dizayn ettikleri bilgisayarlarını kullandılar. Chudnovsky'ler ilginç hobileri olan insanlar değil, Columbia Üniversitesinde araştırmacıydılar. Matematikçilerin reddettiği çok ince bir tekrarlama modeli bulmayı umuyorlardı. Eğer böyle bir model varsa bile bunu ortaya çıkarmak için bir çift milyar basamaktan daha fazlasına ihtiyacımız varmış gibi görünüyor.

İrrasyonel sayı ne demektir? (Sayfa 75'e bakınız: "İrrasyonel Sayılar")

MOBIUS BANTI: TEK YÜZLÜ DÜZLEM

Mobius bantı sihirbazlık numaralarında kullanabilecek kadar ilginç bir matematiksel buluştur. Bir kağıt şerit alın, bir ucunu 180 derece büküp öbür ucuna yapıştırın. Bir kalem alıp bandın herhangi bir yerinden itibaren aynı yere dönünceye dek bir çizgi çizin. Bu çizgi bandın iki yüzünü de kapladı mı? Peki bu bandın tek yüzü olduğu anlamına gelir mi?

Gerçekte Mobius bandının tek yüzü ve tek kenarı vardır ama bu matematikçilerin en ilgili oldukları konu değildir. Onlar için asıl önemli olan Mobius bantındaki yönsüzlüktür. Yönsüzlükle kastedilene anlamak için yeni bir Mobius bandı alın ve bandın üzerine aynı yöne işaret eden oklar dizisi çizin. Başladığınız kısmın arkasına geldiğinizde, okların başladığınız yönün teresine işaret ettiklerini göreceksiniz. Bu nedenle bir mobius bandı üzerinde okların sağa ya da sola işaret ettiklerini söyleyemezsiniz.

Yön belirlemenin diğer bir yolu da saat yönünde ve sa-

atin tersi yönünde şeklinde iki ayrı yön tanımlamaktır. Yeni bir Mobius bantı yapın ve üzerine oklar yerine daireler çizin. Her dairenin içine saat yönünde kıvrılan oklar çizin. Bandı ışığa tuttuğunuzda öbür yüzündeki okların saatin ters yönünü işaret ettiğini göreceksiniz. Fakat mobius bantında öbür yüz yoktur, tek yüzlü olduğunu ispatlamıştık!

Bir yüzeyde iki yüz varsa ve birini mesela siyaha diğer yüzü ise beyaza boyadığımızda siyah ve beyaz sadece iki yüzün kenarlarında buluşuyorsa, matematikçiler bu yüzeyin yönlü olduğunu söylerler. Kağıdınızın iki yüzünü siyah ve beyaza boyadıktan sonra mobius bandını oluşturmak üzere kenarlarını büküp yapıştırdığınızda ek yerlerinde de siyah ve beyazın buluştuğunu göreceksiniz.

Mobius bantları birden fazla bükme işlemi ile de oluşturulabilir. Uzun bir kağıt şerit alıp uçlarını yapıştırma-
dan önce üç defa bükün. Kalemle bir çizgi çizdiğinizde yine bir mobius bantınızın olduğunu görürsünüz. Şimdi bir makas alın ve çizginiz boyunca bandınızı kesin. Sonuç bir mobius bantı değildir, (yeni bir çizgiyle bunu gösterebilirsiniz), bu şekilde yonca düğümü denilen bir düğüm elde edersiniz. Bu şekilde yonca düğümü elde etmenin en azından kimyacılar için gerçek hayatta da uygulaması vardır. İnsanlar ya da mobius bantı gibi moleküllerde sağ ellilik ve sol ellilik vardır. Moleküllerin sağ ya da sol elliliğinin değiştirilmesiyle bir maddenin fiziksel özelliklerinde görülen değişimler kimyacıları çok ilgilendiriyor. Sağ-sol elliliği değiştirmenin bir yolu da sentezlemedir: yani ters yönlerde düğümlenebilen moleküller yapmaktır. Bunların mobius bantıyla alakası nedir peki? Kimyacılar sizin kağıdı büküğünüz metodla düğümlenmiş molekül-
ler oluştururlar. (Temelde aslında yapılanlar çok daha karışıktır.) Moleküllerle bir mobius bandı yaparlar ve düğümlü bir molekül elde etmek için bandı keserler.

Mobius bantını bulan kişi, Alman astronom ve matematikçi August Ferdinand Mobius, topoloji adındaki matematik dalının babası olarak kabul edilir. Topoloji, bükme ve uzatma gibi deformasyonlarla değişmeyen geometrik şekilleri tanımlar. Topolojik olarak bir amerikan futbol topuyla, beyzbol topu aynı şekle sahiptir. İlki ikincisinin biraz sıkıştırılmış halidir. Topolojinin başka bir tanımı da devamlılığın matematiği şeklindedir. Ve mobius bantı da devamlı bir yüzeyin en açık örneğidir.

Eğer kimyacılar yeni tipte moleküller üretiyorlarsa, bu yeni moleküllerle neler yapılabilir? (Sayfa 59'a bakınız: "Polimerler")

Mobius bantı kesilince bir "düğüm" elde edilir, peki ama "düğüm" nedir? (Sayfa 80'e bakınız: "Düğüm teorisi")

DÜĞÜM TEORİSİ

Düğümlemlerle ilk tanışmamız ayakkabımızı bağlamayı öğrendiğimizdedir. Bazılarımız o seviyede kalırlar, hatta cırt-cırtlı ayakkabalara geriler, bazılarımızsa denizcilik düğümlerine ya da makremeye kadar ilerlerler. Sayıları giderek artan bazı bilim adamları (ki bunlar matematikçi fizikçi ya da biyolojici olabilirler), ise hayatlarını düğümlere adanlar.

Düğüm matematikçilerinin çalıştığı türden bir düğüm yapabilmek için ise, bir düğüm yapar ve açıkta kalan uçlarını yapıştırırsınız. Düğüm teorisindeki temel sorun düğümleri sınıflandırmaktır ve bu görüldüğünden çok daha zordur. Temelde, eğer değişik kısımlarını iterek ve çekeerek -ama hiç bir yerini kesmeden ve yapıştırmadan- bir düğümü diğerine dönüştürebiliyorsanız bu iki düğüm aynıdır. İki düğümü birbirine dönüştürememişseniz bunla-

rın farklı olduğunu ispatlamış olmazsınız: doğru yerden başlanmamış olabilirsiniz!

Matematikçiler düğümleri, geçiş sayılarına -ipi bir yüze koyduğunuzda kendi üzerinden geçtiği yerlerin sayısı- göre sınıflandırır. Hiçbir geçiş yeri olmayan daireye düğümsüz adını verirler. En basit düğüm olan yonca düğümü, kendi içine bükülen bir dairedir ve üç geçişi vardır. Matematikçiler 13 ya da daha az geçişi olan 13 bin kadar düğüm sınıflandırmışlardır. Düğümleri sınıflandırmak bir eğlence olsa da (en azından matematikçiler için öyledir) asıl heyecan verici kısmı başka matematik ve bilim alanlarındaki uygulamalarıdır. Eğer her düğüme farklı bir ad eşlenebilseydi, düğümleri birbirinden ayırmak kolay olurdu. 1980'lerin başında, Vaughaan Jones adındaki bir Berkeley Üniversitesi cebir uzmanı değişmezlik polinomu denilen düğümleri isimlendirmekte kullanılabilen bir çeşit cebir ifadesi buldu. Bu bir polinomun değerinden farklı olduğunu göstermekteydi, yani aynı şekilde matematikçiler bunu farklı düğümleri birbirinden ayırmak için kullanabilirler. Bu polinomlar düğümlerin özünü anlatır gibi görünseler de, matematikçiler hala bu özün ne olduğunu anlayabilmiş değiller. İki düğüm farklı iki değişmezlik polinomuna sahipse kesinlikle farklıdır ama tersi doğru değildir: farklı düğümler aynı değişmezlik polinomuna eşleniyor olabilir.

Yakın zamana kadar, DNA üzerinde çalışan bilim adamları sanki DNA sarmalları düz bir çizgiymiş gibi genetik kodumuzu oluşturan temel çiftlerin düzeni üzerinde konsantre oldular. Gerçekte DNA sarmalları kopyalanırken ve yeniden birleştirilirken düğümler ve halkalar oluştururlar, daha sonra hücre bölünmesinde düzleşirler. Artık bazı biyologlar bu düğümlerin nasıl yapıлып çözül- düğünde uzmanlaşıyorlar. Biyologlar DNA sarmallarını parçalarına ayırıp başka bölümlerin arasına yapıştırmak

için özel enzimler kullanıyorlar. Jones'ın geliştirdiği polinimleri kullanarak, işlemde oluşturulması gereken düğümlerin sıralamasını bulabiliyorlar, hatta henüz yakalayamadıkları bazı ara düğüm safhalarını da öngörebiliyorlar.

Kimyacılar, atomların değişik dizilimlerinin hangi özelliklere sahip moleküller oluşturduklarıyla ilgileniyorlar. Bir molekülü düğümlmek, bir DNA sarmalını düğümlmekten çok daha zordur. Bir molekülün çok sayıda atomu yoksa, fazla esnek değildir. Bir dizi atomun dizilişini değiştirmek de zordur. Kimyacılar düğümlenmiş moleküller sentezleyebilmek için birçok metod geliştirmişlerdir. Bir metod düğüm oluştururken atomları gerekli yerlere sabitleyebilmek için metal kalıplar kullanır. Diğer bir metod ise molekülü önce mobius bandına dönüştürüp daha sonra bir düğüm oluşturmak üzere keser.

Düğüm teorisinin en soyut uygulamalarından biri de parçacık fiziği alanındadır. Bazı durumlarda, bir düğüm parçasını tanımlayan matematiksel terimler iki parçacığın etkileşimini tanımlamak için de kullanılabilir. Sonuçta fizikçiler parçacıklar arasındaki kuvvetleri tanımlayan iki teorisinin tamamen farklı olup olmadığını problemi düğümler ve düğüm değişmezleriyle alakalı bir soruya dönüştürmeyi başardılar.

Düğüm teorisinin olası uygulamalarının sonu gelmeyebilir. Bazı fizikçiler bütün evrenin uzay-zaman hammaddesinden yapılmış bir düğüm olduğunu bile iddia ediyorlar. Yani ayakkabı bağıyla uğraşan ufaklık aslında eğitiminin ilk safhasındaki bir kozmolojist olabilir.

Mobius Bantı nedir? (Sayfa 78'e bakınız: "Mobius Bantı: Tek Yüzlü Düzlem")

Bilim adamları genleri değiştirebilir mi, eğer değiştire-

bilirlerse sınırları nedir? (Sayfa 187'e bakınız: "Genetik Mühendisliği")

OLASILIK

Bilim ve matematiğin birçok alanında önemli bir rol oynayan olasılık teorisinin başlangıcında kumar vardır. Kumarhaneler ve piyangolardan çok önce -belki kırk bin yıl kadar önce- insanlar hayvan kemiğinden oyulmuş zarlarla oynarlardı. Şans oyunları üzerine ilk 1500'lerde İtalyan fizikçi ve matematikçi Cardano yazmıştır ve 1718'de Galileo da "Sopra la Scoperte de i Dadi" (Zar üzerine buluşlar) adında bir kılavuz yazdı. Tabii ki şimdi olduğu gibi o zaman da, zar oyununun inceliklerini bilmek bir olasılık matematiği bilgisinin varlığını gerektirmiyordu. Hatta, kumar oynamasını seven ya da şemsiye taşımanın gerekli olup olmayacağına karar veren çoğu insanın olasılık kanunlarına ters dayanakları vardır.

İhtimal uygulamalarının en bilineni para atmaktır. Para attığınızda yazı gelme şansı nedir? Tura gelme şansı nedir? Cevap çok basit gelebilir: yüzde elli. Matematikçilerin bir olayın gerçekleşme ihtimalini hesaplamaları sizin yazı-turanın ihtimalini hesaplamanız gibidir. Eğer yüz defa para atarsanız ve yazı ya da turanın kaç defa geldiğini biryere yazarsanız büyük ihtimalle herbiri için elliye yakaşık bir rakam elde dersiniz. Fakat bu mutlak değildir. Daha büyük örnek kümeleri için, daha güvenilir sonuçlar alırsınız. Mesela örnek kümeniz on para atışından oluşuyorsa, kolaylıkla altı, yedi ve hatta on yazı elde edebilirsiniz. Ama yüz para atışı için hepsinin yazı ya da hepsinin tura gelme olasılığı o kadar düşüktür ki, böyle bir durumda kolaylıkla paranın hileli olduğunu düşünebilirsiniz. İstatikçilerin işinin bir parçası da güvenilir so-

nuçlar almak için örnek kümesinin ne kadar büyük olması gerektiğini belirlemektir. Sigorta gibi istatistiğe dayanan işlerde büyük örnek kümelerinin maliyeti ve gerekli zaman çok olur ama çok küçük örnek kümeleri kullanmanın getirdiği istenmeyen durumların maliyeti de bunun çok üzerinde olabilir.

İhtimal teorisinin bazı sonuçları sezgilere terstir, yani gerçek, olmasını düşündüğümüzün tersidir. Eğer altı haftadır yağmur yağmıyorsa, iki haftadır yağmadığı duruma göre sezgilerimiz daha yoğun bir şekilde şemsiyenizi almanızı söyleyecektir, hava durumu her iki durumda da parçalı bulutlu, yüzde otuz olasılıkla yağmurlu olsa bile. Eğer teyzeniz piyangodan bir milyon dolar kazanırsa ikinci defa kazanma ihtimali yok gibi olduğundan piyango bileti almayı bırakmasını isteyebilirsiniz. Ama her iki durumda da hatalı olabilirsiniz. Hava durumu aynıysa, yağmursuz geçen 6 haftadan sonra yağmur yağma ihtimali, yağmursuz geçen iki haftadan sonra yağma ihtimalinden çok değildir. Teyzenizin de piyangoyu ikinci defa kazanma şansı ilk defa kazanma şansı ile aynıdır (yani çok çok düşük). İki sonucun da nedeni aynıdır, bunlar bağımsız olaylardır. Yani, hava sistemi en son yağdığından bu yana ne kadar zaman geçtiğini bilmez (ya da aldırılmaz), ve piyango biletleri de geçen hafta kimin kazandığını bilmezler. Bu aynı zamanda 10 para atışında 6 ya da 7 yazının gelebilmesinin nedenidir. Bir para atıldığında, önceki atışlar hakkında bilgisi yoktur. Olasılık, tamamen bir istatistiki ortalamalar olayıdır.

Olasılık teorisi başka teorilere de babalık yapmıştır, sıralama teorisi gibi. Bankalar, günün değişik saatlerinde kaç tane gişe açmaları gerektiğine karar vermek için sıralama teorisini kullanırlar. Siz de bankaya öğle saatinde mi yoksa öğleden sonra mı gitmek gerektiğine karar vermek için sıralama teorisini kullanırsınız. Bankaya öğle

arasında dört gişe açıkken ve uzun bir sıra varken mi yoksa öğleden sonra bir gişe açıkken ve az insan sıradayken mi gitmek daha avantajlıdır?

Olasılık, atom seviyesindeki enerji aktarımlarıyla ilgilenen kuantum teorisi ve düzenin düzensizliğe gitme eğilimi olan entropiyi de içine alan bilimin bütün dallarına girmiştir. Fakat bilim ne kadar karışık olursa olsun, olasılık kuralları, atılan para ve piyango biletleriyle ilgili olanlarla aynıdır.

Entropi ile olasılığın bağlantısı nedir? Bir sistemin düzenden düzensizliğe mi yoksa düzensizlikten düzene girmesi mi daha olasıdır? (Sayfa 29'a bakınız: "Entropi")

Olasılık teorisi oyunlar oynarken karar almanın bir metodudur. Oyunlar için başka karar metodları nelerdir? (Sayfa 85'e bakınız: "Oyun Teorisi")

OYUN TEORİSİ

Bir karar alacağımız zaman, pozitif ve negatif sonuçları ve diğerlerinin ne şekilde hareket edeceği gibi birçok etkenin ağırlıklarını hesaplarız. Kararlarımızı, düşüncelerimize, hislerimize ve önsezilerimize dayanarak alırız. Mesela bir yemek vereceksiniz. Alice ve Herman iyi anlaşıyorlar. Fakat hiçbirisi sizin için önemli bir iş bağlantısı olan Roscae ile geçinemiyor. Üçünü beraber davet edemezsiniz. Alice ve Herman'ı davet edip Roscae'ye haber vermemeyi düşünüyorsunuz. Fakat davet etmiş olduğunuz kuzeniniz Ruby'nin Roscoe'ye bahsetmesinden korkuyorsunuz. Matematikçilerin karar mekanizması dedikleri süreç - ya da ıstırap - içindesiniz. Teslim olup bir paketdeki elma sayısı gibi rastlantısal şeylere dayanan bir karar alabilirsiniz. Ama matematikçilerin karar mekanizması için formüller geliştirmişlerdir. Bütün bu kurallara

oyun teorisi denir.

Oyun teorisi ile dijital bilgisayar dizayn eden takım içerisinde bulunmuş olan Macaristan doğumlu bir matematikçi olan Jan Van Necman tarafından kurulmuştur. 1944' te, Van Necman ve Oshar Magenstein adındaki bir ekonomist Oyunların Teorisi ve Ekonomik Hareketler kitabını bastılar. Düşüncelerini oyun hareketlerine ve stratejileri üzerine temellendirdikleri halde başından beri çalışmalarının ekonomistlere, askeri planlamacılara ve rasyonel kararlar alması gereken diğerlerine yardımcı olmasını amaçlamışlardır.

Oyun teorisine göre, her oyuncu için optimum bir strateji vardır. Her oyuncunun stratejisi, diğerlerinin stratejiler veya rastgele hareketler gibi etkenleri hesaba katmak zorundadır. Oyun teorisinde anlatılan en basit oyun iki-insan sıfır-toplum oyunudur, birinin kazancı diğerinin kaybettiğidir. Her oyuncu kazanan olmaya çalışır. Bir sonraki seviye dengeyi içerir ve her oyuncu diğerinin kendisine verebileceği zararı minimize etmeye çalışır. Daha kompleks oyunlarda birden çok oyuncu vardır. Ve koalisyonlar mümkündür.

Oyun teorisinin felsefi temeli bir kişinin diğerlerine davranışının iki türlü olabileceği düşüncesindedir; işbirliği ve kullanma. Çoğu durumda, oyuncunun stratejisi bunlardan birini seçmektir. Tutuklunun İkilemi adlı ünlü oyun bu seçimi vurguluyor. Tutuklunun İkilemi'nde iki tutuklu vardır. İkisi de diğerinin bir suçu işleyip işlemediği sorulmaktadır. Tutuklunun ikilemi yapıp yapmaktır. Diyelim ki, işbirliği yaptılar (ikisi de diğerinin suçunu söylemedi), iki tutuklu da beşer puan alırlar. Eğer ikisi de diğerinin suçunu söyleyip ikişer puan alır. Eğer biri işbirliği yapmak isterken diğeri ihanet ederse, diğerinin suçunu saklayan puan almazken, ihanet eden 7 puan alır. İlk bakışta, 7 puan alma umuduyla ihanet etmek da-

ha avantajlı gelir. Ama iki tutuklu da bu şekilde düşünürse ikisi de sadece ikişer puan alırlar. Eğer birden çok el oynanırsa, iki oyuncuda kararının diğerinin gelecek kararlarını nasıl etkileyeceğini düşünmeli. Bu oyunun ticaret ve diplomasi gibi gerçek hayata uygulamaları vardır. İşbirliğinin ödülleri olsa da, ihanet eden kullanan en azından kısa dönemde daha çok kazanır. Açıkçası, tabii ki, oyun teorisi ahlaki ve sosyal şartları hesaba katmaz. İhanet eden vicdan azabı ve arkadaşlarının eleştirileriyle yaşamak zorunda kalabilir.

Oyuncular bir hareket veya kararın en olası sonucunu nasıl belirleyebilirler? (Sayfa 83'e bakınız: "Olasılık")

Oyun teorisini anlayan, en azından oyunlar oynanabilir makineleri nasıl yapabiliriz? (Sayfa 220'ye bakınız: "Yapay Zeka")

KAOS

Bilim adamları ve filozoflar dünyayı, muazzam bir mekanizma, birçok dişliden oluşan dev bir saat olarak görüyorlardı. Astronomik gözlemler de bu bakış açısını destekliyorlardı: Güneş her gün doğup batıyordu (yani dünya dönüyordu), gezegenler güneş etrafında dönüyorlardı, ve ay safhaları içinde dönüşüyordu. Bu olayların eskiden olduğu gibi süreklilik içinde devam edeceği düşünülüyordu. Her şey evrendeki yerine oturuyordu, hatta şu andaki bütün durumu bilen, geleceği de görebilirdi. 19. yy. astronom ve matematikçisi Pierre-Samon de Laplace eğer evrendeki bütün moleküllerin ilk durumlarını bilirse, evrenin bütün geleceğini görebileceğimizi iddia edecek kadar ileri gitmişti. Mesela evrenden çok daha basit bir örnekle, eğer bir bardak, tabak ve tuzluğu yan yana dizersen ve eğer bardağı, tabak yönünde 10 cm itersek, bardak-

ğın tabağı 10 cm, tabağında tuzluğu 10 cm iteceğini önceden öngörebiliriz. Fakat ya daha karmaşık sistemler: Eğer bir bardak üç tabağı itiyorsa ve tabak sekiz tuzluğu itiyorsa?

Kaos teorisine hoş geldiniz. Kaos teorisi, akan su kütleleri ya da hava sistemleri gibi büyük sistemlerin hareketlerini inceler. Kaosun bir hafta boyunca her gece yatağınız altına giysilerinizi ve kitaplarını atarsanız oluşan kütleyi tarif eden kelimelerdeki gibi kaotik bir anlamı olmak zorunda değildir. Kaotik hareketler öngülmeyendir. Öngörülemez olmasının sebebi bilim adamlarının “başlangıç koşullarına aşırı hassas” dedikleri durumda olmasıdır. Klasik bir örnek, Amozon’daki bir kelebeğin kanar çırpışının Teksas’ta ki bir fırtınaya sebep olduğu küçük hava akımlarının sonuçlarının Teksas’ta bir fırtınaya sebep olmadan önce yeterli güç ve karmaşıklığa ulaşabilmesidir. Başlangıç koşullarına aşırı hassaslık, koşullardaki küçük bir değişkenliğin sonuçlarda aşırı farklılıklara sebep olabilmesidir.

Kaotik hareketlerin öngörülmezliği rast gelelikle aynı değildir. Rasgele bir gerçeğe şu sonuca ya da diğerine gidilebilir. Rasgele hareket olarak tanımladığımız olaylarda, sonuçları etkileyen sebepleri bilemeyiz. Atılan bir para bile, atan elin küçük basınç farklılıklarından ya da havadaki akımlardan etkilenir. Gerçek rastgele olaylar atomik seviyede oluşanlardır. Radyoaktif bir çekirdeğin sunulacağı kesin ve tamamen kişisel olarak öngörülmezdir; quantum hareketleri sadece istatistiksel olarak öngörülebilir.

Çoğu kaotik siskuler genel modeller sergiler. Ara detaylarda öngörülemezler. Bir şelalenin kenarında oturursanız (ya da daha az romantik ve suyun akışını izlerseniz, sudaki dalgalanmaların sürekli değiştiğini görürsünüz. Çoğu kaotik sistemler bir müddet için belli bir model iz-

lerler, anlık oluşan bir çalkantı halinde yine genel modele geri dönerler. Şelalenin sakin bir şekil de akışı görünüp kaybolan burgularla bölünür. Bu çalkantının öngörülmesindeki zorluğun bir nedeni her seviyedekilerin bir bileşkesi olmasıdır. Büyük burguların içinde küçükleri vardır, hareketleri damlacıklara kadar inerken aynı durum söz konusudur.

Kaos teorisi, düzen ve rastgelelik, kontrol ve çaresizlik arasındaki boşluğu dolduran bilimsel ve felsefi bir alettir. Kaos teorisi bilim adamları için düzensiz kalp atışlarından, yıldız oluşumlarına kadar bir çok fenomenin hareketlerini açıklamaya yarayan bir araçtır.

Kaotik sistemlerde ortaya çıkan bazı “genel düzen” ne demektir? (Sayfa 89’a bakınız: “Garip Çekimler”)

GARİP ÇEKİMLER

Matematik ve bilimde, görsel bir imaj bazen bir ifade şeklinden çok daha fazladır; bir örnekten daha derin bir şey, olayın tam şekillenmiş halidir. Bir çekim için de aynı durum sözkonusudur. Çekim, bilim adamlarının hal uzayı dedikleri özel bir grafik şeklinde form bulur. Bu sistem salınan bir sarkaç kadar basit olabilir. Eğer sarkaç sürtünmesiz bir ortamda salınıyorsa -yani hiçbir zaman yavaşlamadan sonsuza dek salınmaktadır- iki boyut seçilme-lidir; yer ve hız. Bu iki döngüyü ifade eder. Sarkaç titreşiyorsa bile -mesela bir havuz akımından dolayı- izlediği yol yine temelde bir daire ya da döngü içerisinde kalır. Sürtünmeye maruz kalan bir sarkaç sonuçta yerinin sabit ve hızının sıfır olacağı bir durumda gider. Bu durumda çekim tek bir noktadır. Yani sarkacın yörüngesi bir noktaya sabitlenmiş, çekilmiştir.

Herhangi bir bilim adamı ve çoğu okul çocuğu, dış bir

kuvvet olmadan salınan bir sarkacın geleceğini öngörebilir. Fakat birçok olay öngörülemezdir. Bunlar bilim adamlarının karmaşık ya da kaotik dedikleri olaydır. En iyi örneklerden biri akan sudur. Çeşmenizden akan suda girdap ve halkalardan oluşan çalkantılar arasında sakin zamanlar da vardır. Çalkantılı bir sistem gidişatı öngörüle-meyeceğinden, tanımından dolayı hiçbir zaman kendini tekrarlamaz; kendisini tekrarladığı an, modelin geri kalanı öngörülebilir. 1963'te Edwid Corenz adlı bir metarolojist, atmosferdeki hava akımlarını, gerçek bir çalkantılı bir sistemin, matematiksel açıklamasını çizdi. Hava akımlarının değişkenlerinin grafik serilerinde (hal uzayı diyagramlarında) çizildiklerinde sekiz rakamına ya da kelebek kanatlarına benziyordu. Hava akımlarının yollarını öngörmek mümkün olmasa akımlar her zaman bu hal uzayı diyagramlarında çizilen kelebek şekilleri tarafından sınırlanıyorlardı. Fiziksel bir hareket hissi de veriyordu; (gerçek) sistemin yüksek ısısı sıvı bir yönde akmaya yönlendirdiğinde yörüngesi bir "kanat" içerisinde kalıyor, "gerçek" sistem tersine döndüğünde de diğer "kanat" ters yönde geçiş yapıyor; 1950'lerin başında David Ruelle adlı Belçikalı bir fizikçi ve Fleris Takeis adlı Hollandalı bir matematikçi Lorenz'in ortaya çıkardıklarının önemini anladılar ve bunlara "garip çekimler" adını verdiler.

Diğer bilim adamları da başka çalkantılı sistemleri tanımlayan garip çekimler bulduklarında garip çekimlerin fraktallar olduğunun farkına vardılar. Eğer bir fraktalin alt parçasını büyültürseniz, büyük parçadaki konfigürasyonun alt parçada da aynen tekrarladığını görürsünüz. Fraktallerin bu özelliklerine bilim adamları "kendine benzerlik" diyorlar. Sahil şeritleri klasik örneklerdendir. Sahil şeridinin küçük bir parçası bütün sahile aynı konfigürasyonu sergiler. Lorenz çekimi kanatları ilk bakışta ortak bir merkezli halkalara benzer. Ama aslında, iki kom-

şu halkayı açarsanız dört halka, dört komşu halkası açarsanız sekiz tane halka elde edersiniz. Bir bakıma, garip çekimler insanın öngörülemezliğini öngörmesini sağlıyor- tabii belli bir sınıra kadar. Bu arkadaşlarınıza işten sonra koşu yolunda buluşabileceğinizi söylemek gibidir. Belli bir anda nerede olacağınızı bilemezler ama koşu yolu içinde bir yerlerde bulunmanızın gerektiğini bilirler.

Garip çekimler ve kaos teorisi, dünyanın hava sistemi gibi kompleks sistemlerin daha iyi anlaşılmasını sağlayabilir mi? (Sayfa 113'e bakınız: "Hava Sistemleri")

SONSUZLUK

Sonsuzluk iki yöne doğru genişler; büyük ve daha büyüğüne; küçük daha küçüğüne. Yani, her zaman daha fazla ekleyebilirsiniz ya da küçük parçalara bölebilirsiniz. Sonsuzluğun sezgisel olarak kavranması zor olmasa da, sonsuzluk üzerine kafa yoran matematikçi ve filozoflar konuyu ilk bakıştandaki daha karmaşık hale getiren paradokslar bulabiliyorlar.

İnsanlar sonsuzluk düşüncesinden çok uzun zamandır etkileşiyorlar. Bu konuda düşündüğünü kayıtlara geçen ilk filozoflardan biri MÖ 384 ile 322 yılları arasında yaşayan Aristo'dur. Aristo, hiçbir şeyin ne kadar büyük ya da küçük olursa olsunlar "gerçek" sonsuz olamayacağını iddia etti. Bir şey sadece potansiyel olarak sonsuz olabilir. Yani sayılı bir şeylerin herhangi bir topluluğun her zaman yeni ülkeler ekleme potansiyeli vardır. Bugün için de bazı filozoflar, Aristo'nun sonsuzluğun sadece potansiyel olabileceği düşüncesini izliyorlar. Bu konuda düşünen başka bir ünlü Yunan filozof. Aristo'dan 50 yıl kadar sonra doğan Zeno'dur. Zeno, 'Zeno'nun Paradoksları' adıyla bilinen birçok paradoks buldu. En çok bilinen Ac-

hilles ve kaplumbağadır. Eğer bir yarışa yavaş hareket eden kaplumbağa, hızlı Achilles'ten daha önce başlarsa, Achilles kaplumbağaya nasıl yetişebilir? Ne zaman Achilles kaplumbağanın geçtiği bir noktaya ulaşsa, kaplumbağa o noktadan daha ileride olacaktır. bu paradoks, sonsuz sayıda noktanın nasıl sınırlı bir zamanda alınabileceği sorunuyla alakalıdır.

Sonsuzluk düşüncesini değiştiren modern zamanların düşünürü, 19 yy Rusya doğumlu Alman matematikçi George Cator'dur ve sonsuz sayılar teorisini bulmuştur. Aristo'nun tersine Cator gerçek sonsuzun varlığını kabul eder. Cator'un sonsuzluk düşüncesi bizim gündelik sayı düşüncesine terstir. Matematikçiler bir şeyleri karşılaştırmayı verimli bulurlar. Eğer tüm tamsayılar kümesini -bir şeyler topluluğuna matematikçiler küme derler- ele alırsak bu sonsuz bir kümedir. Her zaman yeni bir tamsayı ekleyebilirsiniz. Bu şekilde düşünerek çift sayılar kümesini ele alırsak o da sonsuzdur; her zaman yeni bir çift sayı ekleyebilirsiniz. Bu yüzden bir sonsuzluğun diğerinden daha büyük olduğunu kabul etmezseniz, bir parçanın (çift sayılar) bütün (tam sayılar) kadar büyük olduğunu kabul etmelisiniz.

Bu paradoksu kabul eden Cator, bütün tamsayılar kadar tek (ya da çift) sayıların varolduğu düşüncesinden rahatsız olmuyordu. Aynı zamanda, sonsuz kümelerin değişik büyüklüklerde olduklarını iddia ediyordu; yani bazı sonsuz kümelerin bazı başka sonsuz kümelerden daha fazla elemanı vardır.

Sonsuzluk hakkında düşünen bilim adamları sadece matematikçiler değildir. Kozmolojistler evrenin sonsuza dek genişleyip genişlemeyeceğini düşünürler, kimyacılar sonsuz bir şekilde tersine dönüştürülebilir reaksiyonları arıyorlar. Ama kozmolojistler ve kimyacılar sonsuzluğun tanımındaki sorunlarla daha az ilgilidirler. Matematikçi-

lere göre Cator'un çalışmaları bir çok soruyu cevapsız bıraktı. Belki de sorular tamsayılar gibidirler: Her zaman bir yenisini ekleyebilirsiniz.

Zaman sonsuza dek gidecek mi? (Sayfa 9'a bakınız: "Zamanın Yönü")

Bir kesirin ondalık gösterimi sonsuza dek gidebilir mi? (Sayfa 75'e bakınız: "İrrasyonel Sayılar")

DÜNYANIN İÇİ-DIŞI

DÜNYANIN YAŞI

“Dünya kaç yaşında?” sorusuna birçok bilim adamı, ‘dört buçuk milyar yaşında’ diye karşılık verirler. Fakat bu basit cevabın arkasında saklanmış çok daha kompleks sorular var. Biz dünyanın yaşı dediğimizde tam olarak neyi kastediyoruz (Bir gezegen bir anda doğmaz)? Cevabımızın ne tür bir delili var? Dünyanın yaşını bilmenin ne önemi var?

Gerçekten de, Dünya nüfus kağıdına yazılabilecek bir anda doğmadığı halde, dünyanın oluşumu jeolojik olarak bakarsak kısa sayılabilecek -100 milyon yıldan daha az bir zaman diliminde meydana gelmiş. Astronomlar, güneş sistemimizin gezegenlerinin buz ve toz birikintileri yeni oluşmuş Güneşimiz tarafından tutulamadığında küçük gezegenimsiler halinde toplanarak oluştuğuna inanıyor. Bu gezegenimsiler de daha sonra birleşerek bildiğimiz -içlerinden bir tanesinin tabii ki dünya olduğu- gezegenleri oluşturdular.

Dünya’nın yaşını bulmanın bir yolu, en yaşlı cisimle-

rin -yani taşların- yaşını ölçmektir. Fakat Dünya oluşurken ortalıkta olan taşlar zaman boyunca öyle büyük değişikliklere uğradılar ki artık onlar aynı degiller. Yoğunlaşma aşaması, tektonik tabakaların çarpışmasına ve çekilmesine sebep olduğunda, Dünya'nın kabuğunun bir kısmı eriyik halindeki magmaya gömülürken, magmanın bir kısmı da dışa çıkıp yeni kabuğu oluştuyordu. Bazı bölgeler ise daha yukarı itilerek sıra dağları oluşturdu. Yerlerinde kalan taşlar ise erozyon ile aşındılar. Dünya'nın yaşını şu an varolan taşları kullanarak bulmak, bir insanın yaşını parmak tırnaklarının yaşını bularak belirlemekle neredeyse aynı şey.

Güneş sisteminin tamamı kısa sayılabilecek bir zaman aralığında meydana geldiğine göre, bilim adamları Dünya'nın yaşını bulmak için Ay'daki maddeleri ya da meteoridler de kullanabilirler. (Meteoridler, atmosferinde tamamen yanıp tükenmeden dünyaya düşen meteorlardır.) Ay ve meteoridler, yoğunlaşma işlemiyle değişmemişlerdir, ve orjinal maddelerini korumuşlardır. Bu yüzden onlar Dünya'nın yaşı konusunda Dünya'nın kendisinden daha iyi göstergedirler.

Bilim adamları Ay taşlarının ve meteoridlerin yaşını radyoaktif tarihleme ile bulurlar. Bazı minerallerde, atom çekirdekleri radyoaktif parçacıklar yayarak sabit bir oranda bozunurlar. Bilim adamları bu maddelerin yarı-ömürlerini -maddenin yarısının bozunması için geçen zaman kullanırlar. Kararlı atomların sayısının radyoaktif atomların sayısına oranlayarak, bilim adamları maddenin yaşının belirleyebiliyorlar. Mesela eğer bir maddenin yarı-ömrü bir milyar yılsa ve maddenin üçte ikisi hala radyoaktif ise, bilim adamları bu maddenin beş yüz bin yıl yaşında olduğunu bilirler.

