

Bilim *ve* Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi Şubat 2019 Yıl 52 Sayı 615 - 7 TL

**Cevabı
Bulunamayacak
Fizik Soruları**

En Hassas Atom Saati

Fosforun Önemi

Uydulardaki Güneş Panelleri

Deprem Riski

**Kilogramın
Yeni
Tanımı**

**Bilim
Dünyasının
Maskotu**



Su ayları

“Benim mânevi mirasım ilim ve akıldır”
Mustafa Kemal Atatürk

Bilim ve Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi
Yıl 52 Sayı 615
Şubat 2019

Sahibi

TÜBİTAK Adına Başkan
Prof. Dr. Hasan Mandal

Genel Yayın Yönetmeni ve Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

Doç. Dr. Rukiye Dilli
(rukiye.dilli@tubitak.gov.tr)

Yayın Yönetmeni

Dr. Özlem Kılıç Ekici
(ozlem.ekici@tubitak.gov.tr)

Yayın Danışma Kurulu

Doç. Dr. Emine Adadan
Bekir Çengelci
Doç. Dr. Bircan Kayaaslan
Doç. Dr. Lokman Kuzu
Prof. Dr. Faruk Soyduğan
Prof. Dr. Abdurrahman Muhammed Uludağ

Yazı-Araştırma ve Editörler

Dr. Özlem Ak
(Tıp ve Sağlık Bilimleri)
(ozlem.ak@tubitak.gov.tr)
Dr. Tuncay Baydemir
(Temel Bilimler ve Teknoloji)
(tuncay.baydemir@tubitak.gov.tr)
Dr. Şahin İdin
(sahin.idin@tubitak.gov.tr)
Dr. Bülent Gözcelioğlu
(bulent.gozcelioglu@tubitak.gov.tr)
Dr. Mahir E. Ocak
(Fiziksel Bilimler)
(mahir.ocak@tubitak.gov.tr)
Dr. Tuba Sarıgül
(Temel Bilimler)
(tuba.sarigul@tubitak.gov.tr)
İlay Çelik Sezer
(Yaşam Bilimleri)
(ilay.celik@tubitak.gov.tr)

Redaksiyon

Nurulhude Baykal
(nurulhude.baykal@tubitak.gov.tr)
Mehmet Sığırıcı
(mehmet.sigirci@tubitak.gov.tr)

Grafik Tasarım

Ödül Evren Töngür
(odul.tongur@tubitak.gov.tr)

Çizer

Erhan Balıkcı
(erhan.balikci@tubitak.gov.tr)

Video-Animasyon-Web

Selim Özden
(selim.ozden@tubitak.gov.tr)

Teknik Yönetmen

Sadi Atılğan
(sadi.atilgan@tubitak.gov.tr)

Mali Yönetmen

Adem Polat
(adem.polat@tubitak.gov.tr)

İdari Hizmetler

Mehmet Akif Şenyıl
(mehmet.senyil@tubitak.gov.tr)
Nahide Soytürk
(nahide.soyturk@tubitak.gov.tr)

Yazışma Adresi

Bilim ve Teknik Dergisi
Kavaklıdere Mahallesi Esat Caddesi
TÜBİTAK Ek Hizmet Binası No: 6
06680 Çankaya ANKARA
Tel (312) 298 95 41 Faks (312) 428 32 40
İnternet www.bilimteknik.tubitak.gov.tr
e-posta bteknik@tubitak.gov.tr
Abone İlişkileri (312) 222 83 99
abone@tubitak.gov.tr
Abone www.tubitakdergileri.com.tr

ISSN 977-1300-3380

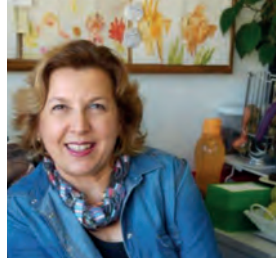
Fiyatı 7 TL - Yurtdışı Fiyatı 5 Euro

Dağıtım TDP <http://www.tdp.com.tr>

Baskı PROMAT Basım Yayın San. ve Tic. A.Ş.
<http://www.promat.com.tr/>
Tel (212) 622 63 63

Baskı Tarihi 17.01.2019

Bilim ve Teknik Dergisi, Milli Eğitim Bakanlığı
[Tebliğler Dergisi, 30.11.1970, sayfa 407B, karar no: 10247]
tarafından lise ve dengi okullara; Genelkurmay Başkanlığı
[7 Şubat 1979, HRK: 4013-22-79 Eđt. Krs. Ş. sayı Nşr.83]
tarafından Silahlı Kuvvetler personeline tavsiye edilmiştir.



Bilim dünyasının en popüler maskotu olarak kabul edilen su ayları, daha bilimsel adıyla tardigradlar, gerçekten de çok özel canlılar. İlk görüşte kurgu ürünüyümüş izlenimi uyandırabilen bu tuhaf canlılar en az 500 milyon yıldır dünyadaki varlığını sürdürüyor. Su aylarını popüler bilim gündeminde ön plana çıkaran en önemli özellikleri çok çeşitli uç koşullara karşı sıra dışı biçimde dayanıklılık göstermeleri. Son yıllarda su ayları konusunda yapılan çok sayıda araştırmaya ve önemli keşiflere rağmen bu canlıların üstün dayanıklılığına ilişkin büyük resim hâla gizemini koruyor. İlay Çelik Sezer bu ayki yazısında su aylarının gizemli dünyasını çok detaylı bir şekilde ele alıyor.

Avusturyalı matematikçi Kurt Gödel, 1930'larda yayımladığı eksiklik teoreminde, ne kadar çok yeni aksiyom tanımlanursa tanımlansın tam sayılarla ilgili, doğru ya da yanlış olduğuna karar verilemeyecek önermelerin her zaman olacağını ispatlamıştı. Mahir Ocak “Cevabı Bulunamayacak Fizik Soruları” başlıklı yazısında karar verilemeyecek soruların sadece matematikle sınırlı olmadığından, fizikte de karar verilemeyen problemlerin var olduğundan bahsediyor. Özlem Ak, mühendislik alanında 2018 yılı TÜBİTAK Bilim Ödülü'ne “Deprem Mühendisliği alanında deprem riski konularındaki uluslararası düzeyde üstün nitelikli çalışmaları” nedeniyle layık görülen Prof. Dr. Mustafa Erdik'le yaptığı röportaj sonrası hazırladığı yazıda bu başarının altında yatan hayat hikâyesine ve bilimsel çalışmalara yer veriyor.

“Kilogram Yeniden Tanımlanıyor”, “Uydularda Kullanılan Güneş Panelleri”, “Kütleçekimsel Zaman Genişlemesini Ölçebilecek En Hassas Atom Saati Geliştirildi”, “Fosfor: Dünü, Bugünü ve Yarını” başlıklı popüler bilim yazılarımızı da zevkle okuyacağınıza eminiz.

Dergimizin daha düşük fiyata ve ücretsiz kargoyla sizlere ulaşacağı abonelik kampanyasından (yıllık 60 TL) faydalanmak için www.tubitakdergileri.com.tr adresini ziyaret edebilirsiniz.

Dergimiz yayın hayatına başladığı 1967'den beri her ay ülkemizdeki ve dünyadaki gelişmeleri, hayatın içindeki bilimi ve merak edilen ilginç bilgileri, konusunda uzman yazarlardan oluşan ekibiyle, en doğru ve anlaşılır biçimde sizlere ulaştırıyor. Bilim okur-yazarı olan bilinçli nesiller büyüten dergimiz, özgün ve zengin içeriği ve değişmeyen çizgisiyle okuyucularının geleceğine yön vermeye, popüler bilim iletişiminin en önemli aracı olmaya devam ediyor.

Dergimizin internet sayfasını (<http://www.bilimteknik.tubitak.gov.tr>) ve sosyal medya hesaplarını da takip edebilir, hayatınızdaki yerini ve size neler kattığını bizlerle paylaşabilirsiniz (bteknik@tubitak.gov.tr).

Bu sayımızı da keyifle okumanızı diliyor,

sonraki sayılarımızı sabırsızlıkla bekleyeceğinizi umuyoruz.

Saygılarımızla,

Özlem Kılıç Ekici

İçindekiler

22

Cevabı Bulunamayacak Fizik Soruları

Mahir E. Ocak

Matematiksel ifadelerin doğru olup olmadığına karar verebilecek genel bir algoritma yoktur. Yakın zamanlarda yapılan bir çalışmaya karar verilemeyecek soruların sadece matematikle sınırlı olmadığını gösteriyor. Üç araştırmacı, *Nature*'da yayımladıkları bir makalede temel bir fizik sorusunun karar verilemez olduğunu gösterdi. Peki, bu durum tam olarak ne anlama geliyor?



52

Kilogram Yeniden Tanımlanıyor

Beste Korutlu, Sevdâ Kaçmaz

Kütle ölçüm standardı olarak kullanılan Uluslararası Kilogram Prototipi (IPK), 130 yılın sonunda emekliye ayrılarak yerini evrensel bir sabit olan Planck sabitine bırakacak. Böylece, kilogram tanımlanırken insan yapımı bir nesne olan IPK yerine, kuantum dünyaya açılan kapının anahtarı Planck sabiti kullanılacak.

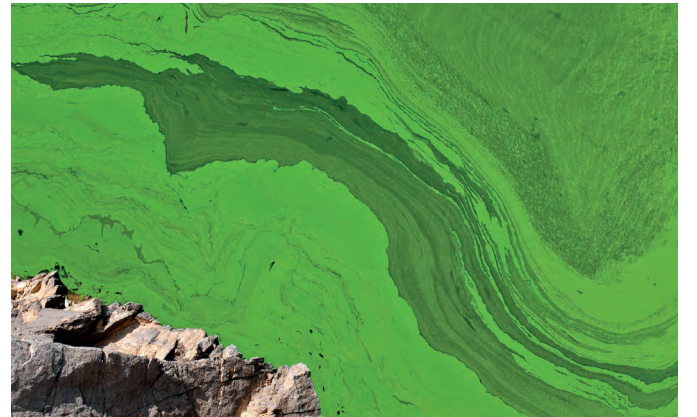


76

Fosfor: Dünü, Bugünü ve Yarını

Semih Özler

Kaynakların sınırlı olduğu günümüzde, iyi bir yönetim sistemi olmadan sürdürülen fosfor kullanımı yeni bir hikâye ile karşımıza çıkmak üzere: ulusal ve uluslararası gıda güvenliği ile birebir ilişki içerisinde olan fosfor kıtlığı. Ayrıca, su kaynaklarına karışan fosfor, okyanus ve deniz tabanında birikmeye devam ediyor.



4

Bilim ve Teknik ile Büyüdüm!

Özlem Ak

6

Haberler

12

Mühendislik Alanında TÜBİTAK Bilim Ödülü Deprem Riski Çalışmalarına, Prof. Dr. Mustafa Erdik

Özlem Ak

Mühendislik alanında 2018 yılı TÜBİTAK Bilim Ödülü “Deprem Mühendisliği alanında deprem riski konularındaki uluslararası düzeyde üstün nitelikli çalışmaları” nedeniyle Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Deprem Mühendisliği Ana Bilim Dalı emekli öğretim üyesi Prof. Dr. Mustafa Erdik’e verildi.



20

Bilim Çizgi Yörünge

Sinançan Kara

32

Tekno-Yaşam

Gürkan Caner Birer



36

Uydularda Kullanılan Güneş Panelleri

Arif Sinan Alagöz

Enerji kaynağı olarak güneş panellerinin kullanıldığı *Vanguard 1* uydusunun fırlatılmasından bugüne güneş panelleri sayesinde uydular uzun yıllar görev yapabiliyor.

44

Kütleçekimsel Zaman Genişlemesini Ölçebilecek En Hassas Atom Saati Geliştirildi

Mehmet Mustafa Demir

Fizikçiler bir santimetrelilik yükseklik farklarından kaynaklanan kütleçekimsel zaman genişlemesini bile ölçebilecek hassasiyete sahip bir atom saati geliştirdiler. Bu saatin bugüne kadar geliştirilmiş en hassas atom saati olduğu belirtiliyor.

51

Ayın Sorusu

(Matematik)

Azer Kerimov

58

Merak Ettikleriniz

Mesut Erol

60

Uç Koşulların Minik Süper Kahramanları: Su Ayıları

İlay Çelik Sezer

Su ayılarını popüler bilim gündeminde ön plana çıkaran en önemli nedenler çok çeşitli uç koşullara karşı sıra dışı biçimde dayanıklılık göstermeleri ve bu özelliklerinin hücre düzeyindeki temelleri hakkında bilim dünyasına sundukları yeni bilgiler.



74

Doğa - Fauna : Afrika Gri Papağanı

Bülent Gözcüoğlu

84

İki Boyutlu Malzemeler

Mahir E. Ocak

86

Düşünme Kulesi

Ferhat Çalpakulu

88

Satranç

Kıvanç Çefle



Magnus Carlsen

92

Gökyüzü

Tuba Sarıgül

94

Zekâ Oyunları

Emrehan Halıcı

96

Yayın Dünyası

İlay Çelik Sezer



Bilim ve Teknik



tubitakbiltek



tubitakbilimtek



TÜBİTAK Bilim ve Teknik

Bilim ve Teknik ile Büyüdüm

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi



Okurlarımızın *Bilim ve Teknik* dergisinin hayatlarındaki yerini, onlara neler kattığını, geleceklerine yön verirken nasıl bir rol oynadığını bizimle paylaştıkları mektuplarını yayımlamaya devam ediyoruz.

Bilim ve Teknik ile ilgili anılarını, duygu ve düşüncelerini bizimle paylaşan okurlarımıza çok teşekkür ediyor, “*Bilim ve Teknik* bilimi sevmemde ve kariyerimi seçmemde rol oynadı” diyen okurlarımız için adresimizi hatırlatıyoruz:

bteknik@tubitak.gov.tr

Bilim ve Teknik Şubat 2019

“Pek çok çocuğun mutluluk sebebi”



Merhaba,

Lise yıllarımda her ay büyük bir heyecanla aldığım *Bilim ve Teknik* dergisini okumaları için hocalarıma verdiği mi hatırlıyorum. Özellikle tarihi konularla ilgili çıkan bazı yazılar hocalarımda büyük hayranlık uyandırır. Onların gözlerinde gördüğüm şaşkınlık ve beğeni sanki dergiyi kendim çıkarmışçasına beni mutlu ederdi.

Artık büyüdüm. Gösterip de mutlu olabileceğini düşündüğüm pek bir insan kalmadı etrafımda. Ama *Bilim ve Teknik* hâlâ var ve ben de inatla dergiyi almaya devam ediyorum.

Daha pek çok çocuğun mutluluk sebebi olursunuz umarım.

Burak Özkan,

Hazine Uzmanı, Ankara

“Bilimle uğraşmak çok güzel, teşvik ettiğiniz için teşekkürler”



Merhabalar,

Bilim ve Teknik, lisans yıllarımdan beri takip ettiğim ve o yıllarda dergiye abone olan bir yurt arkadaşımın ödünç olarak okuduğum bir dergiydi. Dergiyi ne zaman elime alsam heyecanlanırdım ve okuduğumda “Humm... Öyle miymiş?.. Bak, bunu da öğrendim... Öğrenilecek ne çok şey var!..” diyerek gözlerimi sayfalarda mutlulukla doluştururdum. İyi ki bilim var! Araştırmacı olarak çalışmak, öğrenmek ve öğretmek muazzam bir şey. Şu an dergiye aboneyim ve her ay dergi elime ulaştığında yıllar önceki heyecanı ve hazzı hâlâ hissediyorum.

Bana bu duyguyu yaşattığınız için emeği geçen herkese sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayfer Koyuncu,

Hacettepe Üniversitesi, Biyomühendislik Ana Bilim Dalı, Ankara

“Çocuklara yeni pencereler açmaya devam edin”



Merhaba,

Bilim ve Teknik ve *Bilim Çocuk* dergileri hakkında konuşmak bir bakıma çok şahsi bir mesele benim için. Çocukluğumun geçtiği küçük ilçede sıkıntıdan patlarken ve hep bir arayış içindeyken önüme yeni dünyaların açıldığı ilk pencerelere bu dergiler sayesinde sahip oldum. Popüler bilim kitapları listesinden alacağım kitapları işaretleyip para biriktirmeye çalıştığımı, *Bilimsel Deneyler* kitabındaki birçok deneyi elime yüzüme bulaştırdığımı ve belirli aralıklarla kırtasiyeye gidip yeni sayıları sorduğumu dün gibi hatırlıyorum.

Nitekim, o zamanlar hayal ettiğim gibi bir astronot ya da genetik mühendisi olamadım ancak sayenizde bilimin ufuk açıcılığıyla başı dönen, dünyamızın enginliğinde kaybolan ve merak dolu bir sosyal bilimci olduğumu düşünüyorum.

Çocuklara yeni pencereler açmaya
devam edin lütfen!

Buğrahan Bayram,
Akademisyen, Ankara

“Bilimsel rehberimiz *Bilim ve Teknik* dergisi”



Merhaba,

Bilim ve Teknik dergisiyle çocukluğumda tanıştım. Öğretmen olduğumda bile hem yeni şeyler öğrendiğim hem de bilgilerimi güncellediğim başucu kitabım niteliğindeki bu derginin nice yıllar devam etmesini istiyorum.

Teşekkürler TÜBİTAK!

Aydın Çevik,
Biyoloji Öğretmeni

“Hayallerimin merkezi”



Merhaba,

Bilim ve Teknik kimilerinin gözünde iki kelimeden başka bir şey ifade etmez ama kanı bilimle kaynayanın, kalbi teknik ile atanın canı cananıdır *Bilim ve Teknik*. Her ay bir sonraki sayıyı çölde su arayan bir bedevî gibi sabırsızlıkla beklemek, eline aldığı anda da narin bir inci gibi ona kıyamadan paketini açmaktır *Bilim ve Teknik* sevdası. Bıkmadan usanmadan bilimi kalbimize bir ustalıkla aşılarmaktır *Bilim ve Teknik* vefası.

Karanlıkta tam da ihtiyacım olan feneri bulur gibi tanıştım *Bilim ve Teknik* ile. Bir ışık oldu dağıttı aklımdaki kara bulutları. Her hikâyeye bir tanışma ile başlar, ben seni ararmışım da adını bilmezmişim. Kimin aklına gelirdi kalplerin bilimle fethedileceği. Hatta bu fethin bütün vücudu harekete geçirip hayallere açılan bir kapı olacağını. Sen benim hayallerimin merkezi, baş rotası oldun *Bilim ve Teknik*. Bütün hayallerim sende birleşir oldu. *Bilim ve Teknik* yayın yönetmeni olmayı hep hayal eder oldum. Bir gün derginin ilk sayfasını açtığımda kendi resmim orda olsun istiyorum.

Bu dergide yazılan ilk kelimeden elime ulaşana kadar emeği geçen herkese çok teşekkür ederim. Bilimle bizi aydınlatman dileğiyle, hep bilimle kal bilimin dergisi *Bilim ve Teknik*.

Erva Yaren İşler,
Selahaddin Eyyubi Proje Okulu, Malatya

Haberler

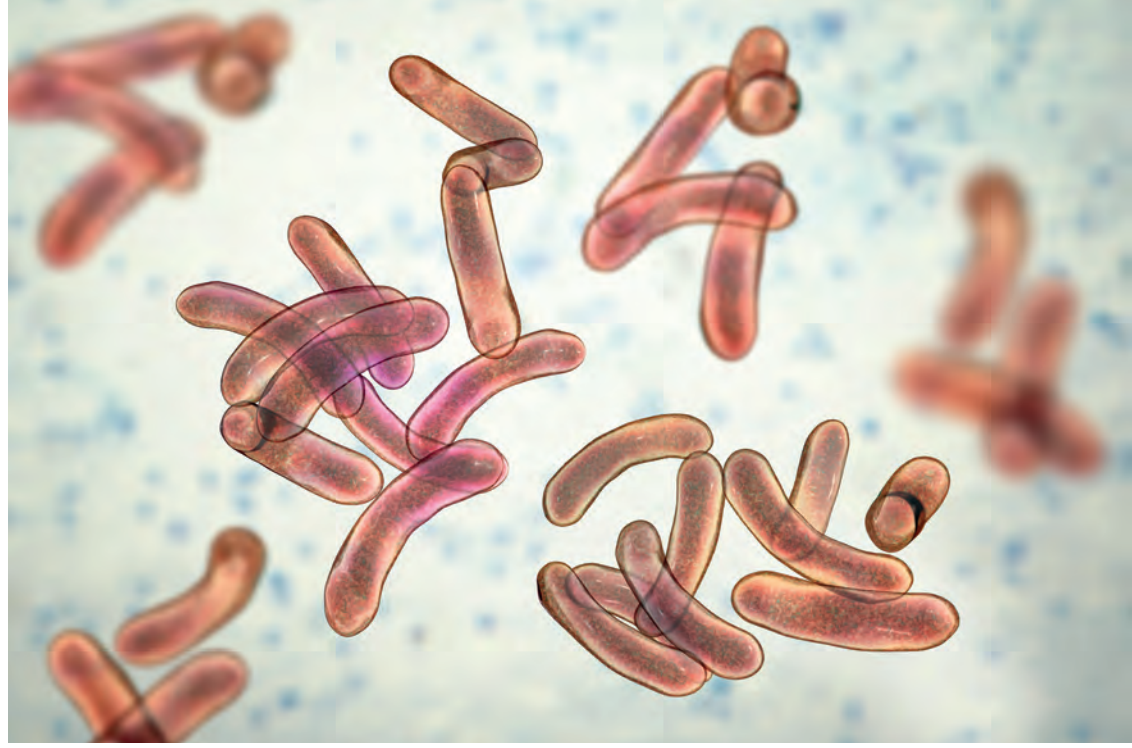
Bakterileri Dinleyen Katil Virüsler

Dr. Mahir E. Ocak

Princeton
Üniversitesi'nden
Prof. Dr. Bonnie Bassler
ve öğrencisi
Justin Silpe, VP882 olarak
adlandırılan, bakteriler
arasındaki iletişimi
dinleyen bir virüs keşfetti
ve bu virüsü çeşitli
bakterileri öldürmek için
kullanmayı başardı.
Konu ile ilgili bir makale
Cell'de yayımlandı.

Bir bakteriye giren virüs,
bakteriyi öldürmekle
bakterinin içinde yaşamak
arasında bir tercih
yapmalıdır. Bakteriyi
öldürme süreci virüsün
çoğalmasıyla başlar.
Bakteri öldüğünde ortada
kalan çok sayıda virüs
yaşamaya devam etmek
için kendilerine
yeni konakçılar bulmak
zorundadır. Dolayısıyla
içinde yaşadığı
bakteriyi öldürmek virüs
için riskli bir karardır.

Bakteriler çeşitli
kimyasal maddeler
aracılığıyla birbirleriyle
iletişim kurabilir.



Birlikte hareket etmeye
başlamadan önce
yeterli sayıya
ulaşmayı beklerler.
Araştırmacıların keşfettiği
VP882 virüsünün en
önemli özelliği,
bakteriler arasındaki
iletişimi “dinleyerek”
konakçısını öldürmek
için en uygun zamanı
belirleyebilmesi.
Virüs, etrafta
yeterli sayıda bakteri
olduğu bilgisini
“duyduktan” sonra
içinde yaşadığı konakçıyı
öldürmeye başlıyor.
Böylece bakteri
öldükten sonra ortada
kalan virüsler
kendilerine yeni
konakçılar bulmakta
zorlanmıyor.

Araştırmacılar, VP882
virüslerini
“yanlış bilgilendirerek”
istedikleri zaman içinde
yaşadıkları bakteriyi
öldürmelerini
sağlamayı başarmışlar.
Üstelik VP882 virüsünün
önemli bir özelliği
var. Virüslerin büyük
çoğunluğu sadece
belirli türde hücrelere
-örneğin grip virüsü
sadece akciğer hücrelerine-
bulaşır. Laboratuvar
ortamında yapılan
deneylerdeyse VP882
virüsünün koleraya
sebebi olan *Vibrio cholerae*,
gıda zehirlenmelerine
yol açan *Salmonella*
ve çeşitli sindirim
sistemi hastalıklarına
neden olan

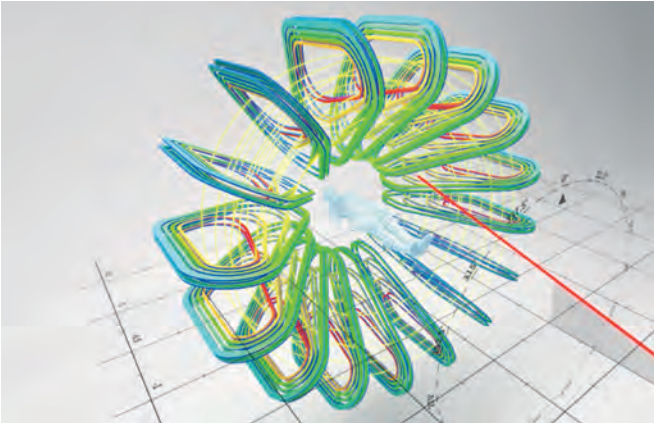
E. coli bakterilerini
öldürebildiği
gözlemlenmiştir.

Bu bakterilerin
birbirine neredeyse
hiç benzememesi
VP882'nin başka pek çok
bakteri türünü de
öldürme kapasitesine
sahip olabileceğine
işaret ediyor.
Dolayısıyla bu virüsleri
çeşitli hastalıklara
karşı tedavi amacıyla
kullanmak
mümkün olabilir.
Ayrıca antibiyotiklere
dirençli bakterilerin
ortaya çıkmasını
yavaşlatmak
amacıyla da bu
virüslerden
yararlanılabilir.

Tedavi amacıyla virüslerin kullanılması aslında yeni bir yöntem değil. Bakterilerle beslenen virüsler faj olarak adlandırıldığı için, bakterilerin sebep olduğu hastalıkların tedavisinde virüslerin kullanılması faj terapisi olarak adlandırılıyor. VP882'nin en önemli özelliği, bakteriler arasındaki iletişimi "dinleyerek" içinde yaşadığı bakteriyi öldürmek için en uygun zamanı tespit edebildiği bilinen ilk ve tek faj olması. ■

CERN'ün Mıknatıs Teknolojisi, Yenilikçi Kanser Tedavi Yöntemlerinde Kullanılabilir

Dr. Tuba Sarıgül



Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi (CERN) araştırmacılarının geliştirdiği mıknatıs teknolojisi, kanser tedavisinde kullanılan hadron terapi yönteminin uygulanmasında karşılaşılan teknik sorunların çözümüne önemli katkılar sağlayabilir.

Hadron terapi son yıllarda kanser tedavisinde kullanılan yenilikçi radyoterapi yöntemlerinden biri. Radyoterapi, kanser hücrelerini öldürmek için ışınların kullanıldığı bir tedavi yöntemidir. Radyoterapi yöntemlerinde genellikle yüksek enerjili ışınlar (örneğin X ışınları) kullanılırken hadron terapide proton ya da iyon demetleri kanserli hücreleri hedef alır.

Radyoterapi yöntemlerinde kanserli hücreler yok edilirken, etrafındaki sağlıklı dokulara zarar verilmemesi hayli önemlidir. Hadron terapi yönteminde kanserli hücrelerin çevresindeki sağlıklı dokular daha az etkilenir.

Radyoterapi yöntemlerinde ışınlar kanserli hücrelere farklı yönlerden uygulanır. Bu amaçla ışınları üreten cihaz tedavi sırasında hastanın etrafında dönerek hareket eder. Hadron terapi yönteminde bu amaçla kullanılan ekipmanlar genellikle çok büyük ve çok karmaşık sistemlerdir. CERN araştırmacılarının geliştirdiği GaToroid isimli sistem ise bu zorlukların üstesinden gelmesine yardımcı olabilir.

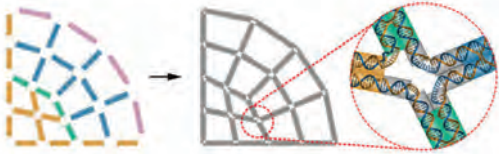
GaToroid isimli sistemde cihazın tedavi sırasında hastanın etrafında hareket etmesine ihtiyaç duyulmuyor. Bunun yerine proton ya da iyon demeti eğiliyor. GaToroid sisteminde yüksek sıcaklık süperiletken malzemeden üretilen halka şeklinde mıknatıslar kullanılıyor.

Bu sistem hadron terapi cihazlarının çok daha hafif ve daha küçük boyutta olmasını, dolayısıyla hadron terapi yönteminin kanser tedavisinde daha yaygın bir şekilde kullanılmasını sağlayabilir. ■

DNA Origami İçin Yazılım

Dr. Mahir E. Ocak

Origami, Japon kâğıt katlama sanatına verilen isimdir. DNA moleküllerinin katlanarak nanometre (metrenin milyarda biri) ölçeğinde yapıların inşa edilmesiyle DNA origami olarak adlandırılıyor. Geçmişte DNA origami, sadece konu hakkında uzmanlaşmış bilim insanlarının yapabileceği, önemli bilgi birikimi ve tecrübe isteyen bir işti. Ancak Massachusetts Teknoloji Enstitüsü ve Arizona Eyalet Üniversitesi'nde çalışan bir grup araştırmacı tarafından geliştirilen bir program sayesinde artık

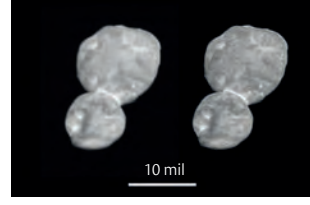


herhangi birisinin DNA origamiyle herhangi bir şekilde yapılar üretmesi mümkün hale geldi.

PERDIX adı verilen program internet üzerinden indirilebiliyor. Konu ile ilgili bir makale Dr. Hyungmin Jun ve arkadaşları tarafından *Science Advances*'ta yayımlandı.

DNA origamiyle herhangi bir yapıyı üretmek için ilk önce bir bilgisayar programı kullanılarak yapının şekli çiziliyor ve CAD (bilgisayar destekli çizim) dosyasına dönüştürülüyor. Daha sonra bu CAD dosyası PERDIX yazılımına girildi olarak veriliyor ve arzu edilen şekli üretecek DNA dizilerini belirlemesi isteniyor. Diziler belirlendikten sonra geriye sadece üretimin yapılması kalıyor. Elde edilen 10-100 nanometre büyüklüğündeki yapılar haftalarca, hatta aylarca bir tampon çözeltinin içinde bozulmadan kalabiliyor.

DNA origamiyle üretilen yapılardan çeşitli amaçlarla bilimsel araştırmalarda yararlanmak mümkün. Örneğin bağışıklık sistemi hücrelerinin vücuda giren yabancı maddeleri nasıl tanıdığı hakkında bugün çok az şey biliniyor. Gelecekte DNA origamiyle üretilen yapıların üzerindeki belirli konumlara bağışıklık sisteminin tepki vermesine neden olan çeşitli maddeler ekleyerek bu konu hakkında araştırmalar yapmak mümkün olabilir. Bir başka uygulama alanıysa, fotosentezdekine benzer biçimde, ışığı toplayan devreler üretmek. Araştırmacılar, bu amaçla kromofor olarak adlandırılan ışığa duyarlı molekülleri üretilen yapıların üzerine ekliyorlar. Bu devrelerin basit işlemler yapabilen kuantum bilgisayarlarında kullanılması da mümkün olabilir. Eğer gerçekleştirilebilirse oda sıcaklığında çalışan ilk kuantum bilgisayarı devreleri DNA origamiyle üretilen bu devreler olacak. ■



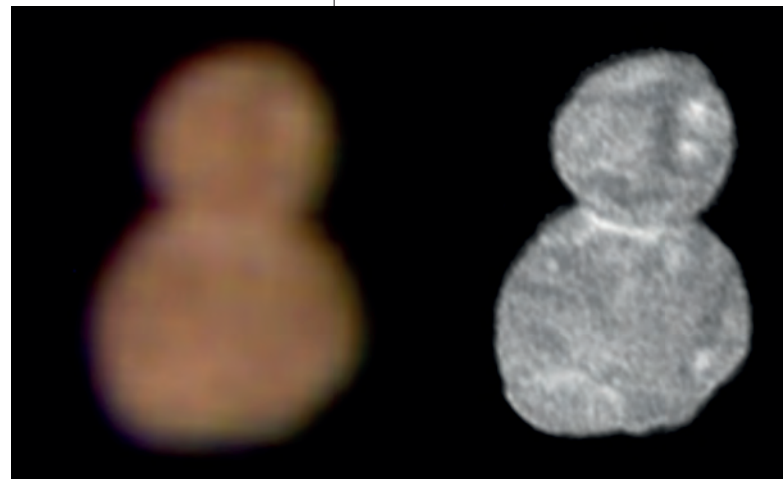
Kuiper Kuşağı'ndan Görüntüler

Dr. Mahir E. Ocak

NASA'ya ait *New Horizons* uzay aracı Kuiper Kuşağı'ndaki bir gök cisminin yaklaşık 28.000 kilometre yakınından geçti. Dünya'ya ulaşan ilk görüntülerde Ultima Thule adı verilen gök cisminin birbirine kaynaşmış iki küreden oluştuğu görülüyor. Plüton'un 1,8 milyar kilometre ötesinde bulunan Ultima Thule, bugüne kadar yakından görüntülen en uzak gök cismi oldu.

Yaklaşık 13 yıldır uzayın derinliklerine doğru yol almaya devam eden *New Horizons*, 3,5 yıl önce Plüton'un da yakınından geçmiş ve cüce gezegen ile uydusu Charon'un da detaylı fotoğraflarını çekmişti.

Milyarlarca irili ufaklı gök cismine ev sahipliği yaptığı düşünülen Kuiper Kuşağı, Güneş'e 30 ila 50 AB (astronomi birimi: Güneş ile Dünya arasındaki ortalama uzaklık 1 AB'dir ve yaklaşık 150 milyon km'dir) uzaklıktaki bölgedir. Plüton, Makemake ve Haumea cüce gezegenleri bu bölgede yer alır. *New Horizons*'ın 28.000 kilometre yakınından geçtiği, Güneş'e yaklaşık 43,4 AB uzaklıktaki Ultima Thule de Kuiper Kuşağı'nın içinde.





Görünümü kardan adama benzetilen Ultima Thule'yi meydana getiren kürelerin biri yaklaşık 19, diğeryse yaklaşık 14 kilometre çapında. İki kürenin milyarlarca yıl önce ufak buz parçalarının bir araya gelmesiyle oluştuğu düşünülüyor. Küreler önce spiral çizerek birbirine yaklaştı daha sonra da çarpışarak kaynaştılar. Ultima Thule'nin yapısının gezegen oluşumunun ilk aşamalarında karşılaşılabilecek türden olduğu söyleniyor. ■



Kontrol Edilebilen Topolojik Yalıtkan

Dr. Mahir E. Ocak

Avusturalya'daki Monash Üniversitesi'nde çalışan bir grup araştırmacı, bir topolojik yalıtkanın iletken ve yalıtkan halleri arasındaki geçişlerini elektrik alan yardımıyla kontrol etmeyi başardı. Dr. James L. Collins ve arkadaşlarının yaptığı araştırmanın sonuçları *Nature*'da yayımlandı. Topolojik yalıtkanlar gövdeleri yalıtkan, kenarları iletken olan malzemelerdir. Yıllardır üzerine araştırmalar yapılan bu malzemelerin özellikle elektronik endüstrisinde çok büyük potansiyele sahip olduğu düşünülüyor.