İnsanların Dünya'nın yaşını bilmeye meraklı olmaları doğal olsa da -nihayetinde birbirlerinin yaşıyla da çok il-

gililer- cevap tek başına çok da anlamlı değil. Cevabın değeri onun bize Dünya'nın tarihini öğrenmekte yardımcı olmasıdır; mesela, gezegenin kabuk magma ve öz (çekirdek) halinde tabakalara ayrılması hakkında bilgi verebilir. Cevap tek başına anlamlı olmasa da, Dünya'nın yaklaşık dört buçuk milyar yıl yaşında olduğunu bilmekte tatmin edici birşey var değil mi?

Şimdiki taşlara bakarak Dünyanın yaşını söylemeyi zorlaştıran tektonik tabakalar nelerdir? (Sayfa 103'e bakınız: "Tektonik Levhalar")

DÜNYAMIZ VE DİĞER GEZEĞENLER ARASINDAKİ BENZERLİKLER

Güneş sistemimizdeki gezegenler iki gruba ayrılır: Küçük katı gezegenler olan iç taraftakiler, ve kocaman gaz bulutlu dış taraftaki gezegenler. Dünya'nın yanında, Merkür, Venüs, Mars (ve bir gezegen olmamasına rağmen bazen bu gruba konulan Ay'ımız) küçük katı gezegenler grubundadırlar. Gaz devleri ise, Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün'dür. En dıştaki, en az bilinen gezegen olan Pluton ise büyük ihtimalle donmuş gazlardan oluşur.

Venüs ve Mars, Dünya'mıza en çok benzeyenleridir. Dünyamızın büyüklüğüne en yakın olan Venüs, Dünyamızın beşte dördü ağırlığındadır, Çekirdek, magma ve kabuğuyla iç yapısı da muhtemelen Dünya'ninkine çok yakındır. Mars'ın kütlesi ise Dünya'nın onda biri olduğu için, büyük ihtimalle magma ve çekirdeği farklı yapıdadır. Venüs ve Marsın atmosferlerinde karbon en yoğun olan elementtir, ikinci sırada ise nitrojen gelir. Dünya'nın atmosferindeki en yoğun elementler ise, nitrojen, onu izleyen hayatı sürdüren oksijendir. Sadece Dünya'da okyanuslar vardır. Mars, büyük miktarlardaki suyun donma-

dan kalabilmesi için çok soğuk, Venüs ise herhangi bir su birikintisinin buharlaşacağı kadar sıcaktır.

Merkür Güneş sistemimizde en içteki gezegendir. Atmosferi yoktur, onun yerine ince bir toz tabakasıyla kaplıdır. Merkür, çekirdeğinde çoğunlukla demir olduğunun -Dünya'nın özeğinden daha büyük oranlarda- bir göstergesi olarak son derece yoğundur.

Gaz devlerinin ise hepsi Dünya'dan çok farklıdır. En büyük iki gezegen olan Jüpiter ve Satürn genel olarak hidrojen ve helyumdan oluştukları için daha çok Güneş'e benzer. Uranüs ve Neptün de büyük miktarlarda hidrojen ve helyumdan oluştukları gibi yapılarında daha ağır elementleri de bulundururlar. Hem Neptün'ün, hem de Uranüs'ün çok derin atmosferleri vardır.

Bütün gezegenler içinde bilim adamlarının en az Pluton hakkında bilgileri var. Pluton kütlesi bizim Ayımızın sadece beşte biri ağırlığında çok küçük bir gezegendir. Donmuş gazlardan oluştuğu ve metandan bir atmosferi olduğu sanılıyor. Bazı bilim adamları Pluton'un aslında Neptün'ün bir uydusuyken, geçen çok ağır bir cismin çarpmasıyla güneş etrafındaki yörüngesine fırlamış olabileceğini iddia ediyorlar.

Genellikle insanlar, Dünya ile diğer gezegenlerin benzer olup olmadıklarını, diğer gezegenlerde hayat olma ihtimalini bilmek için merak ederler. Fakat bu durumda, benzerlik kelimesinin anlamı daralır. Çünkü **Dünya'da hayatı mümkün kılan şartlar çok ama çok ince nüanslara sahip**. Mesela, Dünya'mız, Güneş'ten çok az daha uzak olsaydı bütün suyumuz buza dönüşürdü ve bugün bildiğimiz şekliyle bir hayat başlayamazdı bile. Dünya'ya en benzeyen gezegenler, Venüs ve Mars. Fakat, Venüs hayatın mümkün olması için çok sıcak. Mars bu konuda daha yakın bir ihtimal, çünkü hem atmosferi, hem de daha kabul edilebilir bir sıcaklığı var. Ama bununla beraber,

Mars'ta çok az nem var. Başka gezegenlerde yaşam olması fikrini sevenler için en iyimser düşünce tarzı, Mars'taki önceki hayat formlarının gezegende şu an yaşanan buz asrı nedeniyle yok olmuş olmasıdır. Eğer yakın gelecekte bu buz asrı biterse, Dünya'mıza en benzer gezegen olan Mars'ta hayat yeniden filizlenebilir belki...

Dünyadaki hayat oksijeni nasıl tüketip bitirmiyor?
(Sayfa 131'e bakınız: "Fotose3ntez")

FOSİLLER

Asırlar boyunca, çoğu hayvan ve bitkiler arkalarında onların (nispî) kısa varoluşlarının bir izini bırakmadan öldüler. Fakat tam da gerekli şartlarda gömülmüş bulunan çok az kısmının, vücutlarının tamamı ya da bir kısmı fosil dediğimiz hale gelene dek uzun süre bozulmadan kalabilmiş. Gerçek bireysel hayatları çok kısa olan bu yaratıkların fosilleri, Dünyanın tarihini araştıran jeologlara ve Dünyadaki hayatın tarihini araştıran paleontologlara inanılmaz derecede faydalıdır.

Bütün bir şekilde çıkarılan fosillere denilen fosil sicilleri doğası gereği eksiktir. Çünkü genel olarak sadece vücudun katı kısımları -kabuk, kemik, diş gibi- fosil haline gelebilir. Tüyler, dokular gibi yumuşak kısımlar genellikle ölümden hemen sonra çürüdüğü halde, bazen taşlar içinde iz bırakırlar. Bulunan en fevkalade fosiller buz ya da yağ kaynaklarında saklanmıştır. Alaska ve Sibirya'da, bilim adamları yerin dibinde bütün olarak donmuş mamutlar bulmuşlardı. Polonya'da ise, Buz Çağı'ndan ağzında yutamadığı yiyeceği bile tam olarak kalmış tüylü bir gergedan bir yağ kaynağında bulundu!

Birçok fosil, taş haline gelmiş organizmaların sonucudur. Bu üç şekilde olabilir: İlk yolu, yeraltının mineralle-

rin bünyenin mikroskobik boşluklarını doldurmasıyla olabilir. Bunun ikinci yolu ise, minerallerin orjinal maddenin yerine geçmesidir. Bu molekül molekül olduğu için, orjinal yapının bütün ayrıntıları, orjinaldeki kadar kesin olmasa da saklanır. Çoğu fosiller minerallerin hem boşlukları doldurması hem de orjinal maddenin yerine geçmesiyle olur. Üçüncü çeşit taş fosiller ise, çoğunlukla oksijen, hidrojen ve karbondan oluşan yumuşak dokuların yıkıcı damıtma denilen bir işlemde geçmesiyle oluşur. Bu işlemde bütün karbondioksit ve su, geriye orjinal hayvan ya da bitkinin taş üzerinde karbon tabakası halinde izini bırakarak dışarı atılır.

Bir başka fosil kategorisi de kalıplar ve biçimlerdir. Bir kalıp, mesela burnunuzu bir bant ile kaplayıp sonra bozmadan çıkardığınızda elde ettiğiniz burnunuzun içi boş bir şeklidir. Biçim ise bu kalıbı kil ile doldurup sonra dikkatlice kalıbı çıkardığınızdaki şekildir. Fosil kalıp ve biçimleri de benzer şekilde oluşur. Bir kalıp, katı bir tortunun, sonradan kendisi eriyip yokolan organik bir yapıyı sarması ile oluşur. Daha sonra mineraller de bu boşluğu doldurursa, kalıbın bir biçimi oluştururlar. Ayak izleri doğal kalıplar olduğu için genellikle içleri biçimleri elde etmek için doldurulur.

Fosiller tek tek kendi başlarına büyüleyici olmasına rağmen, bilim adamları genellikle onları birbirine ilişkilendirerek kullanır. Özellikle jeologlar, fosilleri tortu taşlarının tabakalarının yaşını hesaplamakta kullanır. Dünyanın katı yüzeyinin yüzde yetmiş beşini oluşturan tortu taşları, hava koşulları ve erozyon yüzünden parçalanmış daha yaşlı taşların kalıntılarıyla oluşur. Öbür çeşit taşların oluşumunu sağlayan, mesela volkanlar gibi daha güçlü kuvvetler, oluşması sırasındaki herhangi bir fosili yok ederler. Herhangi bir taş tabakasında bulunan fosil, jeologlara o taşın yaklaşık ne zaman oluştuğunu söyler. Bu

özellikle birbirine uzak yerlerdeki taşları karşılaştırırken faydalıdır. Eğer aynı fosil, iki değişik yerde varsa, jeologlar bunların aynı yaşta olduğunu bilirler. Fosiller aynı zamanda eski zamanların coğrafi ve iklimsel koşulları hakkında da ipuçları verir. Eğer, jeologlar büyük bir kara parçasında balık fosili bulurlarsa, eskiden orada balıkların yaşayabileceği büyüklükte bir su kütlesinin bulunduğunu anlarlar.

Yaşam formlarının tarihini araştıran paleontologlar, jeologların taşlar hakkındaki bilgisini evrimsel değişimleri incelemek için kullanırlar. Jeolojinin ana varsayımı daha yaşlı taşların daha gençlerin altında olmasıdır. O zaman, daha derinlerde bulunan fosiller de, yukarıda bulunanlara göre daha yaşlıdır. Seriyi, dipten yüzeye doğru takip ederek, paleontologlar, evrimsel değişim sürecini incelerler. Bu çamaşırhanenizdeki paleontoloğun yerdeki kirli çamaşır yığınının incelemesine benzer. Eğer şık bir bluz ve ceket, kot ve tişörtlerle ve onlar da terli koşu eşofmanlarıyla kaplanmışsa, paleontolog bilir ki yakın zamanda şık bir davete gittiniz, sonra evde veya piknikte kot ve tişörtle vakit geçirdiniz ve en yakın zamanda da koşuya çıktınız.

Tabii ki fosilleri bulmak kirli çamaşırları bulmaktan daha zor. Paleontologlar, ödül garantisi olmadan sabırla büyük miktarda taşları oymak zorundalar. Sonra buldukları ince ayrıntıları büyük dikkatle saklayıp, uzun süre önce ölmüş varlıkların kalıntılarından hayatın tarihini okumak için, bütün hayal güçlerini ve tesbit metodlarını harekete geçirmeliler.

DÜNYANIN MERKEZİ

Gazetelerde ön sayfada verilecek kadar kuvvetli bir deprem olmadığı müddetçe, biz Dünyayı ayaklarımızın

altındaki sert zemin olarak düşünürüz. Tektonik tabakaların kıtalarımızı devamlı olarak kaydırıldığını bilsek de, bunun sadece Dünyanın dış tabakasında, kabuğunda olduğunu düşünürüz. Fakat Dünyamız dış kabuğundan, özündeki magma denizine kadar hareket eder.

Dünya içiçe kabuklardan ya da tabakalardan oluşur. En dış tabaka, kabuk, on ile yirmi beş mil kalınlığındadır. O bizim alışkın olduğumuz coğrafi şekillerin -dağların, ovaların ve okyanusların- tabakasıdır. Kabukta gördüğümüz en dramatik hareketler ani, bazen de ölümcül depremlerdir. Yine de sismologlar, dramatik olanların yanında, sonunda büyük bir sarsıntıya yol açabilecek küçük sarsıntıların da izlerini sürmeye çalışıyorlar.

Kabuğun altında, ağır taşlardan oluşan magma tabakası vardır. Jeologlar bazen bu tabakadan yüzeye çıkmış magma kayalarını görebiliyorlar. Magma yaklaşık 1800 mil derinliğinde. Onun altında ise 3000 milden biraz küçük yarıçapı olan yerözeği, çekirdek, var. Özek, merkezinde katı çekirdek ve etrafında demir, nikel gibi eriyik halde metallerin bulunduğu özden oluşur. Yaklaşık 12500 Fahrenayt derecedeki bir sıvı bilinen herhangi bir şeyi buharlaştırabilecek kadar sıcaktır. Bilim adamları bu aşırı ısının bir kısmının, Dünya oluşurken varolan heybetli sıkıştırıcı kuvvetler tarafından; bir kısmının ise radyoaktif maddelerin bozunumundan üretildiğini düşünüyor.

Kıtalarımızı oluşturan ve tutan tabakaların hareketi ve çarpışmaları Dünyanın merkezindeki ısı ve hareketin dış göstergeleridir. Dünyanın kabuğunun sadece birkaç mil altında üst magma tabakası sıvı iç özün sıcaklığına tepki olarak yavaşça hareket ediyor. İç özün hareketi ise sıcaktan dolayı, moleküllerin itiş kakışından dolayı değil, onun kendisi dönüyor. Bilim adamlarının tamamen anlamadığı komplike bir şekilde bu dönüş Dünyanın manyetik alanını oluşturuyor. Ve eğer bu sizin için yeterli değil-

se, Dünyanın jeolojik tarihinde manyetik kutupların üç yüz defadan çok kez yer değiştirdiklerini söyleyebiliriz. Birkaç yüzyıldan, bin yıla kadar değişen periyodlarda, kuzey ve güney manyetik kutuplar basitçe birbirlerinin yerine geçerler. Birbirlerinin yerine geçmeseler bile, her sene bir kaç mil kayarlar.

Eğer Dünya'nın merkezine gidemiyor ya da oradan örnekler alamıyorsak, içinde ne olduğunu nasıl biliyoruz? Cevap, Dünya'nın hareketlerindendir. Depremleri inceleyen bilim adamları olan sismologlar, Dünya'nın birleşimini ve tarihi hakkındaki teorileri için, deprem verilerini kullanıyorlar. Sismologlar, sismograf dedikleri aletleri, depremler, volkanik patlamalar ve nükleer testlerin patlamalarından gelen ses dalgalarını tesbit etmek için kullanıyorlar. Ses dalgaları değişik ortamlarda değişik hareket ettiği için, sismologlar verilerinden dalgaların hangi materyallerden geçtiğini çıkarabiliyorlar. Bilim adamları ayrıca Dünya'nın yapı ve birleşim bakımından üzerinde çalışabilecekleri meteoridlere benzer olduğunu da varsayabilirler.

Yine de Dünya'nın içi hakkında bilmediğimiz çok şey var. Dünya'nın merkezi bize göksel cisimlerden çok daha yakın olduğu halde, onun dayanılmaz sıcaklığı Dünya'nın merkezini Ay'dan daha zor ulaşılabilir yapıyor.

Dünya'nın derinliklerindeki sıcak maddeler yüzeye sızabilir mi? (Sayfa 105'e bakınız: "Volkanlar")

Dünya'nın manyetik alanları nedir? (Sayfa 110'a bakınız: "Dünya Mıknatısı")

TEKTONİK LEVHALAR

Haritaya baktığımızda, Güney Amerika'nın doğu sınırının, Afrika'nın batı sınırına bir yap-bozun parçaları gi-

bi oturduğunu görmek çok zor değildir. 1912'de Alman meteorolog Alfred Wegener, bu parçaların birbirine uyma nedeninin bir zamanlar onların beraber birleşik bir kıta parçası olduğunu söyleyen, kıtasal kayma denilen, bir fikir geliştirdi. İki kıtadaki kayaların ve fosillerin benzerliği de bu fikri destekliyor. Bugün bu fikir açık ve basit gibi gelse de, yaklaşık elli yıldır bilim adamları kıtasal kayma fikrini incelediler, çünkü kıtaları kaydıran kuvvetler hakkında pek bir şey bilmiyorlardı. Fakat sonra 1960'da ortaya atılan, tektonik levhalarla ilgili teori, kıtasal kayma ve benzeri olayları çok zarif bir şekilde açıkladı.

Tektonik levhalar teorisine göre, kabuk denilen dünyanın dış tabakası, yaklaşık on tane katı levha ya da yüzeyden meydana geliyor. Levhalar kıtalarla aynı şey değildir, aslında onlar kıtaları ve okyanus yataklarını taşıyan şeyler. Devamlı hareket halinde olan bu levhalar, dağların oluşumu, volkanik olaylar ve depremleri içeren jeolojik aktivitelerin kaynağıdır. Levha dediğimizde, tablolardan bahsetmiyoruz, bunlar Dünya'mızın kabuğunu oluşturan onlarca millik kalınlığındaki tabakalardır. Aynı şekilde, hareket derken de, sessizce ayakta dururken konstante olduğunuzda hissedebileceğiniz bir hareketten bahsetmiyoruz. Her levha, senede sadece birkaç inç hareket eder.

Levhaların hareketi, Dünya'nın kabuğunun altındaki magma tabakasının kaynamasının dış göstergesidir. Çoğu jeologlar, bu hareketin, hafif ve daha az yoğun olan sıcak materyalin yükselip, yukarıdaki ılık materyalin yerini almasıyla oluşan, konveksiyon denilen, dairesel akımların sonucu olduğunu düşünüyorlar. Magmadaki konveksiyon akımları levhaları da birlikte taşır.

Levhaların üç çeşit hareketi vardır. Birbirlerinden uzaklaşabilirler, bir levha diğ erinin altına gömülerek birleşebilirler ya da birbirlerinin yanlarından geçebilirler.

Üç çeşit hareketin hepsinde, sadece levhaların dış kısımları deformasyona uğrar, içleri nisbi olarak değişmeden kalır. Levhalar ayrıldığında ya da uzaklaştığında aralarındaki açıklıktan yüzeye, magmadan gelen sıcak maddeler çıkar ve yeni kabuğu oluşturacak şekilde sertleşir. Dünyanın büyüklüğü sabit olduğuna göre, eğer levhaların ayrıldığı yerlerde yeni kabuk oluşuyorsa, bir yerde de eski kabuğun içeri çekiliyor olması gerekir. Bu levhalar birbirleriyle birleştiğinde olur. Diğerinin altına kayan levha magmanın içine itilir ve buradaki aşırı sıcakta erir. Sonradan tekrar ayrılan levhaların arasından yukarı çıkıp soğuyarak kabuk oluşturabilir tabii. Eğer birleşen levhalar birbiri üzerine binerse, çarpıştıkları sınır bölgesi bükülür ve dağ sıralarını meydana getirir. Mesela Alpler, İtalya Avrupa ile birleşirken (tabii ki jeolojik olarak, politik olarak değil!) oluşmuştur. Üçüncü çeşit harekette ise, iki levha birbirine sürtüp, deprem hattı meydana getirerek geçer.

Son zamanlarda, bazı jeologlar bu levhaların kendi kendine hareket etme nedeninin, şimdiki kıtaların ondan oluştuğu 180 milyon yıl önceki 'süper-anakıta'nın parçalanması olup olmadığını araştırıyorlar. Magmanın ve magma ile sıvı özek arasındaki erimiş taşların alevlerinin kabuğu kırarak, eski 'süper-anakıta'yı parçalamış olabileceği düşünülüyor.

Hiçbir şey sabit değil, kıtalar bile. O yüzden nerede yaşıyorsanız yaşayın, uzaklara seyahat etmiyorsanız, yeterince uzun süre beklerseniz uzaklar size gelebilir.

Dünyanın magma tabakasının konveksiyon hareketine sebep olan ısının kaynağı nedir? (Sayfa 101'e bakınız: "Dünyanın Merkezi")

Dünya üzerindeki koşulları etkileyen başka konveksiyon çeşitleri de var mı? (Sayfa 113'e bakınız: "Hava Sistemleri")

VOLKANLAR

Birçok volkanın olduğu bir yerde yaşamıyorsanız, büyük ihtimalle volkanları her yıl patlayıp birçok insanı öldüren doğal felaketler olarak görüyorsunuzdur. Böyle bir olayda, korkunç hikayeleri ve bağış yapabileceğiniz şirketlerin listesini dinlersiniz ve sonra volkanlar bir sonraki felakete kadar unutulurlar. Her volkan patlaması, normalde hep sakin olan bir insanın açıklanamaz öfke patlaması gibi ani ve bağımsız bir patlama gibi düşünülse de, küçük püskürtmeler de nisbi olarak -senede 50-60 kez kadar- oldukça sıktır. Dünyada yaklaşık olarak 500 aktif volkan vardır. “Aktif” diyerek, bilim adamlarının gelecekte bir gün tekrar patlayacağını düşündükleri volkanları kastediyoruz. Volkanlar bizim dünyanın içini inceleme metodumuzdur, ve aynı zamanda patlamlarken görünüşleri de tabii ki dünyanın en etkileyici manzaralarıdır.

Volkanik dağ sıraları, sismik aktivite kemerleri üzerinde yoğunlaşmışlardır. Bu kemerlerden birisi olan “Ateş Halkası (Ring of Fire)” Pasifik Okyanusu etrafında, Kuzey Kaliforniya’daki “Lassen Peak”tan İngiliz Kolombiyası’ndaki Garibaldi Dağı’na kadar uzanan kısım üzerindedir. St. Helen Dağı da bu kemer üzerindedir. Depremlere de sebep olan sismik aktiviteler, dünyanın kabuğunu oluşturan büyük levhaların hareketinden oluşur. Dünyanın kabuğunu ayağımızın altında sert ve sabit olarak düşünsek de aslında o devamlı bir hareket halindedir. Mesela levhalar birbirinden ayrıldığı zamanlarda, magma yeni materyaller yüzeye çıkarak volkanik olaylara sebep olur. İki levha çarpışıp birleştğinde ise, Kaliforniya’daki Andreas Fay Hattı gibi uzun deprem fay hattı oluştururlar. Bazen de, bir levha diğeri altına girmeye zorlanır, batan levha magma tabakasına döner ve orada eriyerek, üstteki levhanın kenarı boyunca olan volkanik patlamalardan magma olarak çıkar.

Magma, dünyanın kabuğunun altında ve magma tabakasındaki erimiş maddelerdir. Bazen soğuyup sertleşerek, kabukta kaya haline de gelebilir. Onun dışında volkan ağzından lav olarak dışarı çıkabilir. Lavların soğuyup biriktiği yerlerde ise bizim tepe ya da dağ dediğimiz volkan konileri oluşur.

Volkanlardan püskürtülen materyaller lav, gaz, toz ve taş parçalarından oluşur. Gazlar patlamanın ana sebepleridir. Magma etrafındaki kayalardan daha hafif olduğu için, Dünyanın yüzeyine doğru yükselir. Yüzeye yaklaşıırken ise, içinde çözünmüş olan gaz kaynamaya başlar. Bu genleşme ise, buharı ve katı parçaları delikten dışarı iter. Sıcaklığı 2100-2200 Fahrenheit derecelerde olan lav, sıvı halden ağıdalı yapışkan hale kadar değişik olabilir. Ve sanki lavlar, gazlar ve taş parçaları yetmezmiş gibi volkanik patlamalar toprak kaymalarına, akıntılara ve tsunami-lere -devasa okyanus dalgaları- de sebep olur.

Volkanolojinin tehlikeli bir araştırma alanı olduğunu söylememiz sürpriz olmaz herhalde. Bazı araştırmacılar teorisyen olsa da, diğerleri zamanlarının çoğunu “alanda” geçirirler. Bu “alan” genellikle, planları hakkında suskun olan bir volkanın ağzı olur. 1993'te 8 volkanolog, çalıştıkları kraterlerin aniden patladığı iki ayrı kaza sonucu öldüler. 1991'de çektikleri patlayan volkan fotoğrafları ve filmleri ile meşhur olan Fransız bir karı-koca ve Amerikalı bir araştırmacıdan oluşan bir takım da Japonya'daki Unzen Dağı'ndaki patlamada öldüler. Fakat bazıları sadece tehlikeyi sevdikleri için olsa da, çoğu volkanolog hala bilinmeyen bir doğa olayının büyüğü ve daha iyi volkanik tahminler yaparak hayatları kurtarabilme isteği ile motive oluyorlar.

*Lavlar nereden geliyor ve neden bu kadar sıcaklar?
(Sayfa 101'e bakınız: "Dünyanın Merkezi")*

Dünyanın yüzeyini oluşturan levhalar neden hareket ediyor? (Sayfa 103'e bakınız: "Tektonik Levhalar")

YERALTI SULARI

Dünya haritasına baktığımızda kıtaları ve okyanusları görürüz. Dünyanın içinde ne olduğunu düşündüğümüzde ise, kayaların ve sonra daha dipte eriyik halindeki lavların ve özeğin olduğunu sanırız. Fakat Dünyamızın kabuğunda kuru kayalardan daha fazlası var. Yüzeyin altında, çöl bölgelerde bile kayaların arasında su vardır. Jeologlar bu yüzeyin altındaki sulara, yeraltı suları diyolarlar.

Yeraltı sularının çoğu, topraktan içeri sızan yağmur ve kar sularından toplanır. Su kayaların olduğu yere ulaştığında kayaların gözeneklerini doldurur, ve kayalar arasındaki kırıklara ve deliklere de girer. Sonra da bu delikler ağında akmaya başlar. Ama "akmak" kelimesi hızı çağrıştırmamalı. Çünkü yeraltı suları günde 4 feetten yılda 4 feete kadar değişen bir hız aralığında akar. Jeologlar, yeraltı suyu içeren kaya tabakalarını iki bölgeye ayırırlar. Havalandırma bölgesi denilen üstteki bölgede su, kaya gözeneklerini ve diğer boşlukları hava ile birlikte doldurur. Havalandırma bölgesinin altındaki yoğunlaşma bölgesinde ise su bütün boşlukları tamamen doldurmuştur. Yoğunlaşma bölgesi 2000 feetten daha derine çok seyrek iner. Yoğunlaşma bölgesinin üst yüzeyine "su seviyesi" denir. Genel olarak bu kısım üzerindeki toprağın topografisini yansıtır. Düz bölgelerde su seviyesi düzdür, tepelik bölgelerde ise su seviyesi tepelerle beraber alçalır ve yükseilir. Gerçekten de bataklıklar, göller ve çoğu dereler su seviyesinin yüzeye çok yakın olduğu yerlerdedir, yani yoğunlaşma bölgesinin üzerinde havalandırma bölgesinin olmadığı yerlerde...

Yeraltı sularını kullanmanın bir yolu kuyulardır. Bir kuyu, toprağın içinden havalandırma bölgesi boyunca yoğunlaşma bölgesine kadar uzanan bir deliktir. Su kayaların gözeneklerinden deliğe doğru akar ve kuyuyu su seviyesi bölgesine dek doldurur. Kuyudan çok fazla su pompalamak, bazen su seviyesinin yüzlerce feet alçalmasına neden olur. Yeraltı suları da çok yavaş hareket ettiği için, su seviyesini eski haline getirmek yüzlerce yıl alabilir.

Bazı yerlerde, yeraltı suları yüzeye göller ve derelerden daha etkileyici şekillerde çıkarlar. Mesela, Idaho'daki Twin Falls (İkiz Değerler) yakınındaki The Thousand Springs (Bin Pınarlar)'dan saniyede 37.000 galon su çıkar. Kaynak sularından daha harikulade olanlarsa, mağaralarda ya da gözenekli kaya yapılarında sıcaklık arttığında basınç ile beraber suyun kaynadığı sıcak su kaynaklarıdır. Derinlerdeki aşırı basınç altındaki su kaynayınca, buhar suyu derinliklerden yukarı doğru fışkırtır. Fışkırmadan sonra mağaraveya kaya gözenekleri tekrar su ile dolar ve işlem tekrar eder. "Old Faithful (Yaşlı İnançlı)" gibi bazı sıcak su kaynaklarının ne zaman fışkıracacağı tahmin edilebilir, çünkü su çemberleri çok hızlı dolar. Fakat fışkırmaları arasındaki zaman aralığı uzun olan sıcak su kaynaklarının fışkıрма zamanlarını tahmin etmek için içine bir çok değişken girdiği için zordur.

Çoğu insan yeraltı sularının etkisini farkına varmadığı halde bilir. Mağaralardaki ürkütücü görünüşlü sarkıt ve dikitler, çatlaklar arasından sızan yeraltı sularının içerdiği kalsiyum karbonattan oluşur. Yeraltı suları benzer bir sanatı, ağacın içerisinden geçerken, ağacı içerdiği silis ile değiştirerek gösterir.

Sonuç, taşlaşmış ağaç dediğimiz şeydir. Sarkıt ve dikitlerin sert ve heykelimsi görünüşleri ile taşlaşmış odunlar, suyun dünyanın yüzeyi altında dönüp durduğunun bir delilidir.

Su neden oluşmuştur, ve neden bu kadar önemlidir? (Sayfa 54'e bakınız: "Su")

Başka gezegenlerde de yeraltı suları olması ihtimal dahilinde midir? (Sayfa 97'ye bakınız: "Dünyamızla Diğer Gezegenler Arasındaki Benzerlikler")

DÜNYA MIKNATISI

Dünya dev bir demir çubuk gibi görünmese de, gezegenimiz bir mıknatıs gibi hareket ediyor. Ne kadar küçük olurlarsa olsunlar, bütün mıknatısların iki kutbu vardır. Dünyamızın kuzey ve güney olarak adlandırdığımız iki manyetik kutbu tam olarak coğrafi kutuplarla çakışmazlar. Pusulanın üzerinde titreşen iğne coğrafi kuzeyi değil, manyetik kuzeyi gösterir. Bu bilimsel bir gerçektir; fakat kaybolduğunuz bir kamp gezisinde ormanda pusulayla yönümüzü bulurken kutupların bu farklılığı pratik olarak önemsizdir. Dünyanın çekirdeğinin dış kısmı demir ve nikel içerir. Bu metaller gibi manyetik olan maddelerde, atomlar kendilerini manyetik eksen boyunca doğrulturlar. Fakat sonunda, bir dış kuvvet onları aynı doğrultuda tutmadıkça, atomların rastgele hareketleri doğrultularını bozmalarına neden olur. Çekirdeğin sıvı dış kısmı, katı iç bölgesine göre devamlı hareket halindedir. Bilim adamları bu hareketin elektrik ürettiğini ve bunun da sonra manyetik alan ürettiğini düşünüyorlar. Bu manyetik alan da, dünyanın yüzeyinden yüzlerce mil kadar uzaya uzandığı için 'Dünya'mız dev bir mıknatıs gibidir' diyoruz.

Bir bilim adamı için Dünya'nın manyetik tavrı sadece kendi içinde değil diğer olayları da açıklayabildiği için ilginç geliyor. Fransız fizikçi Pierre Curie, daha sonra Curie sıcaklığı denilen bir sıcaklığın üzerinde metallerin manyetik özelliklerini kaybettiklerini farkettiler. Bunun tersi olarak da erimiş metal soğurken Curie sıcaklığına ulaş-

tiğinde manyetik hale gelir. Paleontologların metallerin bu özelliğinin çok faydalı olduğunu farketmeleri çok uzun sürmedi. Lavlar çok kısa sürede -birkaç hafta kadar- soğuduğu için, volkanik kayalardaki metal damarların doğrultusu, aslında lav Curie sıcaklığına ulaştığındaki doğrultularını gösterir. Yani onlar zamanda donmuş pusulalar gibi görülebilir. Bu donmuş pusulalardan öğrenilen en şaşırtıcı şey, Dünya'nın manyetik kutuplarının jeolojik tarih boyunca bir çok kez ters yüz olduklarıdır. En yakın yer değiş tokuşu 730 bin yıl önce olmuştur. Bilim adamları, kutupların önce zayıflayıp sonra mı yoksa aniden mi-aniden derken 1000-5000 yılı kastediyoruz- ters yüz olduklarından emin değiller. Her manyetik çağ milyonlarca yıl sürüyor ve bu çağlar içerisinde de manyetik olay denilen daha kısa değişimler -birkaç binden 200 bin yıla kadar değişen sürelerde- de oluyor.

Bu, kayalarda donan mıknatıslar, ayrıca tektonik levhalar teorisi -Dünya'nın kabuğunun, devamlı hareketleri kıta kaymalarını da içeren jeolojik aktivitelerin kaynağı olan sert levhalardan oluştuğu teorisi- hakkında da delil asgılıyor. Levhalar birbirinden uzaklaştığında, aşağıdaki magmadan yeni erimiş materyaller yüzeye çıkar ve sertleşir. Sonunda bu materyaller de birbirinden uzaklaşır ve yine magmada erimiş materyallerle yer değiştirirler. Okyanus yatakları boyunca, Dünya'nın manyetik kutuplarının tersine çevrilmesi, okyanus kabartıları denilen dağ sıralarının iki yanındaki taşlarda çizgili şekillere yolaçmıştır. Bu kabartıların ayrılmasına, bilim adamları okyanus yatağı yayılması diyorlar. Okyanus yataklarının yılda birkaç inç oranındaki hareketi tektonik levhaların toplam hareketinin önemli bir parçasıdır.

Şimdilik, ormandan çıkabilmek için cebinizdeki pusulayı kullanabilirsiniz. Tabii ki kutupların gelecekteki değiş tokuşundan sonra da, iğneyi N yerine S doğrultusuna

yönelttiğiniz müddetçe, hâlâ aynı pusulayı kullanabilirsiniz.

Bu kadar uzun manyetik çağları olan Dünyamızın kendisi kaç yaşında? (Sayfa 95'e bakınız: "Dünyanın Yaşı")

CORIOLUS KUVVETİ

Coriolus kuvveti hakkında bilmemiz gereken ilk şey onun aslında bir kuvvet olmadığıdır. (Kuvvet bir cisim üzerine etki ettiğinde onun hızlanmasına neden olur.) Coriolus etkisi hakkında bilmemiz gereken ikinci şey ise, Kuzey yarıküredeki lavobo deliklerinden suyun saatin tersi yönünde, Güney yarıkürede ise saat yönünde dönererek boşalmasından onun sorumlu olmadığıdır. Onun etkileri, atmosferik ve okyanus akıntıları gibi daha büyük ölçeklerde görünür.

İki yarı kürede de kutuplara doğru giden cisimleri doğuya, ekvatora doğru giden cisimleri de batıya saptıran Coriolus etkisini, Fransız mühendis ve matematikçi Gaspard-Gustave de Coriolis (1792-1843) dönen makinelerin dinamiğini çalışırken bulmuştur. Bu fikir oldukça basittir. Bütün dönen cisimlere uygulanabildiği halde, onu en açık şekilde Dünya üzerindeki etkilerinden anlayabiliriz. Dünya kendi etrafındaki dönüşünü her yirmidört saatte bir tamamlar. Dünyanın çevresinin uzunluğu ekvatorunda, kutuplara yakın çemberlere göre daha fazla olduğu için, ekvatordaki bir cisim kutuplara yakın bir cisme göre her yirmi dört saatlik periyotta daha uzun bir mesafe alır -Ekvatorunda yaklaşık olarak 24000 mil alırken, kutuplarda neredeyse sıfır mil alır. Yani, ekvatordaki bir cisim doğuya doğru saatte yaklaşık 1000 millik bir hızla hareket ederken kutuplardaki bir cisim neredeyse hiç hareket etmiyor. Eğer, mesela roket gibi bir cisim ekvatordan ayrılıp

kuzey kutbuna doğru yönelirse eylemsizlik roketi (basitleştirmek için roketin kendi hızını yok sayarsak) saatte 1000 millik bir hızla hareket etmeye zorlar. (Eylemsizlik duran bir cismi durmaya, hareket eden bir cismi aynı hızla hareket etmeye zorlayan kuvvettir.) Hala saatte 1000 millik bir hızla hareket eden bir roket, mesela saatte 500 millik hızla hareket eden bir bölgeye geldiğinde roketin fazla hızı onun doğruya sapmasına neden olacaktır.

Bazen insanlar bu etkiyi atlıkarınca ya da pikap tablası üzerinde de açıklarlar. Bir insan atlıkarıncanın merkezinden kenarına doğru yürümeye çalıştığında olduğu gibi, dönen bir pikabın merkezinden kenarına doğru bir çizgi çizmeye çalıştığımızda hep bir açıyla ilk yönümüzden saparız. Aslında Coriolus kuvvetinin atlıkarınca ya da pikap tablası üzerinde, lavobo delikleri üzerindeki etkisinden daha fazla etkisi olduğu şüphelidir.

Çoğumuz uçakların ya da roketlerin yönlendirilmesiyle ilgilenmeyiz, ama hakkında hiç bir şey yapamasak da hava durumuyla çok ilgiliyizdir. İşte merkezkaç kuvvetinin en açık örneği, hortumların, kasırganın ve tornadolaların kuzey yarımkürede saatin tersi yönünde dönerken güney yarımkürede saat yönüne dönmesidir. Bu etki küçük fırtına gibi hava olaylarında ise ihmal edilebilir.

Coriolus etkisi, bütün dönen sistemlerde vardır. Belki de en etkileyici örneği ise, Jüpiter'in güney yarımküresinde dönen devasa bir kasırgadan başka birşey olmayan, "Kırmızı Leke (Red Spot)"dir.

Roketler gibi, hareket eden cisimleri eylemsizlik nasıl etkiler? (Sayfa 37'ye bakınız: "Eylemsizlik")

Hava durumunu neler etkiler? (Sayfa 113'e bakınız: "Hava Sistemleri")

HAVA SİSTEMLERİ

Hava durumu dediğimizde, ısı, nemlilik, bulutluluk, rüzgar, basınç, yağış ve görünürlük gibi birçok faktörün toplamından sözederiz. Bütün bu faktörlerse, Dünyamızı saran gaz tabakası olan atmosferi tarif ederler. –Atmosferi olmayan Ayın ve diğer gezegenlerin hava durumu yoktur!–

Sabahları radyoyu açtığımızda, çoğumuz havanın sıcak mı yoksa soğuk mu olacağını ve yağış olup olmayacağını öğrenmek isteriz. Bir meteorolog için bunlar hava sistemi denilen daha geniş bir tablonun bir parçasıdır. Hava sistemleri, sonuç olarak sıcaklık değişimine sebep olan atmosferik değişimlerdir.

Konveksiyon denilen hava hareketleri temel hava şekillerinden sorumludur. Hava Dünyanın yüzeyinin ılıklılığıyla ısınınca genleşir ve az yoğun hale gelir. Az yoğun olduğu için hafiftir ve bu yüzden yükselir ve daha soğuk hava onun altına inerek yer değiştirirler. Bu sefer aşağı inen hava ısınır ve yine daha soğuk havayla yer değiştirerek yükselir. Ekvatorda hava soğuk kutup bölgelerinden daha çabuk ısındığı için daha çabuk yükselir ve kuzeyden ve güneyden esen soğuk hava onun yerini alır. Dünyanın dönüşü ise bu düzeni daha karışık hale getirir. Dünya her yirmi dört saatte bir dönüşünü tamamladığı için, ekvatorun üzerindeki hava daha fazla mesafe gitmek zorunda kalır ve bu yüzden kutupların üzerindeki havadan daha hızlı döner. Hızlarındaki bu fark, hava akımlarının sapmasına neden olur. Bilim adamları bu sapmaya Coriolis etkisi derler. Bunun sonucu olarak ekvatordan kutuplara doğru hareket eden hava doğuya doğru, kutuplardan ekvatora doğru hareket eden hava ise batıya doğru sapar.

Amerika üzerindeki ana hava akımına batı rüzgarları denir. Batı rüzgarları kuzey ve güney yarıkürenin ısı bölgelerinde batıdan doğuya doğru eser. Güney yarıkürede rüzgarlar kuzey kutbuna doğru eseceğine güney kutbuna doğru güneye eser. Fakat ekvatora yakın bölgelerde akım, ekvatorun üzerinde batıya doğru esen kuzeydoğu rüzgarları ve ekvatorun altında güneydoğu rüzgarları ile tersine çevrilmiştir. Ekvator üstünde ise genel olarak sakin bir hava vardır.

Genel hava sistemleri çoğunlukla tutarlı olmasına rağmen, radyoyu açtığımızda duyduğumuz hava durumu bir çok faktörden etkilenir. Bunların arasında en önemlisi, yüzlerce hatta binlerce mil karelik alanları kaplayabilen hava kütleleridir. Hava kütleleri hareket ederken, altındaki yüzeyin sıcaklık ve nemlilik gibi özelliklerinden etkilenirler.

Meteorologlar, iki hava kütesinin çarpıştığı bölgelere ön cephe derler. Ön cepheler genellikle kötü havaya sebep olurlar. Hava durumu tahminleri temel olarak hava kütlelerinin hareketlerini tahmin etmekten ibarettir.

Havayı etkileyen öbür faktörler ise kuzey yarımkürede batıdan doğuya doğru esen, yüksek ve dar rüzgar akımları olan jet rüzgarları, sıcaklık, nem ve basınçtaki yerel değişimler ve mevsimsel değişimlerdir. Sıcaklık değişimi dışında bizi ilgilendiren diğer şey ise yağmur ya da kar yağıp yağmayacağıdır. Isı her gün dünyadan su buharlaştırır. Isınmış hava yükselirken soğur ve bulutlar halinde yoğunlaşır. Özel atmosferik koşullarda ise bu bulutlar yağmur ya da kar halinde yağarlar.

Hava dinamiği o kadar karışıktır ki, bilim adamları hava durumunu, tahmin edilemez sistemleri çalışan kaos teorisinin klasik bir örneği olarak kabul ederler. Havanın aşırı kompleksliği, birkaç gün önceden herhangi bir kesinlikte tahmin yapmayı imkansız kılar. Hava durumu

anlaşılmaz olabilir, ama en azından bize üzerinde konuşabileceğimiz bir konu yaratır.

Kaos teorisi neden hava sistemlerinin çalışılmasında yararlı olur? (Sayfa 87'ye bakınız: "Kaos")

Konveksiyon havanın hareketine sebep oluyor, peki aynı zamanda dünyanın kendisinin hareketine de sebep olur mu? (Sayfa 103'e bakınız: "Tektonik Levhalar")

EKOLOJİ VE BİYOLOJİK GELİŞİM

BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİK

Günlük hayatımızda, çoğunluğumuz insanlar haricinde çok az türle karşı karşıyayızdır: Evcil kediler ve köpekler, belki fareler, sinekler, akvaryum balıkları ve solucanlar, lahana karnı bahar. Fakat bir dakika, solucanlar tek tür değildir, 12000'e yakın bilinen solucan türü vardır. Temel olarak bir tür kendi arasında yeni nesiller doğuran hayvan ya da bitki grubudur. At ve eşek doğurabildikleri halde, farklı türden oldukları için katır dölleri kısırır. Dünyada çoğu keşfedilmeyi bekleyen milyonlarca tür vardır. Sadece bir avuç dolusu toprakta, bilim adamları binlerce yeni bakteri ve virüse rastlayabiliyorlar. Genel olarak, hayvanın cüssesi büyüdükçe, sayısı azalır. 750.000 bilinen böcek türü göz önüne alındığında sadece 4000 memeli türü vardır ve böcek bilimciler 10 milyon kadar böcek türü olduğunu düşünüyorlar. Ekolojistler tanımlarının özellikleri değişik olsa da, türlerin bu inanılmaz yelpazesine biyo-çeşitlilik adını verirler. Detayları hala araştırıyor olsalar da, kesin olarak bildikleri şey, bi-

yo-çeşitliliğin dünyanın sağlıklı işlemesi için vazgeçilmez olduğudur. Araştırmaların bulgularına göre, bir bölgede ne kadar çok bitki türü varsa orada güneş enerjisinden o kadar çok yararlanılıyor. Tür çeşitliliği çok olan alanlar kıtlık gibi felaketlere daha iyi karşı koyup sonuçlarından daha çabuk kurtulabiliyorlar.

Dünyanın canlılık tarihi bir çok türün soylarının tükenmesiyle doludur. Milyonlarca yıl sürebilecek dönemlerde bir çok türün adapte olmaya zaman bulamayıp sonuçta yok oldukları aşırı etkili çevresel değişiklik ya da felaketler hüküm sürmüştür. Bunlardan en ünlüsü dinozorların soylarını tüketen felakettir. Bazı bilim adamları şu anda küresel bir felaketin- insanlar tarım ve endüstri ile neden oldukları bir felaketin içersinde olduğumuzu düşünüyorlar. Hatta bazıları bunun dünyanın başına gelmiş en büyük felaket olduğunu düşünüyorlar.

Biyolojik çeşitlilikle ilgilenen çoğu bilim adamı ve çevreci iki nedenden dolayı tropikal yağmur ormanlarına odaklanıyorlardı. Birincisi, yağmur ormanları çok geniş bir biyolojik çeşitlilik içerirler. İkincisi ağaç kesimi ve tarım arazisine dönüştürülme yoluyla yağmur ormanları alanı verecek bir hızla yok oluyorlar- her yıl Florida eyaleti büyüklüğünde yağmur ormanı kaybediliyor. Biyo-çeşitliliğin korunmasını bir çok insan hem felsefi nedenlerle (doğal dünyanın zenginliğini yok etmemeliyiz) hem de pratik nedenlerle (insan ırkının devam edebilmesi için onlara ihtiyacımız var) destekliyorlarsa da, yağmur ormanlarını yok etmekten finansal çıkarlar elde edenleri ikna etmek zor olacaktır. Bir taktik, yağmur ormanlarına zarar vermeden onlardan finansal çıkar sağlama yolları bulmaktır. Mesela Kosta Rika'da Milli Biyoçeşitlilik Enstitüsü henüz bulunamamış olan ilaç üretiminde kullanılabilecek çeşitler arıyor. Böyle bir türün bulunma şansı çok çok düşük olsa da, yaratılan para milyonlarca dolar ola-

rak geri dönebilir. En azından büyük bir ilaç firması, potansiyel olarak değerli olabilecek bulgulara ilk olarak gözatabilme şansı karşılığında enstitünün sponsorluğunu yapıyor.

Çevrecilik konusunda tek kaygısı insan soyunun devamı olanlar için bile, sorun, insan hayatını mümkün kılan ekosistem çökmeden önce kaç türün daha yok olmasına göz yumabileceğimizdir. Tür çeşitliğinde biraz fazlalığımız olsa bile, bu konu bilimin de cevabını doğrudan gözlem yoluyla bulmaya çok yakınlaşmak istemediği bir sorundur.

İnsan türü farkında olmadan kendi sonunu hazırlayabilir mi? (Sayfa 126'ya bakınız: "İnsan Nüfusu")

YOK OLAN KURBAĞALAR

Bazı insanlar kurbağaları şirin bulsalar da, çoğunluk için itici, hatta iğrençtirler. Bu yüzden çoğu insanın kurbağaların soylarının tükenme yolunda olabileceğinden habersiz olması çok şaşırtıcı değildir. Herkes pandaları sever, kurtlar ve kel kartallar için bir cazibe sözkonusudur. Fakat on yaş sınırı üzerinde kim kurbağalara önem verir ki? Amfibiler (kurbağalar ve semenderleri içine alan omurgalılar grubu) üzerinde çalışan biyologlar önem veriyorlar ve son yıllarda çoğunluğu kurbağaların soyu tükenme yolunda oldukları tehlikesini vurguluyorlar.

Tüysüz ve geçirgen derili olduklarından kurbağalar çevresel değişikliklere karşı aşırı derecede korumasızdırlar. Bazı insanlar bir madendeki kanarya gibi kurbağalarında biyolojik gösterge olduklarına işaret ederler. Madenciler gaz sızıntılarını test etmek için madencilere kanaryalar götürürlerdi. Eğer kanaryalar ölürlerse, madende

tehlikeli gaz anlamına gelir. Genel olarak konuşursak bir biyolojik gösterge ile bir tehlike arasında direkt bir bağ vardır. Kurbağaların yok olması özel bir tehlikeye göstermiyorsa bile genel bir ekolojik sorunun ispatıdır.

Kurbağalar kesinlikle yok oluyorlar. Mesela midesinde yumurta saklayan Avusturalya kurbağası 1980’de kesinlikle yok olmuştur. Kosta Rika’daki Montervede Bulut Ormanının altın kurbağası 1980’de yok olmuştur ya da sınırdadır. Kaliforniya’daki sert ayaklı dağ kurbağası ve Yosense kurbağası nüfusları belirgin bir şekilde düşmüştür. Bütün hayvanlar yaşadıkları Yokolu kurbağalar ekosisteme bağımlıdır. Bilim adamları kurbağa türlerindeki azalmanın nedeninin insanın çevreyi değiştirmesi olduğuna inanıyorlar. Mesela, Büyük Britanya’da, böcek zehirleri asit yağmurları, ve çalıkların azalması kurbağa popülasyonunu belirgin bir şekilde hızla azalmıştır.

Kurbağaların kaderindeki ticari etkenlerde rol oynar. Hindistan Avrupa’nın en büyük kurbağa ayağı kaynağı oldu. (Kurbağa ayağı yemeyi seven Fransızlar, ülkelerindeki kurbağaları koruyan kanunlar çıkarmışlardır. Kurbağaların yok olduğu Hindistan’ın bazı alanlarında, kurbağalar tarafından kontrol altında tutulan sivrisinekler ve buğdayla beslenen böcekler gibi zararlılar başedilemeyecek kadar çoğaldılar. Hindistan kurbağa ihracatını yasakladığında, Endonezya Avrupa’nın ana kaynağı oldu ve artık Endonezya’nın kurbağaları yok oluyor.

Bir türün yok olması fikri ne kadar korkunç geliyor olursa olsun, tür yok olmaları doğaldır. Evrimsel tarihte birçok tür yerlerini yenilerine bırakmak üzere yok oldular. Bunu fosil kayıtlarından biliyoruz. Türler teker teker yok olabilecekleri gibi dünya, bilim adamlarının kütleli yok oluşlar dedikleri periyotlardan geçer. 245 milyon yıl önce gerçekleşen en büyük kütleli yok oluşta dünyadaki türlerin %90’ı kayboldu. Dinozorların yok oldukları 65

milyon yıl önceki kütleli yok oluşta ise türlerin %65'e yakını kayboldu. Kütleli yokoluşlar bir kaç milyon yıllık periyotlarla (jeodejik standartlara göre kısa) gerçekleştiği için, kütleli bir yokoluşun ortasında olsak bile çoğu insan bu durumla karşılaşmayacaktır.

Eğer yok oluşlar “doğal”sa neden endişeleniyoruz? Bir nedeni kendi çıkarımızdır. Çoğumuz türlerin çeşitliliğinden hoşnutuzdur ve bunun devam ettiğini görmek isteriz. Birçok tür yok olsa da insan türü yaşayacaktır, fakat biyolojik çeşitlilik sağlıklı ve canlı bir doğanın işaretidir. Biyolojik çeşitliliğin hızla azalmasının nedeni olan insanlar, şimdi zararı geri almayı önplana getirmelidir.

Biyolojik çeşitlilik nedir ve neden önemlidir? (Sayfa 119'a bakınız: "Biyolojik Çeşitlilik")

Dinozorlar neden öldüler? (Sayfa 125'e bakınız: "Neden bir yerlerde birkaç yalnız dinozor yaşıyor olamaz?")

NEDEN BİR YERLERDE BİRKAÇ DİNOZOR YAŞIYOR OLAMAZ?

Altmışbeş milyon yıl önce, kretas devrinin sonunda, dinozorlar; başka birçok türle beraber, kitlesel bir şekilde yok oldular. Bilim adamları yokoluşun kesin nedenini bilmiyorlar ama genel olarak iyi bir portre çizebiliyorlar. Bilim adamlarının çoğunluğu, dışardan bir etkinin (çevre şartlarının) dinozorları yok ettiği konusunda hemfikirler ve bunlardan birinin de dünyaya çarpan bir asteroid olduğunu düşünüyorlar. Asteroidin kendisi dinozorları ve diğer türleri öldürmedi ama çarpmanın tozu ve külü güneş ışığını yıllar boyunca bloke etti. 1990'da bilim adamları Meksika'daki bir kreterin tarihini tam dinozorların yok olduğu dönem olarak belirlediler. (Tabii ki, tam ola-

rak kavramının altmış beş milyon yıl önceki bir olay için kullanıldığında iki hafta önceki bir olay için kullanıldığı gibi bir anlamı yoktur.) Çapı 180 kilometre olan bu krater dünyadaki en büyük kraterdir. Eğer bir asteroid dinazorların türlerinin yok olmasından sorumluyorsa, bu bazı bitki ve hayvan türlerinin neden yok olmaktan kurtuldukları sorununa bir açıklama getirebilir. Küçük hayvanların soğuktan korunmak için sığınakları var olabilir ve birçok bitki türü uzun dönemler boyunca uyku halinde kalabilir.

Bazı bilim adamları bir asteroid dünyaya çarpmışsa da bunun zaten yok olmak üzere olan dinazora son darbe olduğuna inanırlar. Bir teori de, düşen deniz seviyesinin önceden ayırık olan karaları birleştirdiğini öngörür. Hayvanlar bir ortamdan diğerine göç ettikleri zaman, yerli nüfus için ölümcül olabilecek hastalık ve parazitleri de beraberlerinde getirirler. Bazı bilim adamları, memelilerin zamanla dinazorların yumurtalarını yemeye başladıklarını ve onların sonunu hazırladıklarını öne sürerler. Aslında dinazorların yaşadığı yüz milyon yılın çoğunluğunda memeliler vardı.

Hiçbir dinazor türünün bugüne dek devam edememiş olmasının nedeni aslında onların ve bütün türlerin varoluş sebebidir; doğal seçim. Bir türdeki bazı bireyler mutant, ya da yeni özelliklerle doğarlar. Çoğu mutasyonlar ölürler. Fakat çevreye daha iyi adapte olmasını sağlayan bir mutasyonu olan bir birey daha yüksek yaşama şansına sahiptir. O bireyin soyundan daha çok birey yaşar ve bunlar da sonuçta daha çok yaşama şansına sahiptirler. Felaket boyutlarındaki çevresel değişikliklerde, normal mutasyon hızı bir türün ortama uyum sağlaması için yeterli olmayabilir. Eğer dinozorlar çevresel değişikliklere uyum sağlayabilecek kadar genetik esnekliğe sahip olsalardı, değişemeyen ve yok olmaya yüztutan türler üzerin-

de bir yaşama avantajına sahip olurlardı. Bu yüzden tekrar çoğalıp dünyada baskın tür olmaları gerekirdi. Birkaç dinozorun bir yerlerde yaşıyor olma ihtimali de bilim adamlarınca önemsenmiyor, çünkü genetik çeşitlilik sağlayacak kadar çok bireyi (aynı soydan çok fazla çiftleşme iyi değildir) ve yeterince çifti olmayan bir tür yaşayamaz. Bir yerlerdeki bir çalılıkta yalnız bir dinozor bulmak gibi fantaziler kuranlar olabilir, fakat yok oldukları için şükretmeliyiz. Yoksa onların iskeletlerini yeniden toplayan ve bilimsel teoriler üretebilen beynimiz ne kadar büyük olursa olsun şu an yaşamıyor olabilirdik.

Dinozorların soyu bir asteroid yüzünden tükendiyse, bu asteroid nereden gelmiştir? (Sayfa 16'ya bakınız: "Asteroid Kuşağı")

İNSAN NÜFUSU

1798 kadar eski bir tarihte, İngiliz papazı olan Thomas Malthus, 'Nüfus Kuralı Üzerine' adlı makalesinde, nüfusun dünyanın kaldıramayacağı bir hızla arttığı tehlikesi üzerinde durmuştu. Dünya nüfusunun açlık, hastalık, savaş gibi felaketlerle ya da nüfus planlamasıyla kontrol altında tutulmaması durumunda gezegenimizde yaygın bir fakirlik yaşanacağını öne sürdü. Birçok tarihçi, Malthus'un makalesinin Darwin'in doğal seçim teorisini (bazı genetik çeşitliliklerin yaşayacağı ve diğerlerinin yok olacağı) etkilediğini iddia eder. Darwin'in fikirleri rastlantısal mutasyonlar ile alakalı olsa da, popüler kültürde, yarışmacılığı onaylamak için her yere cuk oturan, "en uygunun yaşaması" anlamında kullanılır. (Oysa Darwin tüm bunları öne sürerken, genetik biliminden habersizdi. Mutasyonların ve doğal seçilimin, -bir türden başka bir türe geçilmesi anlamında- evrimin bir kanıtı olmadığı bir-

çok önemli bilim adamı tarafından ortaya konulmuştur.)

Bilim adamları dünyanın “taşıma kapasitesinden -yani kaç insanı besleyebileceğinden- bahsederler. Konu temelde basit olsa da iki faktör onun hakkında düşünmeyi zorlaştırır. İlk olarak, dünyanın taşıma kapasitesi tahminleri çok farklıdır. Son tahminler (çoktan geçmiş olduğumuz) 3 milyar ile 44 milyar arasında değişiyor. Bazı bilim adamları bu farklılığı 7.7 ile 12 milyar arasına dek indirirler. Bu da Birleşmiş Milletlerin 2050 yılı için yaptığı dünya nüfusu tahminine yakındır: 7.8 ile 12.5 milyar. Olayı karmaşıklaştıran ikinci şey, yiyecek üretme veriminin artması gibi faktörlerle dünyanın kapasitesinin zamanla değişiyor olmasıdır.

Nüfus düzeyleriyle kaynaklar arasındaki bağlantıyı anlayabilmek için, sosyal bilimciler ortalama yaşam süresi, eğitim, gelir düzeyleri teknoloji gibi faktörleri incelerler ve bazıları karbondioksit üretimi gibi faktörleri de hesaba katarlar. Durumu nasıl tanımlarsanız tanımlayın, çoğu araştırmacı dünyamızın nüfusu artacaksa ve kaynakları tüketilecekse bir yerde sorunla karşılaşacağımızı öngörüyorlar.

Nüfus hangi hızla artar? MS 1’den 1970’lere dek yıllık artış %0.04’ten %2.1’e çıkmıştır. Daha sonra %1.6’ya düşmüştür. %1.6 çok fazla görünmese de sayılara bakmak daha etkileyicidir. Dünyanın şu anki nüfusu 5.7 milyardır. Ve yıllık %1.6’lık bir artışla önümüzdeki kırk üç yılda ikiye katlanıp 11 milyardan daha çok olacaktır. Zengin ile fakir arasındaki uçurum ise çok daha hızlı artmıştır.

Birçok şey, detayına inildiğinde alt-üst olmuş gözüküyor. Nüfusu en hızlı artan ülkelerin çevreye en çok zarar verenler olduklarını düşünebilirsiniz. Fakat nüfus artışı en düşük olan ülkeler en zengin ülkelerdir ve zengin ülkeler çok daha fazla enerji tüketirler. Fakir insanlar ise genelde verimsiz arazilerde tarım yapmaya ve tepelerde-

ki ormanları yok etmeye zorlanırlar ve bu da dünyamızın uzun süreli sağlığını tehdit eder.

Teknolojinin kendisinde iyilik veya kötülük saklı olmasa da; karşıtlarında da, taraftarlarında da bir saygı uyandırır. Şimdiye dek, insanın çevreyi tahrip etme potansiyelinin farkında olmadan dikkatsizce çevremize atıklarla saldırdık ve geleceği hiç düşünmeden kaynakları israf ettik. Teknolojiyi kontrol ederek, devletler şimdiye dek yapılmış zararın bir kısmını telafi edebilir, gelecekteki zararı ve enerji tüketimini minumuma indirebilirler. Tabii ki bu, çok benzin harcayan bir araba kullanmaktan hoşlanan bir insanı ikna etmekten çok daha fazlasını gerektirir.

Sera etkisi nedir, ve insan nüfusu bunu nasıl etkiler? (Sayfa 132'ye bakınız: "Sera Etkisi")

İnsan nüfusunun artışı ve sayısı biyolojik çeşitliliği nasıl etkiler? (Sayfa 119'a bakınız: "Biyolojik Çeşitlilik")

ETÇİL BİTKİLER

Et yiyen bir bitki insanda -eğer botanikçi değilse- ürperme duygusu uyandırır. Bitkinin bilinçli olarak et yemek üzere tuzağını kurduğu ve avını yutmak üzere beklediği düşüncesi uyandırır. Tabii ki, burada hiçbir bilinç söz konusu değildir, sadece bitkinin organizması ve kimyası öyledir. Etçil bitkiler, yaşadıkları bataklıkların asidik ve suya doymuş topraklarına uyum sağlamışlardır. Nitrojen ihtiyaçlarını karşılamak için bunu yakaladıkları sinek ve böceklerden karşılamak üzere yollar geliştirmişlerdir. Kuzey Amerika'daki etçil bitkilerin çoğunluğu Virginia'dan Teksas'a kadar özellikle Kaliforniya Körfezi boyunca uzanan bir coğrafyada büyürler. En çok bilinen üç tanesi Venüs Sinekkapanı, Güneşçiği ve Testi bitkisidir.

Darwin'ın dünyadaki en mükemmel bitkilerden biri olarak nitelendirdiği Venüs Sinekkapanı'nın, yapraklarının kenarında durumdan şüphelenmeyen böcekleri çekmek için nektar üreten bezleri vardır. Adının aksine avları sineklerden çok örümcekler ve karıncalardır. Her yaprağının iki yarısını menteşeli gibi bir sistem açıp kapayabilir. Yaprığın üzerinde tetikleme amacıyla kullanılan tüyler vardır: Eğer bir av bir tüye iki defa ya da iki artçıl tüye yirmi saniye içerisinde dokunursa, bir elektrik sinyali sinekkapanın kapılarını kapatır. Daha sonra kapalı yaprak avı sindirecek enzimler salgılar.

Güneşçiği ise dokungaçları olan yapraksı bir bitkidir ve salgıladığı cazip kokulu ama yapışkan sıvının cazibesine kapılan aptal böcekleri avlar. Daha sonra sindirilmesini sağlamak için duyargalar avın üzerinde yaprağın yüzeyine doğru bastırarak şekilde kıvrılır. Bitki ismini duyargalarının üzerinde salgılanan ve sabah güneşinde çiğ taneleri gibi parıldayan sıvı damlacıklarından alır.

Dramatik görünümlü testi bitkisinin uzun, kukuletalı, testiye benzer yaprakları vardır. Kukuletadaki ve sürahisinin kanarındaki nektar böcekleri ve bazen kırkayaklar ile akrepleri cezbeder. Böcek kaygan iç yüzeye geldiğinde genelde testinin dibindeki ters kubbeye kayar. İçeriye girenin kaçamamasını garantilemek için tübün iç yüzeyinde aşağıya doğru kıvrılmış yukarı çıkış yollarını kapatan tüyler vardır. Testinin dibinde ise sindirim enzimleri ve bazı türlerde avı sersemleten bir uyuşturucu içeren bir sıvı vardır.

Testi bitkisi her ne kadar misafirperver olmasa da, onunla karşılıklı çıkar ilişkisi geliştirebilmiş canlılar da vardır. Bazı böcek çeşitleri -Kuzey Amerika'da on altı kadar- larva dönemlerini testinin içinde, sindirim sıvısına düşen avlarla beslenerek geçirir. Bilim adamları bu larvaların testi böceğinin sindirim salgısı içinde nasıl yaşaya-

'bildiklerinden emin değiller ama vücutlarının anti-enzimler salgıladıklarını düşünüyorlar. Avlarla beslenirken onları bitkinin ihtiyacı olan vitaminlere parçalamakta yardımcı olmuş oluyorlar. Aynı zamanda da kendi nitrojen zengini atıklarını da ürettiyorlar.

Ne yazık ki, etçil bitkilerin evleri olarak benimsedikleri bataklıkların geleceği çok parlak değil. Bazıları kurutulup çam ormanlarına ya da çiftliklere dönüştürülüyorlar. Bazıları da iyi niyetin kurbanı oluyorlar. Eğer yanarak çürümezlerse, çalılık araziler ve ormanlar bataklıkları işgal ediyorlar ve mevcut suyu kurutuyorlar. 1930'larda Birleşik Devletler Orman Bakanlığı çalılık alanlarda ve ormanlarda yangınlarına karşı kampanya başlattıktan sonra yangınların azlığı bataklık sayısını azalttı. Etçil bitkilere yönelik daha büyük bir tehlike ise çiçekçiler tarafından egzotik güzellikleri yüzünden toplanmaları. Ne de olsa bu etçiller insan hayranları için bir tehlike arzetmiyorlar.

Etçil bir bitki güneş ışığına ihtiyaç duyar mı? (Sayfa 131'e bakınız: "Fotosentez")

FOTOSENTEZ

Çoğu bilim adamı, araştırmalarını dünyanın nasıl çalıştığını anlama ihtiyaçlarını doyurmak için yaparlar. Sonuçlarının pratik uygulama alanı bulabileceğini bilseler de temel motivasyonları bu değildir. Ama sık sık, bir araştırma sahası bir uygulama alanına o kadar yakındır ki, bunları ayırmak çok zordur. Bu tür bir araştırma sahası da fotosentezdir. Bilim adamları fotosentezi anlamaya çalışırken aynı zamanda da bitkilerin yaptığını yapabilen-atmosferden karbondioksit alırken güneş enerjisini kimyasal enerjiye çevirebilen- modüller üretme yolları araştırıyorlar. Sentetik bir fotosentez kaynağı, ucuz ve bol olan

kaynakları (ışık, su ve karbondioksit) kullanarak enerji üretecektir. Sera etkisine neden olan karbondioksit yoğunluğunun azalmasına da katkıda bulunacaktır.

Dünyadaki bütün hayat şekilleri için gerekli olan fotosentez iki bölümden oluşur. Birincisinde bitkiler ışık enerjisini alıp kimyasal enerjiye dönüştürürler. Karanlık fotosentez denen (çünkü karanlıkta da gerçekleşebilir) ikinci bölümünde ise bitki bu enerjiyi karbondioksit ve suyu karbonhidrat ve oksijene dönüştürmek için kullanır. Karbonhidratlar insanlar da dahil, bütün hayvanların ihtiyaç duydukları yiyeceği oluştururlar ve de solunumda gerekli olan oksijenin ana kaynağı yine fotosentezde üretilenlerdir. Oksijen üretici olarak bitkiler hiç de tembel değildirler. Mesela bir deniz yosunu hücresi bir saatte kendi hacminin on katına kadar oksijen üretebilir.

Fotosentez, bitkiye yeşil rengini veren klorofil maddesini içeren kloroplast denen küçük parçalarda başlar. Klorofil molekülleri güneş ışığını bilim adamlarının halen tamamen çözemedikleri bir şekilde yakalar. Foton adı verilen her ışık parçacığı klorofil molekülüne çarptığında, bir elektronun üst yörüngeye atlamasına sebep olur ve bu molekülden moleküle aktarılan elektronlar şelalesine sebep olur. Son ürün ise çok uzun adının ilk harfleriyle NADPH olarak kısaltılan ve gelen elektronları depolayan bir moleküldür. Yolda elektronlar enerjilerinin bir kısmını kaybederler ve bu enerji yine uzun olan adı ATP olarak kısaltılan bileşikte biriktirilir.

Bir dahaki bölümde, karanlık fotosentezde, NADPH ve ATP moleküllerinde biriken enerji, karbondioksit ve suyu bitkinin büyümek için gereksinim duyduğu karbonhidrata dönüştürür. Klorofilin fotonlar çarptığında kaybettiği elektronu yerine koyabilmesi için bitkideki katalizörler su moleküllerinin klorofile elektron vermesine sebep olurlar. Bu durumda su molekülleri oksijen ve hidrojene

ayrışır ve de atmosfere oksijen bırakılır.

Sentetik fotosentezi üretmeye çalışan bilim adamlarının ana stratejisi elektronlar şelalesini ateşleyebilecek biyolojik olmayan moleküller bulmaya çalışmaktır. Bitkilerde şu ana dek bulunamayan bir mekanizma elektronların bir yöne doğru akmasına neden olurlar. Bilim adamlarının geliştirdiği bir sistem, elektronları geldikleri moleküle geri dönmelerinden alıkoymalı. Piyasaya çıkabilecek bir yapay fotosentez sisteminin hazırlanması büyük ihtimalle çok uzun yıllar alacaktır ama sonuçta yapma çiçek terimi ipek çiçekler ya da plastik sarmaşıklardan farklı bir anlama da gelebilecektir.

Atmosferdeki yüksek karbondioksit oranı sera etkisine nasıl katkıda bulunur? (Sayfa 132'ye bakınız: "Sera Etkisi")

Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmenin bir yolu var mıdır? (Sayfa 39'a bakınız: "Fotovotaj Seli")

SERA ETKİSİ

Bilim adamlarının bazı konularda kullandıkları terimler tamamen hayal ürünüdür- mesela, renk, tat, çekicilik gibi sıfatlar atomaltı parçacıklar için de kullanılır. Bazı isimler ise konuyu tam olarak anlatır. Sera Etkisi terimi ikinci gruptan bir terimdir. Atmosferdeki bazı gazlar, özellikle karbondioksit, bir seradaki cam paneller gibi hareket ederler, yani güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşmasına izin verirler fakat yeryüzünde yayılan ısı geriye yansıdığında onu içlerinde tutarak uzaya yayılmasını engellerler. Fosil yakıtlarının -kömür, benzin, doğal gaz gibi- yakılması atmosferdeki karbondioksit miktarının ana nedenidir. Bu yakıtlara fosil yakıtları denilir çünkü çürümüş organizmaların kalıntılarından oluşmuşlardır. Yandıkları

zaman içlerindeki karbon oksijenle karbondioksit oluşmak üzere birleşir.

Sera Etkisi konusunun anlaşılması kolay olsa da, gerçekliği ve potansiyel sonuçları bilimsel ve politik arena- larda sıcak bir şekilde tartışılmaktadır. Kontrol edileme- yen birçok değişkenle dolu olan gerçek dünyada neden ve sonucu belirlemek bir labaratuvar ortamında bunu yap- maktan çok daha zordur. Eğer varsa, çok az sayıda bilim adamının 1880'lerden bu yana atmosferdeki karbondiok- sit oranının yüzde 30 arttığı ve atmosfer sıcaklığının 0.5 derece Fahrenheit'tan 1.25'e çıktığı konusunda şüpheleri vardır. Tartıştıkları konu, bunlar arasında neden-sonuç ilişkisi olup olmadığıdır. Bazı bilim adamları sıcaklıktaki artışın nedeninin güneşin parlaklığındaki uzun vadeli de-ğişimler olduğunu öne sürdüler. Bazıları ise sera etkisi- nin ilk sonuçlarından birisinin yoğun bulutluluk olacağı- nı ve bunun dünyayı güneşin ışınlarından kalkanlayıp çok fazla ısınmayı engelleyeceği fikrindeler.

Bilim adamları sera etkisinin sonuçlarını bilgisayara aktardıkları mevsim modellemeleriyle öngörmeye çalışı- yorlar. Sıcaklıktaki genel bir artışın yanında, kısa ve yoğun fırtınalarla daha fazla yağmur ve kar yağışı beklenirken, günler arasında hava durumunun daha az değişeceği tah- min ediliyor. Bütün bunların zaten yaşanmakta olduğu yönünde deliller var. 1984'ten 1994'e, en azından Ameri- ka Birleşik Devletleri'nde daha fazla dolu, kar ve yağmur fırtınaları görüldü.

Eğer bir sera etkisini yaşıyorsak ve bu kontrol edile- mezse, sonuçları korkunç olur. Bilim adamları kutup bu- zullarının tümünün erimesini ihtimal dışı olarak görüyor- larsa da, kısmi bir erime bile deniz seviyesinin yükselme- sine, sahil şeritlerini su basmasıyla birçok yerleşim biri- minin tahrip olmasına neden olabilir. Kasırgaların ve di- ğer tropik fırtınaların sayısında da bir yükselme olabilir.

Değişik bilgisayar simülasyonları değişik sonuçlar veriyor, ve sera etkisinin varolduğu konusunda şüpheleri olanlar bu çelişkilere dikkati çekiyorlar. Sonuçta, son zamanlarda, şimdiye kadar konuyla ilgilenmeyenler de dahil olmak üzere konuya olan ilgide bir yükselme görülüyor. Sera etkisinin varolup olmadığını sormak yerine -endüstri ve hükümetlerde görevli olanlar da dahil- daha çok bilim adamı bu konuda neler yapmak gerektiğini sorguluyorlar.