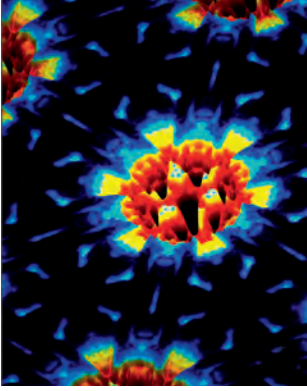
Günümüzde elektronik endüstrisinde kullanılan transistörler aktif hale geçtiğinde (akımı iletirken) bir miktar enerji ısıya dönüşür. Bir transistörden yayılan enerji her ne kadar çok az olsa da her saniye trilyonlarca transistörden çevreye yayılan ısı enerjisi çok büyüktür. Günümüzde tüm dünya

genelinde kullanılan elektrik enerjisinin %8'i bilgisayarlarda atık enerji olarak çevreye yayılıyor. Üstelik bilgi ve iletişim teknolojilerinde kullanılan enerji her on yılda bir iki katına çıkıyor. Topolojik yalıtkanların elektronik endüstrisi açısından en önemli avantajı, neredeyse hiç enerji kaybı olmadan elektriği iletebilmeleri. Sıradan iletkenlerle taşınan elektrik enerjisinin bir kısmının ısı olarak kaybolmasının nedeni, iletken boyunca ilerleyen elektronların malzemeyi oluşturan parçacıklarla etkileşerek saçılmaları (yön değiştirmeleri) ve bu sırada enerjilerinin bir kısmını malzemeye aktarmalarıdır. Topolojik yalıtkanlardaysa akım sadece malzemenin kenarları boyunca ilerler ve hareket sadece tek bir yönde mümkündür. Dolayısıyla topolojik yalıtkanlarda elektrik enerjisini taşıyan elektronlar saçılarak enerjilerinin bir kısmını malzemeye aktaramaz.

Bir topolojik yalıtkanın elektronik endüstrisinde kullanılabilmesi için sağlaması gereken üç koşul var:

- Oda sıcaklığında topolojik yalıtkan özelliği göstermesi (malzemenin aşırı düşük sıcaklıklara soğutulmasının gerekmemesi),
- İletken ve yalıtkan halleri arasında geçiş yapabilmemesi,
- Elektrik alan uygulanarak malzemenin iletken ve yalıtkan halleri arasında geçişlerinin hızlı bir biçimde kontrol edilebilmesi.

Geçmişte iletken ve yalıtkan haller arasında geçiş yapabilecek topolojik yalıtkanlarla ilgili çeşitli fikirler ortaya atılmış, ancak hiçbirine gerçeğe dönüştürülemedi. Monash Üniversitesi araştırmacılarının çalışması bu bakımdan bir ilk niteliği taşıyor. Araştırmacılar aşırı düşük sıcaklıklarda yaptıkları deneyler sırasında bir topolojik yalıtkanın iletken ve yalıtkan haller arasındaki geçişlerini elektrik alan uygulayarak hızlı bir biçimde kontrol etmeyi başarmışlar. Ayrıca yaptıkları ölçümlere göre malzemenin aynı davranışı oda sıcaklığında da gösterebileceğini söylüyorlar.



Gelecekte bu tür topolojik malzemelerle üretilecek transistörler elektronik cihazlarda kendine yer bulmaya başlayabilir. ■

Dede Korkut, UNESCO İnsanlığın Somut Olmayan Kültürel Mirası Temsili Listesi'nde

Nurulhude Baykal

“Dede Korkut-Korkut Ata Mirası: Kültürü, Efsaneleri ve Müziği” Türkiye, Azerbaycan ve Kazakistan’ın ortak başvurusu sonucu 28 Kasım’da UNESCO İnsanlığın Somut Olmayan Kültürel Mirası Temsili Listesi’ne kabul edildi.

Dede Korkut Kitabı, Oğuz Türklerinin bugün Türkiye, Azerbaycan ve Kazakistan’ı kapsayan geniş bir coğrafyada egemenlik kurduğu dönemlerden kalma hikâyelerin 15-16. yüzyılda yazıya geçirilmesiyle oluşmuş bir derlemedir. Eski Türk edebiyatı eserlerinin en iyi örneklerinden biridir ve içindeki atasözü, deyim, ağıt ve benzeri sözlü gelenek ürünlerinin yanı sıra eski Türk gelenekleri, inanışları ve ritüelleri bakımından da zengin bir kaynaktır.

Kitapta on iki hikâye ve hikâyelere ilişkin on üç şarkı var. Bunlardan en bilinenleri “Deli Dumrul”, “Boğaç Han”, “Basat’ın Tepegöz’ü Öldürmesi” ve “Kanturalı” hikâyeleridir. Destandan halk hikâyesine geçiş dönemini gösterdiği için halk edebiyatı bakımından da önemlidir. Hikâye ve şarkıları bir arada bulundurmasının yanı sıra hikâyelerin şiirimsi bir şekilde anlatılması da eseri öne çıkaran özelliklerdendir. Kahramanlıklar ve efsanevi unsurların karıştığı gündelik olayların anlatıldığı

hikâyelerde Dede Korkut bilge kişi olarak ortaya çıkarak kurguya katkıda bulunur. Kitabın günümüze kalan iki nüshası Vatikan ve Dresden’de bulunan kütüphanelerde korunuyor olsa da Dede Korkut hikâyelerinden çeşitli kültürel öğeler Türkiye, Azerbaycan ve Kazakistan’da günlük hayattan ulusal ve uluslararası etkinliklere kadar çeşitli alanlarda yaşatılarak nesiller arasında gelenek köprüsü kurmaya devam ediyor.

Dede Korkut mirası hem hikâyeleri ile hem de hikâyelerinin ve karakterinin özünde barındırdıkları ile günümüzde hâlâ Türkiye, Azerbaycan ve Kazakistan’ı kapsayan geniş bir bölgede sözlü anlatımlar, gösteri sanatları, kültür kodları ve müzik eserleri

aracılığıyla nesilden nesile aktarılıp yaşatılıyor. Dursun Yıldırım, Öcal Oğuz, Nebi Özdemir ve Gülin Ö. Eker gibi halk bilimi uzmanlarının Dede Korkut geleneğinin günümüzdeki yansımaları üzerinde duran çalışmaları var. Örneğin Dursun Yıldırım ve Öcal Oğuz, Barış Manço’nun Türk sözlü kültür ürünlerini şarkılarında kullanmasından ve uluslararası bir kitleye ulaştırmasından ötürü Dede Korkut ile benzeştiğini söylüyor.

40 gün 40 gecelik düğünler, elma gibi al yanaklar, yay gibi kaşlar ve benzeri öğelerin ve “Mekanı cennet olsun”, “Allah namerde muhtaç etmesin” gibi iyi dileklerin

16. yüzyıldan kalma el yazması Dede Korkut Kitabı (Dresden, Almanya)



Dede Korkut Kitabı'nda da geçtiğini düşünürsek yüzyıllar öncesinden kalmış bu eserin kültürümüzle ne kadar iç içe olduğunu daha iyi anlayabiliriz.

Somut olmayan kültürel miras, sözlü halk edebiyatı ürünleri; müzik, dans ve el sanatları gibi eyleme ve uygulamaya dayalı etkinlikler; doğa ve evrenle ilgili inanışlar ve nesilden nesile aktarılan bilgilerdir. Yani UNESCO İnsanlığın Somut Olmayan Kültürel Mirası Temsili Listesi'ne kabul edilen öge kütüphanelerde korunan kitaplar değil, kitapta yer alan karakterler (özellikle Dede Korkut) ve günümüzdeki temsilleri, sözlü kültüre ait diğer ürünler ve günümüze dek aktarılagelmiş o dönemden kalma kültürel pratikler ve ritüellerdir.

“Dede Korkut-Korkut Ata Mirası: Kültürü, Efsaneleri ve Müziği”nin UNESCO İnsanlığın Somut Olmayan Kültürel Mirası Temsili Listesi'ne kabul edilmesiyle Türkiye'nin bu listedeki öge sayısı 17'ye yükseldi. ■



Doğada Çözünebilen Plastikler

Ayşenur Okatan

Dünyada her yıl yaklaşık 300 milyon ton plastik üretiliyor. PET şişelerin, kablo kaplamalarının, oyuncakların vs. üretiminde yararlanılan plastikleri hayatımızın birçok alanında çeşitli amaçlar için kullanıyoruz. Ancak ham maddesi çoğunlukla petrol olan plastikler doğada kendiliğinden parçalanarak yok olmuyor. Üstelik plastiklerin üretimi sırasında doğaya zararlı kimyasal maddeler salınıyor. Doğada çözünmeyen plastik kullanımının gittikçe artması çevre sorunlarını da beraberinde getiriyor.

Yakın zamanlarda Tel Aviv Üniversitesi'nden bir grup bilim insanı artan plastik kirliliğine karşı doğada çözünebilen biyolojik polimer üretmeyi başardı. *Bioresource Technology* dergisinde yayımlanan çalışmada araştırmacılar bu amaçla deniz yosunuyla beslenebilen bir çeşit mikroorganizma kullandı.

Deniz yosunları fotosentez yaparak vücutlarında karbonhidrat içeren besinleri depolar. Deniz yosunuyla beslenen *Haloferax mediterranei* adlı mikroorganizmalar karbonhidratları kullanarak enerji üretir ve canlılık faaliyetlerini sürdürürler.

Araştırmada bu mikroorganizmalar deniz yosununun fotosentez sonucu ürettiği

besinleri fermente ederek (karmaşık yapıdaki maddelerin oksijen kullanılmadan daha küçük parçalara ayrıştırılması) doğal yollardan bir çeşit biyolojik polimer üretti. Daha önce yapılan benzer bir araştırmada şeker kamışı kullanılarak biyolojik polimer üretilmişti.

Elde edilen veriler gelecekte biyoplastik ürünlerin üretiminde farklı yenilenebilir kaynaklardan elde edilen biyolojik polimerlerin kullanılabileceğini gösteriyor. ■

Polimerler monomer adı verilen küçük moleküllerin bir araya gelmesiyle oluşan uzun zincirli yapılardır.

Günlük hayatta çoğunlukla polimer kavramı yerine plastik kullanılır.

Biyoplastiklerin Geri Dönüşümü



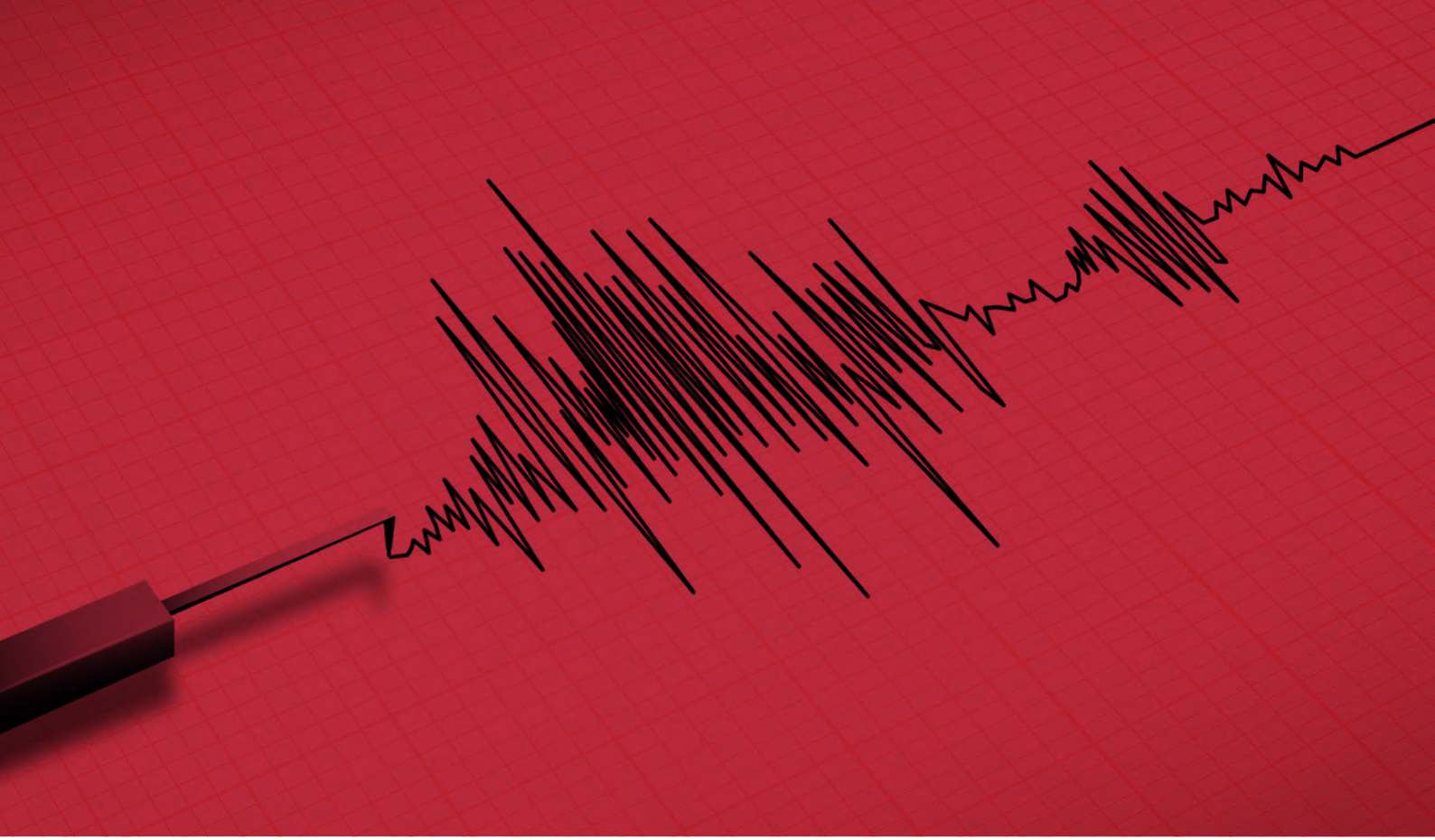
Deniz Yosunu



Biyoplastik Ürünler



Biyolojik Olarak Geri Dönüştürülebilir Ürün



Mühendislik Alanında TÜBİTAK Bilim Ödülü Deprem Riski Çalışmalarına

Prof. Dr. Mustafa Erdik

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Mühendislik alanında 2018 yılı TÜBİTAK Bilim Ödülü

“Deprem Mühendisliği alanında deprem riski konularındaki uluslararası düzeyde üstün nitelikli çalışmaları” nedeniyle Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Deprem Mühendisliği Ana Bilim Dalı emekli öğretim üyesi Prof. Dr. Mustafa Erdik’e verildi.

Kendisiyle yaptığımız söyleşide Prof. Dr. Erdik’ten hayat hikâyesini ve çalışmalarını dinlerken aynı zamanda sık sık gündemimize giren deprem ve İstanbul’da beklenen büyük deprem ile ilgili bilgiler aldık, deprem sigortasının önemini bir kez daha hatırladık.



*Prof. Dr. Mustafa Erdik
deprem ile ilgili çalışmaların disiplinlerarası
çalışmalar olduğunu vurguluyor.*

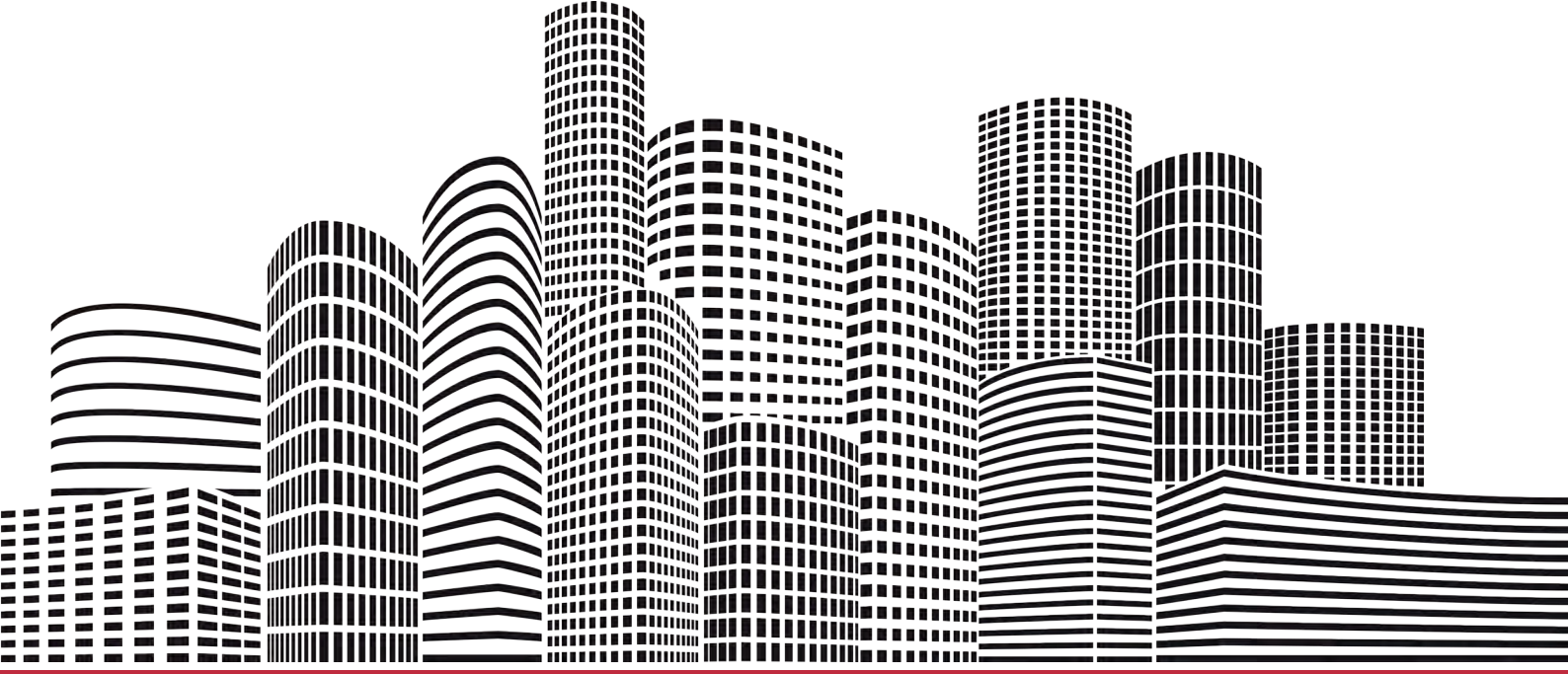
*Deprem denildiğinde aslında beraber çalışan
birkaç meslek grubu akla geliyor.
Örneğin inşaat mühendisliği ve deprem
mühendisliği iç içe alanlar gibi görünüyor ancak
deprem mühendislerinin çalışmaları
insanların yaşadığı yerleri, yaşam alanlarını
ve binaları depreme dayanıklı hale getirmek ile ilgili.
İşin jeoloji ve jeofizik boyutunda ise daha çok
bu yapıların maruz kaldığı ve kalabileceği
yer hareketlerinin ve depremlerin doğru bir şekilde
tespit edilmesini sağlamak var.
İnşaat mühendislerinin görevi ise yer hareketi
tespit edildikten sonra o yer hareketine
istenilen performansta cevap verecek
inşaatları ve binaları yapmak.*

1948'de doğan Prof. Dr. Mustafa Erdik, Kırklareli'nde başladığı ilkokulu Ankara'da bitirdi. Ankara Atatürk Lisesi'nden mezun olduktan sonra Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 1970 yılında ODTÜ'den mezun olan Prof. Dr. Erdik, aynı yıl Gediz'de gerçekleşen depremi araştırmak için Amerika Birleşik Devletleri'nden (ABD) gelen uzmanlarla çalıştı. Ardından Fulbright bursu ile ABD'ye gitti. 1971-1975 yılları arasında Rice Üniversitesi'nde yüksek lisans ve doktora çalışmalarını tamamladı. Ardından ODTÜ'ye dönerek Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi'nin kurulmasında görev aldı ve aynı zamanda müdürlüğünü de yaptı. Daha sonra Birleşmiş Milletler UNESCO projesi kapsamında 2 yıl Orta Asya'da bulundu ve Orta Asya'nın depremselliği ile ilgili çalışmalar yaptı. Türkiye'ye geri döndükten sonra, 1980'de, doçent oldu. Bir yıl ABD'de Princeton Üniversitesi'nde kaldı ve orada ders verdi. 1988'de Boğaziçi Üniversitesi'nde çalışmaya başlayan Prof. Dr. Mustafa Erdik aynı yıl Kandilli Rasathanesi'nde Türkiye'deki ilk deprem mühendisliği bölümünü kurdu.

Hâlen Boğaziçi Üniversitesi'nde emekli öğretim üyesi ve Türkiye Deprem Vakfı'nda başkanlık görevlerini yürütüyor. Ayrıca, İtalya, University of Pavia-Rose School ilintili öğretim üyesi. İnşaat yüksek mühendisi Hilal Erdik ile evli olan Mustafa Erdik'in bir oğlu (Dr. Baran Erdik) bulunuyor.

Diğer Ödüller

TÜBİTAK Bilim Teşvik Ödülü, NATO Zirvesi Bilim Ödülü, Birleşmiş Milletler Afetlerin Önlenmesi Ödülü ve SSA/EERI/COSMOS Bruce Bolt Madalyası Prof. Dr. Mustafa Erdik'in aldığı diğer ödüller. Prof. Dr. Bruce Bolt depremin kuvvetli hareketleriyle ilgili önemli çalışmalara imza atmış ve 2005 yılında vefat etmiş bir bilim insanı. Prof. Dr. Mustafa Erdik, 2012 yılında, Bruce Bolt adına her yıl bu konuda önemli çalışmalar yapmış kişilere verilen bu ödülü kazanan tek Türk olmuş.



Deprem Riskinin Tespiti Önemli

Prof. Dr. Mustafa Erdik ile söyleşimize deprem riskiyle başlıyoruz. Deprem riskinin kırsal bölgelerde can ve mal kaybına neden olma riskinin alt yapının olduğu kentsel bölgelere göre çok düşük olduğunu belirtiyor. Deprem tehlikesini ise başlı başına farklı bir durum olarak nitelendiriyor. Deprem tehlikesini değiştirmenin mümkün olmadığını ama deprem tehlikesinden etkilenecek yapıları depreme dayanıklı hâle getirerek, insanların daha bilinçli olmasını sağlayarak ve alt yapıyı güvenli yaparak söz konusu yapıların yarattığı riskleri azaltmamın mümkün olduğunu söylüyor.

Prof. Dr. Erdik ve ekibi deprem riskinin tespitiyle ilgili çalışmalar yapıyor. Örneğin, beklenen İstanbul depremi meydana geldiği zaman gerçekleşecek can kaybının ve mali kayıpların ne kadar olacağına, hangi hastanelere ulaşılabilceğine, hangi köprülerin ayakta kalabileceğine dair öngörülerde bulunuyor. Bu tip çalışmaların en büyük avantajlarından biri, yerel yöneticilere ve hükümete bir deprem sonrasında neler yaşanabileceğini somut olarak anlatmak. Diğer bir avantajı ise depreme maruz kalacak envanterin bilinmesi ve deprem sonrasında hızlı bir hesap yapılarak arama ve kurtarma ekibinin doğru yerlere yönlendirilmesinin sağlanması.

Deprem riskinin önemli boyutlarından biri de deprem sigortası. Doğal afet sigortası kapsamında ödenen primlerin tespiti için deprem riskinin bilinmesi gerekiyor. Eğer deprem riski sıfır ise prim ödemek gerekmiyor ama deprem riski yüksek ise o zaman da ödenecek primler de yüksek oluyor. Örneğin, bir köprü inşa edildiği zaman depremde hasar görme riskine göre sigorta primi hesaplanıyor. Doğal olarak, sigortacıların imkânlarının meydana gelebilecek tüm hasarları karşılamaya yetmesi ihtimaline karşı sigorta şirketi de kendini güvenceye almak zorunda. Prof. Dr. Erdik'in bu konuyla ilgili çalışmaları ve hazırladığı programlar var.

Prof. Dr. Erdik, deprem sırasında yapılması gerekenlerin anlatılmasının görevlerinin ilk aşaması olduğunu, asıl amaçlarının deprem sonrasında hayatı hızlı bir şekilde normale döndürmek olduğunu belirtiyor.

En çok merak edilen konuya geliyoruz: İstanbul depremi. Prof. Dr. Erdik, deprem de dâhil olmak üzere, doğadaki her olayın belli olasılıklarla meydana geldiğini ve İstanbul'da bir deprem yaşanma olasılığının yıllık %2-3 kadar olduğunu belirtiyor ve bu olasılığın değişmesi için Marmara'da yeni bir büyük depremin yaşanması gerektiğini belirtiyor.

Deprem Güvenli Yapılaşma

Prof. Dr. Mustafa Erdik deprem güvenli yapılaşmanın en basit tabiriyle deprem şartnamesine uygun binaların yapılması anlamına geldiğini söylüyor. Deprem şartnamesine göre, küçük bir deprem olduğu zaman bina hasar görmemeli, büyük bir deprem olduğu zaman ise binada hasar olsa da can kaybı yaşanmamalı. Bu koşullarda, bina hasar gördüyse ve deprem sigortası varsa sigorta devreye girerek binanın deprem öncesi hâline gelmesini sağlıyor.



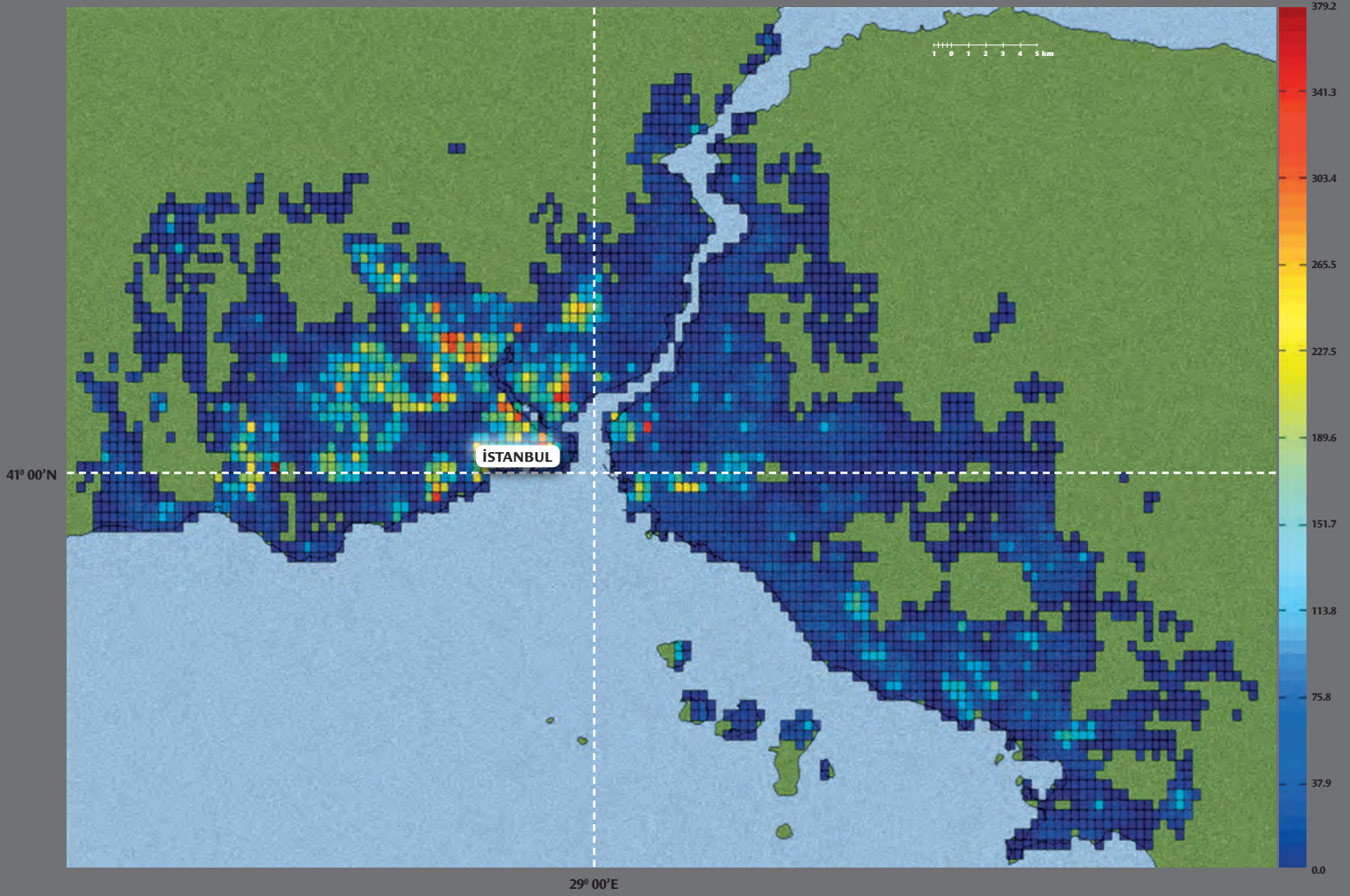
Tarihi boyunca birçok yıkıcı depreme maruz kalan İstanbul'da 4 ve 19. yüzyıllar arasında 32 adet deprem meydana gelmiş. Bu, ortalama olarak her 50 yılda bir orta şiddette deprem yaşandığı anlamına geliyor. Diğer taraftan ise İstanbul yaklaşık her 300 yılda bir çok şiddetli depremlerle sarsılmış.

İki Bin Yıllık Pencereden Bakıyoruz

İstanbul'da 20 milyon yıldır depremler meydana gelmesine karşın bu konuda çalışan bilim insanları yalnızca son 2000 yıldır yaşanan depremleri bilebiliyor. Depremlerin tarihine sadece son 2000 yılı kapsayan bir pencereden bakılabildiği için de ancak olasılıklar verilebiliyor. Prof. Dr. Mustafa Erdik, depremin gerçekleşeceği zamanla ilgili bilgiyi dünyada hiçbir bilim insanının veremeyeceğini vurguluyor.

Kuzey Anadolu Fay Hattı'ndaki depremler karakteristik denilen depremler. Fay hattında uzun yıllar biriken enerji büyük bir depreme neden oluyor. Prof. Dr. Erdik, bu fay hattında küçük depremler yaşanmadığı için İstanbul'da beklenen depremin şiddetinin deprem büyüklüğü açısından 7 veya daha üstü, konumunun da Marmara Denizi'nden geçen Ana Marmara Fay Hattı üzerinde olacağını söyleyebileceklerini ancak zamanı hakkında bir şey söylemenin mümkün olmadığını belirtiyor ve ekliyor: "10 saniye sonra da olabilir 50 yıl sonra da".

Asıl mesele ise İstanbul'da meydana gelebilecek depremde kayıpları en aza indirebilmek. Bunun da iki temel şartı olduğunu belirtiyor Prof. Dr. Erdik. Bunlardan ilki yeni inşa edilecek yapıların mevcut deprem riskini artırmamasını sağlamak ve ikincisi ise mevcut deprem riskinin azaltılması yönünde önlemler almak. Bu şartlardan birincisinin uygulanması için deprem etkilerini göz önünde bulunduracak şekilde düzenlenmiş arazi kullanım planlarının yapılması; tüm binaların, altyapıların ve şebekelerin depreme dayanıklı bir biçimde projelendirilerek inşa edilmesi gerekiyor. İkinci şartın sağlanması içinse deprem performansı yetersiz bina, altyapı ve şebekelerin yenilenmesinin yanında acil durum plan ve programlarının hazırlanarak uygulanmaya konması büyük önem taşıyor.



Moment büyüklüğü (Mw) 7,4 olan "İstanbul Depremi Senaryosu"nda %50 ihtimalle "Orta Hasar" görececek binaların tahmini dağılımı görülmüyor. Yaklaşık 300 m x 500 m boyutlarındaki hücreler içinde "Orta Hasar" göreceği tahmin edilen binaların sayısı renklerle ifade edildi.

Şiddet ve Büyüklük

Depreme dair iki kavramla ilgili pek çok kez karmaşa yaşıyor: depremin şiddeti ve depremin büyüklüğü. Prof. Dr. Mustafa Erdik bu iki kavramı açıklarken şöyle örnek veriyor: Örneğin radyo vericisinin bir anten çıkış gücü vardır. Bunu depremin büyüklüğü olarak algılayabiliriz. Bu güç değişmediği gibi depremin büyüklüğü de değişmez. Oysa radyodan gelen sesin seviyesi bazı yerlerde düşük, bazı yerlerdeyse yüksek olabilir. Bu durumda, radyo sesinin seviyesi depremin şiddeti olmaktadır. Örneğin, depremin şiddeti yumuşak zeminlerde yüksek, sert zeminlerde ise daha düşük olur. Radyoda vericiye (kaynağa) ne kadar yakın olunursa sesin seviyesi de o kadar yüksek olur. Yani insanların hissettiği radyo anteninin çıkış gücü değil, radyodan çıkan sestir.



1999 yılında meydana gelen Kocaeli depremindeki kayıplardan sonra, İstanbul için ayrıntılı risk analizlerine dayalı depreme hazırlanma ve afet planlaması için Boğaziçi Üniversitesi (BU-ARC, 2002) ve OYO International (JICA-IMM, 2003) tarafından yapılan geniş kapsamlı çalışmalar İstanbul'daki deprem riski hakkında bilgi sağladı ve "İstanbul Deprem Masterplanı" başlıklı raporun (İBB, 2004) hazırlanmasına önayak oldu.

Tüm bu risk belirleme çalışmaları İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) tarafından yaptırılan bir çalışma ile 2009 yılında kapsamlı olarak yenilendi.

Deprem Sigortası

1999 Kocaeli depreminden sonra yapılan en önemli uygulamalardan biri Zorunlu Deprem Sigortası'na (DASK) ilişkin düzenleme. 27.08.1999 tarih ve 4452 sayılı Doğal Afetlere Karşı Alınacak Önlemler ve Doğal Afetler Nedeniyle Doğan Zararların Giderilmesi İçin Yapılacak Düzenlemeler, 587 sayılı "Zorunlu Deprem Sigortasına Dair Kanun Hükmünde Kararname" ile DASK uygulaması yürürlüğe girmiş ve 27 Eylül 2000 tarihinden itibaren uygulanmaya başlanmıştır.

Türkiye'deki Deprem Araştırmaları

Türkiye'de deprem araştırmaları diğer pek çok disipline göre hayli gelişmiş bulunmaktadır. Prof. Dr. Mustafa Erdik İstanbul'da depremle ilgili bilinenlerin dünyadaki pek çok yerle, örneğin İstanbul ile benzer deprem tehlikesi olan San Francisco ve Tokyo ile başa baş olduğunu belirtiyor. Ama asıl meselenin araştırma yapmanın ötesinde, yapılan araştırmaların ve çalışmaların uygulanması ve hayata geçirilmesi olduğunu söylüyor. En iyi araştırmayı yapıp bunun raflarda duran bir yayın olarak kalmasının anlamı olmadığını, araştırmaların hayata geçirilmesinin yolunun hem eğitimden hem de bu uygulamalar için talep yaratmaktan geçtiğini vurguluyor.