Bitkiler sera ekisiyle mücadelede bize yardımcı olabilirler mi? (Sayfa 131'e bakınız: "Fotosentez")

İLAÇLARIMIZA KARŞI, BAKTERİLERİN GELİŞEN DİRENÇLERİ

2500 yıl kadar önce, Çinliler enfeksiyonları tedavi etmek için küflenmiş soya fasulyeleri kullanıyorlardı. Buna antibiyotiklerin ilk kullanımı diyebilirsiniz. Bu yüzyılda, Alexander Flemming 1928'de penisilinin ham bir halini keşfetti, fakat 1940'lardan önce antibiyotikler yaygın bir şekilde kullanılmıyorlardı. İyimserler antibiyotiklerin bulunmasının toplum sağlığında yeni bir çağı ve tüberküloz ve zatürre gibi enfeksiyonel hastalıkların yenilgisini haber verdiğini düşündüler. Neredeyse doğruydular. Birkaç on yıl için, önceleri insanlara korku salan birçok hastalık standart antibiyotik kullanımları ile kontrol altına alındı. Fakat sonra, enfeksiyonlara neden olan bakteriler bilim adamlarımızdan daha akıllı çıktılar ve antibiyotiklerimize karşı bağışıklık kazandılar.

Enfeksiyonel hastalıklardan bakteriler, virüsler ve bazen de mantarlar sorumludurlar. Çoğu insan bakterileri virüsler -bildiğimiz nezleden AIDS'e kadar birçok hastalığa neden olan parazit organizmalar- ile karıştırır. Te-

melde virüslerin yolaçtıkları hastalıklar için bir tedavi yolumuz yoktur.

Bakteriler ise virüslerin aksine bir canlının dışında da üreyebilen tek hücreli organizmalardır. Bronşit, faranjit, sinüzit gibi birçok bilinen enfeksiyona neden olurlar. Bakteriler (ve mantarlar) diğer organizmaları öldürmek için kimyasallar geliştirmişlerdir. İnsanlar bu “katil mikropolar”ı yetiştirip özel bakterilere karşı kullanmışlardır. Mesela penisilin, adını *Penicillium* mantarından almıştır. Bilim adamları yeni antibiyotiklerin çoğunuğunu ise laboratuvarlarda üretmişlerdir.

Antibiyotikler, bakterileri tahrip etmek ve yayılmasını engellemek için birçok yol kullanır. Hücre duvarlarını yeni bir bakteri üretmelerine imkan vermeyecek şekilde etkilerler ve bakterinin Oz Büyücüsü’ndeki Lanetli Batı Cadısı gibi dağılmasına sebep olurlar; bakteri hücresi içinde proteinlerin oluşmasını engellerler, bakterinin birçok değişik metabolizmik evresini engellerler.

Antibiyotiklerin bakterileri durdurmak ya da tahrip etmek için birçok yol kullanıyor olması, bakterinin de antibiyotikleri yenmek için birçok yol bulabileceği anlamına gelir. Yenmekle, bir bakterinin çok fazla düşünüp yeni bir numarayla geriye dönmesini kastetmiyoruz. Bunun yerine, evrim teorisiyle paralel olarak, antibiyotiklere dayanabilen mutant bakteri hayatını devam ettirecektir ve bu özelliğe sahip olmayanlardan daha fazla üreyip yayılacaktır. Mesela penisilin, bakterinin hücre duvarı oluşturmak için kullandığı bir enzimi çalışmaz hale getirir. Bazı bakteriler ise penisilin onları tahrip etmeden penisilli tahrip eden yeni bir enzim geliştirecek şekilde evrim geçirmişlerdir. Bazı bakteriler de penisilinin bağlanıp durduramayacağı yeni bir enzim geliştirmişlerdir.

Bakterilerin antibiyotiklere karşı kullandıkları en akıllıca silahlardan biri plazmit adı verilen, bakterinin kro-

mozomundan ayrılabilen bir DNA parçasıdır. Mesela penisilini yok eden enzimin geninin bu plasmidde taşındığını varsayalım. Antibiyotiklerin yaygın kullanımı sonucunda, insanlarda yaşayan bakterilerden çoğunluğu bu enzim için gerekli gene sahipler. Plasmid'in güzelliği tabii ki bakteri açısından- onun bir bakteriden diğerine hatta bir türden diğerine yolculuk yaparak mutant DNA'yı yaymasıdır. Bazen de bakterilerde yaşayan virüsler bu plasmidi bir bakteriden diğerine taşırlar. Plastidin yayılmasının farklı bir yolu da bakteri versiyonu üreme ileidir. Bakterilerin cinsi yoktur, fakat plasmid taşıyan bir bakteri plasmidsiz olan bir tanesinin gözüne batar diyelim. İkisi geçici olarak birleşirler ve bu sırada plasmidi olan bakteri onun bir kopyasını yapıp diğerine verir. Daha sonra ikisi de yollarına plasmidli olarak devam ederler.

Bilim adamları her zaman yeni bir antibiyotikle bakterilerin bir adım önünde olmaya çalışıyorlar. Fakat artık birçok bakterinin birden çok antibiyotiğe karşı bağışıklığı vardır ve bilim adamları bunlara 'birden çok hapa dayanıklılar' adını vermişlerdir. Mesela toplum sağlığı yetkililerinin hemen hemen yok ettiklerini düşündükleri tüberküloz, öc almak üzere geri dönmüştür. Bütün bilinen antibiyotiklere karşı bağışık gözükten bakteri soyları dahi vardır.

Bazı araştırmacılar bakterilere karşı aşı geliştirmek gibi farklı taktiklerin zamanının geldiğini düşünüyorlar. Bu arada, doktor size antibiyotik tedavisi vermişse, kendinizi iyi hissetseniz bile tedaviyi yarı yolda bırakmayın. Çoğu bakteriyi öldürmüşseniz bile bütün gücüyle yeniden saldırımayı bekleyen bazıları içinizde saklanıyor olabilir.

YARATIKLAR VE ÖZELLİKLERİ

KÜRK

Bazı insanlar kürklerin evcil hayvanların tatlı görünmelerini sağlamak için var olduklarını düşünüyor olabilirler. Kürkün gerçek işlevi ise vücudun etrafında bir miktar hava hapsederek hayvanı soğuğa karşı korumaktır. Bazı öncü sürüngenlerde kürk bulunsa da günümüzde kürk sadece memelilerde vardır. Tüyler teker teker sıcaklık sağlamazlar, ancak grup halinde kürkün içinde bir işe yararlar. Bilim adamları, tüylerin sadece sıcaklık izolasyonu için mi yaratılmış olduğu üzerinde uzun zamandır kafa yoruyorlar.. Mesela tüyler birçok modern hayvanın bıyıkları gibi dokunma ve basıncı hissetmek için de kullanılıyor olabilir... Sonraları hayvanı sıcak tutabilecek kadar sıklaşmış olabilirler.

Her tüy, derideki bir kökten büyür, eğer beze kıvrıksa, hayvanın tüyü de kıvrıkcık ya da dalgalı olur. Tüyün kendisi merkezi bir medullası, korteks ve tırnaksı doku tarafından sarılmış olan ince bir oktur. Tırnaksı doku hücreleri, birbirlerinin üzerine yığılmış minik pullar gibidir. Okun

çoğunluğunu oluşturan korteks, pigmenti, rengi içerir. Tüyler dönemler içinde büyürler, büyüme dönemlerini dinlenme dönemleri izler. İnsandaki ömrü üç yıl kadardır. Dönemlik tüy dökken hayvanlar haricindekilerde büyüme dönemleri eşzamanlı değildir.

Memelilerin kürkleri iki tabakadan oluşur; uzun, dış koruma tüyleri ve daha yoğun ve yumuşak olan alt tüyler. İzolasyon sağlayan hava bu iki tabaka arasında hapsedilir. Dış tüyler yağla kaplı olduğundan çoğu hayvan sudan etkilenmez. Bir hayvan ıslandığında, dış tüyler üzerindeki suyu atıp kurumak için silkinmesi yeterlidir. Bazı hayvanlarda ise daha az dış koruma vardır ve ıslandıklarında kurumak için dar bir tünelden geçmeleri yeterlidir.

Çoğu tüyler kuyruk yönünde büyürler. Bu yönün nedeni köklerinin o yöne doğru uzanıyor olmasıdır. Bazı hayvanlarda tüylerin çıktıkları özel bölgeler vardır; insanda bu bölge başın tepesidir. Köklerde küçük bir kas parçası vardır ve tüyün dikilmesini sağlayabilir. Bir hayvan korktuğunda vücudunda salgıladığı adrenalin hormonu kaslarının gerilmesine neden olur. Kürkü dikilmiş olan bir hayvan, daha büyük ve daha tehlikeli gözüktür.

İnsanlar uzun bir dönemdir hayvanları kürkleri için öldürüyorlar ama kürkü için öldürülmesine gerek olmayan bir hayvan, koyundur. Vahşi koyunların sadece bir alt kürkü vardır, fakat evcil koyunlar sık post üretmek üzere çiftleştirilmişlerdir. Eğer koyunlar kırpılmazlarsa, postları cansızlaşır ve otlar ve benzeri cisimlere takılırlar. Eğer koyunların hayatını kolaylaştırmak için değilse, sahiplerinin hayatlarını kolaylaştırmak için, Avustralyalı araştırmacılar, koyunların post büyümesini etkileyen bir enjeksiyon buldular. Bu enjeksiyonla koyunların tüyleri kırılıyor ve yünlerinin elle toplanabilmesini sağlıyor.

Son yıllarda bilim adamları saçın büyümesi konusuy-la çok yoğun bir şekilde ilgilenmeye başladılar. Bir nede-

ni tabii ki, kelliğe çözüm bulacak kişiyi bekleyen ticari kazançtır. Ama potansiyel başka ödüller de vardır. Tüylerdeki büyüme dönemleri, vücudun hücrelerine ne şekilde büyümelerini veya bunu durdurmalarını emrettiği konusunda bir ipucu verecektir. Kontrolsüz bir şekilde büyüyen kanser hücreleriyle ilgili çalışmalarda bu bilginin önemi büyüktür. Bilimsel yararlılığı şüphesiz olsa da çoğu evcil hayvan sahipleri hâlâ kürklerin en büyük önemini hayvanlarının tatlı gözükmelerini sağlamak olduğunu düşünüyorlar.

HAYVANLARDAKİ KAMUFLAJ

Kamuflaj bir hiledir. Her ne kadar avcılar tarafından da avlarının yaklaştıklarını farketmemeleri amacıyla kullanılıyor olsa da buna şiddetsiz bir koruma taktiği diyebilirsiniz. Kamuflaj tekniği yaradılıştan gelen mükemmel bir kabiliyettir ve bir hayvan için son derece yararlı bir kurnazlıktır. Ancak, bizim bir davete gitmeden önce ne giymeye karar verdiğimiz gibi, bir hayvan etrafına bakınıp o gün bir yaprak ya da dal gibi görünmeye karar vermez.

Kamuflaj hayvan davranışından ayrılamaz. Hiçbir kamuflaj tekniği eğer onu uygulayan hayvan gerekli şekilde davranmıyorsa işe yaramaz. Genelde, kamuflaj hareketsiz ve sessiz kalmayı da içeren savunma üçgeninin bir parçasıdır. Çevrenin görünüşü içerisinde kaybolma illüzyonu eğer ses veya hareketle bozulmuyorsa etkilidir. Çoğu kuş çeşidinde erkeğin tüyleri kur yapabilmek için ve düşmanların dikkatini kuluçkadaki dişilerden üzerlerine çekebilmek için çok gözcüdür. Genç dişilerin erkekler tarafından daha çok tercih edildikleri türlerde ise dişiler daha gösterişlidir.

Kamuflajın en temel hali kesikli renklilik denilenidir. Burada hayvandaki desen çevresindeki özel bir şeyle karıştırılmak üzere dizayn edilmemiştir, değişik gölgelenmeler sadece hayvanın dış hatlarının öne çıkmasını engelleyerek farkedilmesini zorlaştırır. Zebranın çizgileri çok dikkat çekici görünse bile uzak bir mesafeden farkedilmesini zorlaştırır. Bu işaretlerdeki düzensizlik, vücudun değişik parçalarının birbirlerine karışarak farkedilmeyi sağlar. Mesela bazı kurbağaların vücutlarında ve ayaklarında düzensiz görünen işaretler vardır, fakat bir tehlike anında kurbağa hareketsizleştiğinde bu işaretler düzenli çizgiler görünümünü alıp vücudun hatlarını gizler.

Gözler genelde ele verici olduğundan onların da desenli olması kamuflajın önemli bir parçasıdır. Bazen kamuflaj porsuğun kafasındaki koyu bir bant kadar basit olabilir. Bazen dikkati gerçek gözlerden uzaklaştırmak için vücudun ya da kafanın diğer yönünde yalancı gözler bulunabilir.

Bazı hayvanlar mevsimlere göre ya da bulundukları büyüme evrelerine göre renk değiştirirler. Mesela, bazı güveler sonbahar yapraklarıyla beslenebilmeleri ve ağaç dallarında kaybolabilmeleri için kahverengi kurtçuklar yumurtlarlar. Baharda yumurtalarından çıktıklarında ise yeni yapraklara uyum sağlayabilmeleri için yeşildirler. Doğadaki bu müthiş uyum, en ince ayrıntılarına kadar tasarlanmış olduğunu ortaya koymaktadır.

Renk adaptasyonuna iyi bir örnek, biberlenmiş güvedir; üzerine koyu renk noktacıklar serpiştirilmiş açık renkli kanatları kayın ağaçlarında ve açık renk duvarlarda gizlemelerini sağlar.

Bazı kamuflajlar ise saklanmaktan çok dikkat çekmek amacıyla yapılır. Korkmuş bir hayvan, normalde olduğundan çok daha fazla tehlikeli gözükme isteyebilir. Ba-

zı güvelerin kanatlarında ve tırtılların kafalarında çok büyük yalancı gözler vardır; hatta bazılarında ters yönde yalancı tam bir baş vardır.

Belki de en etkileyici kamuflaj, hayvanın çevreyi kendine benzetecek şekilde değiştirmesidir. Bazı örümcekler ağlarında yalancı örümcek olarak hizmet edecek küçük siyah kütleler bırakırlar. Böylece eğer bir avcı önce yalancı örümceklerden birisine saldırırsa, gerçek örümceğin kaçma şansı olur. Hatta bazı tırtıllar etraftaki yapraklardan bazılarını kendisine benzeyecek şekilde yiyip bırakır.

İnsanların yaygın olarak kullandıkları tek kamuflaj çeşidi askerlerin elbiselerinde ve araçlarındaki yeşil ve kahverengi desenlerdir. Çevremizi ve elbiselerimizi değiştirebildiğimizden etrafımızdaki ağaçların görüntüsüne benzemek için derimizde çizgiler geliştirme ihtimalimiz düşüktür.

Eğer derimizin rengini değiştirmek istersek, başka hayvanların renk hücrelerini kendimize nakledebilir miyiz? (Sayfa 200'e bakınız: "Yabancı Organ Nakli")

İnsanlara kamuflaj genleri aktarabilir miyiz? (Sayfa 187'ye bakınız: "Genetik Mühendisliği")

KARANLIKTA PARLAYAN GÖZLER

Kedinizin, karanlıkta gözlerinizin parlamadığını farkettiğini düşünüyor musunuz?

Görme işlemi, kedinizde ve sizde temelde aynıdır. Retina hücrelerindeki bir elektro-kimyasal reaksiyon, ışık enerjisini gözdeki sinir tellerine aktarır. Bu sinyallerin deseni, görüntünüz, beyninize ulaştırılır ve sonuçta kedinin ya da bir insanın bilincinde şekillenir.

İki tür retina hücresi vardır; koni ve çomak hücreleri.

Gözün merkezinde yoğunlaşan koni hücreleri gün içindeki yeterli ışıktaki görüşümüzü sağlarlar. Her koni hücresi kendi sinir hücrelerini tetiklediği için, beyin birbirine yakın koni hücrelerinden gelen sinyalleri de ayırtedebilir. Bu, gün içerisindeki görüşümüzün çok ayrıntılı ve renkli olmasını sağlar. Daha hassas ve çok olan çomak hücreleri ise gece görüşünde uzmanlaşırlar. Çomak hücreleri bir sinir hücreğine sinyal verecek şekilde demetler halinde toplanmışlardır. Bu kısıklı ışıktaki dahi nesneleri farkedebilmemizi sağlar.

Güveler ve fareler gibi bazı hayvanlar sürekli karanlıkta yaşarlar ve gözleri, karanlık ve ışık gölgelerini ayırtmaktan çok daha fazlası için donatılmıştır. Gündüz ve gece avlanan hayvanlara ise iki durumda da görebilecek gözler verilmiştir. Az olan ışığı da maksimum kullanabilmek için kedilerin retinalarının arkasında Tapelum Ludicum adında ayna gibi bir kaplama vardır ve ilk gelişte yararlanılamayan ışıkları göz içinde geri yansıtır. Bu yüzden retina, geri dönüştürülmüş ışığı ikinci bir defa kullanır. Yine de bütün ışık emilemez ve bu yüzden kedinin gözünden yansıyan ışık onun karanlıkta parlamasına neden olur. Kediler, insanın görmek için ihtiyaç duyduğu ışıktan 6 kat sönük ışıktaki da görebilirler.

İnsan gözünde retinanın arkasında koroid adında koyu renkli bir tabaka vardır. Işık gözün önündeki lensten geçerken bir şekilde odaklanacak şekilde kırılırlar. Retinaya bu odaklanmış ışıklar çarparlar. İnsan gözünde, retina tarafından emilmeyen ışınlar koroide çarpıp emilirler. Eğer emilmiyor olsalardı, ışınlar tekrar retinaya yansıyabilirler ve artık odaklanmamış olduğundan görüntü bulanıklaşır.

Yani kedilerin geceleri fare yakalayabilmesinin ve yataklar altında saklandıklarında gözlerinin parlamasının da bir eksisi vardır. Kediler bizden daha az koni hücrelerine

ve koroid tabakası yerine Tapedum Ludicum'a sahip olduklarından büyük ihtimalle bizden daha bulanık bir görüşe sahiptirler. Gözleriniz karanlıkta parlamayabilirler ama kedinizin veteriner faturasındaki net yazılmış ücreti okuyabilecek kadar iyi görürler.

Geceleri daha iyi görebilmemiz için kedilerin tapedum liducum'u insan gözüne nakledilebilir mi? (Sayfa 200'e bakınız: "Yabancı Organ Nakli")

Gözlerimizdeki koni hücreleri rengi nasıl ayırdederler? (Sayfa 163'e bakınız: "Renkleri Görme")

KOLLARA GEÇİŞ: DENİZYILDIZININ GELİŞİMİ

Bütün denizyıldızlarının beş ucu yoktur. Bazılarının dört, altı, yedi, sekiz hatta daha fazla kolları vardır.

Sepet denizyıldızının kolları sayılamayacak kadar çoğalınca dek bölünürler. Başka bir denizyıldızının o kadar kısa kolları vardır ki, yıldız neredeyse tam bir altıgen şeklindedir. Bunlara her ne kadar denizyıldızının kolları adını versek de, bizim vücudumuzdaki kol ve bacaklarımız gibi birer ek değil, vücutlarının devamlarıdır. Denizyıldızının ağız yüzeyi denen ortasında merkezi diskteki sindirim boşluğu kollar boyunca ilerler ve sindirimin bir kısmı da kollarda yapılır. Denizyıldızları bizim anladığımız şekilde göremiyorlarsa da, kollarının uçlarındaki ışığa hassas hücreler etraflarındaki ışık değişimlerine tepki vermelerini sağlar.

Ne kadar kola sahip olurlarsa olsunlar, denizyıldızları şaşırtıcı bir yenilenme yeteneği ile yaratılmışlardır. Merkezi diskin parçaları ya da kollarını yenileyebilirler. Merkezi diskin bir parçasına sahip bir kol, bu bir yıl kadar uzun sürse bile -bir denizyıldızının ömrünün ortalama

beş yıl olduğu düşünülürse- tamamen yeni bir denizyıldızı oluşturabilir.

Çoğu denizyıldızında erkek ve dişi cinsleri varolsa ve bunlar yumurta ve spermlerini üreme için denize bırakıyor olsalar da, bazıları çoğalmayı bu yenilenme yeteneklerini kullanarak sağlarlar. Merkezi disk ikiye bölünür ve her iki parça da eksik bölümlerini ve kollarını tamamlar. Denizyıldızları midyelerle beslenirler ve bu yüzden midye toplayan balıkçılar düşmanlarının sayısını ikiye katladıklarının bilincinde olmadan onları buldukları yerde ikiye bölerler.

Denizyıldızlarının yenilenebilmelerinin nedeni bizim yenilenememe nedenimizle aynıdır. Vücutları basittir, bizimkiler ise komplekstir. Mesela amfibiler metamorfoz ile basit ve doğurgan olmayan larva durumundan kompleks ve doğurgan olan kurbağa gibi erişkin duruma büyürler. Larva durumundaki kurbağalar uzuvlarını yenileyebilirlerken yetişkin kurbağaların bu yetenekleri yoktur. Yenilenmede vücudun basit olması gibi genç olması da etkilidir. Beş yaşına kadar çocuklar tırnakları ile beraber parmak uçlarını kaybederlerse, parmaklarını yenileyebilirler. Bunun nedeni büyük ihtimalle parmaklarındaki sinir yoğunluğudur, büyüdükçe sinirler içlerde kalır. Bilim adamları hâlâ sinirlerin yenilenmeyi nasıl etkilediğini bilmiyorlar.

Bazı araştırmacılar hayvanlarda yenilenmeyi sağlayan genlerin çalışmasının embriyo gelişiminden sonra duracak hale geldiğini düşünüyorlar. İnsanlarda sadece kemik ve deri gibi göreceli olarak basit yapılar yenilenebilir. Yenilenme uzmanları, gelecekte basit organizmalardan öğrendiklerimizi insan için organ ve uzuvların yenilenmesinde kullanabileceğimizi düşünüyorlar. Fakat insanın çoğalmak için bölünebilmesi konusuna gelince....

Eğer denizyıldızının yenilenme yeteneklerini insana uygulayabilirsek, sonsuza dek yaşayabilir miyiz? (Sayfa 202'ye bakınız: "Neden Sonsuza Dek Yaşayamıyoruz?")

MİMAR HAYVANLAR

Su kunduzu, hayvanlar arasındaki en yetenekli mimar olarak biliniyor olsa da bütün hayvanlar için yuva gereksinimi temel olduğundan, birçoğu yuva inşa metodları geliştirmiştir. Bazı basit yapılı hayvanlar sadece korunmalarını sağlayabilecekleri yapılar inşa ederler; örneğin belirli amip türleri çevrelerini kumlarla kapatırlar. Basit sayılabilecek sığınaklar toprak içindeki bir delik ya da ağaçtaki oyuklardır. Şaşırtıcı olan şey, çok basit sayılabilecek bazı hayvan türlerinin çok karmaşık yuvalar inşa edebilmeleridir. Mesela Caddis sineklerinin larvaları kafalarındaki bir bezden salgıladıkları ipek ile yaprak parçalarını ve başka malzemeleri yapıştırırlar. Termitler, büyük, birden çok odası olan ve karmaşık havalandırma sistemleri olan yapılar inşa ederler.

Hayvanların inşa ettikleri yuvaları incelediğimizde karşımıza çıkan bu büyüleyici sanat eserleri uzun süredir bilimsel tartışmalara neden oluyor. Bilim adamlarının hepsi, en karmaşık yapıların bile mimarlarının genetik programlarında saklı olduğuna inanmaktadır. Yani yarıdılıştan böyle bir yetenekle donatıldığı, doğuştan gelen genetik bilgilerle bunu yaptığı önemli bir gerçek olarak görülmektedir. Bir kısım bilim adamı da, inşa bilgisinin genetik kodda taşındığına katılırlar ancak gelişmiş hayvanlar için bunun sadece bir yardımcı olduğunu düşünürler. Hayvan pratiği büyüklerinden öğrenir, çevre şartlarına göre değişik ürünler verir, hatta estetik amaçlı seçimler yapar ve başarısından zevk alır. İnşaatına başlamadan önce bitirilmiş eserini kafasında tasarlamış olabilir.

En etkileyici mimarlardan biri de Avustralya ve Yeni Gine'nin çardak kuşudur. Erkek, çardağını dişileri çekmek için inşa eder ve çardağı ne kadar güzelse dişiler o kadar çok etkilenirler. Erkek evinin duvarlarını bir ağaç kabuğu kullanarak parçalanmış bir meyve ya da kömürle her gün boyar. Çardaklarını ise tüyler, yapraklar hatta her gün değiştirdikleri taze çiçeklerle dekore ederler. Göreceği olarak ilkel evlerini inşa etmek için genç çardak kuşları birlikte çalışırlar ya da bazen tecrübeli olgun bir kuştan yardım alırlar. "Staj"larından sonra artık kendi özel çardaklarını inşa etmeye hazırdırlar.

Su kunduzları sadece evlerini yapmakla kalmaz, aynı zamanda göllerini oluşturmak üzere inşa ettikleri barajlarla çevrelerini etkilerler. Bir mühendis gibi, su kunduzu da değişik durumlar için birçok taktik kullanmak zorunda kalır. Mesela, eğer su düzeyi istediği kadar yükselmiyorsa, barajına eklediği malzemeyi çeşitlendirecektir. Hayvan davranışı üzerinde uzmanlaşmış olan biyolojist Donald R. Griffin'e göre su samurunun sorunlara cevap verebilme, onları çözebilme yetisi, bilincinin bir kanıtıdır. Bir su samuru kolonisini incelerken yaptığı gözlemleri aktarır: Her akşam üzeri belli bir su samuru barajı gelip incelmekte ve gerekli tamirleri yapmaktadır. Bir gün yaramaz çocuklar barajda büyük bir delik açıp suyun boşalmasına sebep olmuşlardı. Griffin ve yardımcısı barajın tamamen yıkılmasını engellemek için bozulmuş olan kısına büyük kayalar yerleştirdiler. Akşam teftişi için gelen samur tehlikeyi gördüğünde hemen çözümler üretmeye başladı. Kayaların üzerine dallar yerleştirmek yeterli olmayınca, su samurumuz ve yardım için katılan üç arkadaş kayalar arasındaki boşlukları kapatmak için çamur ve bitkiler kullanmaya başladılar. Sonuçta su seviyesi, ilk halinden daha düşük bir seviyede sabitlendi ve su samurları evlerine döndüler. Ertesi gün su samurumuz evinden

getirdiği büyük bir dal ile geri dönüp barajını onarmaya devam etti. Griffin'e göre, su samuru bir önceki günkü zararı ve onu tamir etme gerekliliğini hatırlamıştı.

Su samurları hafıza ve zekaya sahip gibi gözüküyorlar. Benzer yetenekleri sergileyen başka hayvanlar da var mıdır? (Sayfa 153'e bakınız: "Ahtapotun IQ'su")

AHTAPOTUN IQ'SU

Ahtapotlar, mürekkep balığı ve kalamaların da dahil olduğu kafadanbacaklı denilen deniz hayvanları grubundandır. Bütün kafadanbacaklıların beyinlerinde son halini almış iyi gelişmiş bir sinir sistemleri ve kompleks ve büyük gözleri olduğu halde, ahtapotlar bu grubun en zekileri gibi görünüyorlar, hatta basit tablomuzu bozan gerçek en ilkel omurgalıların bazısından bile zeki olmaları.

Bilim adamları hayvanların zekalarını ölçmek için onları-insanlar için bile şüpheli sonuçlar veren- IQ sınavına sokamayacakları için, genellikle birbiriyle ilişkili öğrenme ve hafıza kabiliyetleri üzerinde yoğunlaşıyorlar. (Bir görevi öğrenme, hafızada tutulabildiği müddetçe anlamlıdır.) Ahtapotlar iki alanda da farkedilebilir yetenek sergiliyorlar.

Çoğu omurgalılar, "tecrübeyle öğrenme" dediğimiz şekilde bir durumu akıllarında ilişkilendirebilmek için, bu durumu düzinelerce kez yaşamaları gerekir. Fakat ahtapotlar, bunu kuşlar ve memeliler için istisna denilebilecek şekilde ilk defada ilişkilendirmeyi yapabiliyorlar. Buna en güzel örnek, B. B. Boycott ve J. Z. Young isimindeki iki İngiliz bilim adamının İtalya, Naples'deki meşhur hayvanat bahçesinde yaptıkları deneydir. araştırmacılar, ahtapotların olduğu havuza bir kaç tuğla koydular. Ahtapotlar, köşelerde ve yarıklarda saklanmayı severler, bu

yüzden havuzdaki ahtapot doğrudan bu tuğlanın arkasına gitti. Araştırmacılar havuzun öbür yanından bir yengeç sarkıttıklarında ise, ahtapot hemen gelip yengeci kaparak yine tuğlanın arkasına gitti. Bir sonrasında araştırmacılar bu kez arkasında elektrik levhası olan bir yengeç sarkıttılar. Ahtapot bu yengeci kaptığında, küçük bir elektrik şokuna maruz kaldı. Ahtapot bundan sonra yengeci yakalamak konusunda daha çekingen davrandı ve birkaç denemeden sonra sadece arkasında elektrik levhası olmayan yengeçlere yaklaşmayı öğrendi. Hareketlerinin yiyecek ya da elektrik şoku ile sonuçlandığı benzer deneylerde, gören ve kör olan ahtapotlar, sadece görünürde farklı olan cisimleri dokunarak ayırdedebilmeyi başardılar. Ayrıca, ahtapotlar görsel olarak değişik boyutlardaki kareleri, dikdörtgenleri siyah ve beyaz daireleri de ayırdedebilmeyi öğretilbilirler.

Son zamanlarda, Naples hayvanat bahçesindeki araştırmacılar, çok şaşırtıcı olarak ahtapotların diğer arkadaşlarını gözleyerek de öğrenebildiklerini farkettiler. Araştırmacılar, havuza bir kırmızı bir de beyaz iki top koydular. Sonra bir grup ahtapota kırmızı topa, diğer grup ahtapota da beyaz topa hücum etmesini öğrettiler. Daha sonra bu öğretilen ahtapotların öğrendiklerini hiç bu eğitimi almamış ahtapotlar önünde göstermeleri sağlandı. Ve kırmızı topa saldıran grubu izleyen ahtapotların kırmızıya beyaz topa saldıranları izleyenlerin de beyaza saldırdıkları görüldü. O zamana dek, bilim adamları kavramsal düşünmenin ilk adımı olarak sayılabilecek, diğer bireyleri izleyerek öğrenmenin sadece insanlara ve diğer omurgalılara özel olduğunu düşünüyorlardı.

Ahtapotlar öğrendikleri bir şeyi en azından bir kaç gün boyunca hatırlayabilirler. Bir deneyde, araştırmacılar birçok aç ahtapota büyük ıstıdyeler verdiler. Ahtapotlar, saatlerce başarılı olamadan ıstıdyelerin kabuğunu açmayı

denediler. Araştırmacılar aynı şekilde bir hafta sonra da ıstırdyeleri verdiklerinde, ahtapotlar onlarla uğraşmaya değmeyeceğini biliyorlardı.

Büyük ihtimalle omurgasızların en zekileri olan ahtapotlar, ilkel omurgalılarından bile akıllı gibi görünüyorlar. Belki de sudan kesin bir şekilde çıkıp kütüphaneye gitmemelerinin tek nedeni bunu için çok garip görünüşlü olmalarıdır! Doğrusunu isterseniz, bilim adamlarının zeki olarak nitelendirdiği yunuslar da insanlara benzemiyor. Fakat yine de sadece kocaman bir başı ve sekiz uzun kolu olan bir vücut yerine yunusların sevimli bir şekilde gülümseyen yüzünü tercih ederiz değil mi? Ama hiçbir şey değilse de, bu sonuçlarla ahtapotlar bize en azından görünüşe aldanmamamız gerektiğini öğretti.

Hafıza nasıl çalışır? (Sayfa 205'e bakınız: "Hafıza")

Yunuslar birbirlerine öğretebilir mi? (Sayfa 210'a bakınız: Yunuslar ve Dil")

ARILARIN DANSI

Arılar ailesi genelde sosyal yaratıklardır. En güzel örnekleri ise balarıları ve eşekarılarıdır. Burada sosyallikten kastedilen akşam partileri ya da arı eğlenceleri değil; aksine işlerin paylaşımıdır, örneğin yuvanın inşası, larvaların beslenmesi gibi. İlginç olan, bunları dile getiriş yöntemleridir. Arılar dans ederek iletişim kurarlar.

Her zaman dişi olan kraliçe arı iyi donanımlı yiyecek kaynağı bulduğu zaman, yuvasına döner ve yiyeceğin yerini söyler. Yiyeceğin kokusunu üzerinde taşır ve diğer arılar bu kokudan çiçeğin neye benzediğini anlarlar. Balmumundan yapılmış yuvasının duvarlarında dikeylemesini yaptığı dans net ve esnektir. Yiyecek yuvaya ya-

kınsa sağa sola doğru değişen çembersel dans dediğimiz bir hareket yapar. Ne kadar çok yiyecek varsa daha coşkulu, daha hareketli olur. Yiyecek yuvaya yakınsa, yerini belirtmesine gerek yoktur.

Çiçek yuvadan uzakta bulunuyorsa daha karmaşık bir dans türünü tercih eder. Bu dansa “salınım dansı” denir. Duvarları ayıran köşeye doğru hareket eder ve kenarlara doğru karnını sallar ve arka tarafı ile havada çember çizer. Bu çemberin yönünü değiştirerek başlangıç noktasına doğru hareketlenir.

Arılar karın bölgelerini hareket ettirerek çok değişik türde mesajlar verebilirler. Çembersel dansa olan çiçeğin kokusu ve arının heyecanı yiyecek türünü ve çokluğunu simgeler. Tempo veya dönüş sayısı ile yiyeceğe ulaşmak için ne kadar çok enerji harcamaları gerektiğini belirtir ama gerçek mesafeyi asla belirtmez.

Belki de salınım dansı için belirtilmesi en zor olan şey arının yuvadan yiyeceğe olan yönü göstermesidir. Görsel duyularının aracılığı ile yiyeceğin güneş ile yaptığı açıyı bilmektedir. Yuvanın karanlık bir köşesinde bunu yerçekimi algısı ile ifade etmeye çabalar. Balmumunu güneş yerine kullanarak yüzeyine dik eksende karın eksenini kaydırır ve eğimi ile yiyeceğin güneş ile yaptığı açıyı belirtir. Eğer yiyeceğin güneşe göre eğimi 30 derece ise karını dikey eksene göre 30 derece kaldırır.

İnsanlar gibi arıların iletişimde de şive gözükmektedir. Avusturya balarılar salınım dansını 275 feette yiyecek varsa yapar. Ama İtalyan balarılar 120 feet mesafedeki yiyecek için salınım dansını yapar. İtalyanlar daha yavaş tempo tutar. Bu farklılıklara rağmen arılar yine de anlaşabilirler. Ancak Avusturya arıları İtalyan arısının tarif ettiği yiyeceği daha uzakta aramaya başlarlar. Arıların dans dillerini 1940 senesinde Avusturyalı zoolog Karl

von Frisch buldu. Bu bilim adamı, bu çalışmaları ile 1973 yılında Nobel ödülünü kazandı. Azınlıkta da olsa kraliçe arının kokusunun belirtici unsur olduğu düşünülmekte. Çoğunluk ise bu tezi kabul etmemekle beraber, arıların ses ve koku duyuları olduğunu bilinmekte. 1989'da von Frisch 'in görüşleri robot arı ile yapılan deneylerle doğrulandı. Deneyin sonucu robot bir arının diğer arıları yiyeceğe yönlendirebildiği idi.

Aslında arıların dansı çok karmaşık olmasına rağmen arının beyni çim tohumundan da daha küçüktür. Bulgur tanesi kadar bir beyine bu kadar karmaşık işlemlerin -bir de insanlık için en önemli besin kaynağı olan "bal" imalatının- yerleştirilmesi, ilim sahibi bir irade tarafından donatıldığını göstermektedir.

Arılar harita kullanmıyor, insanlar kullanıyor; haritalar ne işe yararlar? (Sayfa 214'e bakınız: "Haritalar")

Diğer hayvan türleri iletişim kurar mı? (Sayfa 203'ye bakınız: "Şempanzeler ve Dil", Sayfa 210'a bakınız: "Yunuslar ve Dil")

VİRÜSLER

Virüs dediğimiz varlıklar çok kötü misafirlerdir. Çünkü ev sahibini kendisine benzetmeye çalışır, bazen de öldürebilir. İstenmeyen bu misafir aslında hem canlı hem de cansız olabilir. Ayrıca kendi yaşamı da bir günden daha kısa sürede öldürebildiği insanların veya hayvanların yaşamına bağlıdır. Nesneler için taş cansızdır denilir. Yani canlılık ve cansızlık arasında iyi bir ayrım vardır. Ama virüsler bu ayrımın ortasında yer alırlar. Canlılık için üreme ve çoğalma gereklidir; virüsler de çoğalabilmekte, hatta inanılmaz oranda, ama canlı çevre dışında kristalden farklı birşey değildir.

Virüsler çok küçük boyutlardadır; ve “çok” sözcüğünün “o” harfinde milyonlarcası bulunabilir. Virüsler aslında bakterilerle çok karıştırılırlar ama virüsler bakterilerden ebat olarak daha küçüktür (Parazit türleri haricinde bakteriler tek hücreli organizma grubudur; bazı türleri bulaşıcı hastalık yayarken bazıları da atıklarımızı parçalayabilir).

Herhangi bir virüs, birçok genetik materyal içeren RNA ipliklerden oluşur. Virüs herhangi bir hücreye girerken genetik materyali ile hücrenin kendisini içine çekmesini sağlar ve ardından hücrenin enzimlerini kullanmaya başlar ve kendisini bir kere çoğaltır. Her oluşan yeni parça birkaç kez çoğaldıktan sonra bulunduğu hücreyi öldürür. Bundan sonra daha çok hücreye gidebilecek birçok virüs oluşmuştur. Daha tehlikeli diyebileceğimiz Retrovirüsleri RNA’sını DNA’ya çevirir. Oluşan bu yeni DNA ise bulunduğu hücrenin DNA’sına eklenir ve hücre bölündükçe virüs de kopyalanmış olur. Örneğin AIDS’e sebep olan HIV Retrovirüs türlerine girer

AIDS’e karşı mücadelenin sürmesi insanoğlunun yalnızca büyük tradejisi değil; ayrıca virüsün yaygınlığı o kadar hızlı olmakta ki mücadele edilcek yepyeni bir mutant (mutasyon geçirmiş virüs) oluşmakta. Başarılı tedavi yöntemleri, tek veya az sayıdaki mutant için değil çoğunluk için etkili olabilmeli. Bu da işin zorluğu. Taşıyıcılar yıllar boyu zararını görmese de, araştırmacılar bulaştıktan hemen sonra virüsün çok hızlı biçimde yaygınlaştığını düşünmekteler. Virüslere karşı savaşan Akyuvar hücrelerinin HIV’in üreme hızına yenik düşmesi sonucu, virüsler galip gelmekte.

Birçok bakteriye karşı iyi sonuçlar veren antibiyotikler, virüslere karşı işe yaramamaktadırlar. Virüslerle savaş için en iyi strateji yepyeni bir aşı bulmaktır. Herhangi bir aşı zayıflatılmış virüsler içermekte ve aşılanmış in-

san virüslere karşı yeni silahlar geliştirebilmektedir. Şu ana kadar geliştirilebilmiş en başarılı aşılar çocuk felci ve çiçek hastalığı aşılarıdır. 1980’de Dünya Sağlık Örgütü, WHO, çiçek hastalığına karşı yapılan mücadelenin kazandırdığını açıklamıştı. Çiçek hastalığı virüsünün çok küçük bir örneği yüksek güvenlik altında Atlanta, Georgia ve Moskova’da bulunan araştırma laboratuvarlarında saklanmakta. 1995 haziranında geriye kalan son örneklerin de ortadan kaldırılması için yok etme planı oluşturuldu. Hararetli tartışmalar sonucu yok etme planı ertelendi. Taraflardan virüsün yok edilmesini isteyenler, virüsün her zaman kaçabilme riskinin olmasını ve artık dünyada insanlara çiçek aşısı yapılmadığından, virüsün kaçma durumunda toplu kısımlara sebep olabileceğini savunmaktalar. Diğer taraf ise, virüsleri yeterince iyi tanımadığımızı ve kontrol altındaki bu virüsün birçok özelliğinin olabileceğini ve bunları incelemek gerektiğini savunmaktalar.

Virüslerin hikayesi yalnızca hastalıklardan ve trajedilerden ibaret değil. Bilim adamları, virüsleri epilepsi ve kanser için tedavi aracı olarak kullanmaya çalışıyorlar. Bu stratejinin temel dayanağı, sağlığa yararlı genetik materyallerin virüslere aktarılması ve taşıyıcıları hücrelere enjekte ederek zararlı genetik materyal üzerine virüsün kendisini kopyalaması. Ziraat mühendisleri bu metodu hâlâ kullanmaktadırlar.

Virüslerin ölümcül etkilerini duydukça onlardan korkabiliriz ama ikinci defa büyük bir ölüm çemberiyle etrafımızı sarmadan birçok türe karşı mücadele edebilir ve kazanabiliriz.

Genetik olarak HIV gibi virüslere karşı koyabilecek yeni genler oluşturabilir miyiz? (Sayfa 187’ye bakınız: “Genetik Mühendisliği”)

DUYULAR VE ALGILAMA

DUYULAR

Bizi çevreleyen dünya hakkında sürekli bilgiler almak-
tayız; fakat bazı grafiksel bilgileri basit bir şekilde kayda
geçiremiyoruz. Biz bilgilerimizi duyular yoluyla elde edi-
yoruz, daha bilimsel bir dille söylemek istersek, “biz dün-
yayı duyularımızla algılıyoruz.”

Beş duyu organımız -gözler, kulaklar, burun, dil ve de-
ri- çeşitli türdeki enerjileri algılarlar ve bu enerjileri sinir
uyarımlarına dönüştürürler. Beyne ulaşan bu sinir uya-
rımları burada -bilincimizde- tanımlanır ve kayda geçiri-
lir. Bir bilimsel formül gibi en soyut bilgi bile beyne ula-
şabilmek için en az bir duyu organı tarafından algılanma-
lıdır.

Farklı duyu organlarından gelen sinir uyarımları birbi-
rine benzeseler de, beyin bunları sinir sisteminde izledik-
leri rota ve beyinde izledikleri yol sayesinde birbirlerin-
den ayırabilir. Gözden gelen sinir uyarımları, uyarıcı ışı-
ktan farklı bir madde de olsa görsel duyum oluşturacaktır.
Örneğin, bize doğru gelen rüzgar kişinin gözünde yıldız-
lanmaya sebebiyet verecektir.

Işık gözde önce kornea ve sıvı tabakada odaklanır, burada göz merceğinin işlevinin odaklanmayı düzenleme olduğunu söyleyebiliriz. Çomak ve koni hücreleri içeren retina odakta oluşan görüntüyü sinir uyarımlarına dönüştürür. Koni hücreleri renklere karşı duyarlıdır, loş ışıktaki bile görebilmemizi sağlayan çomak hücreleri ise form ve hareketi görebilirler. Sinir uyarımları beyne ulaştığında, beyin tarafından algılanır ve dış dünyaya karşılık gelecek görsel tasarımlar şeklinde düzenlenir. Örneğin bir binanın görsel tasarımı binaya olan uzaklıkla ters orantılı bir şekilde küçük algılanır, gerçek boyutlarıyla değil. Çoğu bilim adamı görsel algılamamanın öğrenildiğini düşünür. Örneğin doğuştan görme özürlü bir insan görmeye başladığında, aldığı görsel bilgileri ifade etmekte güçlük çeker.

Dünyanın ses zenginliği, algıladığımız ses dalgalarının geniş frekans aralığından kaynaklanır. Dış kulak, kabaca titreşim diyebileceğimiz ses dalgalarını kulak zarına yönlendirir, kulak zarı da gelen titreşimlere eşit bir oranda titreşir. Dalgalar iç kulaktaki üç küçük kemiğe aktarılır. İçi sıvı dolu kulak salyangozu, dalgaları sinir uyarımları şeklinde beyne iletir. Görmede olduğu gibi beyin bu sinir uyarılarını anlamlı hale dönüştürür. Beyinsel hastalıklardan biri olan işitsel agnozyada, sinir uyarımları beyne ulaşır fakat beyinde anlamlandırılmaz. İç kulak aynı zamanda denge duyumuza yardımcı olan üç sıvı dolu kanal içerir. (Dönerken aniden durduğumuzda, bu sıvıların devam eden dönme hareketi baş dönmesine neden olur.)

Dil ve burun ise kimyasal maddelere cevap verir. Dil tat alma organımızdır. Bilimadamları tatları genellikle dört temel gruba ayırırlar: tatlı, tuzlu, ekşi ve acı. Tat alma tomurcukları kimyasal etkileri algılar ve sinir uyarımı olarak beyne iletir. Dilin önündeki sinirler ise beyne sıcaklık ve dokunma ile ilgili bilgileri gönderir. Beyin, bu bilgileri tat alma tomurcuklarından gelen bilgiler ile bir-

leştirir. -Örneğin sıcak yiyeceklerin tadının soğuk yiyeceklerden farklı olmaşının nedeni budur.-

Kokuyu tattan ayırmak güçtür, bunu size burnu tıkalı bir şekilde yemek yiyen bir kişi anlatabilir. Fakat koku duyumuz, tat duyumuzdan çok daha duyarlıdır. Koku hafıza açasından da çok önemlidir. Özel bir kokudan sadece küçük bir esinti bile hafızadaki bazı anıları çağırştırabilir. Koku alıcıları burun kemerinin üst arka bölümündedir. Bu alıcılar beyindeki sinir uyarımlarını harekete geçirir. Koku duyumuz bir köpeğinki kadar iyi olmasa da yine de etkileyicidir. İyi bir koku duyusu olan bir kişi onbini aşkın farklı kokuyu algılayabilir.

Derimizle ise, acıyı, sıcaklığı ve basıncı algılarız.. Dokunma duyusu vücudumuz açasından uyarı sinyali rolündedir. Örneğin elimiz sıcak bir tencereye değdiğinde, sinyal önce omuriliğe oradan da beyne iletilir, kol kasları harekete geçer ve refleksel olarak elinizi geri çekersiniz. Bazı duyumlar ise beyinde anlık dikkatlerden ötesini temin edemezler. Örneğin üzerimize giydiğimiz giysilerin derimiz üzerinde duyumu, birkaç saniye sonra bilincimizden çıkar.

Çok temel bir anlatımla, biz duyulardan ibaretiz, çünkü bütün öğrenme, hafıza, yaratıcılık gibi kavramlarımız dünyayı duyularımızla algılamamızdan ibarettir. Ayrıca biz duyularımızla yalnızız. Örneğin bizim kırmızı bir ceket görmemizle/algılamamızla, başka bir insanın aynı ceket algılamasının aynı olup olmadığını biz asla bilemeyiz.

Renk nedir ve biz onu nasıl görürüz? (Sayfa 163'e bakınız: "Renkleri Görme")

Rüyalarda gerçek dalga boylarında ışıklar ya da ses dalgaları ya da diğer duyu uyarıcıları yoktur, fakat biz gö-

rüyor, duyuyor, tadıyor gibi hissederiz. Rüya “gerçeğimizi” nasıl algılıyoruz? (Sayfa 194’e bakınız: “Uyku ve Rüya”)

Beyin uyarıcı sinir verilerini düşüncelere nasıl çevirir? (Sayfa 67’ye bakınız: “Beynin Kimyası”)

RENKLERİ GÖRME

Çoğumuz çevremizdeki renkleri olduğu gibi kabul ederiz. Kırmızılık elmanın elmalığının bir parçasıdır, tıpkı sarılığın limonun limonluğunun bir parçası olması gibi. Gece ise limon da, elma da gri görünür, ama limonluk ve elmalıklarından birşey kaybetmeden. Bir cismin rengi onun yüzeyinin ışığı yansıtmasının bir özelliği olsa da rengin algılanması, ışığın fiziği, gözün yapısı, beynin fonksiyonu ve psikolojik faktörlerin bir kombinasyonudur. Işık bir cisme çarptığında, cismin yüzeyi bazı dalga boylarını emer, bazılarını da yansıtır. Örneğin yeşil bir yaprak, yeşil hariç tüm dalgaboylarını emer, sadece yeşili yansıtır. Yeşil dalga boylu bir ışık göze yansıtıldığında göz ve beyin yeşil görmek için görevlerini yaparlar. Bazen yeşil dalga boyunda ışık olmasa da, mesela mavi ve sarı dalga boyunda ışıklar aynı anda gözümüze girdiğinde, yeşil görebiliriz.

Gözlerimiz, elektromanyetik spektrumun sadece kızıl ötesi ile morötesi arasında kalan, bizim görünür ışık dediğimiz küçük bir kısmına duyarlıdır. Bilim adamları görünür ışığı sekiz temel renge ayırırlar: kırmızı, turuncu, sarı yeşil, mavi, çivit ve mor. Her bir renk değişik dalga boyundaki ışığı temsil eder, kırmızı en uzun dalga boyuna, mor ise en kısa dalga boyuna sahiptir. Elbette, bu sekiz renk arasında birçok dalga boyu ve renk vardır, kırmızı ile turuncu arasındaki tonlar ve turuncu ile sarı arasındaki ve diğerleri gibi. İyi bir renk algılamasına sahip bir

insan yüz değişik çeşitte rengi algılayabilir. Tona ek olarak, bilim adamları rengin yoğunluğundan ya da tonun derecesinden de söz ederler. Mesela aynı dalga boyundaki bir kırmızı, az yoğunlukta olduğunda pembe, çok yoğunlukta olduğunda bordo gibi görünecektir. Işığın parlaklığı da bir cismin görünen rengini etkileyebilir. Işık göze ulaştığında önce kornea, sıvı tabaka, göz merceği ve saydam tabakadan geçer. Bunlar ışınları odaklamak için kırarlar. Böylece görüntü retinaya çarpar. Retina çomak ve koni hücreleri denilen iki çeşit fotoalıcılar (ışık alıcıları) olan sinir uçlarından oluşur. Düşük seviyede aydınlanmada da görebilen çomak hücreleri şekilleri ve hareketleri görür ama renkleri göremez. Renkleri algılayan koni hücreleri ise yüksek derecede aydınlanmaya ihtiyaç duyar. Üç değişik renk alanında duyarlı olan, üç çeşit koni hücreleri vardır. Görüntü retinaya ulaştığında, çomak ve koni hücreleri elektrik sinyallerini görsel sinirler boyunca beyindeki görüntünün bilince kayıtlandığı optik loba iletirler.

Olmayan ya da ışığa hassas pigmentleri eksik koni hücrelerinin sebebiyet verdiği kısmi renk körlüğü oldukça yaygındır. Tam renk körküğü ise, beş milyon insandan birinde olacak kadar seyrek. Yazar ve nörolog Oliver Sacks'ın bir otomobil kazasında olan beyin hasarı yüzünden renk görüşünü kaybetmiş altmış beş yaşında ressam bir hastası vardı. Adamın kontrast ve şekilleri görme yeteneği hâlâ çok keskindi. Nihayetinde siyah-beyaz boyamaya geçmişti. O aynı zamanda, bütün gece yemeklerine giden ve geceleri dolaşmakla geçiren bir gece adamı olmuştu. Bütün gece boyunca kaybettiği renklerin dünyasını düşünmemeye çalışarak, güçlü gece görüşünü kullanıyordu.

Kızılötesi ve morötesi dalgaboyları nedir? (Sayfa 45'e bakınız: "Elektromanyetik Spektrum")

Görme duyularımızdan sadece biridir, diğerleri nelerdir? (Sayfa 161'e bakınız: "Duyular")

Kediler gibi karanlıkta görebilmek için, renk görüşümüzden fedakarlıkta mı bulunmalıyız? (Sayfa 148'e bakınız: "Karanlıkta Parlayan Gözler")

YIRTICI KUŞLARIN GÖZLERİ

Duyularımız sayesinde, çevremizi inceler ve yol buluruz. Gözlerimiz sadece araba sürebilmek, kupon kesebilmek ve televizyon seyredebilmek için bize verilmiş değil; kulaklarımız da ne sadece komşumuzun penceresinin dibinde yaptığı çekiç gürültüsünü duymak, burnumuz da yemeğin kokusunu duymak için yaratılmıştır. Bizim görsel, işitsel ve diğer dış uyarılardan oluşan dünyamızı paylaşan diğer türler de, kendi ortamlarında yol bulabilmek, kendilerini besleyebilmek ve düşmanlarından korunabilmek için değişik kabiliyetlerle donatılmışlardır.

Hayvanlar arasında görme duyusu çok farklılaşır. Bir uçta, gözleri çok az ışık dışında sadece karanlık gören köstebekler vardır. Diğer uçta ise, hayvanlar arasında en keskin gözlere sahip olan yırtıcı kuşlar vardır. Üç baykuş türü üzerinde yapılan araştırmalar göstermiştir ki, insanın ancak onda birden yüzde bir feete kadar görebildiği bir cismi, aynı aydınlıkta baykuşlar 6 feet uzaktan görebilir. Şahin ve kartallarına görsel keskinlikleri insanların 4-8 katına çıkabiliyor.

Kuşların gözleri kafalarının büyüklüğü ile orantılıdır. Bazı şahinlerin ve baykuşların gözleri insan gözünden bile büyüktür. Büyük gözlerin bir avantajı, görsel hücrelerin barınabileceği daha büyük alan sağlamasıdır. Retinanın merkezindeki fovea denilen çukur bölge, keskin imajları ve rengi algılayan göz hücreleri olan koni hücrelerinin en yoğun olduğu bölgedir. Bu konilerin Şahin fove-

asındaki yoğunluğu insanınkinin yaklaşık 5 katıdır. Ayrıca şahin ve kartalların gözlerinde biri ileri diğeri iki yana bakan iki fovea vardır. İki yana bakan fovea daha geniş bir görüş bölgesi sağlarken, ileri bakan fovea ise binokular görüş sağlar. (Binokular görüşte, çok az değişik iki açıda imajlar derinlik algısı verecek şekilde üstüste binerler.) Sadece göz yüzeyi ileri doğru çıkıntılı olan hayvanlarda binokular görüş vardır.

Çoğu kuşların gözleri basık şekilde olduğu halde, şahininkiler küresel, baykuşunkiler ise silindiriktir. İki kuşun da sınırlı bir yan bölge görüşü vardır. Büyük ileri doğru çıkıntılı olan şahin gözü göz çukurunda çok az oynar, baykuşun gözleri ise hiç oynamaz bile. Bunu telafi etmek için baykuşun meşhur, kafasını döndürebilme -tam 270 derece yani bir çemberin dörtte üçü kadar- yeteneği vardır. Şahinlerin aynı şekilde kafalarını döndürebilme yeteneklerine ek olarak, ilgilendiği cismi daha iyi görebilmesini sağlayan kafasını dikey olarak da ters çevirebilir.

Baykuş gece kuşu olduğu için, retinasında sönük ışığa duyarlı olan bir çok çomak hücreleri vardır. Herbirinin beyne sinyal iletmek için ayrı sinir telleri olan koni hücrelerine karşılık, çomak hücreleri her birinin tek bir sinir hücresinin olduğu gruplar halinde çalışırlar. Bu yüzden, baykuşlar nispeten karanlıkta görebilmek için ihtiyacı olan çözünürlükten feragat eder. Buna rağmen baykuşlar gün ışığında da avlanabilirler. Bu kısmen iris tabakasında ışığın girdiği boşluk olan göz bebeğinin inanılmaz büyüklükte olması sayesinde.

Şahin ve baykuşları da içeren bütün kuşların yüksek saflıktaki işitme duyusu olmasına rağmen yırtıcı kuşlar avlanabilmek için genellikle gözlerini kullanırlar.

“Şahin gözlü” ya da “kartal bakışlı” benzetmeleri de açıkça bu gerçeğe dayanıyor.

Kediler karanlıkta nasıl bu kadar iyi görebiliyor? (Sayfa 148'e bakınız: "Karanlıkta Parlayan Gözler")

Başkuşlar çok zayıf ışıktaki görebilirler, karanlıkta "gören" hayvanlar da var mı? (Sayfa 171'e bakınız: "Yunus Yanklaması")

KIZILÖTESİ RADYASYON

Biz bir kitap ya da kuşu gördüğümüzde, aslında ondan yansıyan ışığın oluşturduğu görüntüyü görüyoruz. Buna uymayanlar ise ateşböcekleri, lambalar, Güneş gibi kendi ışıklarını yayan cisimlerdir. Işık gözümüzün retinasına çarptığında, sinir sinyalleri oluşturur ve bunlar optik sinirler yoluyla, kitap ya da kedi görüntüsünün oluşturulduğu beyne gider.

Elektromanyetik radyasyonun tamamına bilim adamları ışık dese de, gözümüzdeki retina elektromanyetik spektrumun sadece görünür ışık dediğimiz kısmında duyarlıdır. Bazı yılanların gözleri ise, elektromanyetik spektrumda görünür ışıktan önce yeralan kızılötesi radyasyona da duyarlıdır. Eğer bizim de gözlerimiz görünür ışık yerine kızılötesi radyasyona duyarlı olsaydı dünya nasıl görünürdü?

Kızılötesi radyasyon temel olarak ısıdır. Biz kızılötesi radyasyonu elektrikli ısıtıcılarda ve fast-food lokantalarının yiyecekleri sıcak tutan ışıklarında kullanırız. Aslında dünyadaki bütün maddeler kızılötesi radyasyon yayarlar. Dünyaya görünür ışıkla baktığımızda, bir cismin arkasında kalan diğer cisimi göremeyiz, çünkü yakındaki cisim arkadaki cismin yansıttığı ışığı kapatır. "Kızılötesi dünyada" ise, eğer arkadaki cisim öndekinden daha sıcaksa görebiliriz. Giysilerimizi yeni giydiğimizde, vücudumuz onları ısıtana dek, "kızılötesi dünyada" vücudumuz görülebilir. Ve böyle bir dünyada giysi denerken de dikkatli

olmalısınız, çünkü diğer müşteriler perdenin arkasından sizi görebilirler.

Eğer gözlerimiz kızılötesine duyarlı olsaydı, görünür ışıktan da kırmızıya yakın dalga boyları olan renklere duyarlı olurduk. Bilim adamları buna yakın kızılötesi radyasyon diyorlar. Fakat bu yakın kızılötesini görebilmek için bile gözlerimiz 5-10 kat daha büyük olmalıydı. Biz sıcakkanlı olduğumuz için, vücudumuzun ısısı benzer sıcaklıktaki cisimleri tesbit etmemizi zorlaştırırdı. Bu yüzden kızılötesini görmek için gözlerimizin başımızdan ayrı olması gerekebilirdi!

Görünür ışık gibi, kızılötesi radyasyon da değişik dalga boylarında bir spektruma yayılır. Büyük ihtimalle her dalga boyu da değişik bir “renk” gibi görünürdü. Fakat bu renklerin tam olarak nasıl görüneceği konusunda birşey söyleyemeyiz. Doğuştan kör insanların rengin nasıl birşey olduğunu bilmemeleri gibi, biz de bildiğimiz renklerin karışımı olmayan renkleri hayal edemeyiz.

Biz kızılötesi radyasyonu “göremediğimiz” halde, kızılötesi radyasyonu tesbit ederek fotoğraflık görüntüler oluşturan araçlara sahibiz. Hava tahmin uyduları, dünya ve yüksek bulutlar arasındaki sıcaklık farkını hesaplayabilmek için bu araçları kullanıyor. Tıpta ise, kızılötesi görüntü oluşturan araçları göğüs tümörlerini teşhis edebilmekte kullanıyoruz, çünkü genellikle tümörler etraflarındaki dokulardan daha sıcak oluyorlar. Aslında bakarsak biz “görmek” kavramını kızılötesini de kapsayacak şekilde doğal olarak genişletip, elimizi birinin alnına koyarak, “ateşinin olup olmadığına bakayım” diyoruz.

Elektromanyetik spektrumdaki diğer radyasyon çeşitleri nelerdir? (Sayfa 45’e bakınız: “Elektromanyetik Spektrum”)

Görünür ışığın öbür ucunda ne var? (Sayfa 169’a bakınız: “Morötesi Radyasyon”)

MORÖTESİ RADYASYON

Etrafımızda kendimizi iyi hissetmemizi sağlayan fakat sağlığınıza zararlı henüz görülemeyen neler var? Cevap, morötesi radyasyondur. Morötesi radyasyon uzun süre zararsız sayılmasına rağmen şimdi biliyoruz ki deri kanserine yol açıyor. Görebildiğimiz, görünür ışık elektromanyetik spektrumun sadece küçük bir kısmını oluşturuyor. Görünür ışık tayfı kırmızıdan mora dek uzanır. Kırmızıdan önce, elektromanyetik spektrum daha uzun dalga boylu ve daha düşük enerjili kızılötesi radyasyona geçer. Görünür ışığın mor ucundan sonra ise, elektromanyetik spektrum daha kısa dalga boylu ama daha yüksek enerjili morötesi radyasyon bölgesine geçer. Elektromanyetik spektrum yüksek enerji seviyelerine çıktıkça, radyasyon daha tehlikeli hale gelir. Bilim adamları morötesi radyasyonu (yani enerjiyi) yakın, uzak ve aşırı morötesi diye ayırırlar. Dünyaya sadece yakın morötesi radyasyon ulaşır çünkü atmosferin ozon tabakası diğerlerini emer. (Ozon tabakasının incelenmesi, dünyaya ulaşan morötesi radyasyon seviyesinin tehlikeli yükselişine neden olmuştur.)

Bizim gözlerimiz mor ötesi radyasyona hassas olmasa da, kelebekler, bal arıları ve bazı böcekler morötesini de görebilirler. Çiçeklerin taç yaprakları morötesi ışınları yansıttığı için, morötesine duyarlı gözleri olan arıların diğerlerine göre daha fazla hayatta kalma avantajları var. Morötesine hassas filmlerle fotoğraf çektiğimizde dünyanın arılara nasıl görüldüğü konusunda bir fikrimiz olabilir. Bu fotoğraflarda, gözümüze sabit renkli gibi görünen bir çiçek yaprağının, arılar için çiçek nektarına yakın merkezinin daha koyu görüldüğünü görebiliriz. Görünür ışıkta tek bir renk gibi görünen herhangi bir yüzey, morötesine duyarlı olan gözlere görünen desenlere sahip ola-

bilir. Son moda akımı, morötesine hassas filmle fotoğrafı çekildiğinde parlak çizgileri görünen tek renkli bir ceket olabilir belki.

Morötesi radyasyonun pekçok pratik kullanımı vardır. (Güneşte bronzlaşmayı bunlardan saymıyoruz.) Bunların en yaygını floresan lambalarımızdır. Bu lambalarda iki ucunda elektrod olan cam bir tüp argon gazı ve civa buharı karışımı ile doldurulur. Tüpün iç yüzeyi ise fosfor tozu ile boyanır. Gazdan elektrik akımı geçerken, civa morötesi radyasyon yayınlar ve fosfor bu radyasyonu emip görünür ışık yayar. Floresan lambalar, elektriği ışık yanında aynı zamanda ısıya çeviren normal lambalardan çok daha verimli enerji kullanırlar.

Güneş lambası da temel olarak bir morötesi lambadır. Fonksiyonunu (ve zararını) karanlıkta da yapsa da üreticiler lambanın tayfına genellikle doğal güneş ışığına daha çok benzetebilmek için kızılötesi radyasyon (yani ısı) ve görünür ışık da eklerler.

Sıcak ve genç yıldızlardan yayılan ışığın çoğu morötesi bölgededir. Morötesi radyasyon ölçümleri astronomlara gezegenler, yıldızlar, galaksiler ve galaksiler arası gaz ve tozlar hakkında birçok önemli bilgi sağlarlar ve yıldızların ve galaksilerin oluşumunu anlamamıza yardım ederler.

Morötesi radyasyonun eğlenceli bir uygulaması da “karanlıkta parlayan” fosforlu maddelerdir. Temel olarak, fosforlu materyaller bir dalga boyunda radyasyon emip, bir başka dalga boyunda ışık yayarlar. Tiyatrolarda bazen siyah ışıklar denilen morötesi ışıklar kullanılır. Seyirci için hiçbir aydınlanma yoktur ama sahnedeki cisimler garip renklerde parlarlar. Karanlık bir odada da morötesi ışık yayan bir lambayı açtığımızda fosforlu cisimler parlamaya başlar. Bunların içinde giysileriniz de olabilir,

çünkü deterjanların çoğu beyaz giysilerinizin “gerçekten beyaz” görünmesi için bazı fosforlu boyalar içerirler.

YUNUS YANKILAMASI

Çoğumuz gece yol bulmakta sadece çok bildik durumlarda rahatızdır. Onun dışında, gece yolumuzu tereddüt ederek buluruz. Elektrik kesintisi sırasında büyük bir binada çıkışı ararken karanlıkla beraber panikle de başa çıkmak zorunda kalırız. Fakat bazı hayvanların karanlıkta da olsa etraflarını araştırıp, avını bulmak ve güvende kalabilmek için görsel olmayan yöntemleri vardır. Bunların arasında uçan tek memeli olan yarasalar ve yine bir memeli olan yunuslar da var.

Bir yunusun su altındaki çevresi karanlık ve çamurludur. Etraflarını “görmek” için, yunuslar aynı zamanda ‘hayvansal sonar’ da denilen yankılamayı kullanır. Yunuslar bunu için, hızlı ve yüksek perdeden “klik”ler çıkarır ve bu kliklerin çarptığı yerden geri dönen yankısını dinler. Yunuslar bir cisme yaklaştıkça, klikleri daha hızlı çıkarırlar. Aynı zamanda yunus başını ileri ve geri değişik açılarda çevirerek de bir nevi tarama işlemi yapar. Bu şekilde, yunuslar karşısındaki bir cismin hem uzaklığını hem de şeklini şaşırtıcı bir kesinlikte bulabilir, suda 200 feet uzaklıktaki bir inç büyüklüğündeki bir cismi bile algılayabilir.

Bilim adamları yunusların klik sesini nasıl çıkardıklarını konusunda emin değiller. Ses bir burun kesesinden diğerine geçiyor olabilir, aynı zamanda başlarının tepesindeki yağlı dokular da işin içine giriyor olabilir. Oldukça komik olan bir şey, yunusların çenelerinin alt kısmının kulak bölgelerinden daha çok sese duyarlı olmasıdır.

Yunusların yankılama yetenekleri diğer duyularının

kötü olmasını telafi eden bir özellikleri değil. Hatta, bilim adamları yankılamamanın yunusların görsel yetenekleri ile yakından ilgili olduğunu düşünüyorlar. Hawaii’de araştırmacılar, yunusların havuzuna içinde karışık şekilli bir cisim olan yankı yapmayan bir kutu koydular. Yunusun cismin şeklini sonar yoluyla algılaması sadece bir kaç saniye gerektirdi. Ve sonra araştırmacılar, havuzun üzerine biri kutu içerisindeki cisme benzeyen iki cisim koyduklarında, yunus hemen doğru olana dokundu. Bunu tekrar tekrar yapabildi, ve hatta tersi işlemi de -yani cismi önce görüp sonra iki kutudan içinde daha önce gördüğü şekil olanı seçmeyi de- başarılı bir şekilde yapabildi.

İnsanlar yankılamayı öğrenebilir mi? Kör insanların çoğu, yunuslardan çok daha az kesinlikte olsa da bunu yapabiliyorlar. Kendi adımlarının ya da parmak şıkırtılarının sesinin yankısını dinleyerek, yaklaşık altı adım ötede bir cismi tesbit edebiliyorlar. Hissettikleri olayı yüz bölgesinde algıladıkları için buna yüzsel görme diyoruz. Tabii ki, yankılama kör insanların çevrelerini algılayıp yol bulmalarını sağlayan sesli yollardan sadece birisi.

Bilim adamları, yunuslarda ya da insanlarda yankılama hakkında henüz çok şey bilmemelerine rağmen, yunusların kulak ve beyinlerindeki önemli farklılıkların bundan sorumlu olduğunu tahmin ediyorlar. O yüzden gece yarısı mutfağa gittiğinizde, kalan bir dilim keki parmaklarınızla yaptığınız klik sesinin yankısıyla bulmayı beklemeyin!

Yunuslar soyut şekilleri tanıyabiliyorlarsa, dil de kullanabilirler mi? (Sayfa 210’a bakınız: “Yunuslar ve Dil”)

Yankılamaya ek olarak, kör insanların çevreyi “görmek” için kullandıkları başka yollar da var mı? (Sayfa 179’a bakınız: “Görenkörlük”)

Yankılama hayvanlara yollarını bulmalarında yardımcı oluyor. Hayvanların kaybolmamak için kullandığı başka metodlar da var mı? (Sayfa 173'e bakınız: "Biyolojik Pusulalar")

BİYOLOJİK PUSULALAR

Göçmen hayvanların çoğu senede yüzlerce hatta binlerce mil uzunlukta yol katederler. Manyetik alıcılar denilen vücutlarındaki pusulalar, bu hayvanlara yollarını bulmakta yardımcı olan tek şeylerdir. Çoğu hayvanın, onlara güneşin yerini kullanarak yönlerini söyleyen güneş pusulaları vardır. Bu biyolojik pusulalar, gün boyunca güneşin yerinin değişimini de dikkate alırlar. Sadece geceleri de yol alan kuşların yıldız pusulası vardır. Ayrıca bir de iç saat gerektirmeyen bu pusula doğrultusunu sadece yıldız şekillerine göre ayarlar. Göçmen hayvanlar tarafından kullanılan, tam olarak pusula denilmeyen çevresel ipuçları ise rüzgarın yönü, görünür yer şekilleri gibi faktörlerdir.

Manyetik hissi olan çoğu hayvanların iç pusulaları, baş bölgelerinin yakınında yer alan manyetik denilen güçlü manyetik özelliği olan bir mineraldir. Bunun bilinen örnekleri posta güvercinleri, semenderler, belli böcekler, bazı balıklar ve kemirgen hayvanlardır. Hatta suda yaşayan bazı bakterilerdeki çok küçük miktardaki manyetik bile onların yüzme şeklini etkiliyor. (Sakin bakterinin başı nerede diye sormayın!) Bu biyolojik pusulaların duyarlı oldukları bölge çok dardır, çünkü dünyanın manyetik alanından biraz daha zayıf ya da biraz daha güçlü alanları bile algılayamadıkları görünüyor. Son araştırmalar, en azından bazı hayvanlarda pusula doğrultusunu algılayabilme yeteneğinin, Dünyanın manyetik alanını kullanan ışık alıcıları sayesinde olduğunu gösteriyor.

Biyolojik pusula fikri kadar ilginç olan, bunun hayvanların yol bulma gizeminin sadece yarısı olmasıdır. Eğer ormanda kaybolduysanız, cebinizdeki pusulanın hangi yönün kuzey olduğunu göstermesi probleminizin ancak yarısını çözer. Aynı zamanda nereye gitmek istediğinizi de bilmelisiniz, yani yönler arasında bir seçim yapmak için bir iç haritaya da ihtiyacınız var. Bilim adamları yol bulmayı, birinin bilmediği bir yerden, gittiği doğrultu hakkında ipuçları olmadan doğru yolu bulması olarak tarif ederler. Bir hayvan, aldığı yolu aynı yol üzerinden geri dönerse bu yol bulma sayılmaz. İncelenen bütün hayvanlar arasından, sadece kuşlar gerçek yol bulucular olarak çıkmışlardır, bilim adamları hâlâ bir kuşun hangi yönün evi olduğunu nasıl bildiğini anlamasalar da.

Manyetik alıcılar üzerinde çalışan araştırmacılar, “yerdeğiştir-bırak” dedikleri deneyleri yapıyorlar. Denekleri güvercinler ya da insanlar- uzak bir yere götürüp, yollarını bulmaları için bırakıyorlar. Bu durumda, araştırmacılar güvercinlerin yön bulma duyusunu şaşırtmak için onları salmadan önce üzerlerine suni manyetik alanlar uyguluyorlar. Fakat şaşırtıcı bir şekilde, bu güvercinler yollarını daha kolay buluyorlar. Bunun nedeni belki de uygulanan manyetik alanın, güvercinlerin biyolojik pusulalarının manyetik parçacıklarının belli doğrultuyu bulmaya yardımcı olmasıdır. Başlarında manyetik çubuklar taşıyan insanlar üzerinde yapılan deneyler ise sonuçsuz kalmıştır. O yüzden daha kesin sonuçlar alınana dek, siz en iyisi cebinizde bir pusula taşıyın!