Depremler için erken uyarı sisteminin önemi büyük. Prof. Dr. Erdik, Kandilli Rasathanesi bölgesi için büyük bir depremi 6-7 saniye önceden öğrenebileceklerini ancak insanlar açısından 6-7 saniyede yapılabilecek çok fazla bir şey olmadığını ama kritik bir tesis açısından bu sürenin çok büyük önem arz ettiğini belirtiyor. Bazı bölgelerde deprem sonrası patlamaları önlemek için doğal gazın ya da elektriğin kesilmesi çok önemli. Bugün erken uyarı sistemini İstanbul'da en iyi uygulayan birimin İGDAŞ olduğunu öğreniyoruz Prof. Dr. Erdik'ten. İGDAŞ'ın Kandilli Rasathanesi'nin işbirliği ile kurduğu, aralarında bir iletişim ağı olan yaklaşık 800 cihazdan oluşan deprem uyarı sistemi dünyanın en iyilerinden biri. Bu sistemde, herhangi bir şekilde, belirli bir büyüklüğün üstünde bir sarsıntı olduğu zaman otomatik valfler sayesinde gaz kesiliyor. Kamuya ait kurumlar da bu konuda bilinçli. Hem Marmaray'da hem de Avrasya Tüneli'nde trafiği erken durdurma sistemleri olduğunu söyleyen Prof. Dr. Mustafa Erdik, örneğin bir petrokimya tesisi kurulurken büyük bir deprem anında tesiste operasyonların durdurulması gerektiği göz önünde bulundurulmalı, tesise ruhsat vermek için erken uyarı sistemi olmalı ve uygun şekilde çalıştığı denetlenmeli diyor.



Tarihi ve Kültürel Mirasın Depreme Karşı Korunması

Prof. Dr. Erdik depremde can kaybının ve kaybolan tarihi ve kültürel varlıkların bir daha yerine konulamayacağını söylüyor. Belirli kontrollerle, deprem şartnamesinin uygulanmasıyla ve belli bir disiplinle can kaybının en aza indirilmesinin sağlanabileceğini ancak tarihi ve kültürel varlıkların depremde korunmanın oldukça zor olduğunu belirtiyor. Tarihi bir yapıyı depreme karşı güçlendirmenin zor bir işlem ve süreç olmasından, bu konuda çalışacak insan sayısının azlığından ve izin alınması gereken merci sayısının çok fazla olduğundan söz ediyor. Tarihi ve kültürel varlıkların korunmasına özellikle katma değeri yüksek çalışmalarla başlamak, yani minimum harcamayla maksimum koruma sağlamak gerekiyor.

Deprem tasarım yönetmeliğine uyulmadan projelendirilmiş ve/veya gerek projelendirme gerekse inşaat aşamasında yeterli denetim görmemiş binalar, doğal olarak, hedeflenen deprem performansını sağlayamıyor. Mevcut deprem yönetmeliği, muhtemel bir deprem sırası ve sonrasında bina tipi yapıların can güvenliğini sağlamasını performans hedefi olarak belirliyor ve yapıda meydana gelecek hasarın nitelik ve seviyesini bu hedef doğrultusunda sınırlıyor. Performans hedefinin sağlanması için yapı projesinin düzenlenmesi ve denetlenmesinin de bina inşaatının yapımı ve denetlenmesinin de yetkin kişi veya kurumlarca yapılması gerekiyor.

Örneğin, müzelerde sergilenen çok değerli eserlerin altına depremle ilgili yalıtım sistemlerinin yerleştirilmesi bu yönde bir adım olabilir. Bu tip çalışmalar Topkapı Sarayı'nda ve bazı müzelerde yapılmış ancak daha pek çok müzede benzer koruma önlemlerinin alınması şart. Bu konudaki diğer bir önemli madde ise geçici tedbirlerle de olsa, depremde tarihi yapıların ayakta kalması. Örneğin, tarihi yapının etrafına geçici iskele ve payandalar kurularak deprem sırasında ayakta kalmasını sağlamak mümkün.

1480 yıldır İstanbul'da sürekli tamir ve takviye sayesinde varlığını koruyabilen Ayasofya, bu süre zarfında, üçü çok ağır olmak üzere, yaklaşık 10 kere hasar görmüştür.



Depreme Dayanıklı Bina Tasarım Yarışması

DASK (Doğal Afet Sigortaları Kurumu) tarafından düzenlenen ve başkanlığını Prof. Dr. Mustafa Erdik'in yürüttüğü Depreme Dayanıklı Bina Tasarımı Yarışması'na üniversitelerin inşaat mühendisliği bölümünün son sınıf öğrencileri katılabiliyor.

Yarışmanın amacı inşaat mühendisliği öğrencilerine depreme dayanıklı yüksek bina tasarımı ve maket yapımı aşamalarında çalışma fırsatı sunmak, deprem mühendisliği disiplini tanıtmak, öğrencileri bu alanda uzmanlaşmaları için özendirmek ve deprem ve depreme dayanıklı bina bilincini artırmak olarak özetlenebilir. Yarışma çerçevesinde, katılımcılar balsa ağacı çitallerından belirli ağırlıkta ve belli kriterlere uygun, 20-30 katlı bina modeli yapıyor. Öğrenciler tam ölçekli bina yapmıyor olsa da küçük ölçekli bir binanın mimari modelini geliştiriyor, projesini hazırlıyor ve onu inşa ediyor. Bir sarsıntı yaşanması durumunda model binadaki davranışın ne olacağı analitik olarak bilgisayar programıyla hesaplanıyor. Bu hesaplar, doğrusal davranış göz önünde bulundurulursa, binanın ölçeğine bağımlı değil. Bu nedenle, yapılan hesap doğruysa küçük ölçekte de büyük ölçekte de aynı sonuç alınıyor.

Hazırlanan bina maketleri sarsma masası üzerine yerleştiriliyor ve deprem simülasyonu yapılıyor. İçlerinde en iyi deprem performansı gösterene ödül veriliyor. Böylece yarışmacılar deprem performansına göre bir yapının nasıl tasarlanması gerektiğini öğreniyor .

DASK Depreme Dayanıklı Tasarım Yarışması, 2003 yılından beri ABD'de Deprem Mühendisliği Araştırma Enstitüsü tarafından düzenlenen Sismik Tasarım Yarışması'nın Türkiye versiyonudur. Konsepti ve mekanizması ile birlikte Türkiye'de ve dünyada büyük yankı uyandıran DASK Depreme Dayanıklı Bina Tasarımı Yarışması hem ulusal hem de uluslararası arena da birbirinden prestijli ödüller kazanmıştır. Beşinci yarışmanın finali 7-8 Nisan 2019 İstanbul Osmanlı Arşivleri'nde düzenlenecektir.

Deprem Bir Doğa Olayı, Baş Edebiliriz!

Yaşanan her bir küçük deprem, büyük bir depremin hatırlatması aslında. Prof. Dr. Erdik bu küçük depremlerin büyük bir deprem için uyarı olup olmadığını söylemenin ya da anlamının çok zor olduğunu özellikle vurguluyor. İstanbul'daki, Marmara'daki depremlerin yerin 15-20 km derininde başladığını, teorik olarak her depremin küçük başlayıp ondan sonra büyümeye devam ettiğini belirtiyor. Prof. Dr. Erdik son 20-30 yıldaki depremlere bakıldığında, geçmişteki hangi depremin hangi büyük depremin öncüsü olduğunu söyleyebildiklerini ancak günümüzde meydana gelen küçük bir depremin hemen ardından bu depremin herhangi büyük bir depremin öncüsü olup olmadığını söylemenin imkânsız olduğunun önemle üzerinde duruyor. ■

Söyleşimizin sonunda, Prof. Dr. Mustafa Erdik, depremin sonuçta bir doğa olayı olduğunu, günümüzde depremden korunmak için çok sayıda imkân olduğunu, bütün tedbirleri alarak depremden korkmamamız ve depremle baş edebilmemiz gerektiğini hatırlatıyor.

Prof. Dr. Mustafa Erdik'i aldığı TÜBİTAK Bilim Ödülü'nden dolayı Bilim ve Teknik dergisi ekibi olarak kutluyor, bize ayırdığı zaman için de kendisine teşekkür ediyoruz.





Cevabı Bulunamayacak

Fizik Soruları

Dr. Mahir E. Ocak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Avusturyalı matematikçi Kurt Gödel'in 1930'larda yayımladığı "eksiklik teoremi" matematik dünyasını derinden sarsmıştı.

O yıllarda pek çok matematikçi, 1928 yılında David Hilbert tarafından ortaya atılan "karar verme problemi" üzerinde çalışıyordu. Söz konusu matematik olduğunda herhangi bir önermenin doğru ya da yanlış olduğunun ispatlanabileceği düşünülür. Hilbert de bu düşüncede idi ve düşüncesinin doğru olduğunun matematiksel yöntemlerle ispatlanmasını istiyordu. Karar verme problemi kısaca şu soruyu sorar:

Matematiksel önermelerin doğru olup olmadığına karar verebilecek genel bir algoritma var mıdır?

Eğer böyle bir algoritmanın var olduğu gösterilebilirse bu durum herhangi bir önermenin doğru ya da yanlış olduğunun ispatlanabileceği anlamına gelecekti. Fakat Gödel tam sayılarla ilgili doğru ancak ispatlanması imkânsız önermeler olduğunu gösterdi. Eksiklik teoreminden önce matematiksel bir önermenin ya doğru ya da yanlış olduğu düşünülürdü. Gödel ise doğru ya da yanlış olduğuna "karar verilemeyecek" önermeler de olduğunu ispatladı. Böylece karar verme probleminin cevabının olumsuz olduğu da anlaşıldı: Matematiksel ifadelerin doğru olup olmadığına karar verebilecek genel bir algoritma yoktur.

Yakın zamanlarda yapılan bir çalışmaysa karar verilemeyecek soruların sadece matematikle sınırlı olmadığını gösteriyor.

Üç araştırmacı, *Nature*'da yayımladıkları bir makalede temel bir fizik sorusunun karar verilemez olduğunu gösterdi.

Peki, bu durum tam olarak ne anlama geliyor?

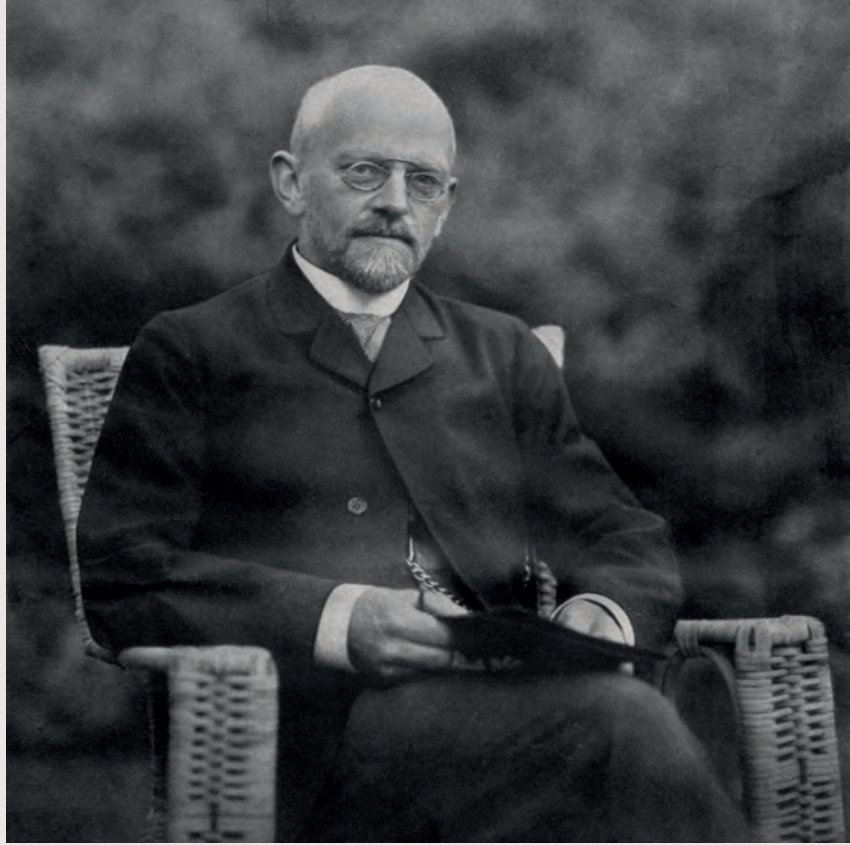


Karar Verme Problemi

Her matematik önermesinin ispatı, doğru olduğu bilinen diğer önermelere bina edilerek yapılır. Bu ispatlar zincirinde en temelde yer alan önermelere aksiyom denir. Aksiyomlar, tüm matematiği üzerine kurduğumuz, doğru ve tutarlı olduğunu varsaydığımız, ancak ispatlayamadığımız önermelerdir. Örneğin Öklid, *Elemalar* kitabında “paralel doğruların kesişmediğini” aksiyom olarak kabul eder. Düzlem geometriyle ilgili pek çok teoremin ispatında bu aksiyomdan yararlanılır. Ancak aksiyomun kendisini düzlem geometrideki diğer aksiyomları kullanarak ispatlamak mümkün değildir. Hatta eğik uzaylardaki geometriler, paralel doğruların kesişmediğini aksiyom olarak tanımlamanın gereksiz olduğunu, bu aksiyomun diğer aksiyomlar kullanılarak ispatlanabileceğini düşünen matematikçilerin beyhude çabalarının sonucudur.

David Hilbert tarafından 1928 yılında ortaya atılan “karar verme problemi”, aksiyomlar kullanılarak herhangi bir matematiksel önermenin doğru ya da yanlış olduğuna karar verebilecek genel bir algoritma olup olmadığını sorar. Hilbert’in kendisi böyle bir algoritmanın var olduğunu düşünüyordu. Eğer öyleyse tüm matematiği sağlam temellere oturtmak için “gerekli tüm aksiyomları” tanımlamak yeterliydi. Daha sonra bu aksiyomları kullanarak herhangi bir matematiksel önermenin doğruluğuna ya da yanlışlığına mantık yoluyla karar verilebilirdi.

Karar verme probleminin cevabı olumsuzdur: Aksiyomlar kullanarak herhangi bir matematiksel önermenin doğru olup olmadığına karar verebilecek genel bir algoritma yoktur. Cevabın olumsuz olduğunun anlaşılmasında birkaç önemli gelişmeden bahsedilebilir. Bunlar arasında Kurt Gödel’in eksiklik teoremleri, Alonzo Church ve Alan Turing’in algoritma kavramını tanımlaması ile Alan Turing’in Turing makineleri üzerinden “hesaplanabilirlik” kavramını tanımlaması ve durma problemiyle karar verme problemi arasında ilişki kurması sayılabilir.



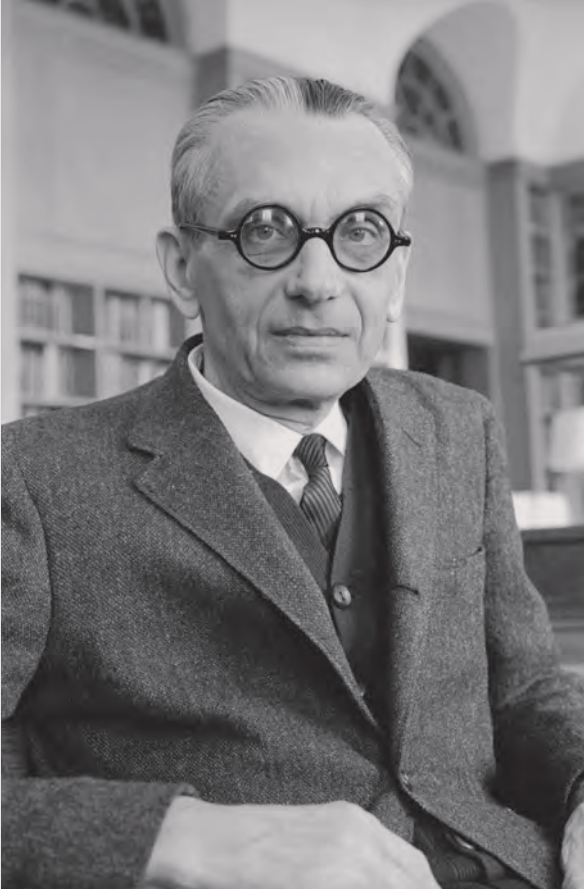
David Hilbert, (1862-1943)
Alman matematikçi

Geometriyi bir dizi aksiyoma indirgeyen ve matematiğin biçimsel temellerinin oluşturulmasına önemli katkıda bulunan Hilbert integralli denklemlere ilişkin çalışmalarıyla fonksiyonel analizin 20. yüzyıldaki gelişmesine öncülük etmiştir.

Eksiklik Teoremi

Gödel'in eksiklik teoremleri tutarlı aksiyom sistemleriyle ilgilidir. Elinizde matematiksel bir önerme varsa ya doğru ya da yanlış olmasını beklersiniz çünkü hem doğru hem de yanlış olamaz. Eğer bir aksiyom sistemi matematiksel önermelerin her durumda ya doğru ya da yanlış olduğunu gösteriyorsa sistemin "tutarlı" olduğu söylenir. Tutarlı aksiyom sistemleri kullanılarak mantık yürütme yoluyla bir önermenin hem doğru hem de yanlış olduğu sonucuna varılamaz.

Gödel'in birinci eksiklik teoremi, herhangi bir tutarlı aksiyom sistemiyle doğal sayıların aritmetiğiyle ilgili tüm doğru önermelerin ispatlanamayacağını söyler. Doğal sayılarla ilgili, doğru ancak ispatlanamayacak önermeler her zaman olacaktır. Gödel'in ikinci eksiklik teoremiyse sistemin kendi tutarlılığını gösteremeyeceğini söyler.



Hilbert'in karar verme problemi açısından asıl önemli olan birinci eksiklik teoremidir. Bu teorem herhangi bir aksiyom sisteminin tüm doğru önermeleri ispatlamak için yeterli olmadığını ifade eder. İlk bakışta, doğru ancak ispatlanamayan önermelerin yeni aksiyomlar olarak sisteme dâhil edilebileceği düşünülebilir. Ancak Gödel'in teoremi daha çok sayıda aksiyom içerecek yeni sistem için de geçerli olacaktır. Dolayısıyla bu daha büyük sistemi kullanarak da mantıksal akıl yürütme yoluyla tüm doğru önermeler ispatlanamaz. Kısacası, hiçbir aksiyomatik sistem tüm doğru önermeleri ispatlamak için yeterli olamayacağı için bir aksiyom sistemini kullanarak herhangi bir önermenin doğru ya da yanlış olduğuna karar verebilecek genel bir algoritma da olamaz. Dolayısıyla Hilbert'in karar verme probleminin cevabı olumsuzdur.

Gödel'in kendisi eksiklik teoremini yalancı paradoksuna benzetir. Birisinin "Bu cümle yalancıdır" dediğini düşünün. Cümle doğru mudur, yoksa yanlış mıdır? Cümle doğru olamaz çünkü kendisi yanlış olduğunu söylemektedir. Ancak cümle yanlış da olamaz çünkü o zaman doğru olması gerekir. Gödel'in eksiklik teoremiyle başardığı da temel aritmetik kullanarak yalancı paradoksunun bir tür matematiksel versiyonunu oluşturmaktır. Tıpkı yalancı paradoksundaki cümlelerin doğru ya da yanlış olduğuna karar verilememesi gibi, Gödel'in eksiklik teoremi de ne kadar yeni aksiyom tanımlanırsa tanımlansın doğruluğuna ya da yanlışlığına "karar verilemeyecek" önermeler olacağını söyler.

Kurt Gödel, (1906-1978)

Avusturyalı-Amerikalı mantıkçı, matematikçi ve matematik felsefecisi

Teoremlerinde tam sayı aritmetiğini içerecek kadar karmaşık herhangi bir sistemin içinde, sistemin aksiyomlarından yola çıkarak doğruluğu veya yanlışlığı kanıtlanamayacak önermeler bulunacağını ispatlamıştır. Bunun için ise Gödel numaralandırması ismi verilen bir metot geliştirmiştir.

Meşhur teoremini Viyana Üniversitesindeki doktora çalışması sırasında 1931 yılında ispatlamış, bununla 20. yüzyıl matematiğinin yönünü değiştirmiştir.

Turing Makineleri, Hesaplanabilirlik ve Durma Problemi

Alan Turing 1936’da hesaplamanın matematiksel modelini kurdu. Bu modelde, günümüzde Turing makinesi olarak adlandırılan soyut bir makine vardır. Turing makinesi sonsuz uzunlukta bir şeridin üzerindeki sembolleri okur, kendisine verilmiş komutlara göre bilgileri işler ve şeridin üzerindeki sembolleri silerek yenilerini yazabilir. Model her ne kadar basit olsa da ilke olarak modern bilgisayarlar için yazılmış herhangi bir algoritmayı uygulayabilecek bir Turing makinesi üretmek mümkündür.

Bilgisayar bilimindeki temel kavramlardan biri hesaplanabilirliktir. En genel anlamıyla bir soruyu çözebilme yetisini ifade eder. Bir sorunun hesaplanabilirliği, o soruyu çözmek için kullanılabilecek bir algoritmanın varlığıyla yakından ilişkilidir. Herhangi bir algoritmayı uygulayacak Turing makinesi kurmak mümkündür. Bu sebeple algoritma kavramının matematiksel tanımı olarak Turing makineleri kullanılır. Bir Turing makinesi tarafından uygulanan sürece algoritma denir.

Alan Turing, 1936 yılında hesaplanabilirlikle ilgili temel bir sorunun “karar verilemez” olduğunu ispatladı. “Durma problemi” olarak adlandırılan bu problem, herhangi bir girdiyi işleyen herhangi bir bilgisayar programının eninde sonunda durup durmayacağını söyleyecek genel bir algoritma olup olmadığını sorar. Bir algoritmayı uygulaya-



Alan Mathison Turing, (1812-1954)
İngiliz matematikçi, bilgisayar bilimcisi ve kriptolog

Bilgisayar biliminin kurucusu sayılır. Geliştirmiş olduğu Turing testi ile makinelerin ve bilgisayarların düşünme yetisine sahip olup olamayacakları konusunda bir kriter öne sürmüştür.

Turing Makineleri

Alan Turing’in bilgisayar biliminin temellerini atarken tanımladığı soyut Turing makinelerinin çalışma ilkesi gayet basittir. Makine sonsuz uzunlukta olduğu varsayılan bir şeridin üzerine yazılmış girdileri okur ve işler, çıktılarını da yine bu şeridin üzerine yazar. Şerit, her biri sadece tek bir sembol içeren ya da boş olan karelere bölünmüştür. Makinenin kafası her seferinde sadece bir kareyi okuyabilir. Okuduğu veriyi işledikten sonra o karedeki sembolü silerek yeniden yazabilir ya da hiçbir şey yapmayabilir. Ayrıca makinenin okuma ve yazma işlemlerini yapan kafa kısmı işlemi tamamladıktan sonra bir birim sağa ya da sola hareket eder.

cak bir Turing makinesi kurduğunuzu ve girdiyi sonsuz uzunluktaki bandın üzerine yazıp makineye verdiğinizizi düşünün. Verileri okuyup işlemeye başlayan makine bir süre sonra durup size cevabı mı verir, yoksa sonsuza kadar çalışmaya devam mı eder? Bu sorunun cevabını verecek genel bir algoritma var mıdır? Alan Turing durma probleminin karar verilemez olduğunu, yani herhangi bir iş için üretilmiş bir Turing makinesine herhangi bir girdi verildiğinde makinenin eninde sonunda durup durmayacağını söyleyebilecek genel bir algoritma olmadığını ispatladı.

Durma probleminin karar verilemez olması, bir Turing makinesinin durup durmayacağını hiçbir zaman bilinmeyeceği anlamına gelmez. Örneğin makineye verilen tek komut “Okuduğun veriyi sil ve dur” ise makinenin ilk okuduğu veriden

sonra duracağı açıktır. Ya da makineye verilen tek komut “Sıfır yaz ve bir birim sağa kay” ise makinenin sonsuz uzunluktaki bant üzerinde hiç durmadan sürekli sıfır yazarak ilerleyeceği açıktır. Ancak Turing’in ispatı makinenin durup durmayacağına karar verebilecek genel bir algoritma olmadığını söyler. Başka bir deyişle makinenin durup durmayacağını belirlemenin tek yolu makineyi çalıştırıp beklemektir. Eğer makine bir noktada durup size cevabı verirse durduğunu bilirsiniz. Ancak bir süre önce çalıştırdığınız makine hâlâ verileri işleyip çalışmaya devam ediyorsa bir süre sonra durup durmayacağını kesin olarak söyleyemezsiniz. Dolayısıyla durma problemi “karar verilemez” ya da “hesaplanamaz”dır.



Her bir Turing makinesi belirli bir algoritmayı (komutlar dizisini) uygulamak üzere tasarlanır. Her ne kadar makinenin işleyebileceği veri miktarının sonsuz olduğu varsayılrsa da makineye verilecek komutların sayısı sınırlıdır. Makinenin hangi durumda hangi komutu uygulayacağını “işsel durumu” tarafından belirlendiği söylenir. Her bir işlemden sonra makinenin işsel durumu değişebilir. Örneğin girdilerin ve çıktıların 1’lerle ve 0’larla kodlandığı durumda bir Turing makinesine verilen komutlar şu şekilde olabilir:

00->10¹L
01->2¹R
100->0¹R.DUR

Bu komutlarda küçük puntolarla yazılan rakamlar makinenin işsel durumunu, büyük puntolu rakamlarsa makinenin okuduğu (solda) ve yazdığı (sağda) simgeleri gösteriyor. Komutların sağ tarafındaki R ve L harfleriye makinenin işlemi gerçekleştirdikten sonra şeridin üzerinde sırasıyla bir birim sağa ya da sola hareket etmesini söylüyor. Dolayısıyla birinci komutta eğer işsel durumu

0’sa ve 0 rakamını okuyorsa, makineye 0 rakamını silip 1 rakamını yazdıktan sonra bir birim sola kayması ve işsel durumunu 10 olarak değiştirmesi söyleniyor. İkinci komutta eğer işsel durumu 0’sa ve 1 rakamını okuyorsa, makineye şeridin üzerinde yazılı simgeye hiçbir işlem yapmadan bir birim sağa kayması ve işsel durumunu 2 olarak değiştirmesi söyleniyor. Üçüncü komutta eğer işsel durumu 10’sa ve okuduğu rakam 0’sa, makineye 0 rakamını silip 1 rakamını yazdıktan sonra bir birim sağa kayması ve işsel durumunu 0 olarak değiştirip durması söyleniyor. Bir Turing makinesi çalışmaya başlarken girdiler kafanın sağındadır. Makine durduktan sonra verdiği sonuçsa kafanın sol kısmında yazar.

Turing makinesinin veri işleyen modern işlemcilerin genel bir örneği olduğu söylenebilir. Gerçek bir bilgisayar tarafından yapılabilecek herhangi bir hesap Turing makineleriyle de yapılabilir. En temel fark, gerçek bilgisayarların aksine, Turing makinelerinin okuyabileceği, işleyebileceği ve yazabileceği veri miktarının sınırsız olmasıdır. Ancak sınırlı zaman içinde bir Turing makinesinin kullanabileceği ve yazabileceği veri miktarı da sınırlıdır.

Spektral Boşluk ve Karar Verme Problemi

Üç matematikçi *Nature*'da yayımladıkları bir makalede spektral boşluk probleminin “karar verilemez” olduğunu gösterdi. Aynı durum pek çok başka fizik sorusu için de geçerli olabilir.

Spektral boşluk, bir malzemenin temel enerji seviyesiyle ilk uyarılmış enerji seviyesi arasındaki farktır. Bu farkın sonlu büyüklükte olduğu malzemelerin boşluklu, sıfır olduğu malzemelerine boşluksuz olduğu söylenir. Araştırmacıların bir malzemenin boşluklu ya da boşluksuz olmasının karar verilemez olduğunu göstermek için takip ettiği yöntem hayli karmaşık. Makalenin eklerindeki ispatların toplam uzunluğu yüz sayfanın üzerinde.



Kısaca özetlemek gerekirse araştırmacılar önce bir malzeme tasarlıyorlar. Öyle ki malzemenin temel enerji seviyesinde çok sayıda özdeş Turing makinesi kodlanıyor. Makinelerin bir kez çalışmaya başladıktan sonra durması malzemenin boşluklu, durmamasıysa malzemenin boşluksuz olduğunu gösteriyor. Durma probleminin kendisi karar verilemez olduğu için bu durum spektral boşluk probleminin de karar verilemez olduğu anlamına geliyor.

Turing makinelerinin işlemleri nasıl yaptığıyla ilgili birkaç örnek verelim. İşte bir n sayısını alarak $n+1$ sayısını hesaplayan bir Turing makinesinin komutları:

$00 \rightarrow 00R, 01 \rightarrow 11R, 10 \rightarrow 01R.DUR, 11 \rightarrow 11R.$

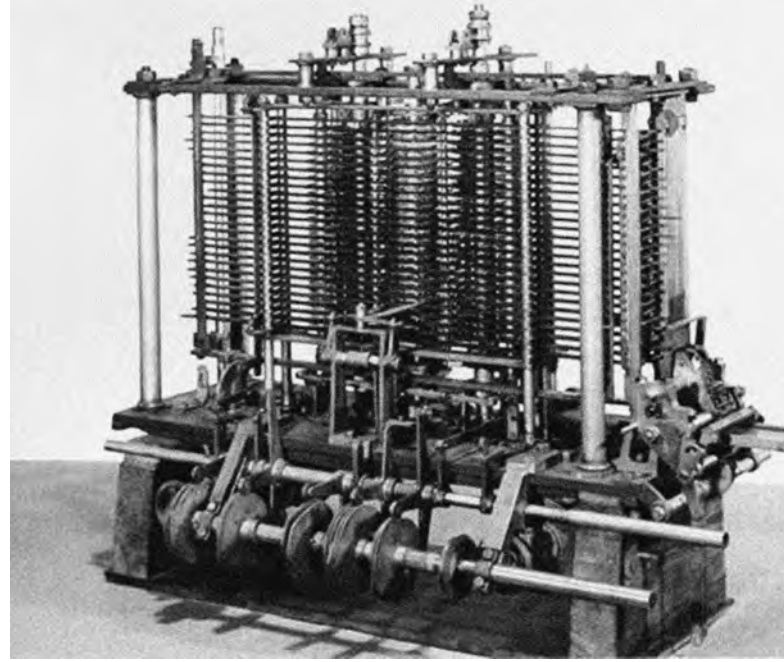
Bu Turing makinesinde bir n tam sayısı n tane ardışık 1 ile temsil ediliyor. Örneğin üç sayısına karşılık gelen girdi 0001110000, beş sayısına karşılık gelen girdiyse 0011111000 şeklinde olabilir. Şeridin sonsuz uzunlukta olduğunu (baştaki ve sondaki sıfırların sonsuza kadar uzandığını), başlangıçta makinenin kafasının girdinin sağ tarafında olduğunu, makine durduktan sonraysa cevabın makinenin kafasının sol tarafında olduğunu unutmayın. Örneğin üç sayısının bir fazlasını hesaplamak için başlangıçta içsel durumu 0 olan makineye 011100 girdisini verelim. Makinenin kafasının okuduğu rakamın altını çizerek gösterirsek başlangıç durumu şudur: 011100. Makinenin içsel durumu 0 olduğu ve okuduğu rakam 0 olduğu için birinci komutu ($00 \rightarrow 00R$) uygular: Makinenin kafası, okuduğu karede hiçbir değişiklik yapmadan bir birim sağa kayar ve içsel durumu da değişmez. Yeni durum 011100'dır. İkinci

işlemde makinenin içsel durumu 0 olduğu ve okuduğu rakam 1 olduğu için ikinci komutu ($01 \rightarrow 11R$) uygular: Makinenin kafası yine okuduğu rakamda bir değişiklik yapmadan bir birim sağa kayar, ancak bu kez işlemde sonra içsel durumunu 1 olarak değiştirir. Yeni durum 011100'dır. Üçüncü ve dördüncü işlemde dördüncü komut ($11 \rightarrow 11R$) uygulanır: Makinenin kafası okuduğu rakamda bir değişiklik yapmadan sağa kayar ve makinenin içsel durumunda bir değişiklik olmaz. Bu iki adımdan sonra durum şudur: 011100. Beşinci işlemde makinenin içsel durumu 1 olduğu ve okuduğu rakam 0 olduğu için üçüncü komut ($10 \rightarrow 01R.DUR$) uygulanır: Makine okuduğu 0 rakamını silip 1 rakamını yazdıktan sonra bir birim sağa kayar ve içsel durumunu 0 olarak değiştirip durur. Son durum 00111100'dır. Makinenin kafasının sol tarafında kalan şeritte ardışık dört tane bir rakamı olduğu için cevap 4'tür. Bu örnek hayli basitti, daha karmaşık iki örnekse aşağıda. Bir tam sayının iki katını hesaplayan Turing makinesi:

$00 \rightarrow 00R, 01 \rightarrow 10R, 10 \rightarrow 101L, 11 \rightarrow 11R, 100 \rightarrow 110R, 101 \rightarrow 1000R, 110 \rightarrow 01R.DUR, 111 \rightarrow 111R, 1000 \rightarrow 1011L, 1001 \rightarrow 1001R, 1010 \rightarrow 101L, 1101 \rightarrow 1011L.$

Araştırmacılar, makalelerinde spektral boşluğun karar verilemez olmasıyla ilgili iki teorem ispatlıyorlar. Birincisi, algoritmik karar verilemezlik: Tüm etkileşimler bilinse bile bir malzemenin boşluklu mu, yoksa boşluksuz mu olduğuna karar verebilecek genel bir algoritma yoktur. İkincisi, aksiyomatik karar verilemezlik: Elinizde tutarlı bir aksiyomlar sistemi olsa bile boşluklu mu, yoksa boşluksuz mu olduğu bu aksiyomlar tarafından belirlenemeyecek malzemeler vardır. Birinci teoremdeki karar verilemezlik durma probleminin karar verilemezliğine, ikinci teoremse Gödel'in eksiklik teoremine benziyor.

Turing Makinesi



Bu makineye de n sayısını girdi olarak vermek için bant üzerine n tane ardışık 1 sayısı yazılıyor.

İki tam sayının en büyük ortak bölenini hesaplayan Turing makinesi:

00→00R, 01→11L, 10→101R, 11→11L, 100→1010R, 101→110R, 110→1000R, 111→111R, 1000→1000R, 1001→1010R, 1010→1110L, 1011→1101L, 1100→1100L, 1101→11L, 1110→1110L, 1111→10001L, 10000→10010L, 10001→10001L, 10010→100R, 10011→11L, 10100→00R.DUR, 10101→10101R.

Bu Turing makinesi girdi olarak aralarında bir adet 0 olan ardışık 1'ler alıyor. Örneğin 8 ile 6'nın en büyük ortak bölenini bulmak için makineye girdi olarak üzerinde 0011111110111111000 yazılı bir şerit veriliyor.

Turing makineleriyle ilgili daha çok şey öğrenmek için bu yazıdaki örneklerin de kaynağı olan Roger Penrose'un *Kralın Yeni Usu* kitabını inceleyebilirsiniz.