Hayvanların zamanı bildiren hisleri de var mı? (Sayfa 191’e bakınız: “(Günlük) Bir Ritminiz Var: Biyolojik Zamanlama”)

AĞRI

Ağrı yararlıdır. Bize hakkında şikayet edecek bir konu vermesi yanında, ağrı, vücudumuzda birşeyin yanlış olduğunu dikkate ihtiyacı olduğunu bize bildiren uyarıcı bir sistem olarak çalışır. Duyu kaybı ve ağrıyı hissetme kaybı tehlikeli olabilir. Mesela şekeri olan hastaların ayaklarında yaralar oluşmasının bir nedeni, onların sinir hücrelerindeki hasarların ağrıyı hissetme kabiliyetlerini azaltarak onları kesiklerden ya da su toplamış kabarcıklardan habersiz bırakmasıdır. Bazı sinir hasarları ise tersi bir problem ortaya çıkarır, insanlar kesilmiş uzuvlarının olduğu yerde sanki yalancı uzuvları varmış gibi ağrı hissederler.

Görme ve duyma gibi, ağrı da alıcı hücrelerden beyne sinir sistemi boyunca iletilen bir duyudur. Fakat, görme ve duyma ile beyin dış bir uyarıcı tarafından verilen bilgiyi algılar. Ağrı ile ise, beyin bir bilgiyi -mesela bir kaynar su damlasının ele sıçramasını- algılar ve yoğun ve hoşnutsuz bir his üretir. Olayları daha karışık hale getiren şey, hislerin ve ağrıya dayanabilmenin beklenti, anı ve endişe gibi psikolojik faktörlere de bağlı olmasıdır.

Ağrı ve sıcaklıkla ilgili sinyalleri taşıyan ağlar, henüz diğer duyu ağları kadar iyi anlaşılamamıştır. Ağrı hissi sinir uçları ile alınır ve sinir telleri ile omurgaya kadar taşınır. Adelte telleri denilen bir çeşit tel, ani bir yaralanma sonucu oluşan hızlı ve yoğun acıyı iletirler. C telleri denilen, diğer bir çeşit tel ise devamlı ve sabit bir ağrıyı iletir. Sinyaller omurga boyunca ilerlerken, dokunma basıncı gibi öbür uyarılardan da etkilenirler. İşte bu yüzden ağrıyan yeri ovalamak ağrıyı azaltabilir. Omurgaya doğru giden sinyaller beyinden gelen sinyaller tarafından da etkilenebilirler. Mesela, eğer insanın ilgisi ve dikkati tamamen daha ilginç ya da önemli bir olaya yöneltilmişse, ağ-

rı sinyalleri bastırabilir. Bilinen bir örnek, yaralanmış bir atlet koşmaya devam ederse, dayanılmaz olan bir acıyı geçici olarak hissetmeyebilmesidir.

Sinyaller omurgadan beyine iki ayrı ağ ile ulaşır. Ana ağ, ağrının beyin diğer kortekslerine yayılacağı, beyinciğin thalamus denilen bölgesinin ucuna gider. Diğer ağ ise, ağrıyı beyinin motivasyon ve hareket ile ilgili bölgesine götürür. Bilim adamları uyuşturucu ilaçlarla tedavinin bu ağı etkilediğini düşünüyorlar, çünkü hastalar ağrı hissini duymaya devam ediyorlar ama sadece bu onları daha az etkiliyor. Beynin kendisi de benzer etkisi olan endorfin denilen maddeyi üretir. Endorfin beyinden, ağrıyı azalttığı omurgaya doğru hareket eder. Bazı deneylerde araştırmacılar hastalara ağrı kesici verdiklerini söyleyerek, tesirsiz bir ilaç verirler. Ağrıları dinen bu hastaların kanında yüksek seviyelerde endorfin bulundu. Yani tesirsiz ilaçlar da bir anlamda işe yarıyor.

Çoğu insan sebebi bulunamayan -baş ya da sırt ağrısı gibi- kronik ağrılardan şikayetçi. Son yıllarda, bazı profesyonel tıpçılar “ağrı yönetimi” dedikleri bir alanda uzmanlaşmaya başladılar. Onların yaklaşımı, görsel imajlar, hipnoz gibi teknikleri içeriyor. Belki bir gün, endorfinimizi istegimize bağlı olarak kullanabileceğiz.

Beyin sinirlerden aldığı bilgiyi nasıl işler? (Sayfa 67’ye bakınız: “Beynin Kimyası”)

Eğer ağrıyı kontrol altında tutmayı “öğrenebilirsek”, diğer biyolojik işlevlerimizi de kontrol altına almayı öğrenebilir miyiz? (Sayfa 196’ya bakınız: “Solunum Kontrolü”)

YALANCI UZUVLAR

Çoğumuz kollarımız ya da bacaklarımızın nerede olduğunu nasıl bildiğimizi hiç düşünmeyiz. Eğer düşünür-

sek, yürüme üzerinde düşünüp hareket edemeyen kırkayağa döneriz. Bizim bilinçsizce kullandığımız bilgiye zımni bilgi deriz ve bizim uzaysal özelliklerimiz ve koşulları hakkında sahip olduğumuz bilgi vücut şemamızı oluşturur. Yetersiz vücut şemasına sahip insanlar, hergün fiziksel olarak olmayan uzuvlarını fiziksel olarak hissetmek veya daha az yaygın olarak, varolan uzuvları hissetme yetersizliği ile başa çıkmak zorundalar. Bu iki durum da, beynin vücut ve onun uzaydaki yeri hakkındaki bilgisiyle ilgilidir.

Omurganın bir uzantısı olan beyin çok kompleks bir uzantıdır. Reseptör (alıcı) denilen bazı hücreler beyine devamlı dış dünya ve vücudun koşulları hakkında sinyaller gönderirler. Dış alıcılar derimiz, göz ve kulaklarımız gibi duyu organlarımızdaki sinir telleri sayesinde dış dünyadan veri alırlar. İç alıcılar ise kaslardaki, eklemlerdeki, ve organlardaki sinir telleri sayesinde vücudun kendisi ile ilgili bilgi alırlar. Diğer alıcılar, sıcaklık ve soğuğu bildiren termoalıcılar, tat ve kokuyu bildiren kimyasal alıcıları içerir.

Nöron denilen sinir sisteminin hücreleri, birbirlerine mesajları elektriksel sinyaller halinde gönderirler. Belli nöron yolları vücudun dış kısımlarından omurga ve beyine giderken, diğerleride tam ters yönde omurga ve beyinden kas ve dokulara gider. Her iki nöronun arasında sinaps denilen küçük aralıklar vardır. Bir nörondan diğerine sinyaller bu küçük aralıktan atlayarak geçmek zorundadırlar. Bilim adamları buna nöron ateşlenmesi diyorlar. Şimdi düşünüyorlar ki, işte bu nöronların ateşlenmesindeki bozukluklar, yalancı uzuvlar hakkındaki yanlış mesajlara yol açıyor.

Bir uzvu eksik doğan bir insan da yalancı uzuvları hissedebildiği halde yalancı uzuvlar en çok herhangi bir uzvunu sonradan kaybetmiş insanlar tarafından hissedili-

yor. Bu insanlar yalancı uzuvlarını gerçek kol ve bacaklarını hissettikleri kadar güçlü hissederler. Onlar aniden, olmayan bir bacak üzerine basma isteği ya da olmayan bir kolla kapıya uzanma isteği duyabilirler. Bazen de, çok dar bir yerden geçerken ya da uyurken, olmayan uzuvlarının onları sıkıştırdığını ya da bir yere takıldığını hissedebilirler.

Yalancı uzuvlar, sıcaklık değişimi, basınç ve karıncalaşma gibi duyuları da hissedebilir. Ve maalesef yalancı uzuvları olan insanlar bazen dayanılmaz olan ağrılardan da şikayetçi olabiliyorlar. Doktorlar, genellikle olmayan uzvun vücuda birleşme yerindeki sinirleri beyine sinyal yollamaması için kesiyorlar. Aynı zamanda omurga ve beyinden de buralardan sinyal alan bölgeleri çıkartıyorlar. Bu teknikler rahatlamaya sebep olsa da, ağrı bazen yıllar sonra tekrar geri gelebiliyor. Ve bu tekniklerin hiç birisi yalancı uzuvları tamamen yok edemiyor.

Tanınmış bir ağrı uzmanı olan Ronald Melzack, beynin vücuda onun kendisinin kontrolünde olduğunu söyleyen bir sinyal topluluğunu gönderen bir sinir ağı olduğunu iddia ediyor. Bu ağa Melzack sinir işaretçileri diyor. Sinir işaretçileri çok komplekstir ve beynin birden çok bölgesine yayılmıştır. Bu sinir işaretçileri olmayan bir uzuv üzerinde çalıştıklarında yalancı uzuvlar ortaya çıkar. Melzack doğuşan bazı uzuvları olmayan insanların da yalancı uzuvlar hissetmelerinden yola çıkarak bu işaretçi sinirlerin beyinde daha baştan beri olduğunu söylüyor. Yani, beyin sadece vücudun alıcılarından mesajlar almıyor, aynı zamanda vücudu neyin oluşturduğu hakkında kendi sinyallerini de aktif bir şekilde yolluyor. Bu kendinden tanımlı olmak hakkında sorular doğuruyor. Eğer bir insanın işaret sinirleri ve fiziksel gerçeklik uymazsa, hangisi gerçek insandır?

Bilim adamları bir gün yeni insan uzuvları yapmak için bir metod geliştirebilir mi? (Sayfa 150'ye bakınız: "Kollara Geçiş: Denizyıldızının Gelişimi")

Beynin kendisi sinirlerin çalıştığı gibi mi çalışır? (Sayfa 67'ye bakınız: "Beynin Kimyası")

GÖRENKÖRLÜK

Biz genelde, "gördüğüm şeye inanırım" deriz. Fakat beyinsel bir hasardan dolayı kör olan bazı insanlar "görmediğim şeye inanırım" diyecek durumdalar. Bilim adamlarının görenkör dedikleri bu insanlar, gördüklerini bilinçli olarak idrak edemedikleri halde görsel bilgiyi alırlar.

Görenkörlük, Lawrence Weiskrantz adında İngiliz bir psikolog tarafından keşfedildi. O ve diğer psikologlar, deneklerine sordukları soruları değiştirene kadar "görenkörlük"ten haberdar değillerdi. Fakat, görme korteksleri (beynin gözden gelen sinyalleri alan parçası) çıkarılmış hayvanların, değişik şekiller gibi görsel uyarıları hala ayırdedebildiklerini biliyorlardı. Fakat görme kortekslerinde hasar olan insanlarla çalışırken, "Cismi görebiliyor musun?" ya da "Cismin nerede olduğunu biliyor musun?" gibi sorular soruyorlardı. Cismi "göremeyen" insan, bu sorulara "hayır" cevabını verir. Sonunda araştırmacılar hayvanlar üzerinde çalıştıkları bir metoddan ödünç aldıkları zorlayıcı seçim metodunu kullanmaya karar verdiler. Bu metodda, deneğe cismin nerede olduğunu sormak yerine, cismin A yerinde mi yoksa B yerinde mi olduğunu sormaya başladılar. Cismi bilinçli olarak "göremeyen" kişi, A ya da B'de diye tahmin eder ya da tahmin ettiğini sanır. Görenkörlüğü olan bir kişi ise neredeyse her zaman doğru yeri "tahmin" edebilir. Görenkörlüğü olan insan, bir çizginin dikey ya da yatay olduğunu, bir

şeklin kare ya da üçgen olduğunu doğru olarak söyleyebilir. Görenkörlüğün keşfine kadar, bilim adamları gözün arkasındaki görme sinirlerindeki bütün tellerin görme korteksine gittiğini düşünüyordu. Fakat eğer durum böyle olsaydı, görenkörlüğü açıklamak çok zor olacaktı. Şimdi biliyorlar ki, görme sinir tellerinin yaklaşık yüzde on beşi görsel korteks dışındaki bölgelere gidiyor. Görsel kortekslerinde hasar olan bütün insanların görenkör olmamasının sebebi ise beyinlerinin organizasyonunda yatıyor: Beyin korteksinin diğer bölgeleri de görsel kortekse o kadar yakındır ki, görsel korteksi etkileyen hasardan etkilenmemeleri çok küçük bir ihtimal olarak kalıyor. Bu yüzden genellikle böyle insanlar tamamen kör olurlar.

Çoğunlukla olduğu gibi, (mesela çok kötü tadı olan şeylerin neden olduğunu bulmak, iyi yemek pişirmeyi öğrettiği gibi) anormal ya da sıradan olmayan durumları incelemek de normal hali anlamamızı geliştirir. Görenkörlüğü çalışarak bilim adamları beynin kompleksliği hakkında daha ayrıntılı bilgiler kazandılar. Görenkörlüğü çalışmak aynı zamanda onların ses, dokunuş, dil gibi diğer çeşit bilgilerin de bilişsizce işlenmesini anlamalarına yardımcı olabilir, bu da daha sonra belli bilgilerin bilince ulaşmasının nasıl ve neden olduğu konusundaki araştırmaları destekleyebilir.

Bu noktada felsefeciler de, bilimin verileri ışığında hayatın büyük bir gizem olmadığını, en küçük zerre olan atomdan devasa galaksilere kadar herşeyin müthiş bir denge ve uyum içinde belli görevleri ifa ettiklerini düşünerek kervana katılabilirler.

Beyin, görsel sinirlerden aldığı sinyali nasıl işler? (Sayfa 67'ye bakınız: "Beynin Kimyası")

İNSAN VÜCUDU

DNA: GENETİK KODUMUZ

Alfabemizin dört harften oluştuğunu ve bu dört harfle basit bakterilerden insanlara dek bütün yaratıkların inşa planlarının yazıldığını düşünün. Büyük bir ölçüde dünya bu şekilde kurulmuştur. Deoksiribonükleid asit (DNA) şeritlerinden oluşmuş genetik kodumuzun tamamı dört harfin kombinasyonundan oluşmuştur. Bu kod, bütün hayat formları için aynı gibidir ve bu tümümüzün aynı ilk çorbadan geldiğimizin bir kanıtı sayılabilir. Hala yakın akrabalarımızla birçok DNA paylaşıyoruz. Mesela bir tür goril çeşidinin genetik haritası insanınkine çok benzerdir.

Yaşayan hücrelerin hepsinin çekirdeği kromozom adı verilen iplikli yapılar içerir. Türlerde farklı sayılarda kromozomlar vardır: İnsanlarda bir çift yirmi üçlü kromozom yani kırk altılık kromozom vardır. Kromozomlar DNA moleküllerinden oluşurlar. DNA molekülleri ise DNA'nın ünlü ikili sarmalında sarılmış çok uzun polimerlerden (aynı temel taşlarından oluşan büyük moleküllerden) oluşurlar. Eğer insanın bir kromozomundaki DNA uzunluğu ölçülse yaklaşık altı fit olduğu bulunur.

Sistem bütün organizmalar aynı kodu kullandığından basittir, bir çok organizmanın kodlanabilmesi açısından ve koddaki bilgilerin uygulanabilmesi açısından ise kompliktir.

DNA “alfabe”sinin dört harfi, dört temel taşının isimleridir; adenin, guanin, sitozin ve guanin (A, G, C ve T). Bu harfleri içeren moleküller nükleotidlerdir. Her nükleotid bir fosfat, bir şeker ve dört temelden birini içerir. Eğer ikili sarmal, spiral bir merdiven gibi düşünülürse, fosfat ve şeker merdivenin kenarlarını, ve temeller de ortada birleşerek çifti basamakları oluşturur. A ve T ile G ve C temelleri sadece kendi aralarında birleşebilirler ve AT, TA, CG ve GC şeklinde dört kombinasyon oluştururlar. Bu sınırlama hücre bölünmesinde kopyalanmayı basitleştirir. DNA’nın iki sarmalı ayrılır, ve her açıktaki temel, hücre çekirdeğinde eşini bulur.

Vücudumuz proteinlerden oluşur, yani genetik kodumuz gerçekten protein sentezi için bir koddur. Yine bir polimer olan proteinler, yirmi değişik amino asitten oluşur; ve amino asitlerin sırası, kalp hücresinden böbrek ya da göz hücresine kadar oluşturulacak dokunun türünü belirler. DNA’nın protein sentezinin bilgilerinin aktarılmasında bir yardımcısı vardır. Bu yardımcı ribonükleik asittir (RNA). RNA, dört temelden oluşan tek bir iptir. En başta, bir DNA iplikçığı, bilgisini haberci RNA (mRNA) adındaki RNA ipliğine aktarır. Daha sonra mRNA protein sentezinin yapıldığı ribozoma gider. Burada değişik bir DNA çeşidi olan transfer RNA’sı (tRNA), kendisini kodlanmış eşleniğine mRNA’ya bağlar. tRNA’nın açıktaki ucu yirmi amino asitten birisini taşır. Bu şekilde, tRNA molekülleri mRNA boyunca dizilirken, onlara bağlı olan amino asitler de gerekli proteinleri oluşturmak üzere dizilirler. DNA’ya sahip olmayan tek canlı organizma olan virüslerde genetik kod, tek iplikli olan RNA’da taşınır.

DNA'nın yapısını James Watson ile birlikte bulan Frances Krick her ne kadar terimi ortaya attığında doğmanın anlamını tam olarak bilmediğini iddia etse de, moleküler biyolojistler Merkezi Doğma terimini hala kullanırlar. Merkezi Doğma'ya göre, genetik kodumuzdaki bilgi sadece tek yönlüdür, yani DNA'dan RNA'ya, RNA'dan da proteine aktarılabilir ama hiç bir zaman bu bilgi akışı diğer yönde olmaz. Daha sonra bilimadamları tek istisnanın virüsteki RNA'nın evsahibinin hücresindeki DNA'ya virüsün kötü emellerini gerçekleştirmek üzere bilgi aktarması olduğunu buldular.

Bir insanın özelliklerinin ona özgü olmasını sağlayan şey DNA'sındaki koddur ve bu yüzden bilim adamları genetik parmakizimizden bahsederler ve DNA örnekleri mahkemelerde delil olarak kabul edilirler. Yine de sıkıldığınız bir toplantıdayken insanların DNA'sının yüzde 99.9'unun aynı olduğunu hatırlayın.

DNA, bütün organizmaları kodlayabilecek bilgiyi saklayabilecek kadar güçlüyse, bilgisayar olarak kullanılabilir mi? (Sayfa 216'ya bakınız: "DNA'larla Hesaplamak")

Değişik genlerin ne işe yaradıklarını nereden biliyoruz? (Sayfa 185'e bakınız: "İnsan Gen Haritası Projesi")

İNSAN GEN HARİTASI PROJESİ

1990'da bilim adamları çok önem verdikleri bir projeye başladılar. Bu proje İnsan Gen Haritası Projesidir ve insan DNA'sındaki 100.000 genin kodunu oluşturan yaklaşık üç milyar çift kimyasal temel taşı haritalandırma amaçlı uluslararası bir çalışmadır. Bu projenin motivasyonu Everest dağına tırmanma isteğinden çok daha güçlü birşeydir çünkü bilinmeyi ortaya çıkartmaya çalışır. Biyolojinin hücre biyolojisi, bağışıklık ve nöroloji gibi

birçok dalında genetik bilgisine ihtiyaç duyulur. Genlerimizin kalıtsal özellikleri nasıl aktarabildiği bilgisi aynı zamanda da bir bireyin nasıl gelişip kaç yaşına dek yaşayacağı, ya da dünya üzerinde türlerin nasıl evrimleştiği sorularının kapılarını aralayabilir.

Harita yapan bir kişi genel bir çizimden ayrıntılarını arttırarak çok fazla detay içeren bir harita ortaya çıkarır. İnsan Geni Haritası çizerleri de aynı yolda ilerliyorlar. İlk detaylar bir şekilde en çok farkedilenlerdir; kulubeler arasındaki bir gökdelen daha çok dikkat çeker. Genler için mutant bir geni ortaya çıkarmak çok kolaydır çünkü normal genler içinde bir parçası gökdelen gibi dikkat çeker. Mutantlar arasında da en tehlikeli hastalıkları oluşturanlar en önemli olduğundan en çok bunların üzerinde durulmuştur. Hemofili, kistik fibrosis ve anemi gibi hastalıklara neden olan genler şimdiden bulunmuştur. Bu genleri belirlemek bilim adamlarına çalışmalarında ilerleme imkanı verdiği gibi pratik uygulamalara da imkan vermiştir.

Bir harita yapmadan önce, haritacı objelerin bağlı yerlerini belirler: B bölgesi D ile G arasındadır ve G'ye daha yakındır gibi. Bu, bilim adamlarının genetik haritayı çıkartırken de yaptıkları şeydir, bir kromozomun kesin yerini belirlemeden önce, çeşitli genlerin bağlı yerlerini bulurlar. Haritacılar nerde kaldıklarını belirlemek için birçok işaretler kullanırlar. Genetik haritacıların da birçok işaretleri vardır. Bu tür bir işaret, DNA'yı belli bir kod dizisinden sonra kesen enzimlerdir, böylece bir DNA sarmalında nerde olduğunuzu kesilen yerinden anlayabilirsiniz. Yukarıda verilen belirli hastalıkların genleri bulunduğu da bunlar bir işaret haline gelirler.

Bilim adamlarının nihai amacı insanın tam bir gen haritasını 100.000 genin hepsi bulunmuş ve yerleri tespit edilmiş bir halde çıkartmaktır ve her biri öncekilerden

daha ayrıntılı haritalarla bu yolda ilerlenmektedir. Bu amaca ulaşılmadan önce toplum konudaki tıbbi ve etik ikilemlere bir çözüm bulmalıdır. Bazı hastalıkların tedavisi bulunamamışken insanlara gelecekte şu hastalığa yakalanacaksınız demek doğru mudur? Genetik bilgilerimizi sigorta şirketlerinin kullanmayacaklarından emin miyiz? Bilginin sorumluluğu da beraberinde getirmesi gerektiği şüphesizdir.

DNA nedir? (Sayfa 183'e bakınız: "DNA: Genetik Kodumuz")

Bilim adamları, bir geni belirlediklerinde, organizmamızı değiştirmek için onunla oynayabilirler mi? (Sayfa 187'ye bakınız: "Genetik Mühendisliği")

GENETİK MÜHENDİSLİĞİ

Gelecekte çocuğunuzun sahip olmasını istediğiniz özellikler için bir kataloğa bakma imkanınızın olması pek mümkün gözüküyor ama bilim adamları hayvan soylarını ıslah için şimdiden gen mühendisliğini kullanmaya başladılar. Gen mühendisliği -teknik ismi birleştirilebilir DNA'dır- basit kurallar üzerinde geliştirilmiş kompleks bir teknolojidir. DNA'nın bir özelliği, en fazla bilim-kuyu kokan senaryoları bile teorik olarak mümkün kılıyor: Bütün canlılardaki genetik kod aynı olduğundan, türler arası gen nakli mümkündür. Yani bir DNA, tırtıla, ineğe ya da koyuna aktarılmış olmasına aldırmaz. Tabii ki konu karmaşıktır ve insan DNA'sını bir tırtıla aktararak ona aritmetik öğretemezsiniz.

Gen mühendisliğindeki ilk adım, değişik organizmalardan alınan DNA ipliklerini işe yarar parçalara ayırmaktır. En akıllıca metod bakterilerdeki ayırıcı enzim adı verilen bir enzimi kullanır. Ayırıcı enzim, DNA'daki 4

harfli kodun belli bir sıralamasının hedefleyerek onu belirli bir yerinden parçalamaya yarar. Daha sonra değişik organizmalardan DNA parçaları birbirlerine eklenerek farklı organizmaların DNA'larından yeni DNA'lar oluşturulur. Bilim adamları, bu metodu eklenen genleri yaymaları için virüslere, plasmidlere (bakteri DNA'larının bağımsız parçaları) ve insan haricinde birçok hayvan ve bitkinin yumurta ve sperm hücrelerine uyguladılar.

Birleştirebilen DNA teknolojisinin hem bilimsel hem de pratik birçok faydaları vardır. Bilim adamları gen biliminde ve türlerin tarih içindeki gelişimini incelemek için bu teknolojiyi kullanırlar. Bilim adamları şimdiden gen mühendisliğini bitkiler ve çiftlik hayvanları için kullanıyorlar –tabii ki tartışmalı bir şekilde.– İneklerin genetik mühendisliğinden geçmiş bir büyüme hormonları, hayvan yetiştiricilerinin daha çok süt elde etmelerini sağlıyor. Bilim adamları bu hormonun yapısal olarak insan hormonlarından farklı olduğunu ileri sürseler de bazı direkt olmayan tehlikeler sözkonusudur. Hormonlu ineklerin meme enfeksiyonları kapma şansları daha yüksektir. Hayvanları iyileştirmek için kullanılan antibiyotiklerin kalıntıları süte geçerek vücudumuzdaki bakterilerin antibiyotiklere karşı bağışıklık kazanmalarına neden olabilir.

Bazı insanlar için gen mühendisliğinin gen-terapisi adı verilen tıp uygulamaları önemli olabilir. Gen terapisinin bir türünde hedef üreme hücrelerinin haricindeki somatik hücrelerdir. Böyle bir tedavi, hastalıklı bir geni sağlıklı olanla değiştirebilir. Gen terapisinin gelecek nesilleri hedefleyen ikinci türünde ise üreme hücreleri değiştirilir. Bilim adamları bu güçlü silahın kötü amaçlı kişilerce kullanılmasından endişe duyuyorlar. En kötü senaryoda bu teknoloji, ari bir ırk oluşturmak için kullanılmak istenebilir. En iyi niyetlerle uygulandığında bile genetik havuzun çeşitliliğini azaltması gibi istenmeyen sonuçlar

da doğurabilir. Bilim adamları “zararlı” olan genlerin yararlı olabilecek özelliklerini farketmeyebilirler. Mesela bir genin çift olması anemiye sebep olurken tek olması da taşıyıcısını sıtmaya karşı koruyor.

Gen kombinasyonumuzu değiştirebilmek çok güçlü bir silahımızdır. Sistik fibrosis ya da Huntington hastalığı gibi nesilden nesile aktarılan hastalıklara sahip aileler ya da bu hastalıkları taşıdığını bilmeyen sağlıklılar, potansiyel yararların risklerden çok daha fazla olduğunu destekleyeceklerdir.

Virüsler nasıl da genetik bilginin taşıyıcısı olabilirler? (Sayfa 158’e bakınız: “Virüsler”)

Vücudumuzdaki bakterler antibiyotiklere karşı bağışıklığı nasıl geliştirebilirler? (Sayfa 134’e bakınız: “İlaçlarımıza Karşı, Bakterilerin Gelişen Dirençleri”)

(ERKEK) OLMAK YA DA OLMAMAK

Genetik kodumuz, kromozom denilen ipliksi yapılarda saklanır. İnsanlarda iki çift yirmiüçlük yani kırkaltılık kromozomlardan vardır. Bu çiftlerin yirmiiki tanesi aynıdır, ve sondaki farklı olan çift ise cinsiyeti belirler. İnsanda dişi, iki tane X kromozomuna sahiptir (XX), erkek ise bir X, bir de Y kromozomuna sahiptir. Bu farklılığa rağmen, gebeliğin altıncı haftasına dek, bir embriyo dişi ya da erkek olma potansiyelini taşır. Y kromozomuna sahip bir embriyo için erkek olarak devam edebilmek, anneden gelebilecek X kromozomlarına dayanabilmek için zamana karşı verilen bir savaştır.

Beşinci haftanın sonunda embriyoda testislere ya da yumurtalıklara dönüşebilecek bir çift doku oluşur ve bu doku sperm ya da yumurta haline gelebilecek hücreler içerir. Eğer bu doku testise dönüşürse, testisler gelişmek-

te olan dişi dokuları tahrip eder ve erkek organlarının gelişmesine neden olurlar. Eğer embriyoda testis oluşmazsa, dişi üreme sitemi gelişmeye devam eder. Yani bir bakıma eğer erkek organlar gelişmezse, gelişimini geç tamamlayan dişi hücreler aktif olur. Erkek organlarının gelişimindeki bir gecikme, testislerin yumurtalıklara dönüşmesine sebep olur. Bazı bilim adamları geç olmadan erkek olmaya çalışma yarışının erkeğin metabolizmasının ömrü boyunca etkilediğini ve erkeklerin dişilerden daha kısa ömürleri olmasının nedeni olabileceğini öne sürüyorlar.

Bilim adamları Y-taşıyan embriyonun erkek hücreler geliştirmesine neden olan, bu gelişimde düğmeye basan genleri arıyorlar. Sonucu basit olsa da bazı bilim adamları hiçbir genin tek başına bunu etkilemediğini düşünüyorlar. Bu araştırmayı daha da karmaşıklaştıran şey, 20.000 erkekte birinin dişiler gibi iki X kromozomu taşıyıp hiç Y kromozomuna sahip olmamasıdır. Bunlardan çoğunluğu X kromozomlarında Y kromozomunda bulunan genleri taşıdıkları halde üçte birinde böyle bir durum söz konusu değildir. İki X kromozomu taşıyan erkekler kısırdırlar ve sakal ile bıyıkları seyrek. Y kromozomuna sahip olup aynı zamanda da iki X kromozomuna sahip erkeklerde de (XXY) sorun vardır. Uzun kol ve bacakları vardır ve yine kısırdırlar. Nadir durumlarda, erkeklerde üç, hatta dört X bulunabilir (XXXXY). X'lerin sayısı ne kadar çoksa, erkek üreme organları o kadar az gelişmiştir. X ve Y kromozomlarının sayısının cinsi tercihlerle hiçbir alakası yoktur, homoseksüellerde de heteroseksüellerdeki sayıda kromozom vardır.

İnsanlar bir şeyi kesin gruplara ayırabildiklerinde rahat ederler ve de cinsiyet meselesi de bu konuda istisna değildir. Bizlere başlangıçtan itibaren bir insanın dişi ya da erkek olduğu öğretilirdi. Oysa insanların yüzde dördü-

ne yakını bilim adamlarının cinslerarası dedikleri gruptandır. Bu insanlar bir cinsin özelliklerini baskın olarak taşıyorlardır ancak karşı cinse ait özellikleri de vardır ya da bilim adamlarının gerçek hermofrit dedikleri gruptandırlar. Gerçek hermofritte hem testis, hem de yumurtalık bulunur, bazılarında ayrıktırlar, bazı durumlarda da bunlar bağımsız gelişmişlerdir. Genelde bir tek organ çalışır ve sperm ya da yumurta üretir. Yalancı hermofritler ise XY ya da XX kromozomları taşırlar ve erkek ya da dişi üreme organları vardır fakat karşı cinsin üreme organları da gelişmiştir. Bazı dişilerde bıyık çıkabilir ve kalın sese sahip olabilirler.

Cinsler arasındakilere genç yaşlarda tıbbi müdahale yapılabilir. Bu durumlarda ebeveynlerden çocukları için bir cinsiyet belirlemeleri istenir ve cinslerarası kişi operasyon geçirir ve/veya hormonal tedavi görür. Son zamanlarda bazı araştırmacılar toplumun cinslerarası bireyleri reddetme ihtiyacını sorgulamaya başladılar. Eğer yüzde dördümüz bir kategoriye tam oturmayan vücutlarla doğuyorsa, belki de iki kategori yeterli değildir.

Bilim adamları hangi kromozomların cinsiyeti belirlediğini nereden biliyorlar? (Sayfa 185'e bakınız: "İnsan Gen Haritası Projesi")

(GÜNLÜK) BİR RİTMİNİZ VAR : BİYOLOJİK ZAMANLAMA

Her öğleden sonra, aynı vakitte içinizde bir şekerleme isteği hissedersiniz. Kaynağı beyninizdedir; beynin derinliklerindeki bir grup sinir hücresinde... Bu sinir hücreleri, çevreden gelen döngüsel sinyalleri, özellikle de gün ışığı ile karanlığı kaydederler ve bedendeki döngüsel bi-

yolojik olayları yönlendirirler. Yirmidört saatlik döngülerle, vücudunuzdaki kan basıncı, ısı, hormon üretimi, metabolizma hızınız -alerjiye ve toksinlere karşı duyarlılığınız bile- yükselip, düşebilir.

Circadian (Latince'de circa, "hakkında"; dies, "gün") ritim, insanlara özgü değildir. Bu ritim bütün hayvan ve bitkilerde, hatta tek hücreli algilerde bile vardır. Biyolojik saat dediğimiz bu ritim, vücudumuz için yaradılıştan verilen bir avantajdır. Biyolojik saat, gecenin çökmesi gibi çevresel değişimlere cevap vermekten öte, onlara önceden hazırlanmayı da sağlar. Hayvanların gece soğuklarına karşı sığınabilmeleri için sınırlı sayıda mağara olduğunu düşünelim, gecenin çökeceği vakti erken farkedebilen ve mağaraları kapalı hayvanların yaşama şansı daha yüksek olacaktır.

İnsanların biyolojik saatlerini ayarlamak için vücudun ışık ve karanlık, yemekler, fiziksel hareketlilik, ya da saat, takvim ve sosyal iletişim gibi sosyal etkileşim yollarını kullandığını bilim adamları onlarca yıldır biliyorlar. Son araştırmalar, bu zaman işaretleri (ya da Almanların deyişiyle zeitgebers=zaman belirleyici) arasında en önemlisinin ışık ve karanlık olduğunu göstermiştir.

Bilim adamları ilk olarak, insanların radyo saatinden ya da sokaktan geçen çöp arabasının sesinden bağımsız olarak ayarlanan biyolojik bir saat kullandıklarını ispatladılar. Bunu ispatlayan deneyler ilk olarak 1970 ve 1980'lerde bir Fransız tarafından hors du temps="zaman dışı" adı verilerek yapıldı. Deney basitti: Denekler tamamiyle izolasyon altında tutulacaklar ve de ne tür uyuma döngüleri geliştirecekleri görülecekti. Avrupalılar deneylerinde mekan olarak yeraltı mağaraları gibi egzotik ve psikolojik açıdan stres veren bölgeler seçtiler. Amerikalılar ise sadece teknisyenlerin ziyaret ettikleri izole edilmiş hastane odalarını kullandılar.

Temel olarak, insan saatinin yirmidört saat gibi periyotlarla kademeli olarak yavaşladığı bulundu. 1960'ların sonu ve 1970'lerin başında ise Michel Siffre adındaki bir Fransız araştırmacı, üç-dört ay gibi uzun süren izolasyon dönemlerinden sonra deneklerin biyolojik günlerinin yaklaşık 48 saate kadar çıktığını ve bunun yaklaşık on üç saatinin uykuda, yaklaşık otuzbeş saatinin ise ayakta geçtiğini iddia etti. Siffre aslında bir jeolojist ve speolojistti (mağara bilimcisi). Keşfettiği bir mağaraya saatsiz inmiş ve yolunu kaybettikten sonra çıkışı bulana kadar biyolojik saati değişmişti. Bu olaydan sonra ilgi alanını kronobiyolojiye yani Circadian ritmini incelemeye çevirdi. Daha sonra Elliot Weitzman ve Charles Czeisler adındaki iki Amerikalı araştırmacı kırksekiz saatlik döngüyle alakalı teorisini doğruladılar.

Bu tür zaman-dışı araştırmalarının bir diğer etkisi -tehlikesi- de karşılaşılan psikolojik bozukluklar ve depresyonlardır. 1990'da Siffre'nin yeni bir yeraltı mağarası deneyinde denek olan Fransız bir kadın sonradan intihar etti. Kadının kocası 105 günlük izolasyonun etkisinden kurtulamadığını söylüyordu.

İç saatimiz hakkındaki bilgilerimiz lise öğrencilerini bütün gece çalışmaya ikna etmekten çok daha fazla yararlar sağlamıştır. Doktorlar zamana bağlı tedavilerde biyolojik saatin vücuda olan etkisini de gözönüne alıyorlar. Kamyon şoförleri ve pilotlar gibi uzun ve düzensiz vardiyalarla çalışmak zorunda kalan kişilerin neden olduğu tehlikeler konusunda toplum bilinçlendi. Charles Czeisler'in stajyer doktorlar üzerinde yaptığı bir çalışma, doktorların dörtte birinin yılda en azından bir kez telefonla konuşurken uyuyakaldıklarını gösterdi.

Bilim adamları, uzun uçak yolculuklarından klinik depresyona kadar birçok nedenle biyolojik saati bozulan insanları ışık tedavisiyle iyileştirmeye başladılar. Gerekli

teknoloji çok karmaşık ya da pahalı değil, hastaların belli periyotlarla uzun süreli yoğun ışığa maruz bırakılmaları temeli üzerine bina ediliyor. Maryland, Bethedda'dan bir adam başa giyilen bir kask benzeri bir alet geliştirmiştir. Uzun uçak yolculuklarında giyildiğinde (tabii ki yanınızdaki kişiye uzun bir açıklama yapmanız da gerekiyor) kullanan kişinin biyolojik saatini resetleyerek saat farkına uyum sağlamasına yardımcı olur.

Bir organizmanın ömrü boyunca biyolojik saati değişir mi? (Sayfa 194'e bakınız: "Uyku ve Rüya")

UYKU VE RÜYA

Tarihte şimdiye dek uykuya ihtiyacı olmayan bir insana rastlanmamıştır. Son birkaç on yılda bilim adamları uykuya dair çok şey öğrendiler ama, neden zamanımızın üçte birini bilinçsiz geçirmeye ihtiyacımız olduğu halen bir sırdır. Yemekler arasında rahatlamızı sağlamaktan hafızamızı güçlendirmeye kadar birçok neden öne sürülüyor, biyolojik bir fonksiyonu olduğu ise kesindir. Uyku sırasında büyüme hormonu salgılanması artar ve protein sentezimiz de hızlanır.

Uyku ihtiyacımızın uzunluğu hayatımız boyunca değişir. En çok bebekler uyurlar, günde yaklaşık on altı saat. Çocuklar günde on-on bir saat, yetişkinler ise sekiz saat kadar uyur. Yaş ilerledikçe uykuya olan ihtiyacımız azalır, yaşlı insanların altı saat uykuya ihtiyaçları vardır. Bazı insanlar iki haftaya dek uykusuz kalabilmişlerdir ama bu süre sonunda, paronaya, halüsinasyon, görüntülerin ışıldaması, hafıza ve konsantrasyonda azalma görülür.

Uykusuz bir insan, ilgi çeken ve kısa süreli işler yap-

bilir ama sıkıcı ve uzun süreli işlerde verimli olamaz. Bütün gece araba kullanmak zorunda olan ya da ders çalışmak zorunda olanlar için kötü haberler.

Uykumuz hızlı olmayan göz hareketi (NREM) ve hızlı göz hareketi (REM) adı verilen evrelere bölünmüştür. Bilim adamları, beyindeki elektriksel aktivitenin hızını elektroinsifolograf (EEG) adındaki bir aletle ölçerek uyku evremizi belirlerler. NREM uykusu dört evreye ayrılır; 1 en hafif uykudur ve 4 en derin uykumuzdur (çoğu yaşlı insan bu evreyi atlarlar). Her evre doksan dakika kadar sürer. Uykumuzda 1'den 4. evreye kadar ilerler ve tekrar 1. evreye geri döneriz ve bundan sonra beş ila onbeş dakika uzunluğunda REM uykumuz gelir. Birçok yönden 1. evreye benzayen REM uykusu sırasında rüya görürüz. Bazı bilim adamları vücudumuzun sadece REM uykusuna ihtiyaç duyduğunu iddia eder.

İnsanlar rüyaların, beyin nöronları kaynaklı, rasgele mesajlardan isteklerimize ya da en gizli sırlarımıza kadar birçok şey içerdiğini düşünürler. Rüyalar beynimizdeki elektriksel aktivitenin sonuçlarıdır ama korkunç ya da rahatlatıcı bir rüyadan kalkanlar bunların rasgele oluşmadığını bilirler. Rüyanın içeriğinin her hangi bir anlam içerip içermediği bile kesin olarak bilinemez. Denekler REM uykusundan uyandırıldıklarında rüyalarının konusunun genelde günlük meseleler olduğu görüldü. Basit konulu rüyaların anlamının sembolik olup olmadığı konusunda araştırmacılar ikiye bölünmüşlerdir. Rüyanızda pembe bir sakız çiğnediğinizi görmek, sakız çiğnemeyi (ve etrafınızdakileri rahatsız etmeyi) sevdiğiniz anlamına mı gelir, yoksa bunun çocuk yuvasına giderken giydiğiniz pembe bir tişört yüzünden arkadaşlarınız tarafından dalga geçildikten sonra ömrünüz boyunca giyim zevkiniz konusunda öz-güveninizi yitirmiş olmanızla alakası olabilir mi?

Beynin doldurması gerken bir hayal kotası vardır.

Araştırmalarda REM uykusu sırasında uyandırılanların normal olarak kalktıkları zamana göre rüyalarının çok daha fazla hayallerle dolu olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar, monoton ortamlarda bulunduğumuzda yaşadığımız gündüz uykusunun da REM uykusu gibi 90-100 dakikalık periyotlarla yoğunlaşan bir düzene sahip olduğunu buldular.

Rüyanın içeriğini çevresel faktörler de etkiler. Uyurken yorganı düştüğü için uyuyan biri rüyasında bir kar fırtınasında kaybolduğunu görebilir. Kedinin çarparak kapattığı mutfak dolabından çıkan ses rüyanıza bir top atışı olarak yansıyabilir. Bazı firmalar uykuda öğrenme ürünleri pazarlıyorlar: –Uyurken bir ayda Fransızca öğrenin!– Araştırmacılar tabii ki bu tür yöntemleri ciddiye almıyorlar. Cumartesi öğleninde yatağınızda çalıştığınızı iddia edemezsiniz ama REM uykunuzu tam olarak almanızın uyandıktan sonra yapacağınız çalışmanızı verimli kılacağını öne sürebilirsiniz.

Neden her gece uyuruz? (Sayfa 191’e bakınız: “(Günlük) Bir Ritminiz Var: Biyolojik Zamanlama”)

Protein sentezi nedir? (Sayfa 183’e bakınız: “DNA: Genetik Kodumuz”)

SOLUNUM KONTROLÜ

Müziğe en uzak olanımız bile, aslında yürüyen bir orkestradır, çünkü hem kalbimiz hem de nefes alıp verişimiz sabit bir vuruş ritmini takib eder. Güzel herhangi bir müzikte olduğu gibi, değişimler ritimleri monotonluktan kurtarır. Sıkılmış bir konser dinleyicisi gibi, biz de ritmimiz birden yükselip ya da hızlanana dek ona dikkatimizi vermeyiz. Çoğumuz, kalbimiz göğüs kafesinde sıkıntıdan ya da heyecandan kütür kütür çarpmadıkça kalp atışımı-

zı duymayız bile. Nefes alıp verişimize de, otobüse yetişirken, ya da merdivenleri tırmanırken nefessiz kaldığımızda ancak dikkat ederiz. Koşucular, kendilerini rahatlatırlarken ya da limitlerini zorlarken nefes alıp verişlerini dikkat ederler.

Kalbimizin atışı üzerinde hiçbir kontrolümüz olmadığı halde, solunumumuz üzerinde biraz da olsa vardır. İsteğimize bağlı olarak, yavaş, derin ya da hızlı ve yüzeysel nefes alıp verebiliriz. Şarkıcılar, en değerli enstrümanları olan seslerinden maksimum verim alabilmek için nefeslerini kontrol etmeyi öğrenirler. Kötü kokulardan kaçmak için ya da sadece yapacak başka birşey olmadığı için nefesimizi tutabiliriz, fakat sadece bir süre için. Oksijen yetersizliğinden ölmeden çok önce, solunumu kontrol eden beynin bir bölümü zayıf karar verme gücümüzü yener ve bizi tekrar nefes almaya zorlar.

Bilim adamları kalp ve akciğerler gibi organların çalışmasına istemsiz çalışma derler. Bu organlar beynin gönderdiği ritmik sinir sinyalleri ile hareket halinde tutulur. Beyin kökünde dört merkez solunumu kontrol eder. Nefesin içine çekilmesini kontrol eden merkez, akciğerlerin dolabilmesi için göğüs boşluğundaki kasların kasılmasını sağlayan sinir sinyallerini gönderir, nefesin dışa verilmesi sağlayan merkez ise, nefes almayı kontrol eden merkezin fonksiyonunu durdurarak ciğerlerin boşalmasını sağlar. Pneumotaxic isimdeki üçüncü merkez ise, nefes verme merkezine nefes almanın tepe noktasının olduğunu bildirerek nefes alıp verme merkezleri arasında haberci olarak çalışır. Böylece bu merkez solunum ritmini ayarlar. Apneustic denilen dördüncü merkez ise nefeslerin derinliğini kontrol eder.

Nefes vererek, aslında çevremizle basit bir ticaret yaparız. Enerji üretmemizi sağlayan oksijen alır ve atık madde olarak karbondioksit çıkarırız. İşin mekaniği ol-

dukça basittir. Göğüs ve diyaframdaki kaslar göğüs kafesinin genişlemesini sağlarlar. Burundan ya da ağızdan giren hava, nefes borusundan aşağı iner ve ciğerleri doldurur. Havayı geri verme zamanı geldiğinde, kaslar çalışmayı bırakır, kaburgalar yerlerine döner ve hava ciğerlerden sıkıştırılarak dışarı verilir. Vücudun değişen ihtiyaçlarını karşılamak için, bu işlem duyarlı bir geri iletim sistemiyle beraber çalışmalıdır. Oksijen seviyesi çok aşağıya indiğinde, nefes almanın derinliği ve oranı artmalıdır. Beynin kendisi oksijen kaybına özellikle çok duyarlı olduğundan, biz farkında olmadan da beyin solunum sistemine problem hakkında gerekli işlemleri yapması için emri verir.

Sonunda bir gün su altında da nefes almamızı sağlayacak solungaçları balıklardan insanlara nakledebilir miyiz? (Sayfa 200'e bakınız: "Yabancı Organ Nakli")

Boğulmayı önlemek için beynin ciğerleri kontrol etmesi gibi, sinir sisteminin vücudu korumak için çalıştığı başka mekanizmalar da var mı? (Sayfa 175'e bakınız: "Ağrı")

BAKTERİLERİ İNSÜLİN FABRİKASI OLARAK KULLANMAK

Bronşit ve nezle mikrobu olarak da bilinen bakterileri öldürmek, antibiyotiklerimize karşı korunma yolları geliştirebildikleri için, çok zordur. Havaalanında yanlışlıkla başkasının bagajını alıp çıkan bir turist gibi, bir bakteri de diğerinden çok kolay bir şekilde DNA'sını alabilir. (DNA yaşayan bütün varlıkların genetik bilgisinin bulunduğu koddur.) Bu bakterilerin, onlara verdiğimiz antibiyotiklerden nasıl korunacaklarını öğrendikleri bir bilgi alışveriş yoludur. Bu özellik aynı zamanda insan insülini

üretmek için ortak iş yapabilmelerini de sağlar. Eliniz büyüklüğünde bir kültür tabağında, milyarlarca bakteri moleküler biyoloğun emirlerini -bilinçsiz olarak- mutlu bir şekilde yaparlar.

Pankreasta Langerhans adacıkları diye bilinen bir grup hücre tarafından üretilen insülin, insanın kanındaki şeker seviyesini kontrol eder. Bir insanda şeker hastalığı varsa, onun pankreası ya hiç insülin üretmez ya da yetersiz üretir. Yetersiz insülin ise, kanda glukoz denilen şekerin birikip, ürede saklanmasına yol açar. Şeker semptomları, halsizlik, kilo kaybı, kas zayıflığı, aşırı susuzluk, ve sık tuvalete çıkma olarak görülür. Tedavi edilmediğinde, körlüğe, sinir hasarlarına ve böbrek yetersizliğine sebebiyet verebilir. İki çeşit şeker hastalığı vardır. Genellikle gençlikte çıkan daha az tehlikeli olanı diyet ile tedavi edilebilir. Çocuklukta ya da yetişkinlikte ortaya çıkan diğer çeşidi ise, kan şekerinin devamlı olarak izlenip günlük insülin verilmesini gerektirebilir. Bu ikinci çeşit, şeker hastalarında yüzde on ile on beşi arasında görülür ve bu çeşit şeker hastalığı olan insanlara "insülin bağımlısı" denir.

Eskiden şeker tedavisi önce insan kanından sonra da domuz kanından insülin alınması esası üzerine dayanıyordu. Her iki metodun da kaynak yetersizliği ve şırınga edilen insülinin mikrop kapmadan saklanabilme sorunu vardır. İnsülin kaynağı olarak bakterilerin kullanımının her iki durum için de avantajları var. Aynı zamanda bakteriler daha az yer kaplıyor ve onları yetiştirmek insanları ya da domuzları beslemekten daha kolay.

Bakteri fabrikalarını çalıştırabilmek için, bilim adamları insanın DNA'sının insülin üretiminden sorumlu bölgesini ayırıyorlar. Ve insan DNA'sının bu kısmını bakteri DNA'sına ekliyorlar. Bakteriler kendi başlarına insülin üretmedikleri halde, bu eklenen DNA üretmelerini söyle-

diği zaman endüstriyel biçimde üretime geçebiliyorlar. Bakteri yeni bakteriler oluşturmak için bölündüğünde yeni bakteriler de bu onlara insülin üretmelerini emreden DNA parçasını taşıyorlar. Fabrikanın çalışmaya devam etmesi için, bilim adamları sadece kültürdeki bakterilerin çoğalması için onları besliyorlar, kültürün eski kısımlarını ayırıyorlar ve insülini alıyorlar. Bakterilere eklenen DNA insandan geldiği için, bu bakterilerin ürettiği insülin insan insülininin aynısı. Temel olarak o bakteri fabrikasında üretilmiş insan insülinidir!

Bakterilerin diğerleriyle DNA değiş-tokuşu yapabilmesi antibiyotiklerimize bağışıklık geliştirmelerini sağlıyor mu? (Sayfa 134' e bakınız: "İlaçlarımıza Karşı, Bakterilerin Gelişen Dirençleri")

Şekerin, insülin üretimini düzenleyen yeni genlerin eklenmesiyle tedavisi mümkün mü? (Sayfa 187'ye bakınız: "Genetik Mühendisliği")

YABANCI ORGAN NAKLİ

Hasar görmüş ya da hastalanmış bir organı değiştirmek, otomobilinizdeki yıpranmış telleri değiştirmek kadar mantıklı görünüyor. Fakat otomobilde olduğu gibi, doğru model, büyüklük ve markayı bulmalısınız. Otomobilden farklı olarak ise, vücudumuz yabancı madde -kendi ikizi dışında her yerden alınan herşey yabancıdır- olarak algıladığı şeylere güçlü askerlerini gönderir. Son zamanlara dek, organ transplantasyonundaki son teknik, vücudun yabancı olarak algıladığı organı reddetmesini güçlü ilaçlarla bastırmaktı. Cyclosporin A ismindeki en etkili ilaç 1980'lerde piyasaya çıktığından beri organ transplantasyonu sıradan bir iş haline geldi. Fakat bu ilaçlarla ilgili esas problem, onların vücudun reddini bastırırken,

vücudun bağışıklık sistemini de bastırmasıdır.

Elde edilebilirlik açısından en basit nakiller, vericinin tekrar üretebileceği kan ve kemik iliği gibi dokulardır. Ondan sonra ise, yaşam için gerekli olan böbrekler gibi çifti olan organlardır. Fakat kalp ve karaciğer gibi tek organların tek vericileri kadavralardır. Her sene Amerika'da üç bin insan organ beklerken ölüyor.

Çoğu insanlar için, görünen çözüm diğer hayvanların organlarını kullanmaktır. Bu çeşit nakle zeno-transplantasyon deniyor. Zeno (Xeno), yabancılardan korku olan zenofobide olduğu gibi "yabancı" anlamına gelir. Şu ana kadar, zeno-transplantasyon henüz deneme aşamasında ve sadece başka türlü hiçbir yaşama şansı kalmayan insanlara uygulanıyor. 1984'te bebek Fae'ye Kaliforniya'da Loma Linda Üniversite hastanesinde bir maymun kalbi takıldı. Bebek yirmi gün yaşayabildi. 1992'de ise Pittsburgh Üniversitesi, ilk defa yirmibeş yaşındaki bir adama maymun karaciğeri nakletti. Hasta bir mikrop kapma yüzünden ölmeden önce yetmiş gün yaşadı.

Bazı doktorlar, bu hayvan organı naklinin insan organı bulunana dek geçici bir köprü olarak kullanılmasını öneriyorlar. Bir başka teknik ise hayvan organının gerçekten naklini gerektirmiyor. 1992'de Johns Hopkins Üniversitesinde doktorlar, yirmibeş yaşındaki bir kadın insan karaciğeri beklerken, kanını saatlerce bir domuz karaciğerine süzdürdüler.

Zeno-transplantasyonun başarılı olması için, sadece vücudun reddi bastırılmak yerine aynı zamanda nakledilen organın daha az yabancı hale getirilmesi gerekiyor. Pittsburgh Üniversitesinde karaciğer naklinin önde gelen doktorlarından olan Dr. Thomas E. Starzl, maymun karaciğeri naklinin vücut tarafından uzun süreli kabulünün, - maymun karaciğerinden vücuda ve vücuttan karaciğere-

hücre göçüne bağlı olduğunu iddia eden uyuşma teorisini geliştirdi. Bu gittikleri yerlerde asimile olan göçebelere benzetilebilir.

Yabancı maddeleri daha az yabancı yapmanın bir başka yolu ise, ameliyattan önce onların insana benzetilmeleridir. Zeno-tranplantasyonda en son yenilik, bazı enzimlerin insandakilerin aynısı protein üretecek şekilde genetik olarak değiştirilmesidir. Maymunlar gibi insan olmayan varlıklarda enzimler çok daha çeşitlidir. Ve onlar bizim gibi olmadıklarından, onların organlarının kullanımı toplumla daha az ahlaki ve duygusal problemlere yol açabilirler.

Bilim adamları enzimleri genetik olarak nasıl değiştirebilirler? (Sayfa 187'ye bakınız: "Genetik Mühendisliği")

Kayıp organlarını basitçe yeniden geliştiren hayvanlar var mı? (Sayfa 150'ye bakınız: "Kollara Geçiş: Denizyıldızının Gelişimi")

NEDEN SONSUZA DEK YAŞAYAMIYORUZ?

Biz yaşar ve ölürüz. İkisinin arasında ise yaşlanırız. Hayatın başlarında gelişme ve yaşlanma başabaş gider, olgunluk döneminden sonra ise yaşlanma işlemi öne geçer. Yaşlıların genelde yenildiği bir hastalıktan farklı olan yaşlanmak, vücut yapılarında ve fonksiyonlarındaki kademeli bir gerilemedir. Sonunda, vücudun fonksiyonlarındaki hastalıkları savuşturamayacak kadar azalma ölme sebebiyet verir.

Yaşlanma işleminin kendisi yüzünden ölmeyen tek çok hücreli hayvanlar, yetişkinliklerinde maksimum büyüklüğe erişip durmayarak, bir hastalık ya da bir kaza son patlamaya sebep olana dek büyümeye devam eden hay-

vanlardır. Bu gençlik pınarından içmiş olanlar, kaplum-bağalar ve köpek balıklarıdır.

Yaşlanmamızın ve ölmemizin nedeni, bizim öyle programlanmış olmamızdır. Hücreler bölünerek çoğalır ve her hücre ancak belli sayıda bölünme yapabilir. 1960'ların ortalarına kadar bilim adamları hücrelerimizin sonsuza dek yaşayabildiklerini sanıyorlardı. Fakat laboratuvarlarda üretilen hücreler gösterdi ki, onlar belli sayıda bölünebiliyorlar ve sonra ölüyorlar. Yetişkin insanlardan alınan, birçok kez zaten bölünmüş olan hücreler, laboratuvarlarda, gençlerden alınan hücrelere göre daha az sayıda bölünüyorlar. Hatta, yaşlı bir hayvandan gencine nakledilen hücrelerde daha önceden belirlenmiş zamanlarında ölüyorlar. Sonsuza dek bölünebilen tek hücreler kanser hücreleridir.

Vücut hücreleri yaptıklarını seksen yıl boyunca aynen yapıp, sonra birden durmuyorlar. Vücut yaşlandıkça, hücre bölünmesi işleminin kendisi de yavaşlıyor. Bilim adamlarının "wear-and-tear (kullan ve yırt)" dedikleri bir pigment hücrelerde çoğalmaya başlıyor. Biz onları ne kadar saklamaya çalışırsak çalışalım, hepimiz yaşlılığın dış etkilerini gösteriyoruz. En dikkat çekici olarak derimiz kırışık ve elastik olmayan bir hale geliyor, saçlarımız beyazlayıp azalıyor. Dokularımız zayıflayınca, vücutta sıcaklık, kanın pH'ı ve şeker seviyesi ve beze salgıları gibi fonksiyonları düzenlemekte zorlanıyor. Bu da vücudu mikrop kapmaya daha az dayanıklı hale getiriyor. Duyu organları daha az hassas hale geliyor. İnsanın görme ve duyma -hatta dildeki tad alma duyusunu sağlayan tat pütürcükleri ilk sayılarının üçte biri oranında azaldığı için tat alma duyusu bile zayıflıyor. Beyin hücreleri gibi zaten hiç çoğalmayan hücreler de yaşla beraber fonksiyonlarını yitiriyorlar.

İnsanların belirli bir yaşam süresi olmasına ve yaşlan-

ma işleminden kaçış olmamasına rağmen, yaşlanmanın fiziksel etkilerini sosyal ve çevresel etkilerden ayırdede-bilmek her zaman çok kolay olmuyor. Mesela can sıkıntısı ve uyarıcı eksikliği de, yorgun beyin hücreleri kadar insanın aklı fonksiyonlarını zayıflatabilir. Bütün gün sandalyede oturan genç bir insan bile kas kuvvetini yitirebilir. Bilim adamları yaşam süremizi uzatamasalar da (bunun üzerinde uğraşıyorlar!) daha çok insanın normal bir süre yaşamasına ve bunun çoğunu sağlıklı geçirmesine yardımcı olabiliyorlar.

Şüphesiz bilimsel yaşlanma tanımları, birşey öğrenmek için hiçbir zaman geç olmadığı, hoşça vakit geçirmek için yeni arkadaşlar edinmeyi ve yaşlandıkça sağduyulu olma gerçeklerini hiç dikkate almıyor.

Bilim adamları insan genlerinden yaşlanmadan sorumlu olanları, köpekbalığı veya kaplumbağalarınkilerle değiştirebilir mi? (sayfa 187'ye bakınız: "Genetik Mühendisliği")

ŞİŞEDEKİ MESAJ

HAFIZA

Nöröbiyolojistlerin ve psikologların bütün uğraşı ve ilerlemelerine rağmen, hafıza büyük ölçüde bir bilinmeyen olarak kalmaya devam ediyor. Geçici bir anın algısal girdisi bir şekilde saklanıyor ve bunu aylar, yıllar, on yıllar sonra geri çağırabiliyoruz. İlkokul öğretmenimizin veya çok önceleri oturduğumuz bir evin görüntüsünü hatırlayabiliyorsunuz. Aklımızda olmadığı zaman bu görüntü nerededir? Gerçek bir fiziksel varlığı var mıdır? Bilim adamları kadar filozofların da hafıza ve beyin hakkındaki sorularda büyülenmeleri şaşırtıcı değildir.

Bilim adamları hafızayı 3 kategoriye bölerler: Algısal hafıza, kısa süreli hafıza, ve uzun süreli hafıza. Algısal hafıza olayın gerçekleştiği andan biraz daha sonrasına kadar çalışır. Mesela, 20 kişilik bir fotoğrafa bir göz atan kişi fotoğrafın çoğunluğunu hemen sonra unutacaktır. Bazı araştırmacılar algısal hafızanın görevinin bilgilerin hangilerini kısa süreli hafızaya atacağımıza karar vermek için gerekli zaman tanımak olduğuna inanırlar. Kısa süreli hafıza bilgiyi bir zaman, belki birkaç dakika için saklar. Bir telefon numarasını çevirebilecek kadar ya da garip bir is-

mi yazabilecek kadar aklımızda tutmaya yarar. Bilgiyi kısa süreli hafıza daha rahat tutabilecek şekilde organize edebilir. Bir metod bilginin parçalar halinde organize edilmesidir. Kısa süreli hafıza 5 veya 7'ye kadar parçalar tutabilir. Fakat parçaların uzunluğu için bir limit yoktur. Parçalar daha anlamlı oldukça, hafızada kalması daha uzun ve geri çağırması daha kolay olur. Rastgele harflerden oluşan parçaların birkaç saniye için bile hafıza tutulması zordur. Kelimeler daha kolay, cümle içine yerleştirilmiş kelimeler ise çok daha kolay hatırlanır.

Uzun süreli hafızamız adreslerden ve telefon numaralarından yüksek duygu içeren anlara kadar farklı türlerde çok fazla bilgi saklar. Birçok araştırmacı uzun süreli hafızanın bir dosyalama sistemine benzer bir şekilde organize edildiğini düşünürler. Bir bilgiyi geri çağırmak için sadece doğru kategoriye ya da dosya başlığını hatırlamak zorundasınız. Mesela ilginç bir restoranda kutladığınız doğum gününüzde ne yediğinizi hatırlamak için “restoran” ya da “ilginç restoran” başlığında arayabilirsiniz. Eğer dışarıda yediğinizde mutlaka balık sipariş ediyorsanız “balık” başlığına gidebilirsiniz. İnsanlara benzer bir anıyı hatırlamışlarsa başka bir anıyı da hatırlamak kolay gelir. Birçok insan eski arkadaşlarla sohbet ederken bir yemek pişirme fiyaskosunu hatırladıklarında her biri diğerinden daha beter olmak üzere diğer yemek fiyaskolarını da hatırlamıştır.

Birşey öğrenildiğinde yaşadığımız anın durumuna -pozitif ya da negatif duygular içeren de olmuş olsak- geri dönmek o şeyi geri çağırmaımızı kolaylaştırır.

Uzun süreli hafıza nerede saklanır? Basit bir cevap, beyindir. Fakat bilim adamları hâlâ hafızanın fiziksel temelini çözmüş değiller. Uzun süreli hafızalar büyük ihtimalle beyinde bir çeşit fiziksel ya da kimyasal kalıcı değişikliklere sebep oluyor. Bilim adamlarının çoğunluğu

açıklamalarını beyindeki sinaptik aktivitelerin modelleri üzerine oluştururlar. Sinaplar; nöronlar yani sinir hücreleri arasındaki küçük boşluklardır. Bir nöronun her biri birçok potansiyel bağlantı sağlayabilecek bir çok sinapsi vardır. Araştırmacılara göre bir tecrübe yaşadığımızda ya da birşey öğrendiğimizde bu sinaplar boyunca bir yol oluşturur. Bir bilgiyi daha çok geri çağrılıp daha çok hatırladıkça -mesela bir telefon numarasını ardarda çevirdiğimizde- bu belirli yol daha güçlendirilir. Nöronların kendilerinde kimyasal değişikliklerin oluyor olması da mümkündür.

Dünya ile ilişki içersinde yaşadıkları her gün düzenli bir algı, düşünce ve duygusal tepkiler akışı içersindeyiz. Her günün çoğu tecrübeleri uzun süreli hafızaya aktarılır. Uzun süreli hafızalarımız olmasaydı, -bir birey bilincimiz olmadan- yaşadığımız dünyada her gün, yeniden yönümüzü bulmak için uğraşırdık.

Duyular beyne nasıl bilgi iletirler? (Sayfa 161'e bakınız: "Duyular")

Hafızanın temelindeki beyinsel aktivitelerin kimyasal temeli nedir? (Sayfa 67'ye bakınız: "Beynin Kimyası")

Diğer hayvanlar da hafızaya sahipler mi? (Sayfa 153'e bakınız: "Ahtapotun IQ'su")

DİL ÖĞRENMEK

Turistler genelde diğer ülkelerdeki çocukların zekasına hayran kalırlar; hepsi yabancı dil konuşabiliyorlar!

Dilbilimciler ve psikologlar -ve ebeveynler- çocukların dili nasıl öğrendiklerine hayrandırlar. Dilbilimciler ve psikologlar hâlâ süregelen ve "yaradılıştan veya eğitim" olarak özetlenebilecek bir tartışmada ikiye bölünmüşler-

dir. Yaradılış görüşü tarafındakiler, beynimizin dili özellikle yapısını öğrenmek için hazır olduğunu söylerler ki bu aksi iddia edilemeyecek tutarlı bir görüştür.. Eğitimciler ise çocukların dili tamamen öğrenme özellikle taklit yoluyla edindiklerini savunurlar. Orta yoldakiler ise dil edinim prosesinin yaradılış ve eğitimin bir kombinasyonu olduğunu düşünürler.

Yaradılışçıların en ünlü tarafları dilbilimci Naom Chomsky'dir. Düşüncelerini bütün kültürlerdeki çocukların grameri öğrenme kolaylıkları -okulda öğretildiği şekliyle gramer kuralları halinden çok günlük konuşmadaki gramer pratiği ile- üzerine kurmuştur. Chomsky dil yeteneğinin insanlara has olduğuna inanır ki, şempanzelerin herhangi dil öğrenme kapasitelerini 'tanım olarak dil olmaz' diye reddeder. (Araştırmacılar bir şempanzenin adını Nim Cimpsey koymuşlardı.) Bazı araştırmacılar dil genleri olduğuna inanırlar. Karadaklı bir dilbilimci, gramerle alakalı problemleri olan bir ailede bir genetik hata bulmuştu. Bir gen gramer öğrenimini etkilese bile bu gramer kullanımının karmaşıklığının öğrenilmesinden bir genin sorumlu olduğu anlamına gelmez.

İlk insanla birlikte beyinde konuşma ve dil merkezi bulunmaktadır şüphesiz. Çünkü ilk insan -kutsal kitaplara göre ilk peygamber- da eşiyle birlikte -Adem ve Havva- dünyaya gönderilmişti ve öyle inanıyoruz ki, konuşabiliyorlardı. Fakat bazı araştırmacılar, beyni belli bir büyüklüğe ulaştığında insanların dili kullanmaya başladığına inanırlar. Diğerleri ise insanlar dili seviye seviye kullanmaya başladıktan sonra beyinlerinin cevap olarak büyüdüğünü söylerler.

Bazı Chomsky sonrası araştırmacılar, çocukların dil gelişimini algısal gelişmeleriyle dünyayı algılama biçimleri ve algıları ve ihtiyaçlarıyla iletişim ihtiyaçlarının artmasıyla bağlantılı olarak incelemeye başladılar. Mesela

bir çocuk “Anne uykulu” dediğinde, bu çocuğun uykulu olduğu veya annesinin uykulu olduğunu düşündüğü anlamına gelebilir. Genelde çocukların dil gelişimi dünyayı algılama gelişimlerinin gerisinde kalır. Hepimiz çocukların kendilerini ifade etmek için yırtındıklarına ve bazen bunun ağlama ile sonuçlandığına şahit olmuşuzdur. Bu bakımdan, çocuğun dünyayı sorgulama ve işleme ihtiyacı onun dil gelişimini sağlar.

Bilim adamları çocukların dil, yürüme gibi yetenekleri öğrenmek için kritik zamanlardan bahsederler. Sağır çocukların işaret dilini akıcı olarak kullanabilmeleri için kritik zaman içerisinde öğrenmiş olmaları gerekir. İşitme yetileri 9 ile 15 yaş arasında kaybeden çocuklarda işaret dilini akıcı olarak öğrenebilirler. Bunun nedeni konuşma dilini öğrendiklerinde dil için gerekli nevrolojik kalıpların yerleşmiş olmasıdır. Çocukları yeni yetenekler öğrenmekten alıkoyma deneyleri tamamen etik dışı olmasına rağmen çocukların genelde küçük bir odada sorunlu ebeveynler tarafından çocuklarının uzun dönemleri boyunca tam bir izolasyon altında tutulmaları gibi birkaç trajik durum yaşanmıştır. Bu çocuklar sonuçta dil yeteneklerine kavuştukları halde dil yapısını hiçbir zaman tam olarak edinemeyeceklerdir.

Yetişkinler için, beyin organizasyonu temelde tamamlandığı için, dil öğrenimi çok daha zordur. Bu yetişkinler ile karşılaştırıldığında çocuklar için ikinci bir dil öğrenmenin kolaylığının nedenidir. Çok erken olması ise başka problemlere sebep olabilir. Son araştırmalar gösteriyor ki, mesela göçten dolayı 8 yaşından önce yeni bir dil öğrenen çocukların bazıları ana dillerini unutuyorlar.

2 aylık kadarken bile, bebekler araştırmacıların “dil öncesi cümleler” dedikleri konuşmanın bazı düzenleri ve ritmini içeren mırıldanmaları kullanırlar; sağır bebekler dahi mırıldanırlar. Araştırmacılar bu mırıldanmaların bir

amacının da bebeklerin konuşma öncesi sosyal bağları oluşturmaları için gerekli olan yetişkinlerle konuşma ihtiyacı olduğuna inanırlar. Tabii ki, birçok bilim adamı olmayan kişi bebeklerin nasıl da konuşuyor gibi mırıldandıklarına değinmiştir. Belki de haberlerin bazıları yetişkinlerin konuşmalarının kendi gelişmiş mırıldanmalarına bir hazırlık olduğu konusunda aralarında yorum yapıyorlardır.

Hayvanlar konuşabilir mi? (Sayfa 203'e bakınız: "Şempanzeler ve Dil" ve sayfa 210'a bakınız: "Yunuslar ve Dil")

Makinalar dili anlayıp konuşabilir mi? (Sayfa 220'ye bakınız: "Yapay Zeka")

YUNUSLAR VE DİL

Yunuslar ve maymunlar bizi "Onlar da bir dil kullanıyorlar mı?" sorusuna zorlayan iki hayvan çeşididir. Bu hayvanların nasıl anlaştıklarını -buna dil diye bir ad koymadan- araştırabilirdik. Fakat bu soruyu sorarak sadece maymun ya da yunusları değil insanları da araştırıyoruz. Eğer biz dil kullanıyorsak, bunun diğer hayvanların anlaşma biçimlerinden farkı nedir? Eğer dilimiz bizi ayırdetmiyorsa, başka hayvanlar da bizim dil kabiliyetimize sahip midirler?

Yunus ve maymun dil araştırmacıları yoğunlaştıkları noktalar açısından farklıdır. Maymunlarla çalışan araştırmacılar zamanlarının çoğunluğunu onlara dil öğretmek ve onlarla anlaşmak üzerine harcarlar. Yunuslarla çalışanlar da onları eğitirler ve onlarla anlaşırılar. Fakat zamanlarının çoğunluğunu onların kendi aralarındaki iletişimlerini inceleyerek geçirirler. Tabii ki insanların aktivitelerinin çoğunluğuna katılabilen bir şempace ile vakti-

nin çoğunu harcamak bir yunusa göre daha kolaydır.

Yunuslar kuşkusuz akıllıdır. Beyinleri insaninkiler kadar büyüktür. Fakat sorgulanmalarımızı ve üreticiliğimizi sağlayan özellikler onlarda insanlardan çok daha zayıftır. Bazı araştırmacılar yunusları zeka sıralamasında köpek ile maymun arasına koyarken bazıları maymun ile insan arasına yerleştirirler. Hatta yunusların insanlardan daha akıllı olduklarını iddia eden insanlar da -büyük ihtimalle bilim adamları değil- vardır.

Yunusları inceleyen herhangi biri, kullandıkları seslerin çokluğu konusunda hayrete düşer. Yazarlar bu sesleri fısıldamalar, acı bağırışlar, gürlemeler, çıtırtılar, inilti-ler, viyaklamalar, havlamalar, takırdamalar, cıvıdamalar ve şarkı söylemek olarak benimsemişlerdir. Aralıklı bağırışlar stresi gösteriyor gibi görünürken, kıkırdamalar sevginin gösterisi olarak yorumlanmaktadır. En önemli seslerinden birisi ayırıcı ısıklardır; bunun her yunustaki frekansı ve dalga boyu farklıdır. Bazı araştırmacılar yunusların bu seslerle diğerlerini adlandırdıklarını bile öne sürmüşlerdir.

Yunuslar gerçek birer taklitçilerdir ve bu onların gerçek dil kapasitelerinin ayırılmasını zorlaştırır. Eğiticilerinin kelimelerinin taklit edebilirler. Fakat papağan gibi kuşların taklit kabiliyeti onlardan çok daha ileridir. Yunuslar kelimelerin manasını anlamıyor olsalar da bu, eğiticileriyle anlaşmaya çalıştıklarının göstergesi olarak kabul edilebilir. Dil kabiliyetinin önemli bir biçimi de tabii ki algılamaktır. Algımızın bir ölçüsü hayvanın verilen bir emri ne ölçüde gerçekleştiriyor olmasıdır. Hawai'deki araştırmacılar yunuslara çember ve içinden kelimelerini öğretmişlerdir. Bu iki kelime birleştirildiğinde yunuslar bu emre çember içinden geçerek uyuyorlar. Çember kelimesinin yerine kapı kullanıldığında ise yunuslar yeni emri de anlıyorlar ve kapılarından geçiyorlar.