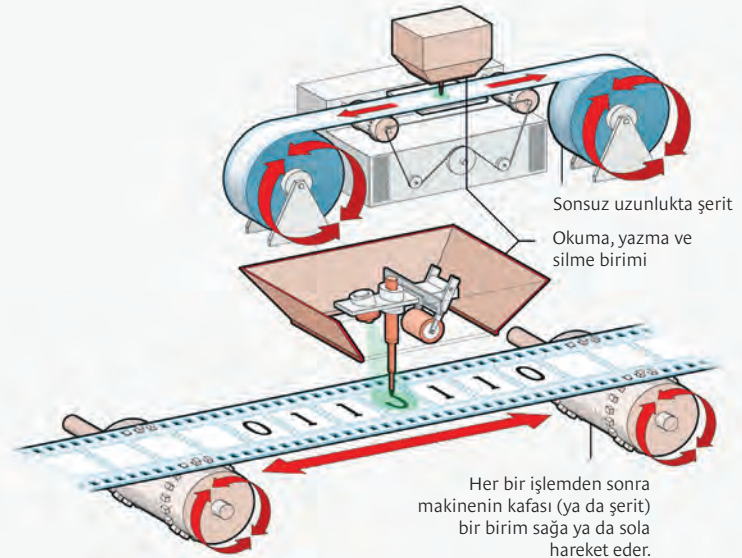
Turing Makinesi

Makine sonsuz uzunlukta olduğu varsayılan bir şeridin üzerine yazılmış girdileri okur ve işler, çıktıları da yine bu şeridin üzerine yazar.

Şerit, her biri sadece tek bir sembol içeren ya da boş olan karelere bölünmüştür.

Makine çalışmaya başlarken girdiler kafanın sağındadır.

Makine durduktan sonra verdiği sonuçta kafanın sol kısmında yazar.



Spektral Boşluk

Kuantum mekaniğini klasik mekanikten ayıran en temel farklardan biri süreksizliktir. Klasik mekanikte bir nesnenin enerjisi herhangi bir değer alabilir. Ancak maddeye atom ölçeğinde bakıldığında aynı durumun geçerli olmadığı görülür. Örneğin hidrojen atomunda elektronların bulunabileceği belirli enerji seviyeleri vardır. Elektronların farklı seviyeler arasında geçiş yaparken soğurduğu ve yaydığı fotonların enerjilerini ölçerek hidrojen atomunun spektrumu (tayfı) belirlenebilir. Söz konusu tek tek atomlar olduğunda farklı enerji seviyeleri arasında büyük boşluklar vardır. Ancak çok sayıda atomun bir araya gelmesiyle oluşan karmaşık malzemelerde boşluklar daha küçüktür, hatta bazen hiç boşluk yoktur.

Bir malzemenin temel enerji seviyesi, o malzemenin bulunabileceği en düşük enerjili seviyedir. Bilim insanları, malzemeleri temel enerji seviyelerine indirmek için sıcaklıkları neredeyse mutlak sıfıra düşene kadar soğuturlar. Malzeme dışarıdan enerji aldı-

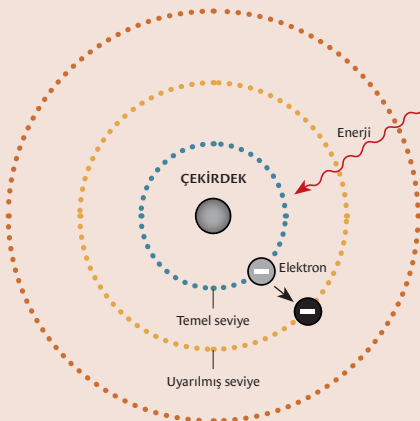
ğındaysa daha yüksek enerjili seviyelere geçer (uyarılır). Temel enerji seviyesi ile birinci uyarılmış enerji seviyesi arasındaki farka spektral boşluk denir. Bazı malzemelerin spektral boşluğu hayli büyüktür. Bazı malzemelerdeyse hiç spektral boşluk yoktur. Malzemenin “boşluklu” mu, yoksa “boşluksuz” mu olduğu özellikle düşük sıcaklıklardaki davranışlarını belirler. Örneğin boşluksuz malzemelerde kuantum faz dönüşümleri gerçekleşirken boşluklu malzemelerde bu gerçekleşmez. Peki, neden?

Faz dönüşümleri sırasında malzemenin özelliklerinde önemli değişiklikler olur. Günlük hayatta aşına olduğumuz erime ve donma gibi faz dönüşümleri malzemenin çevresiyle ısı alışverişi yapmasıyla gerçekleşir. Kuantum faz dönüşümleriye hiç ısı enerjisinin olmadığı mutlak sıfırda bile gerçekleşebilir. Örneğin bir malzemenin etrafındaki manyetik alan değiştirilerek yalıtkan halden süperiletken hale ya da katı halden süperakışkan hale geçmesi sağlanabilir.

Bu ve benzeri faz dönüşümlerinin mutlak sıfırda bile gerçekleşmesi ancak malzemenin boşluksuz olmasıyla mümkündür. Çünkü boş uzayda her daim meydana gelen kuantum salınımlarından ödünç alınacak en ufak miktarda enerji bile malzemenin uyarılmasını ve faz dönüşümü geçirmesini sağlayabilir. Boşluklu malzemeler içinse bu mümkün değildir. Dolayısıyla kuantum faz dönüşümlerinin tam olarak anlaşılabilmesi için malzemelerin hangi koşullarda boşluklu ya da boşluksuz olduğunun belirlenmesi gerekir. Yoğun madde fiziğindeki pek çok başka soru da yine spektral boşluk problemiyle ilişkilidir. Hatta Clay Matematik Enstitüsü’nün çözenlere Milenyum Ödülü’nü vaat ettiği yedi sorudan biri olan “Yang-Mills kütle boşluğu”nun da spektral boşluk probleminin bir türü olduğu söylenebilir. Parçacık hızlandırıcılarda yapılan deneyler, en hafif parçacığın kütlesinin (kütle boşluğunun) sıfır olamayacağına işaret eder. Yang-Mills kütle boşluğu problemi de bu hipotezin kuramsal yöntemlerle ispatlanmasıyla ilgilidir.

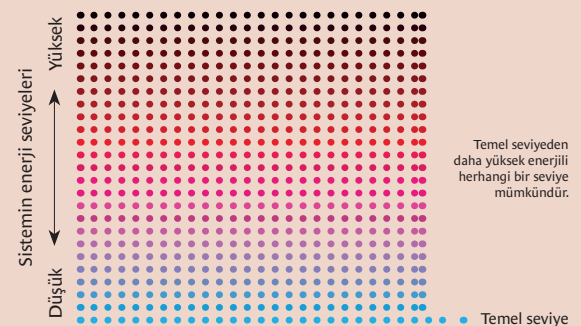
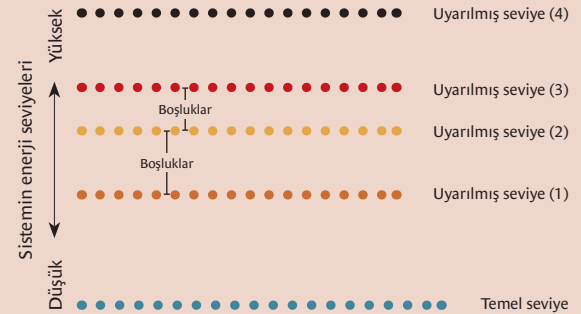
Spektral Boşluk

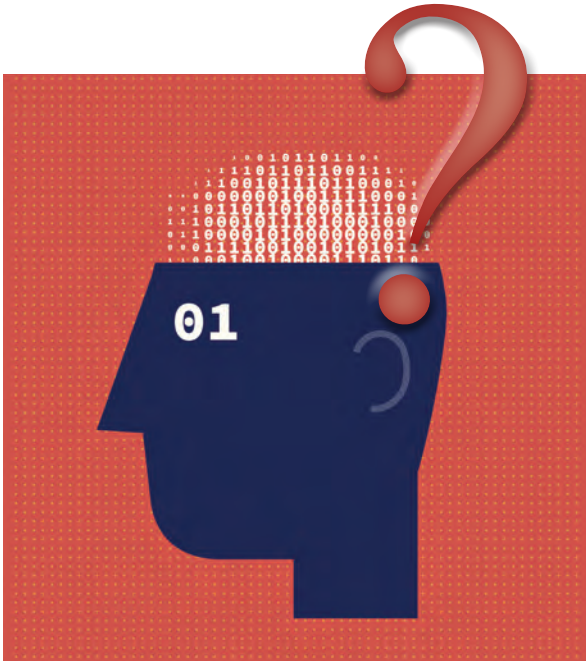
Atomlarda enerji seviyeleri arasında her zaman boşluklar vardır. Ancak çok sayıda atomdan oluşan malzemelerde boşluklu ya da boşluksuz olabilir.



Boşluklu Sistem
Enerji seviyeleri arasında boşluklar vardır. Malzemeyi uyararak için gerekli bir minimum enerji miktarı vardır.

Boşluksuz Sistem
Temel enerji seviyesiyle birinci uyarılmış enerji seviyesi arasında boşluk yoktur. En ufak miktarda enerji bile malzemeyi uyararak için yeterlidir.





Sonuç

Laboratuvara girip bir malzemenin boşluklu mu, yoksa boşluksuz mu olduğuyla ilgili bir deney yaptığınızı düşünün. Elde ettiğiniz veriler ya spektral boşluğun sıfır olduğunu (malzemenin boşluksuz olduğunu) ya da spektral boşluğun sonlu büyüklükte olduğunu (malzemenin boşluklu olduğunu) söyleyecektir. Peki öyleyse yapılan ispatlara göre spektral boşluk sorusunun (ya da başka herhangi bir fizik sorusunun) karar verilemez olması ne anlama geliyor?

İlk olarak elde edilen sonuçlar, bazı fizik sorularının “genel” çözümünün bulunamayacağını gösteriyor. Ancak tıpkı Turing makinelerinin durma probleminin karar verilemez olmasının belirli bir Turing makinesinin durup durmayacağını hiçbir zaman bilinmeyeceği anlamına gelmediği gibi, bir fizik sorusunun karar verilemez olması da bu türden belirli problemlerin doğru cevabının hiçbir zaman bulunamayacağı anlamına gelmez. Yapılan ispatlar spektral boşluk probleminin tüm malzemeler için çözülemeyeceğini gösterse de belirli malzemeler için doğru cevabı bulmak mümkün. Ancak spektral boşluk problemini çözen genel bir algoritma bulunamaz. Bir sistemin mikro ölçekteki tüm etkileşimleri bilinse bile her durumda malzemenin boşluklu mu, yoksa boşluksuz mu olacağını söylemek mümkün değildir.

Aslında boşluklu ve boşluksuz terimleri, matematiksel olarak, sadece malzeme sonsuz büyüklükte olduğu durumda anlamlıdır. Gerçek hayatta ise hiçbir malzeme sonsuz sayıda parçacık içermez. Makro büyüklükteki malzemeler 10^{23} civarında atom içerir. Bu çok büyük sayının pratik amaçlar için neredeyse sonsuz olduğu varsayılabilir. Ancak hangi malzeme için hangi büyüklüğün yeterli olduğu bilinmez. Deneyciler farklı büyüklükte malzemelerle aynı ölçümü yapar, benzer sonuçlar elde ettikleri durumlarda termodinamik limite ulaşıldığını (malzemenin sanki sonsuz büyüklükteymiş gibi davrandığını) varsayarlar. Benzer biçimde bilgisayar benzetimleri yapan kuramcılar da farklı büyüklükteki sistemler üzerinde hesaplar yapar ve benzer sonuçlar elde ettiklerinde termodinamik limite ulaşıldığını varsayarlar. Ancak araştırmacıların yaptığı ispatların bir diğer önemli sonucu, hangi büyüklükte termodinamik limite ulaşılabileceğinin tahmin edilemeyeceği. Spektral boşluk sorusunu ele alalım. Diyelim ki 10^{23} civarında atom içeren bir malzeme üzerinde deneyler yaptınız ve boşluklu olduğu sonucunda vardınız. Ancak malzemeye tek bir atom dahi eklendiğinde bile aynı sonucu elde edeceğinizden emin olmanızın bir yolu yoktur. Farklı büyüklükte malzemelerin benzer sonuçlar vermesi termodinamik limite ulaşıldığını göstermez. Benzer biçimde bir kuramcının yaptığı farklı büyüklükteki benzetimlerin benzer sonuçlar vermesi de termodinamik limite ulaşıldığını göstermez. Bu çıkarımın sıcaklık ya da çevresel etkenlerdeki değişimle değil, sistemin büyüklüğündeki değişimlerle gerçekleşen yeni bir tür faz dönüşümüne işaret ettiği de söylenebilir.

Özetle, araştırmacıların yaptığı ispatlar matematiğin yanı sıra fizikte de karar verilemeyen problemlerin var olduğunu gösteriyor. Sadece spektral boşluk problemi değil, başka pek çok fizik sorusu da karar verilemez türden olabilir. ■

Kaynaklar

- Cubitt, T. S., ve ark., “Undecidability of the spectral gap”, *Nature*, Cilt 528, s. 207, 2015.
Cubitt, T. S., ve ark., “The un(solv)able problem”, Cilt 319, Sayı 4, *Scientific American*, s. 28-37, 2018.
Penrose, R., *Kralın Yeni Usu*, TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları, Ankara, 2000.

Tekno-Yaşam

Gürkan Caner Birer [teknoyasam@tubitak.gov.tr]



Elektrikli Otomobiller Daha Hızlı Şarj Olabilecek

Porsche ve BMW gibi otomobil firmalarının oluşturduğu FastCharge adlı araştırma grubunun geliştirdiği elektrikli araç şarj istasyonları, elektrikli araç bataryalarını güncel rakiplerinden üç kat daha hızlı şarj ediyor. 450 kW gücündeki şarj istasyonu üç dakikada 100 km menzil sağlayabiliyor. İstasyonun BMW i3'ün bataryasını %10'dan %80 doluluk düzeyine çıkarması sadece 15 dakika alıyor. Öte yandan sistemin çalışabilmesi için elektrikli araçların da yüksek hızda enerji çekme kapasitesinin olması gerekiyor.

Örneğin, şu anda satışta olan elektrikli araçlardan Jaguar I-Pace ancak 100 kW enerji çekebiliyor. Üstelik bu tür istasyonların çalışabilmesi için buna uygun elektrik altyapısının da bulunması gerekiyor. Ülkemizde henüz elektrik şarj istasyonlarının yaygınlaşmamış olması bir avantaj olarak değerlendirilebilir. İlk adımda hızlı şarj edebilen istasyonların kurulması ve buna uygun elektrikli araçların yaygınlaşması durumunda elektrikli araçlarla ilgili en önemli problemlerden biri olan menzil sorunu da çözülmüş olur.



Elektrikli araç üreten otomobil firmalarının şarj süresini kısaltmanın ötesinde otonom sürüşün sağlanması ve sürüş güvenliğinin artırılması gibi hedefleri de var. Geçtiğimiz günlerde Tesla marka bir araç, yarı otonom sürüş esnasında yolun kenarında duran bir itfaiye aracına çarptı. Bu kazanın ardından tümüyle otonom sürüşün mevcut sensörlerle mümkün olup olmayacağı tekrar tartışılmaya başlandı. Mevcut sistemlerde araçtaki kameradan ve radardan gelen bilgiler bir yazılım aracılığıyla anında işlenerek yol hakkında bilgi çıkarılıyor. Bu sistemler takip edilen araç, karşıdan karşıya geçen insan gibi hareketli nesneleri başarıyla tespit edebilirken söz konusu sabit nesneler olduğunda hayli başarısız oluyor. Bunun için araçların etrafı çok daha ayrıntılı algılamasını sağlayan LiDAR adlı alıcılara ihtiyaç duyuluyor. Fakat lazerle çalışan bu alıcılar hem pahalı hem de yağmur, soğuk ve titreşim gibi etkenlere karşı yeterince dayanıklı değil. Bu konudaki tartışmaların daha devam edeceğini varsayan Alman otomobil parçası üreticisi ZF, çarpışmaların kaçınılmaz olduğu durumlarda, kazanın etkisini azaltacak bir dış hava yastığı tasarladı. Otomobillerin içinde kullanılan hava yastıklarına benzer bir biçimde çalışan sistem, aracın yandan bir darbe alacağını öngördüğünde 100 milisaniye içinde çarpışma bölgesini kaplayacak bir hava yastığı açıyor. Yapılan denemelerde oluşturulan ek katmanın yaralanmaları %40 oranında azalttığı görüldü. Elbette bu sistemin çalışması için de yine kamera ve radardan faydalanılıyor. Bu konuda akıllara gelen ilk soru park etmeye çalışırken yandaki araca fazla yaklaşmanın ya da arabaya doğru koşan küçük bir çocuğun yanlışlıkla dış hava yastığının açılmasını tetikleyip tetiklemeyeceği. ZF bu konuda geliştirdiği teknolojiye çok güvense de gerçek hayatta sistemin nasıl çalışacağını zaman gösterecek.



Sürücüsüz araçlar birçok kişiyi heyecanlandırırsa da bundan pek hoşnut olmayanlar da var. Arizona'da sürücüsüz araç geliştirmek için çalışan Waymo'nun deneme araçlarına 21 farklı saldırı düzenlendi. Saldırganlar sürücüsüz araçlara zarar verdi, görevlileri silahla tehdit etti. Eğer siz bir an önce otonom araçları kullanmak isteyen gruptansanız Amazon'un otonom oyuncak arabasını deneyebilirsiniz. 1300 TL'ye ön siparişe açılan oyuncak, gerçek bir otomobilin 1/18 ölçeğinde küçültülmüş, dört çeker ve uzaktan kumandayla kontrol edilebiliyor. Deneme yanılma yöntemiyle yolları öğrenen araba yeniden programlanabiliyor. 4 megapiksel kamera, Intel Atom işlemci, kablolu ağ gibi özellikleriyle sürücüsüz otomobillere ilgi duyanlar için güzel bir oyuncak olabilir.

—
<http://bit.ly/hizli-sarj>
<http://bit.ly/hava-yastigi>
<https://read.bi/2QQkXR9>
<https://amzn.to/2T6AB7I>



Akıllı Cihazlar Çocukları Nasıl Etkiliyor?

Günümüzde çocuklar oyuncaklardan çok telefon ve tablet gibi akıllı cihazlarla oynuyor. Peki, bu durum onları nasıl etkiliyor? ABD’de yapılan bir araştırmada bu soruya yanıt aranıyor. Ulusal Sağlık Enstitüsü adlı kurum tarafından başlatılan bir araştırmayla 21 bölgede, 9-10 yaş grubunda 11.000 çocuğun 10 yıl boyunca izlenmesi hedefleniyor. Toplam 300 milyon dolara mal olacak araştırmanın çocukların ekran başında geçirdikleri sürenin çocuğun duygusal gelişimine, akıl sağlığına ve beyninin fiziksel yapısına olan etkilerini ortaya çıkarması bekleniyor.

Çalışmanın ilk aşamasında 4500 çocuğun beyin MR’ı çekildi. Ekran başında günlük yedi saatten fazla vakit geçiren çocuklarla diğer çocukların beyinleri arasında önemli farklılıklar tespit edildi. Çok fazla akıllı cihaz kullanan çocukların beyinlerinin en dış katmanı erken incelmeye başlıyor.

Bunun ne anlama geldiği konusunda şimdilik bir yargıya varmak mümkün değil. Öte yandan çalışma kapsamında elde edilen bilgiler bununla sınırlı değil. Günde iki saatten fazla ekran başında vakit geçiren çocukların düşünce ve dil testlerinde daha düşük puanlar aldığı görüldü.

Araştırmanın ilk bulguları 2019’da yayımlanacak olsa da size tavsiyemiz çocuklarınızın akıllı cihaz kullanımını sınırlamanız yönünde. Bu tür araştırmalar gerçekleştirilmesi zor ve maliyetli çalışmalar olsa da yeni teknolojilerin etkilerini belirlemekte faydalı olacaktır.

— <https://cbsn.ws/2RiEhGg>



Kiralık Yer İstasyonu

Amazon, “Ground Station” adını verdiği yer istasyonu kiralama hizmetini duyurdu. Uydulardan elde edilen bilgilerin toplanabilmesi için birçok ülkeye yayılan yer istasyon ağı kurulması gerekiyor. Amazon bu pahalı ve zaman alan süreci ucuz ve kolay hâle getirmek için “kullandığın dakika kadar öde” ilkesine benzer bir biçimde çalışan bir sistem geliştirdi. Mevcut alternatiflere göre %80 daha ucuza mal olacak bu sistemle Amazon, verilerin bulut hizmetleriyle işlenip dağıtılmasından da para kazanmayı hedefliyor.

Sistem doğal afet durumunda hızlı müdahale, hava tahmini, ticari araştırma, istatistik çıkarma gibi amaçlarla kullanmak için uygun bir seçenek. Yer istasyonu kiralama ile başlayan süreç, ilerleyen aşamalarda uydu kiralama da içerecek şekilde genişlerse, birçok araştırma için kolay ve ucuz bir şekilde uydulardan faydalanmak mümkün olabilir.

—
<https://aws.amazon.com/ground-station>



E-scooter Kiralama

Elektrikli *scooter*’ların ucuzlaması ve pil kapasitelerinin artmasıyla birlikte *e-scooter* kiralama hizmetleri yaygınlaşmaya başladı. Özellikle kısa mesafeli yolculuklarda yol kenarına bırakılmış olan *e-scooter*’ı cep telefonu uygulamasıyla etkinleştirip gideceğiniz yere kadar gidip orada bırakıyorsunuz. Kullandığınız süre için makul bir ücret ödüyorsunuz. Üzerinde uydu takip sistemi olan *scooter*’lar hizmet veren firma tarafından belirli aralıklarla toplanıyor, şarj edilerek uygun yerlere bırakılıyor.

İlk bakışta basit ve faydalı görünen bu hizmet tepkileri de beraberinde getirdi. Kullanıcıların işleri bittikten sonra özensizce kaldırıma bıraktıkları *scooter*’lar yayaların geçişini engellemeye başladı. Ayrıca dikkatsiz *scooter* sürücüleri çeşitli kazalara neden oluyor. Örneğin ABD’nin Austin şehrinde bir hastaneye *scooter* yaralanması nedeniyle her gün onlarca başvuru oluyor. Girişimcilerin yeni fikirlerini hayata geçirirken bu gibi farklı durumları da dikkate alması gerekiyor, aksi takdirde ürün teknolojik açıdan başarılı olsa da ticari olarak başarısız olabilir.

—
<https://read.bi/2AgCTyY>



Uydularda Kullanılan

GÜNEŞ PANELLERİ

Dr. Arif Sinan Alagöz [*Başuzman Araştırmacı, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme Enstitüsü*]

Enerji kaynağı olarak güneş panellerinin kullanıldığı
Vanguard 1 uydusunun fırlatılmasından bugüne güneş panelleri sayesinde
uydular uzun yıllar görev yapabildi.



Sovyet Sosyalist Cumhuriyeti Birliği (SSCB) tarafından 4 Ekim 1957 tarihinde fırlatılan ve Dünya yörüngesine yerleşen ilk uydu olan *Sputnik 1* ile “Uzay Çağı”nın başladığı kabul edilir. Fotoğraflarda görülen yaklaşık 58 cm çapında ve 83,6 kg ağırlığındaki *Sputnik 1* uydusu, bugün Kırgızistan sınırları içerisindeki Baykonur Uzay Üssü’nden R-7 roketi ile fırlatılmıştı. *Sputnik 1* uydusu ile yörüngeye girme, yörüngedeki uyduyu optik ve radyo sinyalleri ile takip etme test edildi;

radyo sinyallerinin atmosferdeki yayılım davranışı ve atmosferin yoğunluğu hakkında bilgi toplandı. *Sputnik 1* uydusu tarafından yayılan 20 MHz bandındaki radyo sinyalleri dünya basınında geniş yankı buldu. Moskova radyosu 26 Ekim 1957 günü uydunun bataryaları tükendiği için iletişimin kesildiğini duyurdu. 92 gün boyunca dünya çevresinde 1440 tur tamamlayan *Sputnik 1* uydusu, 4 Ocak 1958 tarihinde dünya atmosferine girip yanarak yok oldu.



Sputnik 1 uydusu ve uydunun fırlatılma anı



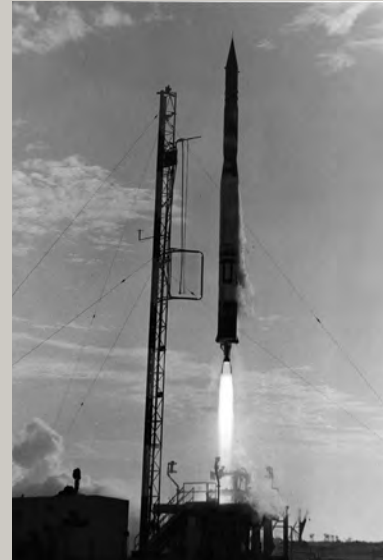


Sputnik 1 uydusu ile kaydedilen gelişmeler, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve SSCB arasındaki uzay yarışında SSCB'yi politik olarak da daha üstün bir konuma taşıdı. İlk uydunun SSCB tarafından uzaya gönderilmesine 31 Ocak 1958 tarihinde fırlattığı *Explorer 1* uydusu ile cevap veren ABD, uzay alanındaki çalışmalarına ivme kazandırmak üzere 1 Ekim 1958 tarihinde de Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi'ni (NASA) kurdu. Radyasyon detektörü taşıyan *Explorer 1*, sonradan kullanılmaya başlanacak güneş panelleri başta olmak üzere uydularda kullanılan bileşenlerin performansını olumsuz etkileyen Dünya çevresindeki kozmik ışınım ölçümlerinde bulundu.

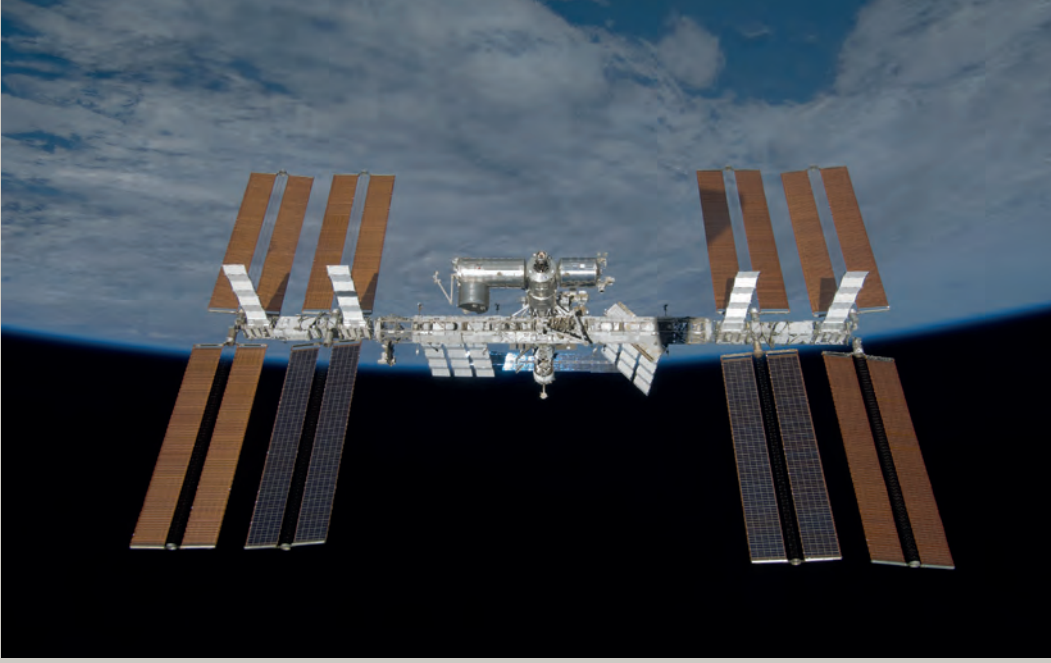
ABD tarafından 17 Mart 1958 tarihinde fırlatılıp Dünya'nın çevresindeki yörünge-sine yerleşen ABD'nin ikinci ve dünyanın dördüncü uydusu olan *Vanguard 1*, uzay yarışında önemli bir ilki barındırır: güneş panelleri. *Vanguard 1* uydusuna elektrik enerjisini güneşten elde etmesi için 6 adet güneş paneli monte edildi. Her bir güneş panelinde, Signal Engineering Laboratories tarafından üretilen $2 \times \frac{1}{2}$ cm ebatlarında %8 verimli sekiz adet silisyum güneş hücresi kullanıldı. Ayrıca, güneş hücrelerini uzay ortamından korumak için üzerlerine 160 mikron kalınlığında kuvars camlar yerleştirildi.

Sağda görülen yaklaşık 16 cm çapındaki ve 1,6 kg ağırlığındaki *Vanguard 1* uydusu, ABD'nin Cape Canaveral Hava Kuvvetleri Üssü'nden fırlatıldı. *Vanguard 1* uydusu üzerinde 108 MHz bandında yayın yapan bir radyo bulunuyordu. Uydu sistemlerini besleyen bataryalar, yörüngede yirmi gün sonra devre dışı kalsa da güneş panelleri sayesinde uydu ile iletişim 1964'e kadar devam etti. *Vanguard 1* uydusu sayesinde, güneş paneli kullanılarak uyduların haftalarla ölçülen çalışma süresinin yıllara çıkarılabileceği anlaşıldı. *Vanguard 1* uydusu hâlen Dünya'nın çevresindeki yörüngesindedir ve uzay boşluğunda kalan insan yapımı en eski cisimdir.

Her ne kadar güneş enerjisi dışında enerji kaynağı seçenekleri bulunsa da *Vanguard 1* uydusundan günümüze dek birçok uzay aracı güneş enerjisi kullanılmamıştır. Bu noktada, insanlığın uzayda inşa ettiği en büyük yapı olan Uluslararası Uzay İstasyonu (ISS) ve istasyonun yüksek güç ihtiyacını karşılayan güneş panelleri bahsedilmeye değer. İstasyonun her iki yanında 11,9 m eninde ve 34,1 m boyunda 8'er adet güneş paneli bulunuyor. ISS güneş panellerindeki hücreler esnek taşıyıcı alt taban üzerine yerleştirildi. Bu sayede güneş panelleri katlanarak uzaya gönderilebildi, sonrasında da akordeon gibi açılarak son hâlini aldı.



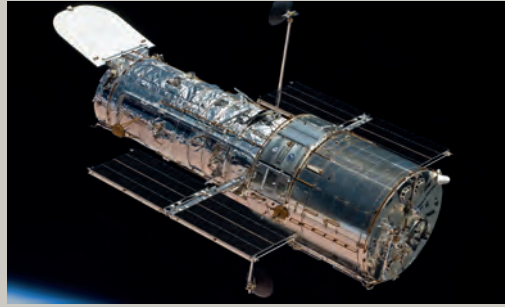
Vanguard 1 uydusu (üstte)
ve uydunun fırlatılma anı (altta)



https://www.nasa.gov/images/content/195889main_17200008242_hires.jpg
https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_249.html

Bu büyüklükteki güneş panellerinin ISS'ye taşınması ve montajı 2002 ile 2009 yılları arasında toplam 4 fırlatma ile gerçekleştirildi. Bu panellerde kullanılan %14,2 verimli 262.400 adet silisyum güneş hücresi 120 kW'a kadar güç üretebilir. Üretilen enerjinin %60'ı ISS'nin gölgede kaldığı anlarda değerlendirilmek üzere bataryaları şarj etmek için kullanılır.

ISS'de Avrupa Birliği (AB), ABD, Rusya, Kanada ve Japonya'dan ortalama altı astronot dönüşümlü olarak görev yapar. Astronotların görev tanımları arasında bilimsel deneyleri icra etmenin yanı sıra bakım ve onarım işleri de yer alır. Yeryüzünde çalışan sistemlerde arızalar ortaya çıktığı gibi uzayın zorlayıcı şartları altında bulunan uydu sistemlerinde de çeşitli arızalar meydana gelebilir. Uydular her ne kadar uzay şartlarına göre tasarlanmış ve test edilmiş olsa da bazen öngörülemeyen problemler doğabilir. Güneş panelleri ile ilgili sorunlar bu konuda istisnai değildir. Sağ üstte ISS'deki güneş panellerinden birinde panelin açılması sırasında oluşan yırtık ve astronot Scott Parazynski'nin tamir işleminden fotoğraf kareleri görülüyor. Parazynski'nin elindeki imkânları kullanarak gerçekleştirdiği 7 saat 19 dakika süren tamir işleminden sonra güneş panelinin açılması başarı ile tamamlandı.



Uluslararası Uzay İstasyonu (sol üstte), hasar gören güneş paneli ve güneş panelini tamire çalışan astronot Scott Parazynski (üstte)

Hubble Uzay Teleskobu (solda) ve güneş panelinin yeryüzü incelemesi (sol altta)

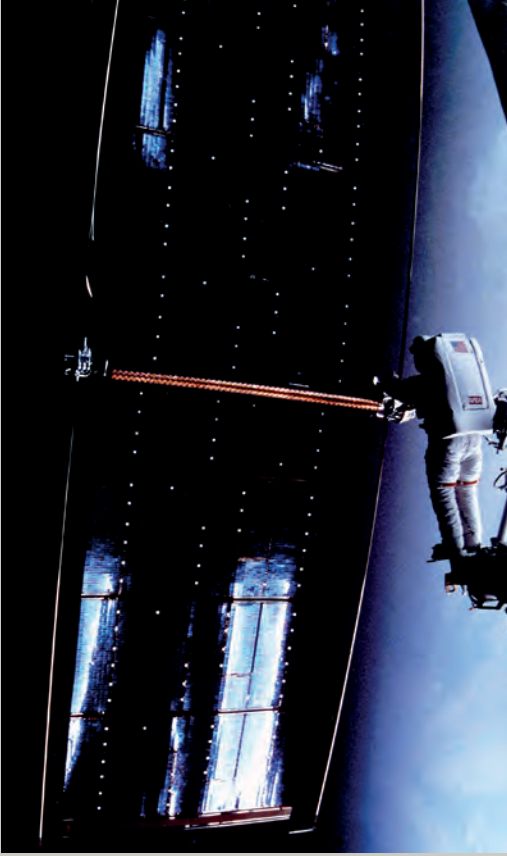


http://www.esa.int/SpaceImages/Images/2010/12/hubble_solar_panels_in_preparation_at_British_Aerospace

...

Yeryüzünde çalışan sistemlerde arızalar ortaya çıktığı gibi uzayın zorlayıcı şartları altında bulunan uydu sistemlerinde de çeşitli arızalar meydana gelebilir.

...