1965'te en ünlü yunus iletişimi çalışmasında araştırmacılar iki yunusu farklı havuzlara yerleştirdiler. Yunuslar birbirini duyabiliyorlar ama göremiyorlardı. Yunuslardan birine ödül alması için bir çarkı döndürmesi öğretildi. Aynı çark diğer yunusun havuzunda da vardı. Ama o bunun için eğitilmemişti. Yunuslar arasında yoğun seslerden sonra 2. yunus da pedal tekniğini öğrendi. Yunusun 2.'ye bu tekniği öğrettiği öne sürülse de 2. yunus, 1. yunusun bilgi verme amacında olmadan çıkarttığı seslerden bu bilgiyi çıkartmış olması da muhtemeldir. Sonuçta bu bir dil göstergesi değilse bile bir zeka göstergesidir.

Yunuslar ses yeteneklerini başka amaçlar için de kullanırlar mı? (Sayfa 171'e bakınız: "Yunus Yankılaması")

İnsanlar bir dili nasıl öğrenirler (Sayfa 207'ye bakınız: "Dil Öğrenmek")

ŞEMPAENZELER VE DİL

Şempanzeler bir dil kullanabilir mi? Kendilerini ifade etmek için belli bir sıraya dizilmiş semboller kullanabildikleri gibi, konuşma İngilizcesini de anlayabiliyorlar. Normalde bunlar insana dil için yeterliymiş gibi gelir. Aslında cevap dili nasıl tanımlandığımızda yatar. Bu da ihtilafa yol açıyor. Dilin tanımıyla çok yakından alakalı olan ve felsefi tartışmanın kalbindeki şey, "insanı- eğer öyleyse- farklı kılan nedir?" sorusudur. Süreklilik okulundakilere göre insanlar devamlılığın sadece en uç noktasındadırlar. Bilinç olarak en gelişmiştir, fakat en yakınımızdakilerden köklü olarak farklı değildir. Süreksizlik okulundakiler de insanların tek olduklarını ve dilin de hiçbir canlıda bulunmayan bir özellik olduğuna inanırlar. Bu yüzden, süreksizlik okulundakilere göre şempanzelerin tam olarak gerçek dili kullanma yetenekleri yoktur.

Dilin kabaca tanımı, birinin dünyadan algıladıkları ifade etmek için bir gramer düzenine ve sentaksa uygun semboller dizisi kullanmasıdır. Bu tanıma göre, bir yemek ya da oyuncak elde etmek için sembolleri kullanması öğretilen bir hayvan, dil kullanmıyor, sadece bir ödül almak için taklit yapıyordur. Maymun dili araştırmalarının karşısındakiler, hayvanların bu basit isteklerin ötesine ilerler gibi görünseler bile temelde her zaman bir taklit varolduğunu düşünürler. Akıllı Hans adındaki -toynağını doğru sayıda yere vurarak aritmetik yapıyormuş gibi görünen- bir atın ünlü olayını öne sürerek sonuçlar anlaşıldı ki, doğru sayıya ulaştığında yetiştiricisi farkında olmadan beden diliyle ata kopya veriyordu. Maymun dili araştırmacılarından en önemlisi Sue Savage-Rumbaugh adında çocuk yetiştirme tecrübesi olan bir bayandır. Yıldız öğrencisi Kazi adındaki cüce bir şempanzedir. Savage-Rumbaugh ve meslektaşları leksgranl (gerçek anlamlarıyla görsel bir bağlantısı olmayan semboller) bir klavye ile Kazi'nin üvey annesi Matata'ya dil yetenekleri kazandırmaya çalışıyorlardı. 2. yıl sonunda Matata sadece 6 sembol öğrenebilmişti, bu yüzden Kazi'ye öğretmeyi denemeye karar verdiler. Matata'ya öğretmeye çalıştıkları sembolleri Kazi'nin öğrenmiş olduğunu anladıklarında çok şaşırdılar. Klavye ile oynamaya başladıkları sabah Kazi, elma ve kaçmak düğmelerine bastı, bir elma aldı, Savage-Rumbaugh'a baktı ve oyun oynarcasına kaçtı. Bu Savage-Rumbaugh'un hayvanlara dil öğretmede kullandığı yeni metodun, çocukların dil öğreniminde kullandıkları, sürekli ama düzensiz eğitime maruz bırakma metodunun başlangıcı oldu.

1.5 yıl sonra, Kazi 50 sembol civarında kelime öğrendi. İşte bu sırada araştırmacılar Kazi'nin klavye olmadan da konuşma dilini anladığının farkına vardılar. Ne zaman ışık hakkında konuşsalar, Kazi ışık düğmesine gidip gele-

rek onu açıp kapatıyordu. Bu gerçekten önemliydi. Çünkü konuşma ona yönlendirilmemişti, hatta onunla ilgili de değildi. Sav-Ra ve meslektaşlarını şaşırtan bir şey de Kazi'nin iki parçadan oluşan ve görüşünün dışında kalan hedefleri içeren "oturma odasına gidip telefonu getirebilir misin?" gibi emirleri dahi anlıyor olmasıydı.

Kazi, bazı basit gramer kurallarını da kesinlikle uyguluyordu. Hatta birkaç kural da kendisi oluşturmuştu. Bunlardan birisi klavye tuşuna bastıktan sonra bir hareket kullanmasıdır. Mesela takip tuşuna bastıktan sonra izlemek istediği insanı göstermesi gibi... Şüpheciler bu basit gramer kurallarını küçümsediklerinde Dav-Rum onları çifte standart uygulamakla suçluyor, sonuçta Kazi'nin dil gelişimi 2 yaşındaki bir insan bebekle benzerdir. Fakat bu insanlar bir çocuğu için aynı dil gerçek bir dilin başlangıç aşamaları olarak görürken Kazi'deki başarıları küçümsediler. Kazi'nin yemek ve oyuncak istemek için dili kullanıyor olması eleştirisine verilen cevap ise 2 yaşındaki çocuktaki durumun da aynı olduğudur. Ayrıca o dili ne yediğini ya da nereye gittiğini anlatmak için de kullanıyor.

Belki gerçekten de Kazi'nin iletişim başarıları gerçek bir dil olarak nitelendirilemez -belki dil yetisi sadece insanlara özgüdür-. Fakat maymun dili çalışmaları, zihinsel özürlü çocuklara iletişimi öğretmek gibi verimli uygulama alanları buluyor.

Eğer insan ve büyük maymunlardaki genetik kodlar birbirlerine çok benziyorlarsa, maymunlar insanların dil kapasitesini de paylaşılabiliyor olabilir mi? (Sayfa 183'e bakınız: "DNA: Genetik Kodumuz")

Şempanzelerden başka hayvanlar da dil öğrenme kapasitesine sahip midirler? (Sayfa 210'a bakınız: "Yunuslar ve Dil")

HARİTALAR

Bir harita kum üzerine ya da kağıt parçasına çizilmiş birkaç çizgi kadar basit olabilir. İhtiyaçlarımıza göre basit bir harita da deri kaplamalı bir atlastaki ayrıntılı bir harita kadar işimizi görebilir. Bir plajda duş alacağımız yeri gösteren kum üzerindeki bir harita da bizim için yeterli olabilir. Bir müzeye gitmeden önce yemek yediğimiz restoranda peçeteye çizilen harita da bizim için yeterli olabilir. Bu tür haritadaki temel bilgi “bu burada, o ise şurada”dır. Uzaysal ilişki bütün haritalardaki gerekliliktir. Uzaklık ve büyüklükler tam doğru olmayabilir ya da şekiller genel olarak çizilmiş olabilir ama temel uzaysal ilişkisel doğruysa bir harita geçerlidir. Mesela doğu Amerika’yı göstermek için bir çizgi çizsek ve Boston için bir nokta, altına New York için ve daha altına Washington için bir nokta koysak bir harita elde ederiz. Ama Boston ve New York’un noktalarının yerini değiştirmemiz elimizde değil bir çizgi ve üç nokta vardır.

Psikologlara ve felsefecilere göre, beynimizin uzaysal biçimleri algılamak üzere doğuştan bir yetisi vardır ve hatta bazı şeyleri harita formatında hafızamızda saklarız. Görsel şekiller halinde düşünürüz ve görsel şekiller uzaysallık içerirler. Dünyayı en soyut terimlerle tarif eden bilim adamları bile fikirlerinin üzerinde çalışmak ve onları ifade edebilmek için görselleştirmeyi kullanır. Birçok bilim dalında bir olguyu ifade etmenin en uygun yolu bir haritadır. Bilim ve günlük hayatta kullanılan haritalar için güzel olan şey, haritayı yapan kişinin ihtiyacı olan şeylerden çok daha fazlasını kullanıcının haritadan çıkarabiliyor olmasıdır. Yeni bir haritayı yapmak için sınırlı sayıda bilgi gerekiyorken yetenekli bir okuyucu aynı haritayı sınırsız sayıda soruları cevaplamak için kullanabilir. Bu yüzden bilim felsefecileri, bilimsel teorileri harita-

lara benzetirler. İyi bir teori, başlangıçta öngörülen çok daha geniş sorgu alanlarına yollar açabilir. Bizim basit haritamız bile Amerika'ya yolculuk yapacak birinin seyahatin doğu yakasındaki kısmını planlamasına yardımcı olur.

Bilim adamları, atomaltı parçacıklarından kozmolojiye kadar her alanda haritaları kullanırlar. Bu bilimsel haritaları buluş kaydında çok iyi bir araştırma gerecidir. Modern bilimsel haritalarda bilgisayarlar önemli, geniş bir rol oynar. Atom fizikçileri, atomları hızlandırıcılarda parçalayarak atomaltı parçacıkları görürler. Bu parçacıklar çok kısa ömürlüdürler ve fizikçiler kısa varoluşlarını dedektörlerde bıraktıkları izlerden çıkartırlar. Dedektörler daha sonra parçacıkları yük, kütle ve rotasının haritalarını çıkartırlar. En ünlü bilimsel haritalardan biri, bilim adamlarının oluşturan DNA'ların tümünü gösterecek olan İnsan Gen Haritası Projesi'dir. Bilim adamları, beyin ve kalp de dahil bütün insan vücudunu haritalandırmak için bilgisayar şekillendirmesi kullanırlar. Dünya genelinde bilim adamları hava akımları, erozyon şekillenmeleri ve ozon tabakasının haritalarını çıkartırlar. Jeologlar, dünya kabuğundaki kaya tabakalarının kronolojisini ve ilişkilerini ortaya çıkarmak için haritalar kullanırlar. En büyük ölçek olarak, haritalar, astronomların galaksimizi ve ötesinde izlenebilen uçlarına kadar evrenimizi keşfetmelerine yardımcı olur.

Haritalar bilim adamlarına uzayda olduğu gibi zamanda hareket imkanı verir. Paleşitolojistler milyonlarca yıl önce yaşayan türlerin nerelerde ve hangi sırayla yaşadıklarını tahmin etmek için harita kullanırlar. Son olarak, genetik uzmanlar DNA haritalanmasından öğrendiklerini geleceği değiştirmek için kullanırlar.

Haritalar bize dünyayı anlattıkları gibi, dünya içindeki yerimizi bulmamıza da yardımcı olurlar. Üzerinde Sa-

manyolu galaksisinin görüntüsü ve bir noktaya işaret eden bir ok olan ve “Buradasınız” yazısı bulunan tişörtler mağazalarda satılıyor. Atomaltı parçacıklardan evrene kadar, haritalar “burası”nı anlamamıza ve tarif etmemize yararlar.

Bilgisayarlar içine “grip” etrafa göz atabileceğimiz haritalar üretebilir mi? (Sayfa 223’e bakınız: “Sanal Gerçeklik”)

Bilim adamlarını insan DNA’sını nasıl haritaya döküyorlar? (Sayfa 185’e bakınız: “İnsan Gen Haritası Projesi”)

DNA’LARLA HESAPLAMAK

Bir alfabe çorbasında günlük haberci ya da bir dedektiflik hikayesini okuyamazsınız, ancak bir gün kompleks bir matematiksel probleme bir tek DNA çorbası kullanılarak çözüm bulunabilir.

1994’te Los Angeles’teki Güney Kaliforniya Üniversitesindeki Leonard Adleman adındaki bir bilgisayar teorisi, DNA kullanarak basit bir bilgisayar inşa ettiğini açıklayarak bilim dünyasını şaşırttı. Aslında bu çalışması AIDS hastalığına neden olan HIV virüsü üzerindeki ilgisinden kaynaklanıyordu. Adleman’ın iddia ettiği şey, bir bilgisayar teorisyeninin bir moleküler biyoloji laboratuvarından çıkıp bir DNA bilgisayar bulunduğunu açıklamasının sadece bir an meselesi olduğuydu.

Adleman ilk DNA bilgisayarına çözmesi için gerekli olarak basit olan “satıcının seyahati problem” adıyla bilinen bir problem verdi. 7 şehir ve bunları bağlayan yolların uzunlukları verildiğinde, gezgin her şehire sadece bir kez uğrayan en kısa yolu izlemeliydi. DNA, her yaşayan organizmanın hücrelerinde bulunan ve organizmanın bü-

tün özelliklerinin kopyasını içeren nükleik asidi; 4 ait bileşenin -A,T,G,C olarak kısaltılan adının, timin, quain ve sitozin- değişik kombinasyonlarını içerir. Adleman bu harfleri bir kod olarak kullanıp her şehire 20 harften oluşan bir ad verdi. Daha sonra başlangıç şehrinin isminin ilk on harfine son şehrin ilk on harfini ekledi. Sonraki adımlar gerekli işlemlerin başarıyla tamamlanmasına yardımcı oluyordu. Bu mikroskobik yapıyı suda çözdüğünde, DNA şeritleri daha uzun diziler ya da moleküller halinde birleştiler. Adleman'ın daha sonraki görevi, bu trilyonlarca molekülden hangisinin doğru cevabı sakladığını bulmaktı. Önemli ipuçları, molekülün, ilk şehrin ismiyle başlayıp son şehrin ismiyle bitmesi ve doğru uzunlukta olması gerektiği idi. Adleman'ın doğru molekülü bulması bir hafta sürdü.

Adleman'ın açıklamasından birkaç ay sonra, Richard Lipton adındaki bir Princeton Üniversitesi araştırmacısı ve iki öğrencisi, kırılmaz olduğu varsayılan ABD Milli Güvenlik Kurumu'nun şifrelerini DNA bilgisayarıyla kırabilecek bir yol buldular. Bu çok daha karmaşık olan bilgisayarlarını hâlâ yapmadıkları halde, bunun teorik olarak mümkün olduğunu söylüyorlar.

DNA bilgisayarındaki avantaj, hemen hemen anlık olan reaksiyonlarının hızıdır. DNA bilgisayarı, bir problemi küçük parçacıklara bölerek üzerinde çalışmak demek olan paralel hesaplama için çok büyük bir güce sahiptir. Bilim adamları, bütün bilgisayarların şimdiye dek yaptıkları hesaplamaların tümünü bir DNA bilgisayarının birkaç günde yapabileceğine inanıyorlar. DNA bilgisayarlarının aynı zamanda çok büyük bir hafızaları vardır. Bin quartlık bir sıvıda çözünmüş bir poundluk DNA'dan oluşturulan DNA bilgisayarı, şimdiye dek üretilmiş bütün bilgisayarların hafızasından daha büyük bir hafızaya sahiptir. DNA bilgisayarının dezavantajı, bulunmuş olan

doğru cevabı aramanın zaman almasıdır. Aynı zamanda bir kasedeki harfler çorbasının kelimelerinin anlamını bir süre sonra kaybedecek olması gibi, DNA bilgisayarı da bir süre sonra hafızasını kaybederek çözülür.

Leonard Adleman, bilgisayarın hesap yapabilen bir araç olduğunu düşünüyordu. Artık bilgisayarın, hareketlerini hesapsal terimler cinsinden ifade edebileceğimiz her hangi bir şey olduğunu düşünüyor. İlginç olanı, DNA'nın hayatın genetik bilgilerini tutmaktan çok daha fazla kapasiteye sahip olmasıdır. Belki de etrafımızda bilgisayar bilimciler tarafından keşfedilmeyi bekleyen başka kodlar da vardır. Sonuçta bir alfabe çorbası bilgisayar çalışmalarını için belki gerçekten kullanılabilir.

Akıllı DNA bilgisayarları yapılabilir mi? (Sayfa 220'ye bakınız: "Yapay Zeka")

PEAR: PRINCETON MÜHENDİSLİK ANORMALİKLERİ ARAŞTIRMASI

Mühendislik anormallikleri? Nedir bunlar, kanatlı arabalar mı? Süngerden kanatlı helikopterler mi? Mühendislik anormallikleri Princeton Üniversitesi Araştırmacısı Robert Geory Jahn'ın üzerinde çalıştığı konuya verdiği addır. Bazıları ise psikokimesis veya normal-dışı kelimelerini kullanıyorlar. Konuşma dilindeki ismi ise madde üzerinde düşünce gücüdür. Kimin düşüncesinin.. hangi madde üzerindeki?.. Kendi eğitilmemiş gönüllülerin düşünceleri... Konumuz olan madde ise basit özelliklerinin sonuçlarında küçük fakat mutlak olmayan değişiklikleri ölçebilen bilgisayarlardır.

Hikaye 1970'lerin sonunda başladı: Bir master öğrencisi, psişik bir konudaki bağımsız çalışmasına Princeton

Üniversitesi Mühendislik ve Uygulamalı Bilimler dekanı Jahn'den denetçilik yapmasını istemişti. Konuya özel bir ilgisi olmayan Jahn, öğrencisinin yüksek notlarıyla ve elektronik ve bilgisayar mühendisliği konularıyla alakalı olduğu iddialarıyla ikna olmuştu. Öğrenci REG adında bir rastlantısal olay üretisi dizayn etti ve bu makina Jahn'ın sonraki çalışmalarının belkemiği oldu. Öğrenci daha sonraları psikokimesis alanına olan ilgisini yitirdi. Fakat bu Jahn için yeni bir profesyonel yolun başlangıcı oldu. Birçok meslektaşının caydırma çabalarına rağmen 1979'da PEAR laboratuvarını kurdu.

REG, temelde aynı anda 100 para atıp turaları sayan bilgisayarlaştırılmış bir para atma makinesidir. Jahn'ın deneylerinde, gönüllüler düşünsel olarak yazı veya turaların daha çok çıkmasını "istiyorlar." Ekranın başında oturmaları gerekmiyor, başka kitalardan deneye katkılar dahi oluyor. Yıllar boyunca, katılmalar 50/40 oranında küçük ana istatistikçi olarak belirgin bir sapmaya, rastlantısal olarak 5000'de 1 ihtimalle gerçekleştirebilecek bir değişime sebep olabilirler.

Başka bir PEAK makinesinin adı ise Murphy'nin kanunlarına atfen Muphy'dir. Top makinesi olanın da atfedilen Murphy, "rastlantısal mekanik şelale" teknik lakabını taşır. Murphy 9000 polyester topu 10 fit yükseklikten 330 tane ayraç görevi yapan çividen geçecek 19 torbanın toplamasını sağlar. Kendi başlarına bırakıldıklarına ortadaki torbalara kenardakilerden daha çok top düşer ve dağılımları simetriktir. Gönüllülerin görevi, merkezin sağındaki ya da solundaki torbalara daha çok top düşmesini "istemektir." Bu makinede de gönüllüler istatistiksel olarak belirgin sonuçlar ürettiler; ama sadece sol taraf için. Tabii ki "rastlantısal olay üreticisi" ve "rastlantısal mekanik şelaledeki" dikkat edilmesi gereken kelime "rastlantısal"dır.

Jahn bu araştırmaların babası olsa da bu alanda çalışan başkaları da vardır. 1993'te Den Radin adındaki bir araştırmacı, Nevada Üniversitesi'nde özel sektör destekli Bilinç Araştırma Laboratuvarı adında bir labatuvar kurdu. PEAR'ınkilere benzer rastlantısal üretici sonuçları elde etti.

Jahn ve meslektaşları çok daha fazla şüphecilikle karşı-karşıya kalıyorlar. Sonuçlarına ne şekilde açıklamalar getiriliyor olursa olsun, dünyada "madde üzerinde düşünce" için birçok pratik uygulama var. Araştırmacılar felçli insanların beyin dalgaları kullanarak bilgisayarlarla iletişime geçmeleri için şimdiden çalışmalar yapıyorlar.

Rastlantısallık serbest bırakıldığında artar mı azalır mı? (Sayfa 29'a bakınız: "Entropi")

Neden atılan paraların %50 yazı ve %50 tura gelme eğilimleri vardır? (Sayfa 83'e bakınız: "Olasılık")

YAPAY ZEKA

Satranççı çok iyi oynayabilen ya da karmaşık hesaplamalar yapabilen bilgisayarlara şimdiden sahibiz. Fakat yapay zeka ya da AI araştırmacılarına göre, haftasonu gazetesini okuyup son skandallar hakkında yorum yapabilen bir bilgisayar çok daha etkileyici olurdu. Nedeni AI'ın insanların günlük hayatta nasıl düşünüp nasıl yaşadıklarını üzerinde çalışıyor olmasıdır. Bilgisayar, AI araştırmacılarının beynin nasıl çalıştığını araştırmada kullandıkları alettir ve bilgisayar programı da teorilerini uygulamaya geçirdikleri dildir.

Çoğu hareketlerimiz satranç ya da matematiksel çözümlerden çok daha kuralsızdır. Bir bilgisayar insan beyni gibi çalışabilmek için beklenmeyene cevap verebilmeli, tam olmayan bilgiyi anlamlandırabilmeli, bir durum için dünyadaki birçok kuraldan hangisinin uygulanabile-

ceğine karar verebilmeli, düzenli şeyleri farkedebilmeli ve hatalarından ders almalı. Temelde, bilgisayar sağduyu sergileyebilmeli. “Ahmet turnayı gözünden vurdu”nun, Ahmet’in iyi bir avcı olduğu anlamına gelebileceğini bildiği halde, bunun büyük ihtimalle Ahmet’in bir konuda çok başarılı olduğu anlamına geldiğini çıkarabilmeli.

1950 gibi eski bir tarihte, bir İngiliz matematikçisi ve AI öncüsü olan Alan Turing, bir makinenin akıllı olup olmadığına karar verebilecek olan ve Turing testi olarak anılan bir test hazırladı. Basitçe, bir makine kendisiyle konuşan bir insanı kendisinin de insan olduğuna inandırabiliyorsa akıllıdır. 1992’den bu yana en çok hakimi kandıracak program yazmak için ödüllü yıllık bir yarışma var. Hakimler bilgisayar aracılığıyla “ev hayvanları” veya “kötü evlilikler” gibi konularda bilgisayar programlarıyla ve insanlar ile konuşuyorlar. Bilgisayar programlarının işe yarıyor görünen taktiklerinden birisi, soruları şakalarla cevaplamaktadır.

AI’nın temel konuların biri ifade etmektir. Bir beyin (ya da bilgisayar) dış dünyayı kendine nasıl ifade eder? Dünyayı anlamak ve onunla iletişime geçmek hatta yeni fikirler üretebilmek için bu ifade şekillerini nasıl kullanır? AI’nın önemi bir problemi bilgisayara olguları nasıl ifade ettiğinin bilincinin verilmesi ve bu yöntemi geliştirebilmesini sağlamaktır.

Diğer hayati bir konu da bilgidir. Bilgi, bilgisayarın içinde programlanır ve akıllı bir bilgisayar bir problemi çözmek için bilgi hazinesini nasıl şekillendireceğini bilmek zorundadır. Mesela, bilgisayar bir bebek odasının hangi renge boyanacağına karar verecekse, buna bilgi hazinesindeki hangi renklerin insanları dinlendirdiği ve hangilerinin rahatsız ettiği üzerine psikolojik çalışmaları araştırarak başlamalı.

AI’nın altdallarının algılanan (mesela patronlarının te-

lefonlarını cevaplayıp öğle yemeği davetlerini nazikçe reddedilen bilgisayar programları), robot bilimi ve uzman sistemler gibi çok büyük potansiyel uygulamalarla alakası vardır. Uzman sistem, belli konuda “Böyleyse şöyledir” şeklinde oluşturulmuş bilgi hazineleridir. Araştırmacılar uzman sistemleri tıp alanında kullanmak üzere geliştiriyorlar. Mesela bir aile doktoru, teşhis koymadan önce bilgisini desteklemek için uzman sistemden yararlanabilecek. Doktor, gördüğü semptomları bunları hafızasındaki binlerce benzer durumla karşılaştıracak olan bilgisayara girecektir. İdeal durumda, uzman doktor uzman sistemi dikkatli ve ayrıntılı bir inceleme yerine değil de yararlı bir alet olarak kullanacaktır.

Birçok AI araştırmacısı, gerçekten akıllıca düşünen ve sağduyu sergileyen ve tecrübeleriyle kendisini geliştiren bilgisayarlara bir gün sahip olacağımız konusunda çok iyimserler.

İnsanlar dış dünyayı kendilerine nasıl “ifade ederler?” (Sayfa 161’e bakınız: “Duyular”)

Yapay zeka bilginin saklanıp ulaşılabilmesini gerektirir. İnsan hafızası bilgisayarlara benzer şekilde mi çalışır, insan hafızası nasıl çalışır? (Sayfa 205’e bakınız: “Hafıza”)

SANAL GERÇEKLİK

Siber uzay hem teknolojik hem de sosyal bir fenomen iken, sanal gerçeklik temelde bilgisayar tabanlı bir teknolojidir. Henüz ulaşılmamış olan ideal fomunda, kullanıcıya bir fiziksel gerçeklik, karşılıklı etkileşime girebileceği ve içinde yaşayabileceği sanal bir dünya illüzyonu sunar. Gelişmemiş haliyle bile -ağır bir ekran gözlüğü ve yönlendirme eldivenleri, tatmin etmeyen görüntüler, sınırlı ha-

reket imkanıyla- kullanıcı ile üç boyutlu dünya arasında karşılıklı etkileşimin odak noktasıdır. Sanal gerçekliğin potansiyel uygulama alanları sınırsızdır, en heyecan verici olanlar da bilgisayar oyunları değil, operatör doktorların, mühendislerin, kimyacıların ve hatta psikoterapistlerin yeteneklerini geliştirebilecekleri alanlardır.

Sanal gerçekliğin iki tür araca ihtiyacı vardır: Biri yapay dünyanın ilüzyonunu oluşturmak için, diğeri de onunla etkileşime girebilmek için. Kullanıcı üç boyutlu görsel bir dünya oluşturabilmek için gözleri kaplayan bir çeşit başlık giyer ve üç boyutlu sesler için kulaklıklar takar. Sanal dünyayla etkileşebilmek için de bilgi tabancası denilen elde tutulan bir aleti kullanır. Bir bilgisayar, kullanıcının el ve vücut hareketlerini algılar ve sanal dünyayı buna göre değiştirir. Mesela, kafanızı çevirmeniz, sanal dünyadaki görüş açınızı değiştirir.

Potansiyel tıbbi uygulamalardan biri de televarlık adı verilen bir teknolojidir. Kullanıcı hayali bir dünyayla değil, başka bir yerde fiziksel olarak varolan bir dünyanın görüntüsüyle etkileşime girer. Televarlık projesinin bir amacı, operatörlerin insan vücudunun elle çalışılamayacak kadar küçük ya da hassas bölgelerinde ameliyat yapabilmelerini sağlamaktır. Elindeki aletleri kullanarak operatör, hastanın üç boyutlu görüntüsünü ameliyat eder, operatörün hareketlerini izleyen bir bilgisayar da, emirleri gerçek ameliyatı yapan robot kollara aktarır. Operatörler gerçek hastanın vücudunun kopyalanmasıyla oluşturulmuş sanal hastada bir gece önceden ameliyatı çalışabilirler bile. Bu teknoloji, doktorun bulunamadığı dağlık bölgelerdeki ya da savaş alanlarındaki ameliyatlar için de kullanılabilir. Robot kollar ise uzakta bir yerde görüntü üzerinde ameliyat yapan operatörün hareketlerini uygulayacaklardır. Bazı şüpheciler de, robot kolların bozulması durumunda ameliyata devam edebilecek bir doktor

hastanın yanında yoksa ne olacağını sormaktadırlar.

Sanal gerçeklik, mimar ve mühendislere dizaynlarını üretmeden test edebilme imkanı sunar. Sanal gerçeklikte gezebileceğiniz için, bir mimar en üst kattaki manzarayı görebilir ya da mutfaktan müşterinin ailesinin bilgisayar oyunlarını oynayacakları çalışma odasına yürüyebilir.

Kimyacı ve biyokimyacılar sanal gerçekliği molekül ve atom seviyesindeki dünyanın şartlarını ve yapısını modelleme ve çalışmak için kullanabilirler. Burada sanal gerçekliğin amacı gerçeğin illüzyonunu oluşturmaktan çok -hiçbir kaçık bilim adamı bir molekülün içinde yürümeyi beklemez- üç boyutlu görüntüleri işleyebilmektir.

Psikoterapistler sanal gerçekliği yükseklik korkusu gibi fobileri olan hastaları iyileştirmek için kullanmaya başladılar. Ellinci katın balkonunda ya da bir merdivenin tepesinde bulunmanın illüzyonunu oluşturmak çok zor değildir. Hastalar fiziksel hasardan uzak ve de kontrol altında olduklarını bildiklerinden kendilerini yavaş yavaş bu korkutucu duruma alıştırmaktadırlar.

Spor aletleri üreticileri sanal gerçeklikle desteklenmiş kondüsyon bisikletleri tasarlamaya başladılar. Sürücü doğa manzarasının değişen görüntüsünü izleyebiliyor ve rüzgarı saçlarında hissedebiliyor. Bisikletini daha hızlı sürdükçe rüzgarı daha şiddetli hissediyor. Bisikletlerin şehir illüzyonu veren modeli ise belki de klakson seslerini ve egzoz gazının kokusunu da taklit etmeli.

Sanal gerçeklik ile siberuzay arasında nasıl bir ilişki var? (Sayfa 225'e bakınız: "Siber Uzay")

Eğer sanal gerçeklik gerçeğin elektronik görünümü ya da simulasyonu ise, bizim duyularımız da bir noktaya kadar "sanal" değil mi? (Sayfa 161'e bakınız: "Duyular")

SİBER UZAY

Siber uzay varlığı oturma odamızın ya da bahçemizin varlığına benzemez. O bir bilgidir, kendisine bağlı bir bilgisayarı kullanabilen herkese açık olan muazzam bir elektronik bilgi ağıdır. Varlık olarak şekli yoktur; hem yerel hem de küreseldir. Yapay gerçeklik gibi bazı teknolojileri kullanıcıya üretilmiştir. Bir fiziksel gerçeklik sunsa da, siber uzay bedenden, cisimden ayrılmışlık olarak tarif edilebilir. Siber uzay bir vatandaşı, kütüphaneye gitmek yerine sayısız kuruluştan evini ya da ofisini terk etmeden bilgi alabilir. Bir siber uzay vatandaşı, ortak ilgi alanları olan insanlarla onlarla buluşmadan konuşabilir. Bir bilgisayar başında paranızı yönetebilir, alışveriş yapabilir, tatil rezervasyonları yapabilirsiniz. Yolculuk fiziksel değişiklik gerektiriyor olsa da, çoğu siber uzay vatandaşının sloganı tabii ki bilgisayarlarını kasedederek “Onsuz bir yere gitmeyin”dir.

Bilgisayarların kapasiteleri yıldan yıla hızla artsa da siber uzayda önemli olan teknolojik gelişmeler değil, günlük hesaplarını ne ölçüde etkilediğidir. Mesela mektup arkadaşlığını ele alalım, insanlar birbirlerine yazarlardı. Bir mektubu yolladıktan sonra günlerce haftalarca cevap için beklerdiniz. Daha sonra insanlar iş görüşmeleri yapmak için ve uzaklarda bile olsalar arkadaşlar ve akrabalar ile bağlantıyı koparmamak için telefonu kullanmaya alıştılar. Artık birçok insan elektronik posta yani ‘e-mail’ kullanıyor.

Bir e-posta gönderdiğinizde, mesajınız hemen elektronik posta kutusunda beliriyor. Telefon görüşmesi gibi anında ulaştırıyor fakat eski mektup gibi alıcısının herhangi bir zamanda okuması (ya da göz ardı etmesi) mümkün.

Herhangi bir zamanda bilgisayarınızı açıp e-postanızı

okuyabileceğiniz gibi, istediğiniz bir vakitte herhangi bir konuda grup tartışmalarına katılabilirsiniz. Coğrafi uzay gibi, siber uzay da gezilebilir parça ve alt-parçalara bölünmüştür. İlk önce bilgisayar ağı denen şeye bağlanırsanız -ya birçok ticari ağlardan birine ya da internet denen ticari olmayan küresel ağı-, ağı bağlandığınızda dupt geliştirmekten politik reforma kadar birçok konuda tartışmak için oluşturulmuş gruplar ve alt-grupları seçersiniz.

Siber uzayda insanlar kendi sayfalarını, yazı ve grafiklerini sadece hayal güçlerini ve bilgisayar programlarıyla sınırlandırarak kendilerinin dizayn ettikleri sitelerini yaygınlaştırabilirler. Antika bir dolmakalem almak isterseniz kalem satırlarını, sitelerini ziyaret edebilirsiniz. Eğer bir kalemi beğenirseniz ayrıntılı bir resmini görmek için üzerine çift tıklamanız yeterlidir.

Hiç de şaşırtıcı olmayan, yüzyüze iletişimde yaşayan sosyal ve politik problemlerin siber uzayda da var olmasıdır. Bunlar arasında güvenmekle, aldatılma, rahatsız edilme ve sansür sayılabilir. Siber uzayda insanlar birbirlerini görmedikleri (aksini seçmedilerse) için, ilişkileri normalde varolan yaş, sınıf, cinsiyet, ırk gibi sınırlardan bağımsızdır. Bazı insanlar bu özgürlüğü değişik bir kişiliğe bürünmek için kullanıyorlar. Bazıları bunu zararsızca özgürleşmek olarak düşünüyorken bazıları da diğerlerinin güvenine ihanet olarak görüyorlar. Gerçek hayattaki (GH şeklinde kısaltıyor) gibi güçlü hisler uyandıran saldırgan ve tartışmacı mesajlara nasıl cevap verilmesi gerektiği bir sorundur. Siber uzay göreceli olarak yeni bir kavram olduğundan insanlar -ve hükümetler- siber uzaydaki iletişimle alakalı konuşma ve yayınları için düzenlemeler üretmelidir.

Siber uzay gelecekte de varolacak; sosyal olarak onu toplumun tüm parçalarına ulaşabilir kılmak önemlidir. Kişisel olarak da siber uzayın amacının GH aktiviteleri-

mizin yerine geçmek değil onları genişletmek olduğunu bir daha hatırlatmak yararlı olabilir.

Sanal gerçeklik nedir ve siber uzaydaki yeri nedir? (Sayfa 223'e bakınız: "Sanal Gerçeklik")

Birgün siber uzayın vatandaşı haline gelmiş yapay zekaları karşılaştırabilir miyiz? (Sayfa 220'ye bakınız: "Yapay Zeka")

Hırslı bir insan (ya da YZ) fiziksel bir yerin değilse siber uzayın haritasını yapabilir mi? (Sayfa 214'e bakınız: "Haritalar").

**"Sıfırdan Sonsuza -
Bilimin Hayal
Dünyası"** kitabı,
eğlenceli ve kolay bir
şekilde bilim
literatürünüzdeki
boşlukları dolduracaktır.
Bu kitapta, son
yüzyıldaki bilimsel
çalışmalara ve
sonuçlarına kısaca göz
atılmaktadır.

En güç bilimsel
konuları, anlaması kolay
ve eğlenceli bir üslupla
ele alan bu kitap,
evrende neler olup
bittiğini gösterecek ve
bilimsel gerçekleri
öğrenmeniz için sizi
kışkırtacak!