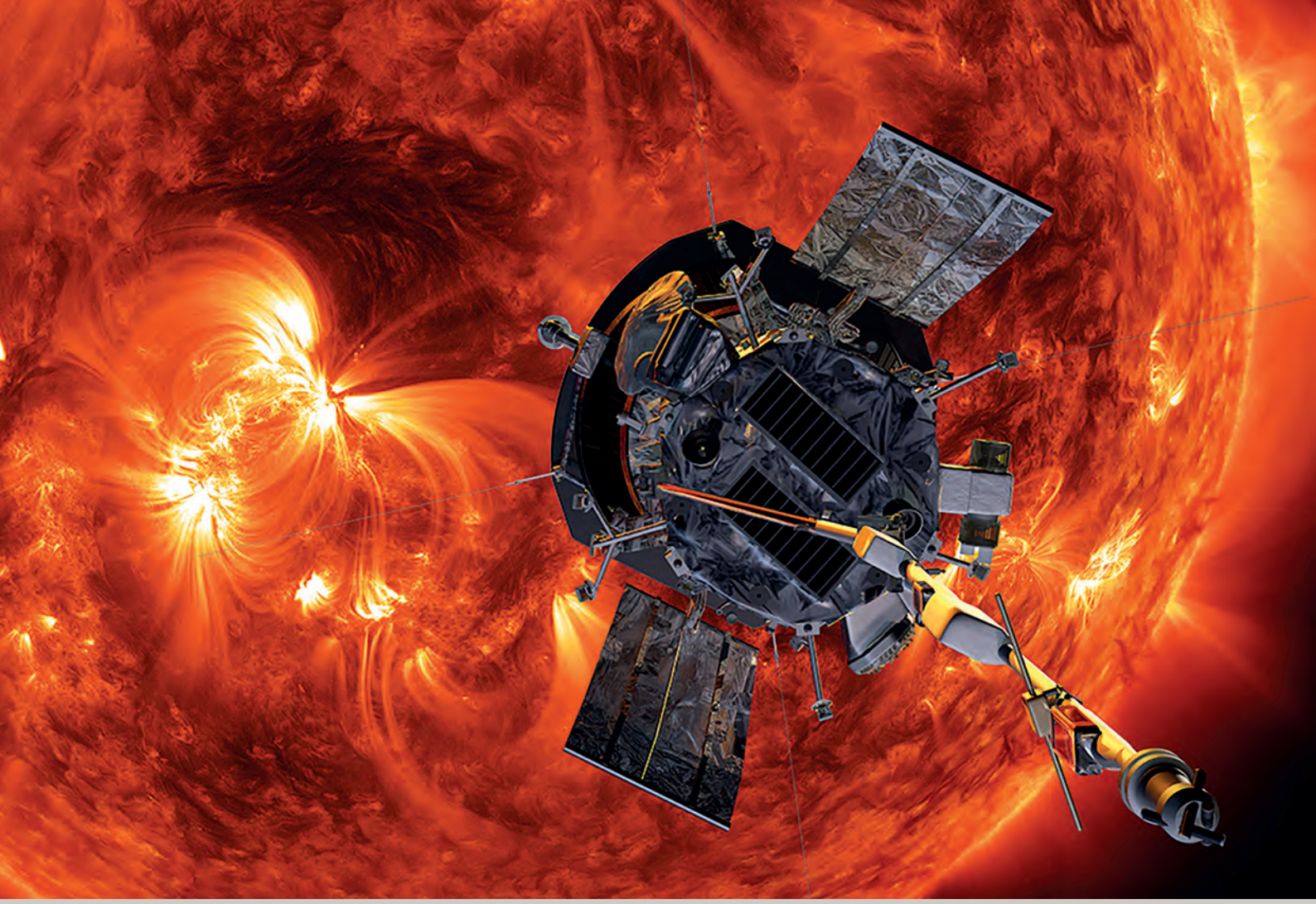
http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/How_Hubble_got_its_wings_6_Hubble_s_second-generation_arrays



ISS’de her zaman astronotlar bulunduğu için oluşabilecek problemlere hızla müdahale edilebilir ancak bu durum uzay araçlarının birçoğu için mümkün değildir. Buna en güzel örneklerden biri de AB ve ABD ortaklığında tasarlanıp üretilen ilk uzay teleskobu Hubble’dır. 24 Nisan 1990 tarihinde Kennedy Uzay Merkezi’nden fırlatılan Hubble Uzay Teleskobu için üretilen güneş panellerinin uzay şartlarına maruz kaldıktan sonra incelenmek üzere tekrar yeryüzüne getirilmesi planmış, güneş paneli ve açma mekanizması bu yönde tasarlanmıştı. Yan sayfada gösterildiği gibi güneş hücreleri esnek bir taşıyıcı alt taban üzerine yerleştirildi, rulo gibi sarılabilen bir güneş paneli tasarımı yapıldı ve paneller yeryüzü testlerini başarı ile geçti. Ancak uydunun fırlatılmasından sonra teleskoptaki astigmatizm probleminin yanı sıra uydunun karanlık-aydınlık geçişlerinde de küçük sarsıntılar tespit edildi.

Bu sarsıntılar uzak yıldız ve gökadalari gözlemlerde kullanılması planlanan ve mekanik kararlılığı yüksek olması beklenen bir uydu için felaket niteliğindedir. Bu problemleri düzeltebilmek için fırlatmadan yaklaşık 3 sene sonra 2 Aralık 1993’de, yedi astronottan oluşan bir ekip on gün sürecek servis bakımını gerçekleştirmek üzere Kennedy Uzay Merkezi’nden fırlatıldı. 35 saat 28 dakika süren bakım çalışmasının 6 saat 35 dakikası eski güneş panellerinin sökülmesi, yeni panellerin takılması için harcandı. Eski güneş panellerinden biri katlanarak dünyaya geri getirilirken diğeri katlanma sırasında çıkan bir arıza sebebi ile üstteki fotoğrafta görüldüğü gibi, astronot Kathy Thornton tarafından teleskoptan sökülerek dünya atmosferine girip yanmak üzere serbest bırakıldı.

Servis bakımı sonrasında 8 yıl yörünge- de kaldıktan sonra dünyaya geri getirilen güneş panelleri üzerindeki güneş hücrelerinde yapılan incelemede, sağ üstteki fotoğrafta görülen, mikrometeoroidlerden kaynaklanan çok sayıda çarpma izine rastlandı. Hücrelerin üzerinde bulunan koruyucu üst camın birçok yerde güneş hücrelerinin zarar görmesini engellediği ancak kimi yerlerde mikrometeoroidlerin hem hücreyi hem de alt tabanı delip geçecek derecede yüksek enerjiye sahip olduğu görüldü



Günümüz uzay araçlarında güneş panelleri kullanımı devam ediyor. Bunun için düşük güneş ışınlı ve düşük sıcaklıktan yüksek güneş ışınlı ve yüksek sıcaklığa kadar zorlayıcı şart altında çalışan güneş panelleri geliştiriliyor. ABD tarafından 12 Ağustos 2018 tarihinde güneşe gönderilen *Parker Solar Probe* uydusu 6 milyon kilometre mesafe ile şimdiye kadar güneşe en çok yaklaşan uydu olma özelliğini taşıyor. Uydunun maruz kalacağı yüksek güneş ışınlı ve yüksek sıcaklık ile baş edebilmek için güneş panelleri su soğutma sistemi geliştirildi. Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından 2020 yılı içerisinde güneşe fırlatılması beklenen *Solar Orbiter* uydusunun güneş paneli, güneşe yakın çalışırken ışınlı önemli bir kısmını geri yansıtmak, oluşan ısıyı etkin bir şekilde panelin arka yüzeyine taşımak ve kızılötesi ısıma ile uzaklaştırmak üzere tasarlandı.

Ülkemizde ise uzay kalifiye güneş panelleri geliştirilmesi çalışmalarına TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi'nde 2015 yılında başlanarak uluslararası standartlarda üretim ve test alt yapısı kuruldu. Bu alt yapı kullanılarak milli İMECE uydusu için deneysel güneş paneli geliştirme çalışmalarına devam ediliyor. ■



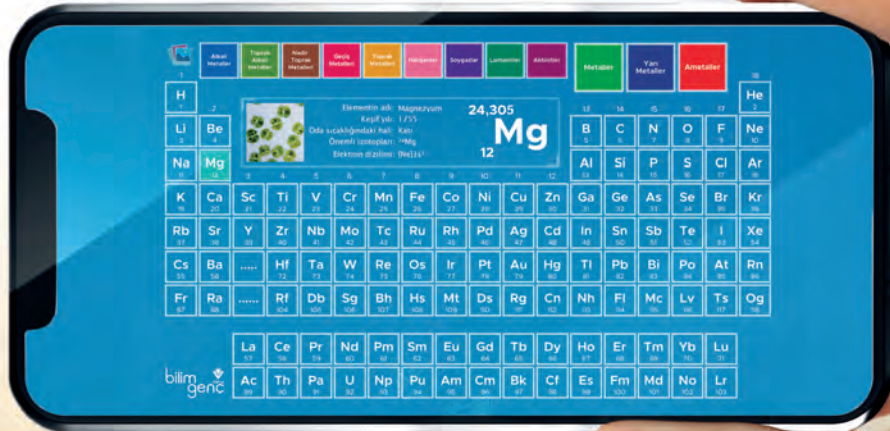
Kaynaklar

http://www.russianspaceweb.com/sputnik_mission.html
<https://history.nasa.gov/sputnik/sputorig.html>
<https://history.nasa.gov/SP-4202.pdf>
<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19710028154.pdf>
<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20030022670.pdf>
<https://www.nrl.navy.mil/news/releases/nrl-celebrates-60-years-space-vanguard>
<https://www.nasa.gov/feature/international-space-station-solar-arrays>
https://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/International_Space_Station/Building_the_International_Space_Station3
<https://history.nasa.gov/sputnik/sputnik.wav>

PERİYODİK TABLO !

MOBİL UYGULAMASI YAYINDA !

TÜBİTAK Bilim Genç
2019 Uluslararası Periyodik Tablo Yılı'nı
mobil uygulama ile kutluyor.



TÜBİTAK Bilim Genç Periyodik Tablo
uygulamasını [App Store](#) ve [Google Play](#)'den ücretsiz indirebilirsiniz.



**Periyodik
Tablo Yılınız
Kutlu Olsun!**

K tle ekimse  Zaman
Genişlemesini  l ebilecek

En Hassas Atom Saati Geliştirildi

Mehmet Mustafa Demir [Bilgisayar Mühendisi

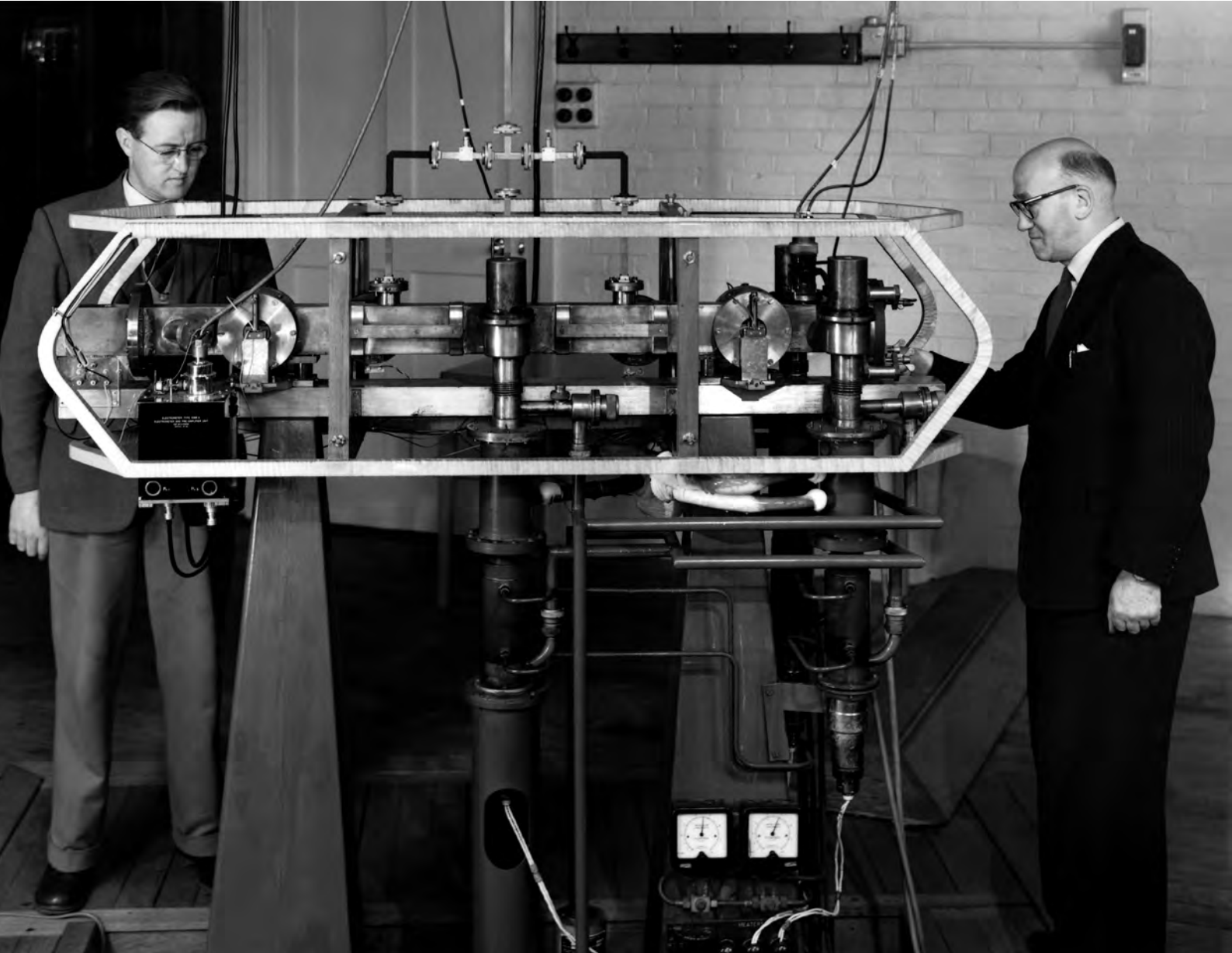
Sonuçları *Nature* dergisinde yayımlanan ve Amerikan Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) tarafından desteklenen araştırma projesinde fizikçiler bir santimetrelik yükseklik farklarından kaynaklanan k tle ekimse  zaman genişlemesini bile ölçebilecek hassasiyete sahip bir atom saati geliştirdiler.

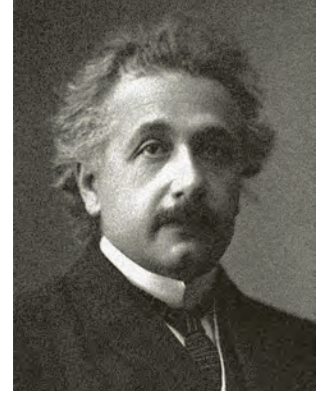
Bu saatin bugüne kadar geliştirilmiş en hassas atom saati olduğu belirtiliyor.



Fizikçilerin geliştirdikleri yeni atom saati sezyum yerine iterbiyum atomlarını kullanıyor ve sadece $1,4 \times 10^{-18}$ hata payı ile zamanı ölçebiliyor. Bu hata payını sayılar ile anlatmak gerekirse bilim insanları saniyenin milyarda birinin milyarda biri hata payı ile zamanı ölçebiliyor. Başka bir deyişle, yeni geliştirilen saat, yaklaşık 22 milyar yılda 1 saniyeye tekabül edecek bir hata payı ile kesin zaman ölçümü yapabiliyor.

Louis Essen (sağda) ve Jack Parry (solda)
1955'te icat ettikleri dünyanın ilk sezyum atom saatini ayarlarken





Albert Einstein

14 Mart 1879 - 18 Nisan 1955

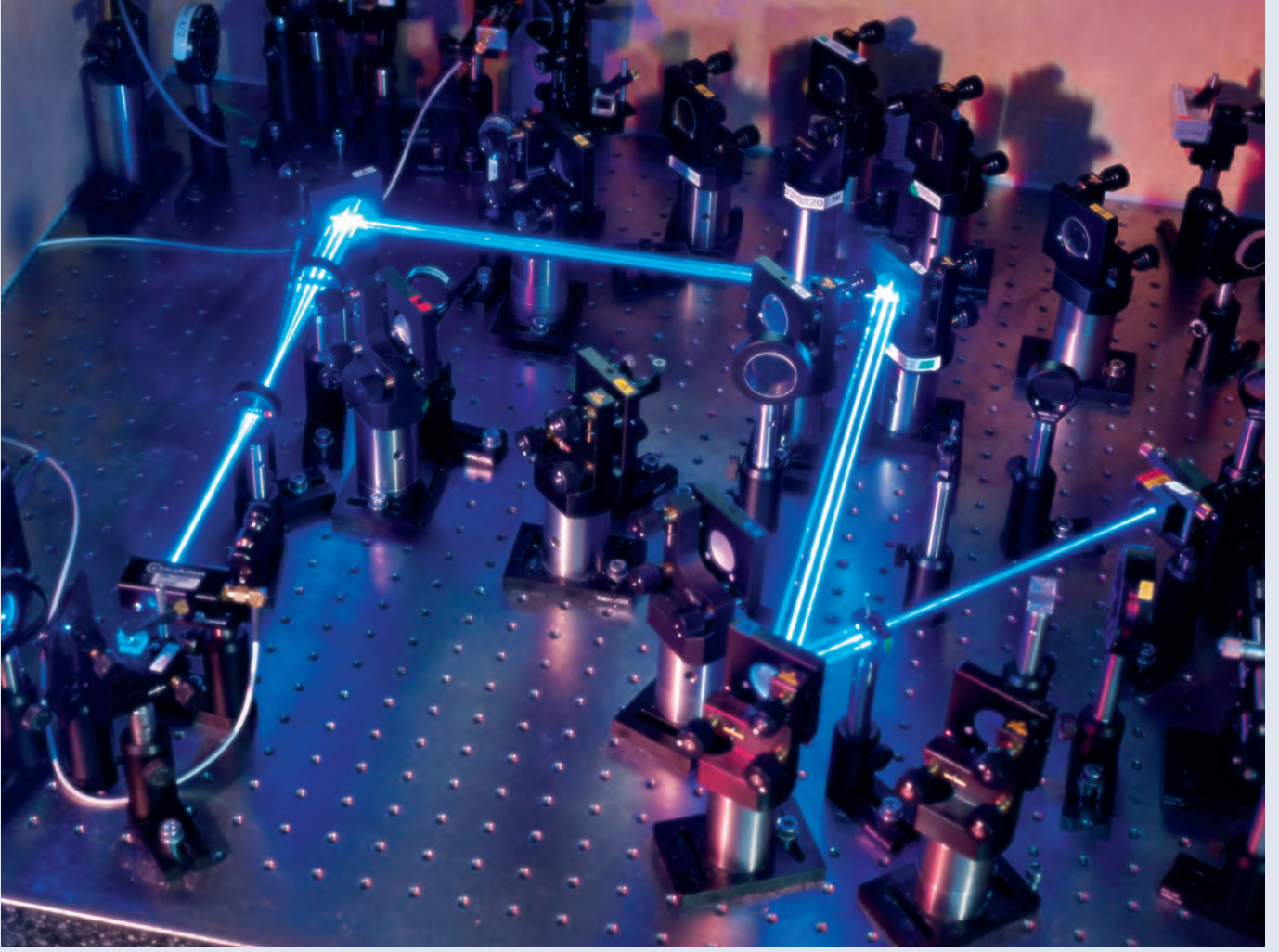
Araştırmacılar, saniyede yaklaşık 500 trilyon kez tik taklayan bu saatler üzerinde 15 yıldır çalışıyor. En son üretilen iterbiyum saatinin daha öncekilerden en önemli farkı, mekanizmasında yeni bir ısı kalkanının kullanılması. Araştırma ekibi birkaç yıl önce geliştirdikleri bu ısı kalkanıyla iterbiyum atomlarını çevresel etkenlerden daha korunaklı hâle getirdiler.

Bu derece hassas ölçme kabiliyetine sahip saat sayesinde Albert Einstein'ın genel görelilik kuramının öngördüğü kütleçekimsel zaman genişlemesi çok küçük mesafelerde bile ölçülebilecek. Genel görelilik kuramına göre büyük kütleli cisimlere yaklaştıkça zaman daha yavaş akar. Aynı şekilde büyük kütleli cisimlerden uzaklaştıkça da zaman daha hızlı akmaya başlar. Örnek olarak çevresel etkenlerden etkilenmeyen ve sıfır hata ile zamanı ölçebilen 2 adet saat düşünelim. Bunlardan birisini deniz seviyesine diğerini de Everest'in zirvesine yerleştirip karşılaştıralım. Everest'te bulunan saat dünyanın kütle çekim kuvvetinin merkezinden daha uzakta olduğu için zaman çok küçük bir farkla da olsa daha hızlı akar. Yaklaşık 100 bin yıl sonra bu iki saati karşılaştıracak olursak Everest'teki saatin aşağı yukarı 3 saniye daha ileride olacağını görürüz.

Benzer etkiyi GPS için kullanılan uydularda da gözlemlemek mümkün. GPS için kullanılan uydular yeryüzünden yaklaşık 20.000 km yükseklikteki bir yörüngede turluyorlar ve dünyanın merkezine çok daha uzak oldukları için zaman daha hızlı akıyor. Genel görelilik etkisinden dolayı her gün GPS uydusunun üzerindeki saat dünyada deniz seviyesindeki bir saatten yaklaşık 45 mikro saniye daha ileride oluyor. Günde 45 mikro saniye önemsiz gibi görünebilir fakat bu küçük fark GPS ölçümlerinde her gün 10 km kadar hataya yol açabilecek kadar büyük.

Bir Everest çizimi





İterbiyum atom saati: Bu düzenekte kullanılan lazerler iterbiyum iyonlarını osile etmek için kullanılır. Lazer ile enerji alan iterbiyum iyonlarındaki elektronlar üst enerji seviyesine geçip çok kısa bir süre sonra aldıkları enerjiyi yeniden salarak normal enerji seviyesine geri dönerler. Bilim insanları iki enerji seviyesi arasındaki geçişleri ölçerek zamanı çok küçük hata payı ile ölçebiliyorlar. Günümüzde saniyenin tanımı için Sezyum-133 atomu kullanılıyor ve 1 saniye Sezyum-133 atomunun elektronlarının 9.192.631.770 kere enerji seviyesi değiştirmesi için gerekli olan süre olarak tanımlanıyor. Fotoğraftaki düzenekte kullanılan İngiltere ulusal fizik laboratuvarına ait optik lazerler sayesinde, bilim insanları eski sezyum atomik saatlerinden çok daha hassas ölçümler yapabiliyor. İterbiyum atomları saniyede 518.295.836.590.863,6 (518 trilyon) kere osilasyon (salınım) yapıyor ve bu özellikleri sayesinde Sezyum-138'den çok daha keskin bir şekilde zaman ölçmeye imkân tanıyorlar.

Kütleçekimsel zaman genişlemesi denilen bu olguyu ölçmek için oldukça hassas ölçüm aletleri gerekiyor. Bilim insanları yeni geliştirilen atom saati sayesinde 1 santimetrelik yükseklik farklarından kaynaklanan kütleçekimsel zaman genişlemesini bile ölçebilecek. Kütleçekimi farklarını bu derece hassas hesaplayabilen yeni saat, jeodezi (Dünyanın geometrik şeklini ve yerçekimini ölçen bilim dalı) alanında oldukça kullanışlı olacak. Dünyanın homojen bir

yapısı olmadığı için kütle çekim kuvveti de homojen olarak dağılmıyor. Dünyadaki yerçekimi farklılıklarını hassas bir şekilde ölçmeye imkân tanıyan bu yeni teknoloji sayesinde depremler sonucu yeryüzünün derinliklerinde oluşan değişiklikler, dünyanın iç yapısının akışkanlığı ve viskozitesi gibi değerler ölçülebilecek. Volkanların yakın çevresinin incelenmesi sonucu magmanın yer altındaki hareketlerinin ölçülmesi bile mümkün olabilecek.

Atom Saatleri Nasıl Çalışır?

Dr. Mahir E. Ocak

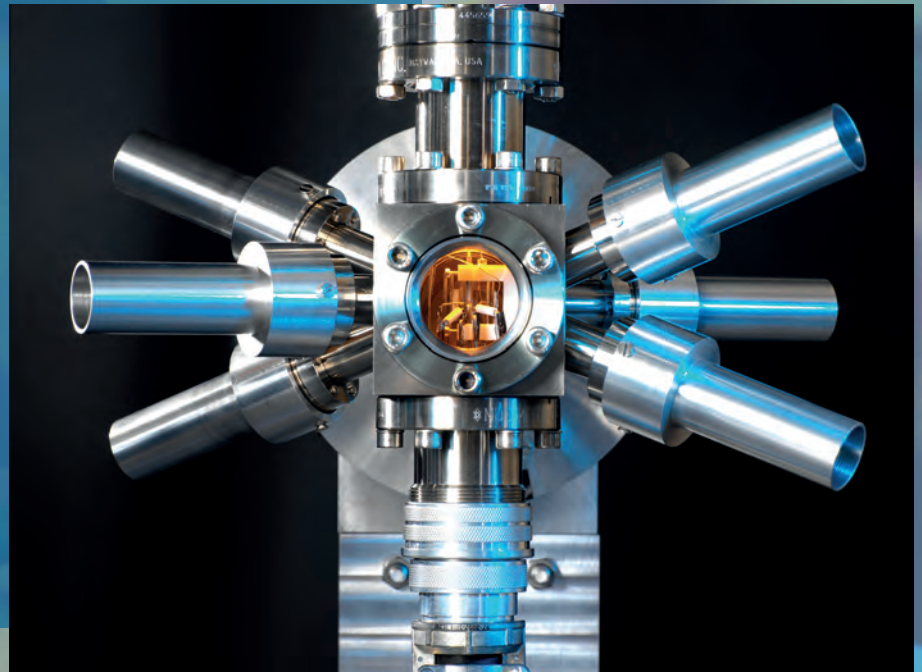
Atomlardaki elektronlar belirli enerji seviyelerinde bulunur ve enerji soğurarak ya da enerji yayarak bu seviyeler arasında geçiş yapar. Atom saatleri, frekans standardı olarak atomlar tarafından yayılan fotonların frekanslarını kullanan saatlerdir. Bu saatler günümüzün en hassas zaman ölçme aletleridir.

İlk atom saati, 1949'da Amerikan Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'nde geliştirilmişti. Oda sıcaklığında çalışan bir amonyak mazeri (mikrodalga lazeri) içeren bu cihazın hassasiyeti düşüktü. Ancak zaman içerisinde büyük çoğunluğu düşük sıcaklıklarda çalışan çok daha hassas atom saatleri geliştirildi. Örneğin, stronsiyum atom saati o kadar hassastır ki, Büyük Patlama'dan (yaklaşık 14 milyar yıldan) beri çalışıyor olsaydı bugün zamanı 1 saniyeden daha az bir hata ile gösterecekti.

Günümüzde pek çok standart enstitüsü atom saatleri ağırlarına sahiptir ve bu saatler her gün 10^{-9} saniye hassasiyetle senkronize edilir. 1967 yılından beri sez-yum-133 atomlarının iki enerji seviyesi arasındaki geçiş frekansı " $9.192.631.770 \text{ Hz (s}^{-1}\text{)}$ " olarak tanımlanıyor. Başka bir deyişle, sez-yum-133 atomları tarafından yayılan ışığın elektrik ve manyetik alanları saniyede 9.192.631.770 kez salınır. Zaman ölçümünde kullanılan bu standarda sezyum standardı denir.

Atom saatlerinden çeşitli teknolojilerde ve bilimsel çalışmalarda yararlanılır. Örneğin konum belirlemek için kullanılan GPS uydularında hassas atom saatleri vardır. Bunun yanı sıra başta görelilik kuramı olmak üzere zamanın hassas bir biçimde ölçülmesinin gerekli olduğu bilimsel çalışmalarda da atom saatleri kullanılır. Örneğin, genel görelilik kuramının en önemli sonuçlarından biri, zamanın akış hızının kütle çekim kuvvetinden etkilenmesidir. Dolayısıyla, yeryüzünde farklı yüksekliklerdeki saatler farklı hızlarda çalışır. Dünya gibi küçük gezegenlerin etraflarındaki zayıf kütleçekim alanlarında bu etkiyi sıradan saatlerle ölçmek çok zordur. Ancak en son geliştirilen iterbiyum atom saatlerinin yüksekliğini sadece 1 santimetre değiştirerek zamanın akış hızında meydana gelen değişiklikleri gözlemlemek mümkün.

Stronsiyum atom saati

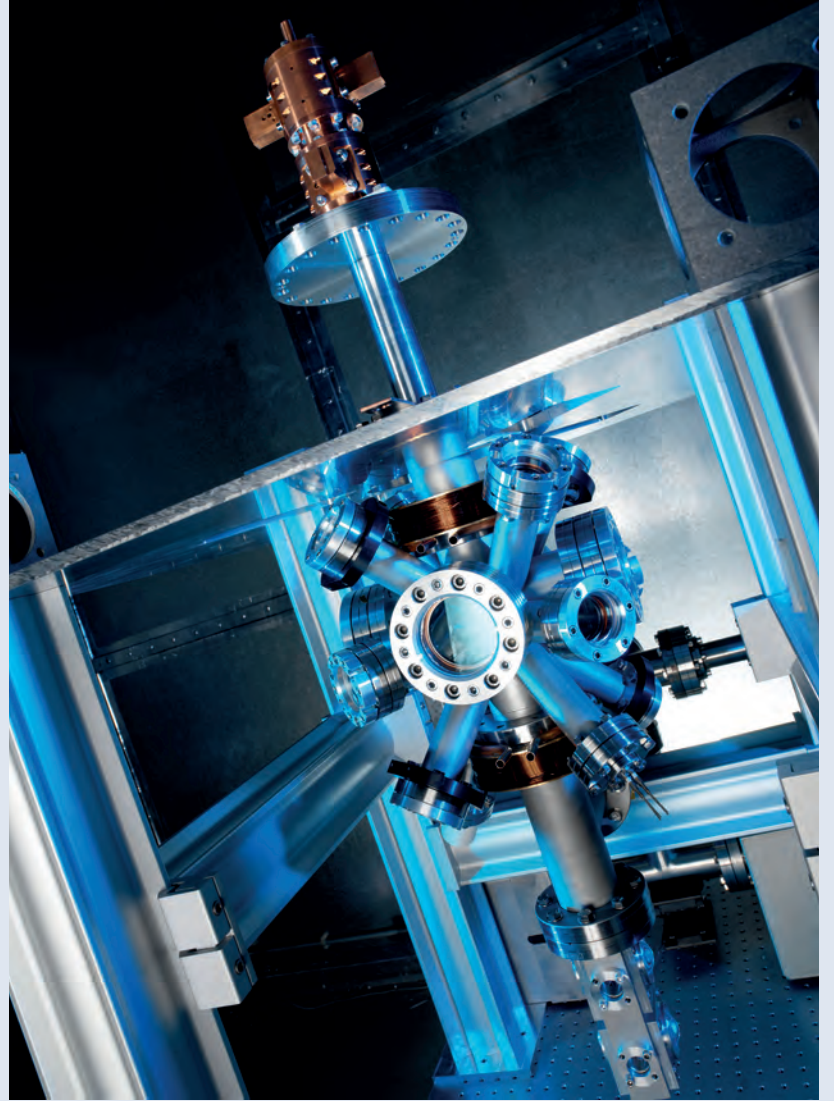


Sezyum atom saatinin vakum odası.

Atom saatini dış etkilerden korumak için sezyum vakumlanmış bir hazneye alınır. Bu hazneye yönlendirilen 6 adet mikrodalga ışın sayesinde sezyum atomunun elektronları enerji seviyeleri arasında osilasyon (salınım) yaparlar.

Yeni geliştirilen atom saatinin bir diğer kullanım alanı da karanlık madde araştırmaları olabilir. Karanlık madde, elektromanyetik dalgalarla etkileşime girmediği için, teleskoplar veya diğer ölçüm aletleri ile doğrudan gözlemlenemiyor. Fakat evrendeki toplam maddenin yaklaşık %85'ine yakınıni oluşturan bu madde, gök cisimlerinin uzaydaki hareketlerini etkileyebiliyor. Bilim insanları, karanlık maddenin de, sahip olduğu kütle sayesinde, kütleçekimsel zaman genişlemesine yol açabileceğini öngörüyor. Yeni atom saati bu genişlemeyi hassas bir biçimde ölçmek için kullanılabilir.

Bu atom saatinin bulunduğu bir uzay aracı uzayda dolaşırken yoğun miktarda karanlık maddenin yanına yaklaştığında zaman daha yavaş akacak. Oluşacak zaman farkı çok küçük olmasına rağmen hassas atom saatlerinin kullanılması ile bu farklılıkların ölçülebileceği düşünülüyor.



Laboratuvar ortamında kurulan bu atom saatlerinin çalışabilmesi için çok sayıda lazere ihtiyaç duyuluyor. Saatleri geliştirmeye devam eden bilim insanları ileride taşınabilir bir versiyonunu yapıp dünyanın değişik yerlerindeki kütle çekim farklılıklarını ölçmeyi planlıyor. ■

Kaynaklar

<https://www.nature.com/articles/s41586-018-0738-2>

<http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/atom-saatleri>

<http://www.astronomy.ohio-state.edu/~pogge/Ast162/Unit5/gps.html>

<https://www.abc.net.au/news/science/2018-11-29/atomic-clock-physics-relativity-satellite-geodesy-ytterbium/10553936>

Ayın Sorusu

Prof. Dr. Azer Kerimov [bteknik@tubitak.gov.tr

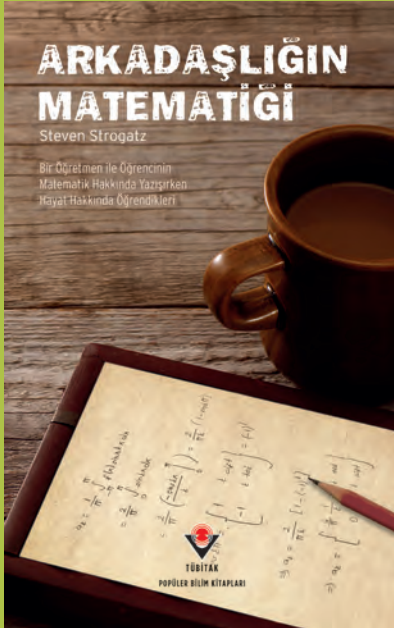
Bilkent Üniversitesi Fen Fakültesi

Matematik Bölümü

Soruyu çözüp cevabı ad, soyad ve adres bilgileri ile birlikte bteknik@tubitak.gov.tr adresine gönderenler arasından çekilişle belirlenecek beş kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları Yayınları'ndan bir kitap hediye edeceğiz:

Bu ay:

Arkadaşlığın Matematiği



Çözümü ile birlikte gönderilmeyen cevaplar değerlendirmeye alınmayacaktır.

Doğru çözüm ve çekiliş sonuçları dergimizin sosyal medya hesaplarından (facebook ve twitter) ay sonunda duyurulacak (www.bilimteknik.tubitak.gov.tr).

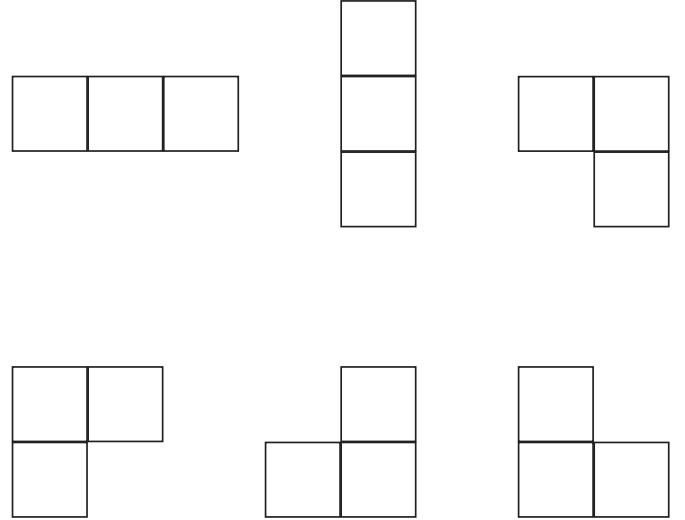
Satranç Tahtasındaki Renkler



(Matematik)

8×8 birim kareden oluşan bir satranç tahtasının her birim karesi bir renge boyanmıştır.

Bu satranç tahtasının üzerinde bulunan herhangi 3 birim kare aşağıdaki 6 figürden herhangi birini oluşturuyorsa, bu 3 birim kare birbirinden farklı renklerde dir.



Buna göre 8×8 birim kareden oluşan bu satranç tahtasının boyanması için kullanılan farklı renk sayısı en az kaç olabilir?



Kilogram Yeniden Tanımlanıyor

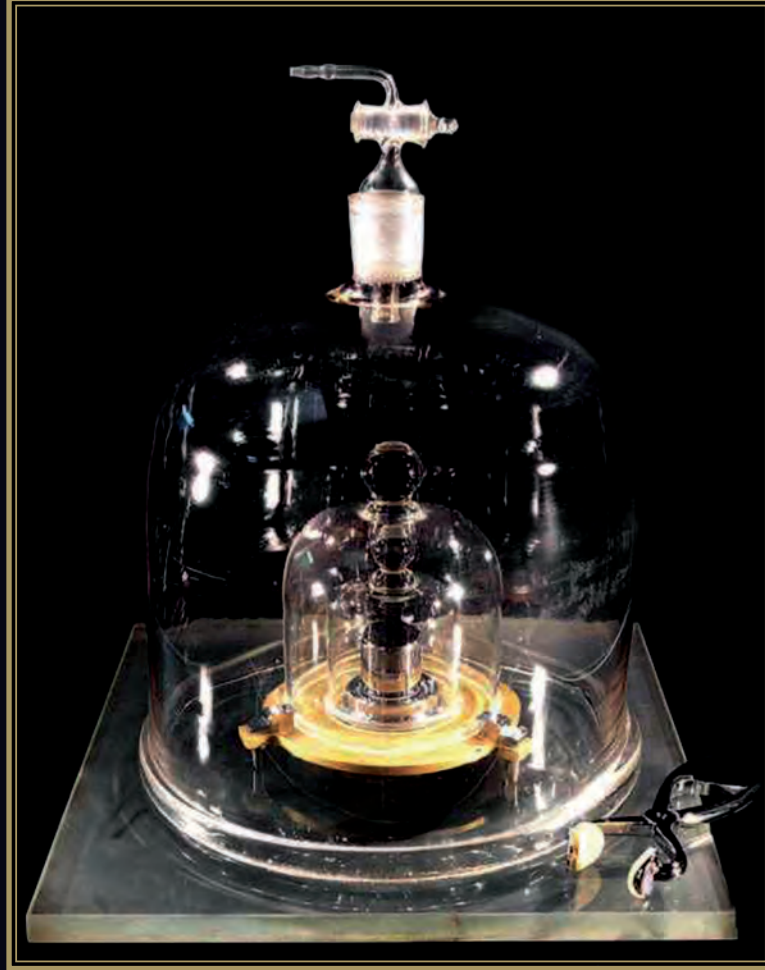
Dr. Beste Korutlu [*Uzman Araştırmacı, TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME), Elektrodinamik Laboratuvarı*

Sevda Kaçmaz [*Araştırmacı, TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME), Kütle Laboratuvarı Sorumlusu*

Tarihi bir ana tanıklık ettiğimiz 16 Kasım 2018 tarihinde, kütle birimi kilogramın tanımında çığır açacak bir değişikliğe gidilmesi onaylandı. Bu yıl yirmi altıncısı düzenlenen Ağırlıklar ve Ölçüler Genel Konferansı'nda (CGPM), elli dört ülkenin temsilcilerinin katılımıyla oylamaya sunulan bu değişiklik ile kütle ölçüm standardı olarak kullanılan Uluslararası Kilogram Prototipi (IPK), 130 yılın sonunda emekliye ayrılacak ve yerini evrensel bir sabit olan Planck sabitine bırakacak. Böylece, kilogram tanımlanırken insan yapımı bir nesne olan IPK yerine, kuantum dünyaya açılan kapının anahtarı Planck sabiti kullanılacak. Erişimi kısıtlı fiziksel bir nesne yerine evrensel bir sabitin referans alınması sebebiyle, kullanıcıdan, zamandan ve konumdan bağımsız gerçekleştirilebilecek olan bu yeni tanım, dünya çapında bu alanda 228 yıldır sürdürülen bilimsel çalışmaların zirvesi olarak düşünülebilir.

Peki, bu yeni tanım için neden bu kadar uzun süre bekledik?

Bu sorunun cevabını anlamak için gelin hep beraber bu 228 yıllık yolculuğun izlerini sürelim.



Uluslararası Kütle Prototipi (IPK).
Kütle değeri KA'nın kütlesine eşit olacak şekilde
%90 platin ve %10 iridyum alaşımından
yaklaşık 39 mm yüksekliğinde ve çapında bir
silindir biçiminde üretilmiştir.



Pirinç grave standardı.

Kütlesi donma sıcaklığında 1 dm³ hacminde damıtılmış suyun kütlesine eşittir.

İlk Kütle Birimi Grave

Bilinen ilk metrik sistemde temel kütle birimi olarak “grave” kullanıldığını duymuş muydunuz? İngilizcede “mezar” ya da “kabir” anlamına gelen bu kelime, aslında Latince “ağırlık” anlamına gelen “gravitas” sözcüğünden türetilmiştir.

Aydınlanma çağıının sonlarında, Fransa Kralı XVI. Louis, Fransız Bilimler Akademisi tarafından atanan âlimlerden oluşan Ağırlıklar ve Ölçüler Komisyonu’na, uzunluk ve ağırlık birimlerinde ölçüm birliğini sağlayacak yeni bir ölçü sistemi oluşturmalarını buyurdu. Böylece takas ve ticaret güvence altına alınacaktı. Kütlenin korunumu yasasını bulan, modern kimyanın öncülerinden Fransız Kimyacı Antoine Laurent Lavoiser gibi seçkinlerin de yer aldığı bu komisyon, onluk metrik sistemin temellerini attı. Komisyon tarafından kütle birimi grave, donma sıcaklığında 1 dm³ hacminde damıtılmış suyun kütlesi olarak tanımlandı. Bu tanım ile uyumlu, pirinçten üretilmiş grave standardı iki yıl boyunca kütle ölçüm birliğini sağlamak için kullanıldı.

Grave biriminin katları için “gravet” ve “bar” kullanılmıştır. Grave biriminin binde biri (donma sıcaklığında 1 cm³ hacminde damıtılmış suyun kütlesi) “gravet” diye adlandırılırken, bin katı (donma sıcaklığında 1 m³ hacminde damıtılmış suyun kütlesi) için “bar” sözcüğü kullanılmıştır.

Kütle Birimi Gram

Fransız İhtilali’ni takiben, Fransa tarihinde cumhuriyet yönetim şeklini benimsemiş ilk hükümetin yasama meclisi kararı ile Kral XVI. Louis (1754-1793) ve Fransız Bilim Akademisi’nde görevli Lavoiser (1743-1794) giyotin ile idam edildi. 1795 yılında, yeni yönetimin düzenlemesiyle, gravet yerini Latince “küçük ağırlık” anlamına gelen “gramme”a yani İngilizce yazılışıyla “gram”a bıraktı. Üst ve alt onluk katları için ise binde bir anlamında “mili” ya da bin katı anlamına “kilo” gibi ön ekler kullanılmaya başlandı. Böylece temel kütle biriminin her onluk katını yeni bir isimle tanımlamak yerine (gravet, grave, bar gibi) jenerik olarak gram kullanılırken, üst ve alt katlar için ön ekler kullanılmaya başlandı.



Uluslararası birim sisteminde (SI)

“kilo” ön ekini alan tek birimin

(metre, saniye, amper, kelvin, mol, kandela)

KİLOgram olduğunu

daha önce fark etmiş miydiniz?

O zamanlar ticaret küçük ağırlıklar üzerinden yapıldığı için, temel kütle birimi gram, grave yerine gravet baz alınarak oluşturuldu. Bu yeni tanımda damıtılmış suyun donma sıcaklığı olan 0°C yerine, atmosfer basıncı altında yoğunluğunun en yüksek olduğu 4°C referans olarak kullanılmaya başlandı. Fakat bir gram küçük olması sebebiyle hem kullanım hem de üretim açısından zor olduğu için, yeni tanıma ait kütle standardının, gramın bin katı olan kilogram olarak üretilmesine karar verildi ve bu karardan dört yıl sonra, 1799’da, Arşiv Kilogram (KA) standardı oluşturuldu. Pirinç paslanmaya elverişli bir malzeme olduğu için, standart platinden oluşturuldu. Günümüzde Paris’te ulusal arşivlerde korunan KA, 90 yıl boyunca kütle ölçümlerinin referansı olarak kullanıldı. İlgili ülkelere KA’nın kopyaları ulusal kütle standardı olarak kullanılmak üzere gönderildi.

Son Kütle Birimi Kilogram

1870

'li yıllara gelindiğinde, ulusal standartların birbirleri ile uyuşmayan kütle değerleri sebebiyle,

Osmanlı Devleti'nin de yer aldığı 17 ülke arasında, evrensel bir ölçüm sistemi oluşturulması üzerine, Metre Anlaşması (20 Mayıs 1875) imzalandı. Osmanlı Devleti, metrik sisteme otuz ikinci Osmanlı padişahı Sultan Abdülaziz (1830-1876) döneminde geçmişti. O zamanlar kütle birimi "gram" yerine "dirhem-i aşari" terimi kullanılıyordu. Eski dilde "aşar" ondalık anlamına geldiği için bu terim ondalık ölçü birimini imlerdi. Metre Anlaşması'yla temel kütle birimi "kilogram" olarak güncellendi ve üç adet uluslararası organizasyon kuruldu:

- Uluslararası standartlar üzerine diplomatik kararların alındığı Ağırlıklar ve Ölçüler Genel Konferansı (CGPM),
- Metre anlaşmasına imza atan her üye ülkeden bir adet temsilcinin yer aldığı ve CGPM'ye tavsiyede bulunan Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Komisyonu (CIPM),
- Uluslararası standartların korunduğu Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu (BIPM).

Fransa o dönemde bilimde söz sahibiydi. Metrik sistemin temelleri de orada atıldığı için BIPM, Sevres, Paris'te kuruldu. Bu bağlamda, kütlesi KA'nın kütlesine eşit olacak şekilde, Uluslararası Kilogram Standardı (IPK) üretilmesine karar verildi. Saf platin yumuşak bir malzeme olduğu için, IPK % 90 platin %10 iridyum alaşımından üretildi. 1889 yılından beri kilogram tanımında IPK kullanılıyor. Evlerimizde kullandığımız banyo tartılarından, endüstriyel amaçlı kullanılan terazilere kadar bütün kütle ölçümlerinin değeri bu standarda göre belirleniyor. 3. CGPM'de kararlaştırıldığı üzere temel kütle standardı olarak IPK'nin kullanıldığı kilogram biriminin mevcut tanımı şöyledir:

"Kütle birimi kilogramdır ve uluslararası kilogram prototipinin kütlesine eşittir."

Bu tanımdan iki önemli sonuca varılabilir.

- Kilogram biriminin hem tanımı hem de gerçekleştirilmesi IPK üzerinden yapılır.
- Kilogram biriminin hatası ve belirsizliği sıfırdır.

Metre Anlaşması'nın da ilk imzalandığı tarih olan 20 Mayıs, her yıl Dünya Metroloji Günü olarak kutlanır.



Türkiye'nin 54 numaralı Ulusal Kilogram Standardı.

%90 platin ve %10 iridyum alaşımından yaklaşık 39 mm yüksekliğinde ve çapında bir silindir biçiminde üretilmiştir.

Daha basit bir ifadeyle, IPK'nin kütlesinin değişmediği varsayılır. Bunu sağlamak için de IPK 1889 yılından beri, BIPM'de hava ortamında üç adet cam fanus altında muhafaza edilmektedir.

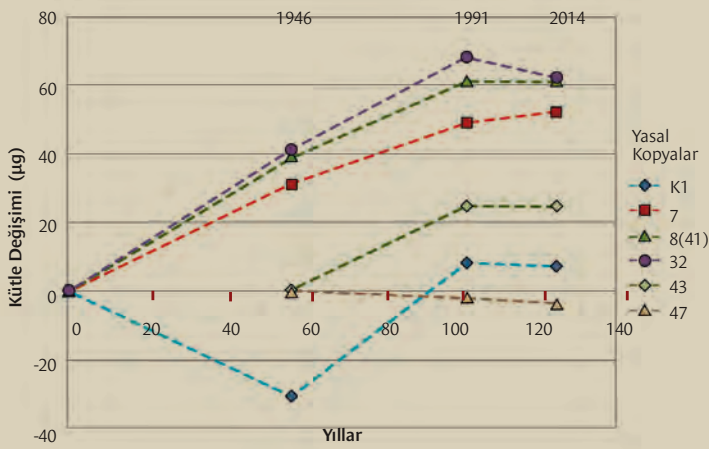
IPK ile birlikte, aynı koşullarda saklanan altı yasal kopya, sekiz çalışma standardı ve 2 adet özel kullanım için üretilmiş kopyalar da yine BIPM'de muhafaza edilmektedir. BIPM'de üretilen diğer standartlar ise metre anlaşmasını imzalayan ülkelere, ulusal kütle standardı olarak kullanılmak üzere gönderildi. Bu süreçte, Balkanlarda başlayan savaşlar sebebiyle Gerileme Dönemi'nde olan Osmanlı Devleti, Metre Anlaşması'na üye ülkelerin yapması gereken yıllık ödemeleri gerçekleştiremedi ve 1883 yılında Metre Anlaşması'ndan çekildi. Sultan II. Abdülhamit'in (1842-1918) padişah olduğu bu süreçte, Osmanlı Devleti'ne ulusal kütle standardı gönderilmedi. Osmanlı Devleti'nin dağılıp Türkiye Cumhuriyeti'nin kurulmasından 10 yıl sonra, 1933 yılının mart ayında, Metre Anlaşması'na yeniden imza atılması sonucunda, Türkiye'ye 42 numaralı kütle standardı gönderildi. Bu standartların kütle değerleri belirli aralıklarla düzenlenen uluslararası kütle karşılaştırma ölçümleriyle kontrol edilirdi.

42 numaralı kütlede ikinci karşılaştırma sırasında hasar tespit edilmesi sebebiyle yerine üretilen 54 numaralı standart kütle Türkiye'ye teslim edildi. 54 numaralı kütle standardı, günümüzde TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü'nde (UME) muhafaza edilmekte ve ulusal kütle standardı olarak kullanılmaktadır.

IPK'nin üretilmesinin üzerinden tam 129 yıl geçti ve BIPM'de gerçekleştirilen karşılaştırma ölçümlerinde yasal kopyaların kütlelerinin zamanla değiştiği gözlemlendi (altta). IPK kütlesi yalnızca bu karşılaştırmalarda üçlü fanusun içerisinde çıkarılarak ölçümlerde kullanıldı. Bu periyodik doğrulama karşılaştırmaları, 1899-1911, 1939-1953 ve 1988-1992 yıllarında yapıldı. Bunların dışında, 2014 yılında, sadece BIPM kütlelerinin kullanıldığı bir karşılaştırma ölçümü de gerçekleştirildi. Değişimin 100 yılda ortalama 0.00005 gram civarında olduğu belirlendi. Değişim küçük gibi görünse de, eczacılık, kimya, ileri teknoloji gibi uygulama alanlarında bu küçük farklar büyük sonuçlar yaratabiliyor. Ayrıca, kilogram biriminin doğrudan ilişkili olduğu diğer birimler de bu sonuçtan etkileniyorlar. Pek tabii bu değişimler, IPK kütlelerinin zaman içerisinde değişmediği varsayımı sebebiyle, diğer kütlelerin IPK kütlelerine uzaklığı olarak tanımlanan bağıl değişimler.

BIPM standart kütlelerinin zaman içerisinde IPK kütlelerine göre değişimi.

IPK kütlelerindeki değişim tanım gereği sıfır kabul edilir. Dikey eksende μg ön eki çarpı 10-6 anlamına gelir. K1, 7, 8(41), 32, 43 ve 47 BIPM'de muhafaza edilen altı yasal kopyanın isimleridir.



43 ve 47 numaralı yasal kopyalar ilk olarak 1946 yılında diğerleri 1889 yılında kalibre edilmişlerdir.

Bağıl değişimleri anlamak için daha aşına olduğumuz bağıl hız problemine bakmak iyi olabilir. Birbirlerine doğru hareket eden iki gözlemci, diğer hareketlinin gerçek hızından daha hızlı hareket ettiğini düşünür. Referans noktasını kendi aracı olarak seçen gözlemci, referans noktası ile birlikte hareket ettiğinden, kendi hızını sıfır kabul eder, diğer hareketlinin hızını ise, kendi gerçek hızı ile diğer hareketlinin gerçek hızının toplamı olarak ifade eder. Bu aslında bir yanılsamadır ve bu yanılsamayı çözebilmenin tek yolu, gerçek hızları tespit edebilecek olan hareketsiz bir gözlemciyi devreye sokmaktır. Aslında kütle standartlarında da benzer bir durum söz konusudur. Kütle standartlarının değişimleri, IPK kütlelerindeki değişim sıfır kabul edildiğinden, bağıl değişimlerdir.

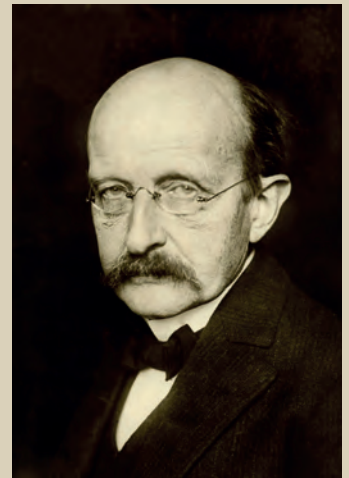
SI birimleri içerisinde hatası ve belirsizliği sıfır olan tek birimin kilogram olduğunu biliyor muydunuz?

Peki, değişimin IPK'de mi yoksa kopyalarda mı olduğunu söylemenin bir yolu var mı? Bunun gerçekleşebilmesi için, gerçek kütle değişimlerini ölçebilen bir hareketsiz gözlemciye ihtiyaç var. Bu hareketsiz gözlemci kilogram biriminin yeni tanımında evrensel bir sabit olan Planck sabiti olacak. Diğer bir deyişle kilogram birimi Planck sabiti ile tanımlanacak.

Max Karl Ernst Ludwig Planck, Alman teorik fizikçi. (1858-1947)

Kuantum kuramı ile ilgili çalışmalarından dolayı 1918'de Nobel Fizik Ödülü'nü aldı.

Termodinamik yasaları üzerine çalıştı. Kendi adıyla bilinen "Planck sabiti"ni ve "Planck ışınım yasası"nı bilim dünyasına kazandırdı.



Kilogramın Planck Sabiti ile Tanımı

Yazının başındaki kilogramın yeni tanımı için neden 228 yıl beklendi sorusuna geri dönecek olursak, kilogramın Planck sabiti ile tanımlanabilmesi için öncelikle Planck sabitinin keşfedilmesi gerekiyordu. Planck sabiti, 1901 yılında Alman teorik fizikçi Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858 -1947) tarafından, zamanın en önemli problemlerinden olan “Morötesi Felaketi”ni açıklamak için matematiksel bir model olarak ileri sürüldü. 1918 yılında, Max Planck’ın Nobel Fizik Ödülü’ne layık görülmesine yol açan bu keşif, bugün modern fiziğin başlangıcı olarak anılır ve makro ölçekteki gerçeklikten mikro ölçekteki tuhaflığa geçişin eşiği kabul edilir. Fakat kilogramın tanımında kullanılması için Planck sabitinin keşfedilmiş olması yeterli değildi. Planck sabitinin en azından kilogramın mevcut tanımını karşılayacak belirsizlikte ölçülebilmesi gerekiyordu. Keşfedildiği günden beri Planck sabitini ölçmek için birçok deney geliştirildi. Yandaki tabloda yıllara göre çeşitli deneylerden elde edilen Planck sabiti ve belirsizlik değerlerini görebilirsiniz.

Tablonun üçüncü kolonunda belirsizlik değerinin virgülden sonraki ikinci basamaktan sekizinci basamağa kadar küçüldüğünü fark etmişsinizdir. Günümüzde, Planck sabitini bu belirsizlikle ölçmemize izin veren iki yöntem bulunmaktadır. Elektrik ve mekanik güçlerin eşitlenmesi prensibine dayanan Kibble Balans Deneyi ve tek örütlü silisyumda atom sayma prensibine dayanan X Işını Kristal Yoğunluğu (XRCD) deneyi. Her iki yöntem de kilogram biriminin Planck sabiti ile yapılan yeni tanımını gerçekleştirmek için kabul görmüştür. TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) kendi geliştirdiği Salınlı Mıknatıs Kibble Balans deneyiyle dünya çapında yürütülen bu çalışmalara katkı sağlamaktadır.

Bu noktada akıllara kilogramın yeni tanımında diğer evrensel sabitler yerine neden Planck sabiti kullanıldığı gelebilir. Planck sabiti birimi, tabloda da görüldüğü gibi, enerji birimi joule ile zaman birimi saniyenin çarpımıdır. Joule türetilmiş bir birimdir ve SI temel birimleri cinsinden yazıldığında **Joule = kilogram x metre²/saniye²** eşitliği karşımıza çıkar.

Dolayısıyla Planck sabitinin tanımı gereği kilogram birimini içerdiğini görürüz. Kilogram biriminin yeni tanımında herhangi başka bir evrensel sabit yerine Planck sabitinin kullanılacak olması tam da bu yüzden.

Sonuç olarak, 228 yıl boyunca kilogramın tanımında kütle standartlarının kullanılmasının sebebi, Planck sabitinin 1901 yılında keşfedilmiş olmasına rağmen istenilen belirsizlik seviyesinde ölçülememesinden kaynaklanıyordu. 26. CGPM’de kilogram biriminin yeni tanımında kullanılacak olan 2017 Planck sabiti değeri oylamaya sunuldu ve 20 Mayıs 2019 tarihinden itibaren yeni tanımın geçerli olması kararlaştırıldı. Bu kararla birlikte kilogramın fiziksel nesneye bağlı tanımından, kullanıcıdan, zamandan ve konumdan bağımsız evrensel bir tanıma geçildi.

Yıl	Planck Sabiti (Joule x saniye)	Planck Sabiti Belirsizliği (Joule x saniye)
1919	$6,5543 \times 10^{-34}$	$0,0100 \times 10^{-34}$
1929	$6,547 \times 10^{-34}$	$0,008 \times 10^{-34}$
1969	$6,626196 \times 10^{-34}$	$0,000050 \times 10^{-34}$
1973	$6,626176 \times 10^{-34}$	$0,000036 \times 10^{-34}$
1986	$6,6260755 \times 10^{-34}$	$0,0000040 \times 10^{-34}$
1998	$6,62606876 \times 10^{-34}$	$0,00000052 \times 10^{-34}$
2002	$6,6260693 \times 10^{-34}$	$0,0000011 \times 10^{-34}$
2006	$6,62606896 \times 10^{-34}$	$0,00000033 \times 10^{-34}$
2010	$6,62606957 \times 10^{-34}$	$0,00000029 \times 10^{-34}$
2014	$6,626070040 \times 10^{-34}$	$0,000000081 \times 10^{-34}$
2017	$6,626070150 \times 10^{-34}$	$0,000000069 \times 10^{-34}$

Şunu da belirtmek gerekir ki yeni tanım bizim günlük hayatta kütle ölçümünde kullandığımız büyüklükleri etkilemeyecek. Örneğin kilonuzu kontrol etmek için tartıya çıktığınızda okuyacağınız değer, yeni tanımdan etkilenmeyecek. Yeni tanım ileri teknolojilerin yer aldığı sistemlerde, çok hassas kütle ölçümlerine ihtiyaç duyulan eczacılık gibi alanlarda ya da kilogram biriminin etkilediği diğer ölçü birimlerinde etkili olacak. ■

Kaynaklar

Richard Davis, “SI Kütle Birimi”, *Metrologia*, cilt 40, sayfa 299, 2003.

https://www.bipm.org/utls/common/pdf/si_brochure_8.pdf

<https://www.bipm.org/utls/en/pdf/si-mep/MeP-kg-2018.pdf>

<https://www.nist.gov/si-redefinition/kilogram-introduction>

http://www.ume.tubitak.gov.tr/sites/images/ume/metroloji_kitabi.pdf

Antonio Possolo ve ark., “Uluslararası birimler sisteminde Planck sabiti ölçümlerinin doğruluğu, tutarlılığı ve kararlılığı”, *Metrologia*, cilt 55, sayfa 29, 2018.

H. Ahmedov, N. Babayigit Aşkın, B. Korutlu ve R. Orhan, “UME salınlı mıknatıs Kibble Balans ile Planck sabiti ilk ölçümleri”, *Metrologia*, cilt 55, sayfa 326-333, 2018.

Merak Ettikleriniz

Mesut Erol [merak.ettikleriniz@tubitak.gov.tr

Zeytinyağını Sağlıklı Yapan Nedir?

Akdeniz diyetinin uzun ve sağlıklı yaşamın anah-tarı olduğunu ortaya koyan araştırmaların sayısı ile orantılı olarak zeytinyağının popülaritesi de artıyor.

Zeytinyağının yapısında bulunan polifenol bileşik-ler antioksidan işlevi görür. Oksidasyonun düşmesi de hücre hasarını önleyerek birçok hastalığın önüne ge-çer. Polifenoller ayrıca kan basıncını ve kolesterolü dü-şürerek kalp hastalığı riskini azaltır. Yüksek polifenollü zeytinyağı, metabolik sendroma sebep olan risk faktör-lerinin ortaya çıkışında etkisi olduğu bilinen genlerin ifadesini olumlu yönde etkileyerek kalp sağlığını koru-maya yardımcı olur. DNA'da depolanan bilginin, prote-inlerin veya başka moleküllerin üretilmesi için yöner-gelere dönüşmesine "genin ifade edilmesi" ya da kısaca "gen ifadesi" denir.

Zeytinyağına hafif acılık veren bileşenlerden oleo-kantal, varlığını boğazın arka tarafında hafif yanmayla belli eder. Kanser riskini düşürdüğü bilinen bu madde aynı zamanda Alzheimer başta olmak üzere birçok nö-rodejeneratif hastalığın ortaya çıkma ihtimalini azal-tıyor ve virüslerden korunmamıza katkıda bulunuyor.

Kanser hastalarıyla yapılan çalışmalar, zeytinyağı odaklı beslenmeyi seçen hastaların kilo alma, insülin, kan basıncı ve trigliserit düzeylerinde olumlu gelişme kaydettiklerini gösteriyor.

Kaynaklar

publichealth.yale.edu/article.aspx?id=18497
livescience.com/37998-olive-oil-health-benefits.html

Bir Süre Dönüp Durunca Neden Baş Dönmesi Yaşarız?

Çocukken birçoğumuz kendi etrafımızda hızlıca döner durduktan sonra çevremizin çalkalanan görüntüsünü zevkle seyretmişizdir. Baş dönmesi, fizikteki temel dinamik prensiplerinden eylemsizlik ile açıklanabilir.

İç kulağımızda bulunan vestibüler sistemin bir parçası olan yarım daire kanalları birbirine dik konumlanmış üç kanaldan oluşur. Bu kanallardan her biri kafamızın üç boyutlu uzaydaki dönme hareketinin hangi ekseninde gerçekleştiğini algılamakla görevlidir. Kanallardaki kupula adlı çıkıntılarda bulunan tüy hücreleri, kanalı dolduran endolenf sıvısının hareketlenmesiyle nehir akıntısına direnen su bitkileri gibi savrularak durumu sinir hücrelerine iletir.

Kendi etrafımızda dönmeye başladığımızda, endolenf sıvısı eylemsizlik gereği harekete direnir. Kupula ile içerindeki hareketi algılayan tüy hücreleri endolenfin eylemsizliğinin etkisiyle kafa hareketimizin tersi yönde bükülürler. Dönmeye devam ettikçe endolenf de hareket kazanır ve kupula ile tüy hücreleri dik konuma geçerler. Bu yapılar orijinal konumlarına geri döndükleri için beynimiz artık kafamızın değil çevremizin dönmeye başladığını zanneder.

Dönmeyi kestiğimizde ise endolenf bu kez kazandığı ivmeyi korumaya çalıştığı için kupulayı ters yönde bükür. Tüy hücreleri, endolenf sıvısı duruncaya kadar eğik konumda oldukları için durduğumuz hâlde dönüyormuşuz gibi hissederiz.

Kaynaklar

livescience.com/33828-spinning-dizzy.html
nba.uth.tmc.edu/neuroscience/s2/chapter10.html



Kızartılmış Yiyecekler Neden Daha Lezzetli?

Kızartılmış ya da ızgarada pişirilen yiyecekleri genellikle haşlanmış olanlara tercih ederiz. Bu durum, enzimatik olmayan bir dizi tepkime sonucu ortaya çıkan lezzet ve koku bileşenlerinden sorumlu “Maillard Reaksiyonu” ile açıklanabilir.

“Kahverengileşme Reaksiyonları” olarak da anılan bu tepkimeler, adını 1912 yılında proteinler ile şekerlerin etkileşimini açıklayan Louis Camille Maillard’dan alıyor. Başlangıçta şekerin karbonil grubu ile amino asitteki amino grubu tepkimeye geçerek glikozilamin bileşiğini oluşturur. Glikozilaminin molekül yapısının değişmesiyle (izomerleşme) ortaya çıkan yeni bileşik, ortamın pH değeri ölçüsünde yüzlerce farklı bileşeni ortaya çıkaracak olan tepkime zincirini başlatır. Maillard reaksiyonu 140-165°C arasında optimum düzeyde gerçekleşir.

Kızartılan yiyeceklerin kahverengileşmesi, tepkimede açığa çıkan melanoidin polimerleri ile gerçekleşir. Kızartılmış ette bulunan tiyofenler, kızarmış ekmek ve kavrulmuş kahvede bulunan pirazinler ile karamelize esmerleşmeye yol açan furanonlar bu tepkimeyle açığa çıkabilecek ürünlerden sadece birkaçı.

Maillard reaksiyonu sadece güzel tat ve kokulardan sorumlu değil. Uzun süreli pişirmelerde akrilamid gibi karsinogenler, yani kansere neden olan maddeler ve yiyeceklerimizin kararmasına yol açan toksik yan ürünler de ortaya çıkabiliyor.

Kaynaklar

compoundchem.com/2015/01/27/maillardreaction
blogs.discovermagazine.com/scienceandfood/2017/10/10/maillard-reaction

Uç Koşulların Minik Süper Kahramanları

SU AYILARI

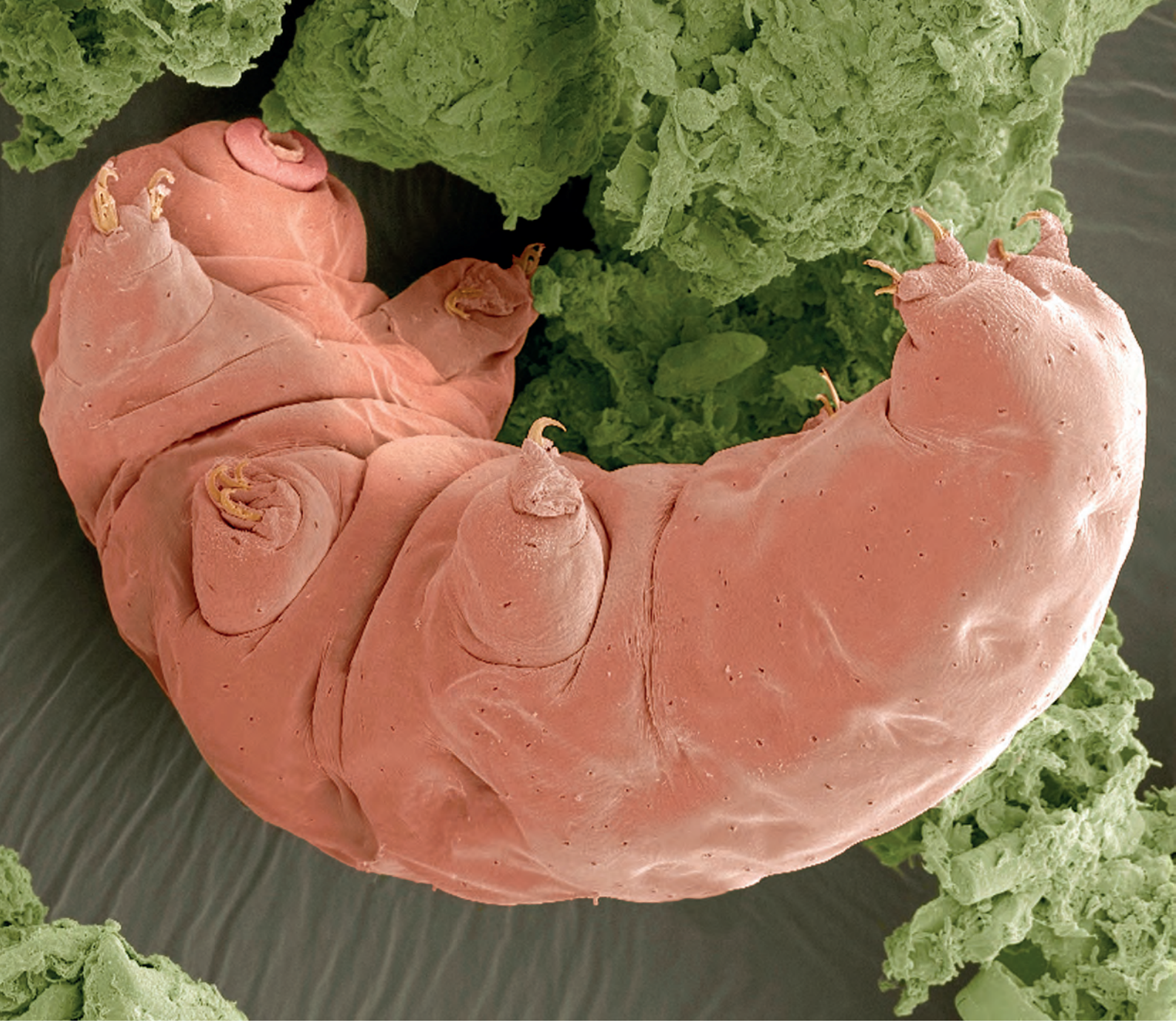
İlay Çelik Sezer [*Bilim ve Teknik Dergisi*]

Su ayıları, daha bilimsel adıyla tardigradlar, dünyanın hemen her yerinde sessiz sedasız yaşayıp, elektron mikroskoplarıyla elde edilen sevimli mi korkutucu mu olduğuna karar vermesi zor görüntülerinin yanı sıra uç koşullara karşı sıra dışı dayanıklılıkları ve bunun hücre düzeyindeki temelleri hakkında sundukları yeni bilgilerle özellikle son yıllarda popüler bilim gündeminde hayli ses getiren mikroskobik hayvanlar. İlk görüşte kurgu ürünüymüş izlenimi bile uyandırabilen bu tuhaf canlılar son yıllarda bilim dünyasının belki de en popüler maskotu olmakla kalmayıp giderek daha fazla araştırmaya konu oluyor.

Gelin onların gizemli dünyasına daha yakından bakalım.



Bir karayosununda bulunan
Paramacrotus craterlaci türü bir su ayısının
elektron mikroskobu görüntüsü



Macrobiotus cinsi bir su ayısının elektron mikroskobu görüntüsü

Su ayılarını popüler bilim gündeminde ön plana çıkaran en önemli özellikleri çok çeşitli uç koşullara karşı sıra dışı biçimde dayanıklılık göstermeleri. Bu aynı zamanda dünya üzerinde çok geniş bir yayılım göstermelerinin de bir sebebi. Bilinen 1100'ün üzerinde su ayısı türü var. Çoğu tür karayosunlarının, likenlerin ve alglerin özsularını emerek beslenirken bazı türler omnivor, yani hem bitkileri hem de başka hayvanları yiyerek besleniyor. Başka su ayılarını avlayan türler bile var. Su ayılarının önemli bir bölümü karasal ortamlarda yaşıyor. Su ayısı olarak adlandırılmalarının sebebiyse yaşamsal etkin-

liklerini sürdürmek için vücutlarını çevreleyen ince bir su tabakasına ihtiyaç duymaları. Öte yandan suda yaşayan su ayısı türleri de var ki bunlar karadaki akrabaları gibi uç koşullara dayanıklılık özelliği göstermiyor. Su ayıları canlı sınıflandırmasında hayvanlar aleminin Tardigrada şubesini oluşturuyor. Aynı bir şube oluşturmaları da başka hayvanlarda görülmeyen sıra dışı özellikleriyle uyumlu bir durum. Su ayılarının geçmişi hayli geriye uzanıyor. Yaşı en az 500 milyon yıl öncesine tarihlenen fosiller bile var. Bu da dünyadaki beş toplu tür yok oluşunu atlatan az sayıdaki canlı grubundan biri oldukları anlamına geliyor.

Kuruduktan Sonra Canlanan Hayvancıklar

Keşiflerinden bu yana su ayıları hakkında elde edilen çoğu bilgi onların çok özel canlılar olduğunu gösteriyor. Su ayıları 1773 yılında Johann August Ephraim Goeze adlı bir Alman zoolog tarafından keşfedildi. Bundan üç yıl sonra ise İtalyan vaiz ve bilim insanı Lazzaro Spallanzani su ayılarının üstün yetenekleri olduğunu keşfetti.

Spallanzani bir yağmur oluştundan elde ettiği kuru yağmur suyu çöktisini sulandırıp mikroskopta incelediğinde biçimleri bir ayıyı andıran yüzlerce küçük canlının suda yüzdüğünü gördü. *Opuscoli di Fisica Animale, e Vegetable* adlı kitabında yavaş hareketlerinden esinlenerek bu canlılara “yavaş yürüyen” anlamında “il Tardigrado” adını verdi. Dilimize tardigrad olarak geçen bu sözcük su ayılarının yaygın bilimsel ismi haline geldi.

Aslında kuru bir çökeltilinin sulandırılmasıyla canlandığı gözlemlenen ilk canlılar su ayıları değildi. 1702’de Hollandalı bilim insanı Anton van Leeuwenhoek kendi geliştirdiği mikroskopla yine yağmur oluklarından aldığı çökeltilere su eklediğinde bazı “hayvancıkların” etkin hale gelerek yüzmeye ve yürümeye başladığını gözlemlemişti. Van Leeuwenhoek’un gözlemlediği canlılar tekerlekli hayvan olarak bilinen Rotifera şubesine ait hayvanlardı. Bunlar görünüşe göre aylarca susuz kalabiliyorlardı. Su ayılarının susuzluğa dayanma süresi ise yıllarla ölçülebiliyor.



Johann August Ephraim Goeze, Alman zoolog
28 Mayıs 1731- 27 Haziran 1793

1948 yılında İtalyan zoolog Tina Franceschi bir müze koleksiyonundaki 120 yıllık kurumuş yosunlar üzerinde bulunan su ayılarının canlandırılabilirliğini iddia etti. Suyu koyduğu su ayılarından birinin ön ayaklarından birini kıpırdattığını gözlemledi. Ancak bu gözleme ilişkin kayıtlar hayli tartışmalı kabul ediliyor. Ayrıca bir canlanma gözlemlendiyse bile söz konusu kayıtlarda tam olarak normal hayata dönebildiklerine ilişkin bilgi yok. K. Ingemar Jönsson ve Roberto Bertolani adlı araştırmacılar bu kayıtları 2001 yılında tekrar değerlendirdiklerinde 120 yıl gibi uzun bir sürenin ardından görülen belli belirsiz bir canlanmanın en iyi ihtimalle nadir bir durum olabileceği, kuruyan bir su ayısının hayatta kalabilmesi için on yıl civarındaki bir sürenin daha gerçekçi olacağı yönünde bir öngöründe bulundu. Örneğin 1995 yılında yapılan bir deneyde kurumuş haldeki su ayılarının 8 yıl sonra hayatta döndüğü gözlemlendi.



Tun Halinin Keşfi

Hayvanların çoğu için su olmadan yaşamak imkansızdır. Chapel Hill’deki (ABD) North Carolina Üniversitesi’nde uç koşullarda yaşam konusunda araştırmalar yapan Thomas Boothby, kuruduğu zaman tipik bir hücrenin parçalandığını, içindekilerin dışarı aktığını, ayrıca proteinlerinin özel üç boyutlu yapılarını kaybedip bir arada topaklaşarak işlevsiz hale geldiğini söylüyor. İtalya’daki Modena and Reggio Emilia Üniversitesi’nden profesör Roberto Guidetti’ye göre, su ayılarının öldürücü olan su kaybına karşı direnci moleküler, fizyolojik ve yapısal düzeylerde etki gösteren karmaşık bir dizi etmene bağlı.

Su ayılarının su olmadan nasıl hayatta kalabildiğine ilişkin ilk keşif 1922’de Alman bilim insanı H. Baumann tarafından yapıldı. Baumann su ayılarının kurudukları zaman kafalarını ve sekiz bacaklarını içeri çektiklerini, sonra da ölüme benzeyen durağan bir hal aldıklarını gözlemledi. Su ayıları bu haldeyken vücutlarındaki suyun büyük kısmını dışarı atarak kuru bir kabuk içinde kıvrılıyordu. Baumann’ın “Tönnchenform” olarak adlandırdığı bu hale bugün *tun* hali adı veriliyor. Bu haldeyken metabolizmaları aşırı derecede yavaşlıyor. Bu şekilde yıllarca bekleyebiliyor ve ancak suyla temas ederlerse canlanabiliyorlar.

Uç Koşulları Atlatma Ustası

Tun halinin su ayılarının kurumaya karşı dayanıklılık göstermesi için elzem olduğu biliniyor. Ancak Baumann bu özel hali tanımlamadan çok önce su ayılarının başka üstün özellikleri fark edilmeye başlanmıştı. 1842’de Fransız bilim insanı Doyere *tun* halindeki bir su ayısının 125°C sıcaklıkta birkaç dakika tutulduğunda hayatta kalabildiğini göstermişti. 1920’lerde de Gilbert Franz Rahm adlı bir rahip su ayılarını 151°C sıcaklığa maruz bıraktıktan sonra hayata döndürmeyi başarmıştı. Rahm su ayılarının soğuğa dayanıklılığını da sınamış, onları 21 aylığına -200°C’deki sıvı havada, 26 saatliğine -253°C’deki sıvı azotta ve 8 saatliğine -272°C’deki sıvı helyumda tutmuş, su ayıları suyla temas eder etmez canlanmıştı.

Bugün su ayılarının mutlak sıfır olarak adlandırılan sıcaklığın (-273°C) çok az üstündeki -272,8°C’ye dayanabildiği biliniyor. Bir karşılaştırma yapmak gerekirse dünya üzerinde kaydedilmiş en düşük sıcaklık -89°C. Yani aslında su ayıları doğada görülmeyen ve ancak laboratuvar ortamında oluşturulabilen çok düşük sıcaklıklara dayanabiliyor. *Tun* halindeki su ayıları 570.000 Rad’ı (500 Rad insanı öldürmek için yeterli) bulabilen şiddette X ışınlarına karşı da dayanıklılık gösteriyor. Yapılan deneyler su ayılarının, *tun* halinde olmasalar bile yüksek dozda alfa, gama ve morötesi ışınlama da dayanabildiklerini gösterdi.

2007 yılında binlerce su ayısı bir uydunun dış yüzeyine yerleştirildi ve bu şekilde uzaya gönderildi. Uydu dünyaya döndükten sonra bilim insanları su ayılarının çoğunun hayatta kaldığını gördü. Hatta dişilerden bazıları yumurtlamış, yumurtalardan sağlıklı yavrular çıkmıştı. Uzaya gönderilen su ayılarının karşılaştığı en büyük tehlike radyasyondur. Su ayılarının bir kısmı daha yüksek radyasyona maruz kalacak şekilde bir kısmı ise daha korunaklı biçimde yerleştirilmişti. Daha yüksek dozda radyasyona maruz kalanlar korunanlara göre daha fazla zarar gördüyse de ölüm oranları %100 değildi. Öte yandan uzaya gönderilen su ayılarının bir kısmının Dünya’ya dönüp yeniden suya bırakıldıklarındaki hayata dönme oranları Dünya’yı hiç terk etmemiş su ayılarınıninkine yakındı. Uzun yolculuğu su ayılarının çok güçlü vakuma dayanıklılıklarını da sınamış oldu.

Japonya’daki Kanawaga Üniversitesi’nden Kunihiro Seki ve Masato Toyoshima 1998’de yayımladıkları araştırmada su ayılarının aynı zamanda çoğu hayvanı yamyassı hale getirecek çok yüksek fiziksel basınçlara da dayanabildiğini gösterdi. Araştırmacılar *tun* halinde iken su ayılarının 600 megapaskal (MPa) düzeyinde basınca dayanabildiğini gözlemledi. Bu basınç doğada karşılaşılabilecekleri herhangi bir basıncın çok üzerinde. Okyanusların en derin yeri, Pasifik Okyanusu’ndaki Mariana Çukuru’nun 10.994 metre derinlikteki “Challenger Deep” adlı kısmı. Burada bile su basıncı 100 MPa civarında. Yani su ayıları buradaki basıncın altı katına dayanabiliyor. Normalde bu kadar şiddetli basınçlar altında proteinler ve DNA yırtılıp parçalanır. Yağ yapılı hücre zarlarıysa buzdolabına konan tereyağına benzer biçimde katılaşır. Çoğu mikroorganizmanın metabolizması 30 MPa’da durur. 300 MPa’nın üzerindeki basınçlarda bakteriler ölür.

Dünya üzerinde bulunmayan pek çok uç koşuldan sağ çıkabilen su ayılarının Dünya’nın her kıtasında, yer yüzünün en çetin koşullara sahip bazı yerlerinde bile yaşayabilme becerisini göstermesi pek de şaşırtıcı değil. Örneğin Himalayalar’daki bir dağın 5546 metre yükseklikteki bir noktasında, Japonya’daki bir termal su kaynağında, okyanusun dibinde ve Antarktika’da su ayılarına rastlandı. Tüm su ayıları aktif haldeyken suya ihtiyaç duysa da karasal ortamlarda yaşayabiliyorlar. Sıvı suya sadece mevsimsel olarak erişimleri yeterli olduğu için örneğin yosunların ve likenlerin üzerinde, toprakta ve hatta buzlu yüzeylerde bile yaşayabiliyorlar.



Neden Dayanıklılar?

Bu kadar sıra dışı özelliklere sahip su ayılarının rutin yaşamlarına baktığımızda aslında şaşırtıcı derecede “mütevazı” ve belki de “sıkıcı” hayatlar yaşadıklarını söyleyebiliriz. Çoğu su ayısı, örneğin termal bacalarda ya da başka uç koşullarda yaşayan bakterilerin aksine hayli sıradan yerlerde yaşar. Sulak ya da suya yakın yerleri tercih ederler. Bir parça yosun ya da liken bulduklarındaysa keyiflerine diyecek yoktur. Üstelik onların boyutlarındaki çoğu canlının aksine hayli yavaş hareket ederler. Öyleyse su ayıları dünya üzerinde bulunmayan uç koşullara bile dayanmalarını sağlayacak direnci nasıl kazanmış olabilir?

Aslında bu sorunun yanıtı su ayılarının söz konusu dirençliliğe sahip olmayan bir alt grubunda yatıyor. Su ayılarının en eski ve en ilkel grubu olan Arthrotardigrada uç koşullarda hayatta kalamıyor ve metabolizmasını askıya alamıyor. İşte bu gruptaki su ayıları diğerlerinin neden o kadar dayanıklı hale geldiği konusunda ipuçları barındırıyor. Arthrotardigrada türleri sadece okyanuslarda yaşıyor. Uç koşullarda hayatta kalabilen su ayılarıysa karada ve tatlı sularda yaşayanlar. Bu da uç koşullara karşı dayanıklılığın karasal ortamlara yönelik uyum sağlamakla bir ilişkisi olduğunu düşündürüyor.

Boothby’a göre denizdeki su ayılarının uç koşullara karşı dayanıksız olmasının sebebi çok basit: Buna ihtiyaçları olmaması. Boothby okyanusların, sıcaklık ve tuzluluk açısından hızlı değişimler geçirmeyecek kadar büyük olduğu ve kuruma tehdidi barındırmadığını belirtiyor.

Oysa karasal ortamlar sürekli tehlikeli değişimlere sahne olur. Su ayıları soluk almak, beslenmek, çiftleşmek ve yer değiştirmek için vücutlarının etrafını kaplayan ince bir su tabakasına ihtiyaç duyar. Oysa karadaki pek çok yerde kuraklık riski vardır. Boothby karasal ortamlarda yaşayan su ayılarının çevresel koşullardaki ani değişimlerle baş edebilmesi gerektiğini söylüyor. Dolayısıyla karada yaşayan su ayılarının aniden susuz kalmaya karşı birtakım direnç mekanizmaları kazanmış olması akla yatkın. Üstelik bu direnç mekanizmaları su ayılarının çok farklı habitatlara yayılmasını da sağlamış. Su ayılarına başka hayvanların yaşayamadığı en kurak yerlerin bazılarında rastlanabiliyor.

Uzunluğu olgun haldeyken yarım milimetreyi bulabilen su ayısının vücudu gelişmiş bir baş bölgesi, birleşik haldeki dört bölmeden oluşan kısa ve tombul bir gövde ve uçlarında genellikle pençemsî çıkıntılar bulunan dört çift eklemsiz bacadan oluşuyor. Vücudunu saran kitin ve protein yapılı, pürüzlü ancak esnek kabuğunu büyüdükçe yenisiyle değiştirmesi gerekiyor. Dolaşım ve solunum için özelleşmiş bir organı bulunmuyor. Zooloji terminolojisinde hemosöl adı verilen vücut boşluğunda kanı ve oksijeni taşıyan bir sıvı bulunuyor. Oksijen hayvanın dış yüzeyinden difüzyonla vücutuna giriyor ve hemosöldeki hücrelerde tutuluyor. Sindirim kanalı hayvanın vücudunda bir uçtan bir uca uzanıyor. Hortumsu ağzının kenarlarında stilet adı verilen kesici yapılar bulunuyor. Bu yapıları besin kaynağı olarak kullandığı bitki ve hayvan hücreleri ile avladığı omurgasız hayvanları parçalamakta kullanıyor. Elde ettiği besinleri emerek yutuyor.



Kriptobiyoz

Su ayılarının çeşitli uç koşullara karşı hayatta kalma becerisi aslında genel olarak kriptobiyoz olarak adlandırılan, metabolizmanın aşırı derecede yavaşladığı hatta bir nevi askıya alındığı pasif bir hale geçebilmesine dayanıyor. Dış ortamda geçerli olabilecek kuraklık, aşırı soğuk, aşırı tuzluluk ve oksijen yetersizliği gibi farklı uç koşullarda farklı kriptobiyotik durumlar görülüyor:

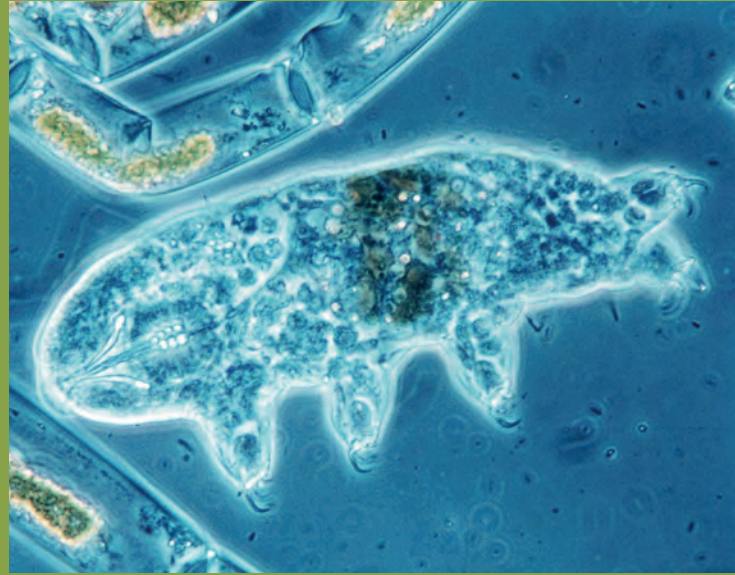
- Anhidrobiyoz (kuraklığın tetiklediği durum)
- Kriyobiyoz (düşük sıcaklıkların tetiklediği durum)
- Anoksibiyoz (yetersiz oksijen koşullarının tetiklediği durum)
- Ozmobiyoz (dış ortamdaki yüksek tuz derişiminden kaynaklı su kaybının tetiklediği durum)

Su ayıları kriptobiyoz girince vücutlarındaki suyu büyük ölçüde dışarı atarak, dolayısıyla kuruyarak, metabolizmalarını da aşırı derecede yavaşlatarak *tun* haline bürünüyor. *Tun* hali gerçek kriptobiyoz sayılan anhidrobiyoz, kriyobiyoz ve ozmobiyoz durumlarında gözlemlenirken anoksibiyozda görülüyor. Bu anlamda anoksibiyoz gerçek bir kriptobiyoz sayılmıyor. Anhidrobiyoz, kriyobiyoz ve ozmobiyoz durumlarının her birinde uyaran farklı olduğu halde vücuttan %95'in üzerinde su atımı gerçekleştirilerek *tun* oluşturuluyor. Vücut kıvrılıyor ve bacaklar içeri çekiliyor.

Kriptobiyozun su ayılarında en yaygın görülen çeşidi yetersiz nem koşullarının tetiklediği anhidrobiyoz. Örnek vermek gerekirse bir insan, vücudundaki su kaybı %5'i geçtiğinde sersemlik ve baş ağrısı, %10'u geçtiğinde fiziksel ve zihinsel performansta azalma yaşarken %15-25'i bulduğunda hayatını kaybeder. Anhidrobiyoz sürecine giren su ayılarıysa vücutlarındaki suyun neredeyse tamamını atıyor, korunaklı bir top biçiminde kıvrılıyor ve metabolizma hızını normalin %0,01'inden daha düşük bir hıza getiriyor. Su ayıları *tun* halindeyken sıfır nem koşuluna bile dayanabiliyor. Ancak *tun* oluşumunun tetiklenebilmesi için nemliliğin bir süre %70-95 arasında seyretmesi gerekiyor. Nemlilik çok düşükse ve oksijen yetersizse su ayıları *tun* oluşturamıyor. *Tun* oluşturabilmek için yeterli enerjiye (dolayısıyla oksijene), neme ve zamana ihtiyaç duyuyorlar.

Görünüşe göre, su ayıları kurumaya başladıklarında bol miktarda antioksidan üretiliyor. Antioksidanlar tehlikeli biçimde tepkimeye girme potansiyeli gösteren, reaktif oksijen türleri adı verilen kimyasal maddeleri bertaraf eden maddeler. Antioksidanların su ayılarının hücrelerindeki zararlı kimyasalları temizlediği düşünülüyor. Reaktif oksijen türleri su ayılarının karşılaştığı önemli tehlikelerden birini oluşturuyor. Bu maddeler her ne kadar normal hücre işlevi sırasında yan ürün olarak ortaya çıkıyorsa da çevresel strese, örneğin su ayıları gibi kuraklığa, maruz kalan canlılarda miktarları artıyor. Su ayıları kriptobiyoz girerek zor koşulları atlatsa bile bu bekleme sürecinde DNA'larında bir miktar hasar birikiyor. Bu yüzden kriptobiyoz sonrasında hayata dönmelerinde etkin bir DNA onarımının önemli bir rolü olduğu düşünülüyor.

Derin Dondurucuda 30 Yıl



Su ayılarının kuruduktan ya da dondurulduktan sonra hayata dönme yeteneği çok kez sınanmasına rağmen birkaç yıl öncesine kadar dondurulmuş halde on yılları bulan uzun sürelerde saklandıktan sonra hayata dönme başarılarını sınanan pek olmamıştı.

Su ayılarından başka bazı nematod solucanları, maya mantarları ve bakteriler de kuruyunca hayatta kalabiliyor. Bunu trehaloz adlı bir şekeri çok miktarda üreterek başarıyorlar. Bu şeker hücrelerinde camsı bir yapı oluşturarak hücredeki önemli bileşenleri, örneğin proteinleri ve hücre zarını sabitleyerek öteki türlü maruz kalacakları yıkımdan koruyor. Su ayılarının da aynı mekanizmayı kullandığı düşünülüyordu ancak su ayılarının sadece bazı türlerinin trehaloz ürettiği görüldü. Üstelik trehaloz yardımıyla kuraklığa dayanan diğer canlılar vücut ağırlıklarının %20'sini bulan miktarlarda trehaloz üretirken su ayılarında bu oran sadece %2 civarında.



Japonya'dan araştırmacılar 7 Mayıs 2014'te, o tarihten 31 yıl önce Antarktika'daki bir karayosununun üzerinden alınıp -20 °C'de dondurulan su ayısı örneklerini çözdürdü. Önce 24 saat süreyle 3°C'de bekletilip sonraki 24 saatte de suda bekletilen su ayıları bir stereomikroskop altında incelenip izole edildikten sonra uygun besi ortamlarında tutulup düzenli olarak gözlemlendi. Üç su ayısından ikisi yaşamaya devam edip, bir kısmı yumurtadan çıkıp sağlıklı şekilde yaşayan yavrular üretebildi. Öte yandan su ayılarının normalden biraz daha uzun sürede canlanması, üç bireyden birinin canlandıktan kısa bir süre sonra ölmesi gibi bulgular derin dondurucudaki 31 yılın su ayılarına bir miktar hasar vermiş olabileceğini düşündürdü. Canlanma süresindeki uzamanın uç koşullarda geçen zamanda biriken hücresel hasarın sonucu olabileceği düşünüldü. Araştırmacılar su ayılarından birinin yavrularının yumurtadan normalden uzun sürede çıkmasının ve diğerinin yavrularının yumurtadan çıkma oranının normalden düşük olmasının da aynı sebebe dayandığı kanısına vardı.



Elektron mikroskopu görüntüleri elde edilirken örneğin üzeri metal bir filmle kaplanıyor. Bu yüzden de su ayıları elektron mikroskopu görüntülerinde opakmış (ışık geçirmeyen) gibi görünüyor. Oysa ışık mikroskopu görüntülerinden anlaşılabileceği üzere su ayıları şeffaf canlılar. Ayrıca suda yaşayan su ayıları beyaz renkliken karada yaşayanlar beyaz, yeşil, turuncu ve kırmızı gibi farklı renkler sergileyebiliyor. Farklı renklerin morötesi (UV) ışığa karşı koruyucu bir adaptasyon olabileceği düşünülüyor.

Su ayılarının oksijen yetersizliğine karşı çok hassas olduğu biliniyor. Uzun süren oksijen yetersizliğinde ozmotik düzenleme mekanizmaları (hücrelerdeki ve vücut sıvılarındaki su içeriğini dengede tutan mekanizmalar) sekteye uğruyor. Su ayıları bu durumu anoksibiyoz süreciyle atlatabiliyor. Gerçek kriptobiyoz hallerinden farklı olarak anoksibiyozda su ayıları vücuduna bol su alarak şişkin bir hale geliyor. Su ayısının kendine gelme süresi bu koşulda ne kadar kaldığına bağlı olarak değişiyor. Ancak su ayılarının anoksibiyozda ne kadar uzun süre kalabildiği konusundaki farklı araştırmalara ait sonuçlar biraz çelişkili.

Su ayılarının soğukta karşılaştığı en büyük tehlike buzlanma. Eğer hücrelerinde buz kristalleri oluşursa bu kristaller DNA gibi çok önemli moleküllerin parçalanmasına neden olabiliyor. Bazı canlılar, örneğin bazı balıklar hücrelerindeki suyun donma derecesini düşürmek için antifriz proteinleri üreterek buz oluşumunu engelliyor. Ancak su ayılarında bu proteinlere rastlanmıyor.

Görünüşe göre su ayıları hücrelerindeki buz oluşumunu engellemek yerine hücrelerindeki suyun düzenli bir biçimde donmasını sağlıyor. Su ayılarının çekirdek-lendirici adı verilen kimyasallar yardımıyla buz kristallerinin hücrelerinin içinde değil daha çok dışında oluşmasını tetikleyebildiği, öte yandan düşük sıcaklıklarda hücrelerden su atarak hücre içi buz oluşumunu en aza indiriyor olabileceği düşünülüyor. Yine de kriyobiyoz sürecinin ayrıntıları büyük ölçüde gizemini koruyor.

Dayanıklılık Genleri Büyük Ölçüde Kendilerine Özgü

Thomas Boothby ve ekibinin 2015'te yayımladığı bir araştırmada uç koşullara dayanıklı bir su ayısı türü olan *H. dujardini*'nin DNA'sının yaklaşık altıda birinin bakteri, bitki, mantar ve arkea kökenli olduğu yönünde sonuçlar elde edilmiş, bu durum yatay gen geçişi adı verilen sürecin sıra dışı ölçüde yüksek oranda gerçekleştiği bir örnek olarak kabul edilmişti. Araştırmacılar ayrıca su ayılarının uç koşullardaki sıra dışı hayatta kalma yeteneklerinin hatırı sayılır ölçüde yatay gen geçişine dayanıyor olabileceğini iddia etmişlerdi. Ancak 2016'da Tokyo Üniversitesi'nden Takuma Hashimoto ve Daiki Horiwaka tarafından yayımlanan bir araştırmada yabancı genlerin oranının çok daha düşük (%1,2'den az) olduğu tespit edildi. Bu da su ayılarının sıra dışı dayanıklılıklarının daha çok özgün genlerine dayandığını düşündürdü. Bu iki araştırmanın ardından Japonya'daki Keio Üniversitesi'nden Yuki Yoshida önderliğindeki bir araştırma ekibi *H. dujardini*'nin genom dizilimini yeniden belirledi. Yoshida ve ekibi de yatay gen geçişi kaynaklı gen oranının Boothby ve ekibinin bulduğu oranın çok altında olduğu, öte yandan yatay gen geçişi kaynaklı genlerin bazılarının anhidrobiyoz sürecinde etkili olduğu sonucuna vardılar.

Yoshida ve ekibinin çalışmasında genom dizilimleri belirlenen iki su ayısı türünden *R. varieronatus* uç koşullara daha dayanıklı bir tür. *R. varieronatus* %30 bağıl nem koşulunda 30 dakika içinde anhidrobiyozla girebiliyor. *H. dujardini* ise hayatta kalma şansının yüksek olabilmesi için anhidrobiyozla girmeden önce, %85 bağıl nem koşulunda 48 saat süreli bir ön koşullanmanın ardından %30 bağıl nem koşulunda 24 saatlik bir süre geçirmeye ihtiyaç duyuyor.

Yoshida ve ekibi anhidrobiyoz sürecinde etkili olan, su ayılarına özgü birkaç gen ailesi belirledi. Isıyla çözünen "Sitoplazmada bol/ısıyla çözünen" (CAHS: cytoplasmic abundant heat soluble) proteinler, "salgılarda bol/ısıyla çözünen" (SAHS: secretory abundant heat soluble) proteinler, "embriyogenezin geç safhasında bol/mitokondriyel" (RvLEAM: late embryogenesis abundant mitochondrial) proteinler ve hasar baskılayıcı (Dsup) proteinler bunlar arasında.

Yeni Oluşan Ekosistemlerin İlk Sakinlerinden

Su ayıları *tun* halindeyken bir toz tanesinden pek de farklı olmadıkları için rüzgârla kolayca taşınabiliyorlar. Dünya üzerindeki geniş yayılımlarında bunun etkisi olduğu düşünülüyor. Bilim insanlarına göre geniş yayılımlarına katkısı olan bir özellikleri de partenogenetik olmaları, yani eşeysiz olarak yumurtlayabilmeleri ve nadiren de hermafrodit olmaları, yani kendi kendilerini dölleyebilmeleri. Dolayısıyla rüzgârla tek başına uygun bir ortama taşınan bir su ayısının bir popülasyon oluşturabilmesi mümkün. ABD'deki Brigham Young Üniversitesi'nden biyolog Byron Adams su ayılarının yeni ve zorlu ortamları, örneğin bir volkan patlamasından geride kalan bir araziye ilk kolonize eden canlılar arasında olduğunu, bu yüzden de yeni oluşan ekosistemde besin zincirleri arasında bağlantılar oluşturduğunu belirtiyor.

R. varieronatus'ta ayrıca stresle ilgili sinyal yollarında da şaşırtıcı miktarda gen kaybına rastlandı. Sinyal yolları gen anlatımını etkileyen etkileşimler silsilelerine verilen ad. Araştırmacılar normalde bu yolların kaybı bir canlıda öldürücü olabilecekken su ayılarında bu direnç yollarının eksikliğinin anhidrobiyoz süreciyle ilgili olabileceğini düşünüyor. Yoshida ve ekibinin bulgularına göre anhidrobiyozla ilintili işlevlerde etkili olan az sayıda gen de yatay gen geçişi yoluyla elde edilmiş görünüyor. Bunlardan biri, hem bitkilerde hem de hayvanlarda görülebilen, hücre organellerinin zarar görmesini engelleyen koruyucu bir jel vazifesi gören trehaloz şekerini sentezleyen bir proteinin geni.

Su ayılarını eşsiz kılan özelliklere ilişkin elde edilen tüm bu genetik bulgulara rağmen gizemini koruyan sordurardan biri su ayılarının hayvanlar alemindeki en yakın akrabasının kim olduğu. Sekiz uzuvları, bölmeli gövdeleri ve merkezi ve çevresel sinir sistemleriyle morfolojik açıdan eklem bacaklılara benzeseler de genomik sınıflandırma çalışmaları vücutları bölmesiz olan, yan uzuvları bulunmayan ve basit bir sinir sistemine sahip nematodlara daha yakın oldukları yönünde bulgular ortaya koyuyor. Yoshida ve ekibi *PLOS Biology*'de yayımlanan makalelerinde morfolojik ve genetik veriler arasındaki bu çelişkinin çözülmesinin önemli bilgiler sağlayacağını da vurguluyor.



Karayosunları ve likenler su ayıları için hayli uygun yaşama ortamları sunuyor.

İçsel Olarak Bozulmuş Proteinler

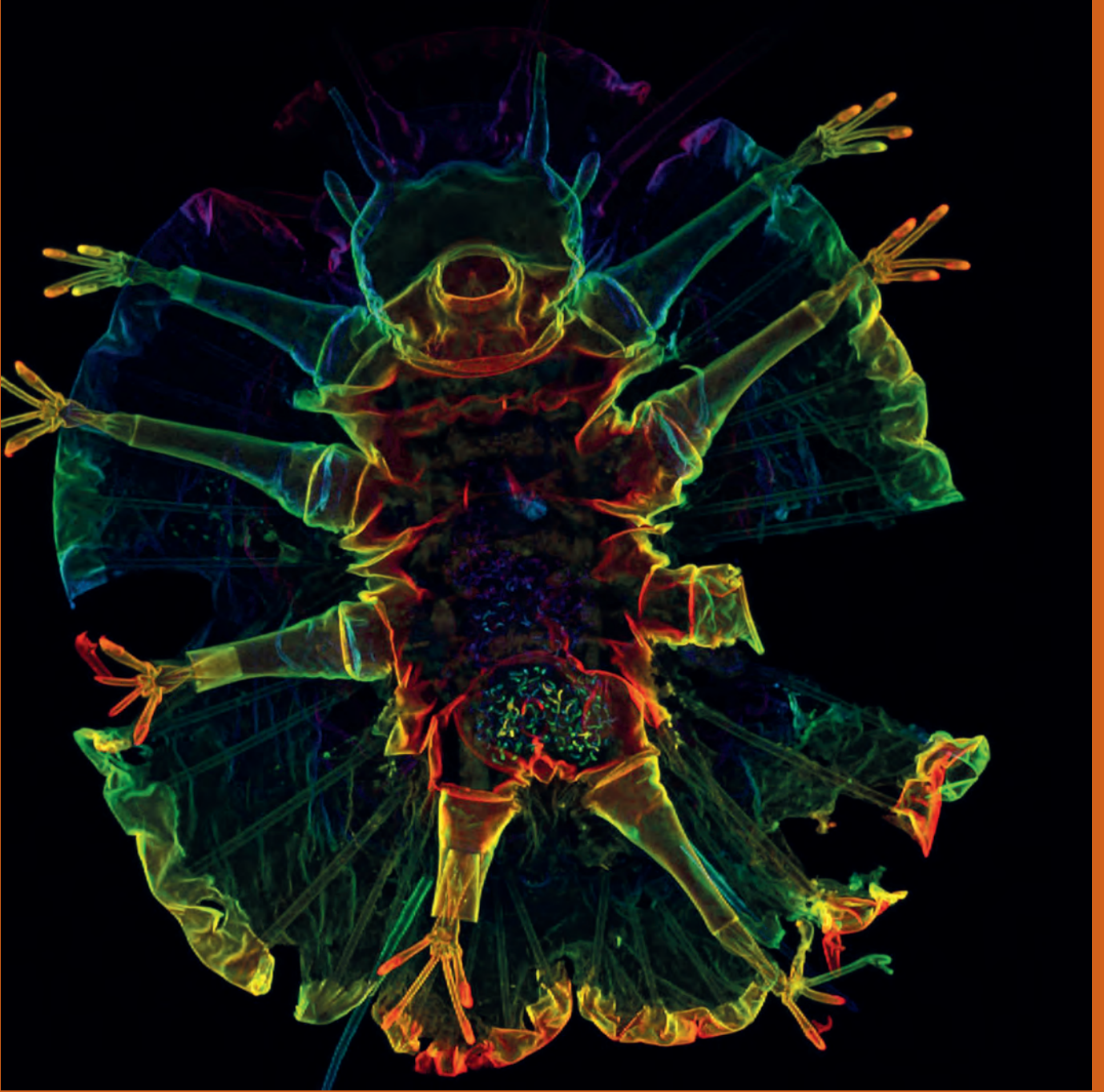
Boothby'nın da yer aldığı, 2017'de *Molecular Cell*'de yayımlanan bir araştırmada kurudukları zaman su ayılarında etkinleşen genler incelendi. Listenin başında içsel olarak bozulmuş proteinler olarak adlandırılan proteinleri kodlayan genler vardı. Bu proteinler tipik bir proteinin sahip olduğu belirli üç boyutlu yapıdan yoksundur. Normalde proteinler aminoasit zincirlerinin belirli bir işlevi yerine getirmeyi sağlayan özel üç boyutlu yapılar biçiminde kıvrılmasıyla oluşur. İşte içsel olarak bozulmuş proteinlerde aminoasit zinciri böyle belirgin üç boyutlu bir yapıya bürünmeyip daha gevşek bir halde kalıyor. Bu proteinlerin üç boyutlu belirli bir şekilleri olmadan nasıl işlev gösterebildikleri tam olarak anlaşılamamış olsa da Boothby ve ekibinin araştırması bunların su ayılarının kurumaya karşı dayanıklılığı açısından kritik bir öneme sahip olduğunu ortaya koydu. Araştırmacılar su ayılarında bu proteinleri kodlayan genlerin ifadesini, yani sonuç olarak proteinlerin üretimini azalttıklarında su ayılarının kurumaya karşı dirençlerinin azaldığını, ancak aşırı soğuğa karşı dirençlerinin değişmediğini gördüler.

Bu da su ayılarının soğuğa karşı korunmaya yönelik başka proteinlere sahip olduğunu düşündürdü. Araştırmacılar ayrıca içsel olarak bozulmuş protein genlerini bakteri ve maya mantarı gibi organizmalara aktardıklarında bu canlıların kurumaya karşı dayanıklılıklarının 100 kata kadar arttığını gördüler.

Görünüşe göre, içsel olarak bozulmuş proteinlerin işleyiş mekanizması, nematod solucanlarındaki gibi, canlıları kurumaya karşı koruyan trelahoz şekerininkine benziyor. Bu proteinler su ayılarını camlaşma adı verilen bir süreçle bir anlamda donduruyor. Normalde kuruma canlı hücreleri kristalize eder ve bu da proteinlerin keşilip parçalanmasına neden olur. Ancak daha hassas bir süreç olan camlaşma sayesinde su ayıları kurumamanın üstesinden gelip yıllar sonra suyla temas ettiklerinde tekrar canlanabilirler. İçsel olarak bozulmuş proteinlerin, hücredeki proteinleri ve normalde kuruma sonucunda hasar görececek başka molekülleri bir nevi sarmalayarak koruduğu, su eklendiğinde de çözündüğü düşünülüyor.

İçsel olarak bozulmuş proteinlerin faydalı uygulamalarda, örneğin faydalı proteinlerin kuru halde saklanabilmesi için kullanılabileceği düşünülüyor. Laktat dehidrojenazla yapılan bazı deneylerde bunu destekler yönde sonuçlar elde edildi. Normalde bu protein kuruduğu zaman etkinliğini kaybediyor. Araştırmacılar bu proteini önce içsel olarak bozulmuş proteinlerle karıştırıp sonra da kuruttu. Protein tekrar su ortamına alındığında normal etkinliğini geri kazandı. Ancak protein kuruduktan sonra onu içsel olarak bozulmuş proteinlerle karıştırmak işe yaramadı. Bu da içsel olarak bozulmuş proteinlerin diğer proteinleri korumak için onları çepeçevre sarması gerektiğini düşündürdü.

İçsel olarak bozulmuş proteinlerin bu koruma mekanizması, saklanması için soğuk ortam gerekmeyen kuru aşılardan geliştirilmesine temel olabilir. Aşılarda aşırı derecede hassas biyolojik moleküller içeriyor ve bu yüzden buzdolabında saklanmaları gerekiyor. Bu hem aşılardan dünyanın farklı yerlerine taşınma maliyetini çok yükseltiyor hem de aşılardan ihtiyaç duyulan yerlere sağlam şekilde ulaştırılmasını riske sokuyor. Su ayılarını kurumaya karşı koruyan proteinlerin, aşılarda ve hassas ilaçları oda sıcaklığında saklanabilecek kuru bir hale getirmek için kullanılmasıyla soğuk zincir gereksiniminin ortadan kaldırılacağı düşünülüyor.



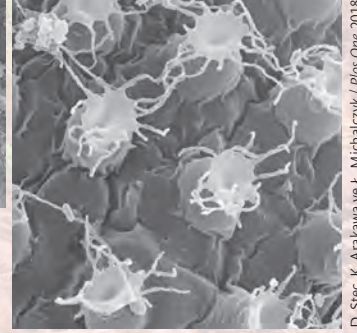
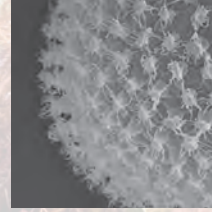
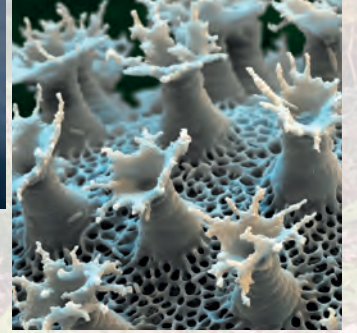
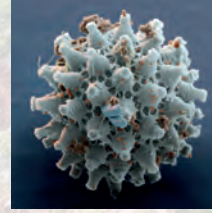
Hamburg Üniversitesi ile Hamburg Zooloji Müzesi'nden araştırmacılar 2014'te su ayılarının canlı sınıflandırmasındaki yerini belirlemeye yönelik araştırmaları kapsamında bu hayvanların sinir sistemi ve kas yapısını ayrıntılı şekilde görüntülemek üzere özel bir teknik kullandı. O zamana kadar anatomiye dayalı olarak yapılan sınıflandırma çalışmalarında sadece dış görünüm ele alınmıştı. Araştırmacılar en iyi görüntüyü oluşturmak amacıyla çok dar bir net alan derinliğiyle çok net fotoğraflar çekebilen konfokal lazer taramalı mikroskobundan faydalandı. Her birine farklı bir renk atanan farklı fotoğraf katmanlarını bir araya getirdiklerinde hayvanın iç yapılarını ortaya çıkaran bu ayrıntılı görüntüyü elde ettiler. Araştırmacılar bu görüntüyle 2013'te Nikon tarafından düzenlenen Fotomikrografi Yarışması'nda ödül aldı.

Farklı Uç Koşullar, Ortak Sorunlar

Aşırı sıcak ve soğukun, aşırı radyasyonun ve yüksek basıncın ortak noktası su ayılarının DNA'sına ve hücrelerinin başka kısımlarına zarar vermesi. Hem aşırı sıcak hem de aşırı soğuk, proteinlerin özel üç boyutlu yapılarını kaybetmesine ve birbirlerine yapışıp işlevsiz hale gelmesine neden oluyor. Radyasyon DNA'yı ve yaşamsal öneme sahip başka molekülleri parçalıyor. Yüksek basınç ise yağ yapılı hücre zarını katılaştırıyor.

Farklı baskı unsurları benzer sorunlara yol açtığı için de aslında su ayılarının birkaç stratejiyle bunların üstesinden geldiği düşünülüyor. Örneğin Boothby, hem kurumak hem de radyasyona maruz kalmak su ayılarının DNA'sına zarar verdiği için su ayılarının bu iki duruma karşı benzer tepkiler göstermesinin mantıklı olduğunu düşünüyor. Eğer durum böyleyse su ayılarının radyasyona olan direnci ani kuraklığa karşı geliştirdikleri direncin şanslı bir yan etkisi olabilir. Benzer biçimde bir su ayısının donması ve kuruması hücrelerde yeterli su kalmaması gibi ortak bir soruna neden oluyor.

İşin en tuhaf yanlarından biri de aslında su ayılarının o meşhur *tun* halinin o kadar da genel geçer bir strateji olmaması. Boothby su ayılarının donmayı, yüksek radyasyon ve düşük oksijen koşullarını *tun* haline geçmeden de atlatabildiğini, dolayısıyla *tun* halinin muhtemelen özellikle su kaybına yönelik olarak gelişmiş özel bir uyum stratejisi olduğunu, yine de bu stratejinin aynı zamanda aşırı basınca dayanmalarını da sağladığını düşünüyor.



D. Stec, K. Arakawa ve L. Michalczuk / Plos One 2018

Geçtiğimiz yılın Mart ayında Japonya'daki bir otoparkta yeni bir su ayısı türü keşfedildi.

Karada yaşayan çoğu su ayısı türünün yumurtasının yüzeyi yumru biçiminde, dikensi ya da ipliksi çıkıntılar ve porlarla kaplıyken (yukarıda) bu türün yumurtası nispeten daha sade bir yapıdaydı (altta). Bulunan su ayılarının yeni bir türe ait olduğunu ilk düşündüren şey de bu fark oldu.

Güneş Var Oldukça Yaşayacaklar

Oxford Üniversitesi ve Harvard-Smithsonian Astrofizik Merkezi'nden araştırmacılar 2017'de *Scientific Reports*'da yayımladıkları bir araştırmada olası kozmik felaketlerin Dünya üzerindeki yaşam üzerine potansiyel etkileri ile ilgili bir analiz yaptı. Asteroid çarpmaları, gama ışını patlamaları ve süpernova biçimindeki yıldız patlamaları olmak üzere üç potansiyel astrofizik olayına odaklanan araştırmacılar su ayılarının Güneş var oldukça, yani yaklaşık 5 milyar yıl daha yaşamaya devam edebileceği öngörüsünde bulundu. Araştırmacılar su ayılarının sıra dışı dayanıklılık özelliklerini değerlendirip onları yok etmek için Dünya'daki okyanusları buharlaştıracak kadar etkili bir astrofizik olayı gerektiği yönünde çıkarım yaptı. Bu da çok büyük bir asteroid çarpması, Dünya'ya en fazla 0,14 ışık yılı uzaklıkta bir süpernova patlaması ya da en fazla 40 ışık yılı uzaklıkta bir gama ışını patlaması gerçekleşmesi anlamına geliyor. Bunların hiçbirisi ciddi bir olasılığa sahip olmadığı için araştırmacılar su ayılarının Dünya'yı etkileme ihtimali olan her türlü büyük astrofizik olayını atlatabileceği ve dolayısıyla insan soyu tükense bile yeryüzünde yaşamın Güneş var oldukça bir şekilde devam edeceği sonucuna vardılar.



Herkes Gözlemleyebilir

Su ayıları düşük büyütme kapasiteli bir mikroskopla bile görülebildikleri için öğrenciler ve amatör bilimcilerin kolayca inceleyebilecekleri canlılar.

ABD'deki Carleton Koleji mikroskoba erişimi bulunan herkesin kullanabileceği aşağıdaki basit prosedürü hazırlamış. Hatta bu prosedürü kullanarak cep telefonlarına iştirilebilen cep tipi mikroskoplarla bile su ayılarını görmek mümkün.

Sırayla:

Islak ya da kuru halde bir miktar kara yosunu ya da liken toplayın ve siğ bir kaba, örneğin bir petri kabına koyun.

Topladığınız örnekleri 3-24 saat süreyle suda bekletin.
(tercihen yağmur suyu ya da saf su)

Suyun fazlasını dökün.

Yosunları ya da likenleri başka şeffaf bir kabın üstünde silkeleyerek ya da elinizle sıkarak çıkan suyu bu kaptaki toplayın.

Kaptaki suyu bir stereomikroskopta düşük büyütme gücünden başlayarak incelemeyi sürdürün.

Bir pipetle su ayılarını bir mikroskop lamına aktarın ve sonra da bir ışık mikroskobunda daha büyük büyütme gücüyle inceleyin.

Büyük Resim Gizemini Koruyor

Son yıllarda su ayıları konusunda yapılan çok sayıda araştırmaya ve önemli keşiflere rağmen bu minik süper kahramanların çok çeşitli uç koşulları nasıl atlatabildiğine ilişkin bilgi birikimi hâla başlangıç düzeyinde. Örneğin, onlara dayanıklılık sağlayan kendilerine özgü genlerin tam olarak nasıl işlev gördüğü, dahası dayanıklılıkla ilgili tüm genlerin bir arada nasıl bütüncül bir mekanizma oluşturduğu gizemini koruyan sorular arasında. Yani su ayılarının üstün dayanıklılığına ilişkin büyük resim hâla gizemini koruyor.

Bu bilginin ortaya çıkarılması temel bilimsel bir problem olduğu kadar geleceğe yönelik uygulamalar için de ümit vaat ediyor. Su ayılarına dayanıklılık sağlayan proteinlerin gelecekte biyoteknoloji ve tıp uygulamalarında faydalı olabileceği umuluyor. Kuru aşılarda üretimi akla gelen ilk uygulamalar arasında. Şu anda kulağa bilim kur-gu gibi gelse de araştırmacılar laboratuvar ortamındaki insan hücrelerine aktarıldığında onları X ışınlarına karşı dayanıklı hale getiren su ayısına özgü Dsup proteininin, gelecekte insan vücudunu uzay yolculuklarında kozmik radyasyona karşı dirençli hale getirmek üzere kullanılabileceğini bile hayal ediyor. Kim bilir, neden olmasın? ■

Kaynaklar

Glime, J. M., *Bryophyte Ecology*, Cilt 2: Bryological Interaction, Bölüm 5-1: "Tardigrade Survival, Michigan Technological University ve International Association of Bryologists" sponsorlu e-kitap, 2017. <https://digitalcommons.mtu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1083&context=bryo-ecol-subchapters>
https://sun.iwu.edu/~tardisp/tardigrade_facts.html
<https://www.wired.com/2017/03/secret-crazy-tough-water-bear-finally-revealed/>
<https://blogs.scientificamerican.com/artful-amoeba/water-bears-frozen-during-the-reagan-administration-wake-up-and-lay-eggs/>
<https://cosmosmagazine.com/biology/tardigrade-genetic-secrets-unveiled>
<http://www.tardigrada.net/newsletter/index.htm>
<http://www.bbc.com/earth/story/20150313-the-toughest-animals-on-earth>
<https://www.americanscientist.org/article/tardigrades>
<https://www.britannica.com/animal/tardigrade>
https://www.sciencenews.org/article/new-species-tardigrade-lays-eggs-covered-doodads-and-streamersretmen_el_kitab_.pdf.pdf



Doğa Fauna

Dr. Bülent Gözcelioğlu [turkiye.dogasi@tubitak.gov.tr]

Afrika Gri Papağanı

**Son zamanlarda istenmeyen bir şekilde
ülkemizde gündem olan Afrika gri papağanları
ve ülkemizde yaşayan diğer papağanlar
bu ayki konumuz.**

Jako olarak da bilinen
Afrika gri papağanı, doğal olarak
Orta ve bazı Batı Afrika ülkelerinde
(Kongo, Demokratik
Kongo Cumhuriyeti, Orta Afrika
Cumhuriyeti, Gana, Gabon,
Kamerun vb.) yaşayan bir
papağan türüdür.

Kanat açıklıkları 46-52 cm,
boyları 33, ağırlıkları 407 gr kadar olur.
Vücutlarında gri renk hakimdir.
Kuyrukları kırmızı ya da bordo renkte olur.

Doğada 22 yıl kadar yaşayan
gri papağanlar, insan bakımı altında
50-60 yıl kadar yaşayabilirler.



Kaynaklar

https://animaldiversity.org/accounts/Psittacus_erithacus/

Çalışkan, O., "Rose-Ringed Parakeets (*Psittacula krameri*) and
geographical evaluation of habitats in Turkey",
International Journal of Geography and Geography Education, 38, 279-294, 2018.

Per, E., "Tropikal ormanlardan Türkiye'ye papağan ticaretinin durumu",
Turkish Journal of Forestry, 19(3): 275-283, 2018

Türü ne olursa olsun bir canlıya yapılan eziyetin kabul edilebilir tarafı yok. Yaşadığımız dünyada tüm canlılara yer olduğunu bilmek aslında birçok sorununun oluşmasının önüne geçecektir.

Yabani bir türü yaşadığı doğal ortamdan uzaklaştırmadan da sevmek mümkün. Onunla ilgili tüm bilgileri öğrenmek ve onu doğal ortamında fotoğraflamak, bu fotoğrafları paylaşmak, öğrenilen bilgileri aktarmak da insanı iyi hissettirebilir.

Her ne kadar evlerde kuş ya da evcil hayvan beslemeyi önermesek de bu yaygın biçimde hayvanları severek yapıyor ve önüne geçmek mümkün değil. Ancak doğal olarak ülkemizde yaşamayan bir hayvanı evcil olarak beslenmenin kurallarına uymak gerek. Bir süre sonra sıkılmak, sesinden ve kokusundan rahatsız olmak ve diğer bakım zorlukları nedeniyle evde bakılan hayvanı doğaya bırakmak öngörülemeyen daha fazla sorunu ortaya çıkarabilir.

İnsanların papağanları sevmesinin temel nedeni bazı sözcükleri tekrar edebilmeleri. İnsanlar açısından keyifli olan bu durum, papağanlar açısından bakıldığında tam tersi. Papağanlar doğal ortamlarında birbirleriyle ses çıkararak anlaşır. Evlerde bulunan papağanlar insanların eğlenmesi için değil, çevrede kendi türünden başka bir papağan olup olmadığını öğrenmek ve onunla iletişim kurmak için duydukları sesleri taklit ederek devamlı ses çıkarırlar.

Türkiye’de Yaşayan Papağanlar

Daha çok tropik bölgelerde doğal olarak yaşayan papağanların iki türünü (Yeşil Papağan ve İskender Papağanı) Türkiye’deki yaban hayatında da görmek mümkün.

Yeşil papağanlar için örnek verecek olursak bugün dünyada 72 ülkede, Türkiye’de ise 22 ilde yeşil papağan yaşıyor.

Ülkemizde 1982-2016 yılları arasında, 135 papağan türü ithal, 40 papağan türü de yeniden ihraç edilmiş. Egzotik türler olarak da adlandırılan bu türlerden ikisi Türkiye’de yayılım göstermeye ve doğada üremeye başladı. Bununla birlikte, kafes kaçkını olarak doğada tespit edilen 9 tür var.



Yeşil papağan
(*Psittacula krameri*)

Asya’nın güney tarafları ve Afrika’da sahranın hemen altındaki bölgeler doğal yayılım alanları olsa da insan etkisi ile dünyada 72 ülkede yabani olarak yaşarlar.

Gagaları kırmızı, vücutları yeşildir. Boyları 37-43 cm, ağırlıkları 95-143 gr, kanat açıklıkları 15-17,5 cm kadar olur. Meyve ve tohumla beslenirler. Türkiye’de yabani olarak yaşadıkları iller: Adana, Ankara, Antalya, Balıkesir, Burdur, Çanakkale, Denizli, Gaziantep, Hatay, İstanbul, İzmir, Kayseri, Kırklareli, Kırşehir, Kocaeli, Mersin, Muğla, Samsun, Sakarya, Şanlıurfa ve Yalova.



İskender papağanı
(*Psittacula eupatria*)

Asya’nın güney ve güneydoğu tarafları doğal yayılım alanları olsa da insan etkisi ile dünyada pek çok ülkede yabani olarak yaşıyorlar.

Gagaları kırmızı, vücutları yeşildir. Erkeklerde boynun ön tarafında siyah, arka tarafında pembe bant bulunur. Boyları 50-62 cm, ağırlıkları 250-260 gr, kanat açıklıkları 18-21,5 cm kadar olur. Meyve ve tohumla beslenirler.

FOSFOR

Dünü, Bugünü ve Yarını

Semih Özler [İnşaat ve Çevre Yüksek Mühendisi, Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü

“Hayat, fosforun tamamı yok olana kadar çoğalabilir, fakat sonrasında hiçbir şeyin engelleyemeyeceği acı bir durgunluk olacaktır.”
(Isaac Asimov, 1974)

Birleşmiş Milletler’in son hesaplamalarına göre dünyada yaklaşık 7,5 milyar insan yaşıyor, çok değil 200 yıl önce bu sayı 1 milyardan biraz daha azdı. Nüfus artışı ile birlikte besin ihtiyacı da arttı. Artan talep karşısında üretimi ve tarımsal verimliliği artırmak adına tarımsal üretimde yüksek miktarlarda fosfor ve azot içeren gübrelerin kullanılması başladı. 20. yüzyılın ortalarındaki fosfor gübresi kullanım miktarıyla kıyaslandığında günümüzde fosfor gübresi kullanımı 4 kat arttı.

Kaynakların sınırlı olduğu günümüzde, iyi bir yönetim sistemi olmadan sürdürülen fosfor kullanımı yeni bir hikâye ile karşımıza çıkmak üzere: ulusal ve uluslararası gıda güvenliği ile birebir ilişki içerisinde olan fosfor kıtlığı. Ayrıca, su kaynaklarına karışan fosfor, okyanus ve deniz tabanında birikmeye devam ediyor. Özellikle göl gibi durgun su sistemlerinde ve deniz-okyanus kıyılarında alg sayısında büyük artışlara ve sonrasında ötrofikasyon diye adlandırılan su kirliliğine neden oluyor.



Fosforun Keşfi

Simgesi P ve atom numarası 15 olan fosforun element formu 1669 yılında Alman kimyager Hennig Brandt tarafından bulundu. Doktor Brandt, basit metalleri değerli metallere çeviren efsanevi felsefe taşı bulabilmek için 50 kova üreyi yoğun bir şekilde ısıttı. Doktor Brandt bu çalışması sonucunda maalesef simyacılar için çok değerli olan büyülü değişim taşı bulamadı ama fosforun karanlıkta ışıldayan en saf hâlini buldu. Doktor Brandt'ın fosforu keşfetmesinden yaklaşık 100 yıl sonra Antoine Lavoisier fosforu yeni bir element olarak tanımladı.



Hennig Brandt,
Alman Simyager,
1630-1710

Anahtar Kelimeler

Ötöfikasyon:

Büyük su ekosistemlerinde çeşitli nedenlerle (yüzeysel su akışı, besleyici elementler açısından zengin yer altı sularının karışması, atık suların arıtılmadan deşarjı gibi) azot ve fosfor gibi besin maddelerinin derişiminin yükselmesi sonucu, ekosistemdeki üretkenlik düzeyinin artması, plankton ve alg varlığının aşırı şekilde çoğalmasıdır. Su yüzeyinde birikerek katman oluşturan plankton ve algler alt tabakalara oksijen geçişini engeller.

Bu durum sudaki çözülmüş oksijen miktarını azalttığından uzun vadede su ekosistemine geçici ya da kalıcı zarar verebilir.

Haber-Bosch Süreci:

Fritz Haber ve Karl Bosch tarafından geliştirilen, atmosferdeki azotun metal bir katalizör yardımıyla yüksek sıcaklık ve basınç altında hidrojenle gerçekleştirdiği tepkime sonucu amonyağa dönüşmesi sürecidir (**Reaksiyon: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$**). Bu süreç 20. yüzyılın en önemli buluşlarından biridir. Daha önce oldukça sınırlı yer altı kaynakları ile üretilen azot gübresinin havadan

elde edilen azot ile daha kolay üretilmesine imkân tanımıştır.

Biyokütle:

Yaşayan ya da yakın zamanda yaşamış canlılardan elde edilen fosilleşmemiş tüm biyolojik malzemenin genel adıdır. Biyokütle bir enerji kaynağıdır. Endüstriyel anlamda biyokütle, bu biyolojik maddelerden yakıt elde edilmesi ya da diğer endüstriyel amaçlarla yararlanılması ile ilgilidir.

Redoks:

Elektron alışverişinin olduğu kimyasal tepkimelerdir.

Fosforun Özellikleri ve Doğadaki Önemi

Periyodik cetvelin V-A grubunda yer alan fosfor, diğer elementlerle kıyaslandığında çok farklı özelliklere sahiptir. Oldukça reaktif bir element olduğundan doğada hiçbir şekilde serbest hâlde bulunmaz, diğer elementlerle oluşturduğu mineral yapıli bileşikler hâlinde bulunur. Dünyadaki canlı yaşamı için oldukça önemli olan karbon, hidrojen ve azot gibi elementlerin aksine, fosfor oldukça uzun bir döngü süresine sahiptir. Doğadaki element döngülerinde çok kilit bir rol oynayan redoks tepkimelerinde yer almayan fosfor, ayrıca diğer önemli elementlerin aksine, doğal sistemlerde hazır kullanılabilir bir besin maddesi olarak bulunmaz. Daha da ilginç olanı ise fosforun bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerinden dolayı herhangi bir gaz fazında bulunmamasıdır. Atmosferde serbest bir şekilde dolaşamayan fosfor sadece çok küçük partikül maddeler şeklinde bulunur.

Dünya'daki en yaygın 11. element olan fosfor, yer kabuğunun ağırlık olarak %0,118'lik miktarını oluşturur ve tüm yaşam formları için çok önemlidir. Yetişkin bir insanın vücudunda yaklaşık 0,7 kg fosfor bulunur ve bunun %85'i kalsiyum fosfat şeklinde kemiklerde ve dişlerde yer alır. Moleküler düzeyde ise DNA ve RNA'nın yapısında bulunan fosfor, bir nükleotidi başka bir nükleotide bağlayan köprülerin kurulmasında önemli görev üstlenir. Hücrelerdeki birincil enerji kaynağı olan ATP'nin (adenin tri-fosfat) önemli bir kısmını oluşturur ve organizmaların hücre duvarlarının yapısında bulunur.

¹⁵P
30.974



Fosfor okyanuslardaki verimlilik ve canlı yaşamı için oldukça önemli olan dört elementten (karbon, azot, fosfor ve demir) birisidir. Amerikalı okyanusbilimci Alfred C. Redfield dünyanın dört bir yanındaki denizlerden ve okyanuslardan toplanan biyokütle örneklerini inceleyip denizlerdeki alt besin zincirinde yer alan fitoplanktonların içerdiği element oranlarının şaşırtıcı derecede her yerde aynı olduğunu buldu. Bir fitoplanktonun kuru maddesinde 106 karbon atomuna karşılık, 16 azot, 1 fosfor ve 0.1-0.001 oranlarında demir atomu bulunduğunu gösteren bu oran, Redfield oranı olarak adlandırılır ve şu şekilde ifade edilir:

“106C: 16N: 1P: 0.1-0.001Fe”.

Biyolojik olarak kullanılabilir fosfor miktarı karbon ve azot miktarlarına nazaran doğada düşük derişimde olduğundan çoğu deniz ve okyanuslardaki biyolojik verim fosfora bağlıdır. Bu yüzden, özellikle ötrofikasyon sorunu yaşayan göl gibi durgun su ekosistemleri ile deniz ve okyanus sahillerinde sucul ortama ulaşan fosfor kaynaklarını kontrol altında tutmak büyük önem taşır.

Karasal yaşamda ise fosfor ihtiyacı hayvansal ve bitkisel beslenme ile düşük seviyelerde karşılanır. Bitkiler, topraktan aldıkları fosforu hücre büyümesinde, meyve ve tohum oluşturmada kullanır. Bitkiler tarafından kullanılabilir biyolojik fosfor miktarı toprakta doğal olarak oldukça düşük seviyelerde bulunduğundan, toprak veriminin artırılması ve bitkisel büyümenin hızlandırılması için fosfor içeren gübrelerin kullanımına ihtiyaç duyulur.

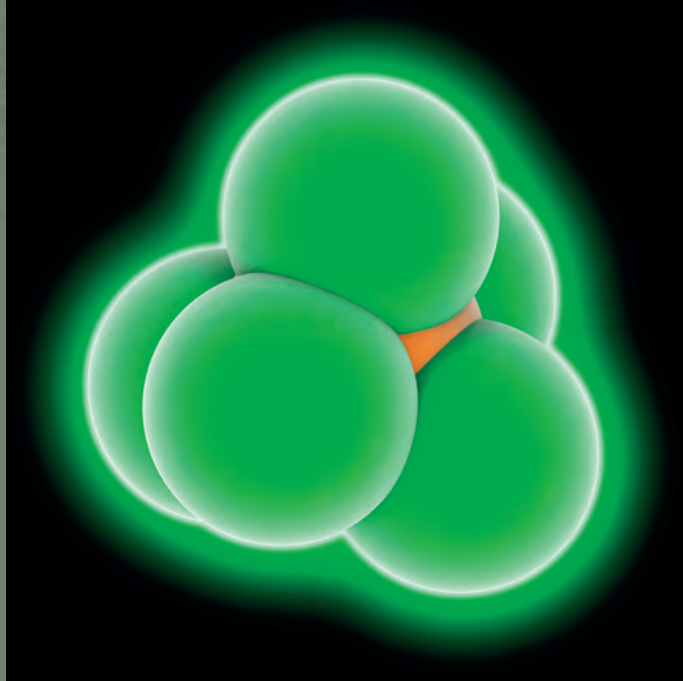


Yer Altı Kaynağı Olarak Fosfor

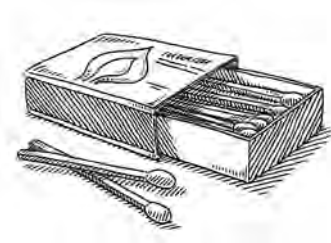
Fosfor tarımsal verimliliğin artmasında çok önemli rol oynar. Fosfor yerine kullanılacak herhangi bir alternatif de şu an için yok. Azotun aksine fosfor havadan çekilip üretilmiyor (Haber-Bosch Süreci) ve fosfat madenlerinin kullanımından başka herhangi bir mevcut üretim yolu da bulunmuyor. Bazı araştırmacıların hesaplamalarına göre, et ve süt ürünleri ağırlıklı beslenme şeklinin artması, küresel nüfus artışı, biyodizel yakıt endüstrisinin hızlı bir şekilde gelişmesi gibi nedenlerden dolayı önümüzdeki 50-100 yıl içerisinde bilinen maden rezervlerinin tükeneyeceği tahmin ediliyor. İlerleyen yıllarda rezervlerin kalitesinin azalacağı, yer altından çıkarma, işleme ve taşıma maliyetlerinin artacağı ve az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin çiftçilerinin son yıllarda artan fiyatlar karşısında fosfor içeren gübreleri günümüzde dahi kullanamadıkları düşünüldüğünde stres altındaki bölgelerde yaşanılacak besin kıtlığı problemi daha da artacak gibi görünüyor.

Fas, Çin, ABD, Ürdün ve Güney Afrika dünyadaki bilinen fosfat rezervlerinin %95'inden fazlasına sahip. Diğer ülkelerin gerçekleştirecekleri tüm tarımsal faaliyetlerde fosfor ihtiyacı bakımından bu ülke rezervlerine bağımlı oldukları düşünülürse, ileride yaşanılacak arz talep sıkıntıları nedeniyle, fosfat madenlerinin de petrol ve su gibi stratejik bir yer altı kaynağı olarak sınıflandırılması kaçınılmaz olacak. MTA'nın verilerine göre, ülkemizdeki muhtemel fosfat rezervi 15 milyon ton civarlarında ve Türkiye maalesef bu maden kaynağı bakımından zengin ülkeler sınıfında yer almıyor.

Yetişkin bir insanın vücudunda yaklaşık **0,7 kg fosfor** bulunur ve bunun %85'i kalsiyum fosfat şeklinde kemiklerde ve dişlerde yer alır.



Fosfor Kıtlığını Önlemek için Neler Yapılabilir?



Bilim insanlarının hesaplamalarına göre gübre elde etmek için madenden çıkarılan fosforun sadece 1/5'i soslara yiyecek olarak ulaşıyor. Geri kalan kısmı maden çıkarmı, gübre üretimi, gübrenin tarlalarda uygulanması, erozyon, yüzeysel sularla akış, yer altı sularına karışma, hasat işlemleri, hayvan yetiştirme, besin işleme, evsel veya endüstriyel tüketim ve metabolizma atıkları olarak kayboluyor. Peki, kibritten havai fişeğe, deterjandan diş macununa, kabartma tozundan gübreye, izli mermilerden işaret fişeklerine kadar günlük hayatımızda çok çeşitli amaçlar için kullanılan fosforun, ilerleyen yıllarda yaşanılması muhtemel erişim problemi için nasıl bir çözüm bulunabilir? Bunun için kesin bir çözüm maalesef yok! Ancak olası çözüm veya çözümlerin bölgesel şartlara uygun olması, yerel çevreyle, ülkenin ekonomik yapısıyla, kültürel birikimiyle ve kentsel altyapı sistemleriyle uyum içinde çalışması ve ulusal yönetimler tarafından uygulanacak yöntemlerin mevzuatlarla desteklenmesi oldukça önemli.

Uygulanan fosfor gübresi- nin sadece %15-30'luk oranının yetiştirilen ürünler tarafından özümlemediği düşünöldüğünde tarımda gerçekleştirilecek iyi uygulamalar bu konuda atılacak ilk adımlardan biri olabilir. Örneğin, sadece belirli tarihlerde (bitkilerin en fazla besine ihtiyaç duyduğu ve kısmen kuru sezonda) gübrelemenin gerçekleştirilmesi, aşırı gübre ve su kullanımının önüne geçilmesi, toprak kaybı ve erozyonunun engellenmesi, doğal veya yapay

seleksiyon ile fosfor tutma kapasitesi yüksek olan bitkilerin ıslahı ve kullanılması, topraktan besin alım oranlarının artırılması ve çiftçilerin bilgilendirilmesi gibi yöntemlere başvurulabilir. Bu yöntemlerin biri veya birkaçı uygulanarak kayıplar önlenebilir ve çevre kirliliği azaltılabilir. Ayrıca yerel tarım ürünlerinin tüketilmesi de uzak mesafelerden besinlerin tedari- ki sırasında yaşanan bozulmalardan kaynaklanan kayıpları en aza indirebilir.



Çeşitli ülkelerde geliştirilen sürdürülebilir tarımsal uygulamalarda çeşitli atık ve artıklar biyolojik reaktörlerde çürütülüyor, anaerobik ortamda gerçekleşen tepkimeler sonucunda enerji geri kazanımı için metan gazı ve tarımda kullanılmak üzere fosfor açısından zengin gübre elde ediliyor. Ayrıca bir insanın bir günde oluşturduğu dışkı içerisinde ortalama 1,2 gram fosfor bulunduğu ve fosfor içeren atık suların denizlere deşarj edilen toplamı düşünüldüğünde, bu miktarın dünya fosfor tüketiminin yaklaşık %20'sine denk geldiği tahmin ediliyor. Özellikle sürdürülebilir bir çevre yönetimi ve kaynakların verimli kullanılması için kentsel atık suların yönetimi ve bu besleyici elementlerinin tekrar geri kazanımı oldukça önemli. Özellikle az gelişmiş ülkelerde artılmış ve artılmamış kentsel atık suların tarımda kullanılması yaygın olarak başvuru bir yöntem.

Bu şekilde fosfor ve diğer besleyici elementler açısından zengin su kaynakları tarımsal amaçlarla kullanılıyor. Kentsel atık su arıtma tesislerinin çamurları fosfor ve çeşitli besleyici elementler bakımından zengindir. Bunların toprakla karıştırılarak tarımsal uygulamalarda kullanılması karışılan bir diğer uygulama yöntemi. Yalnız bu noktada dikkat edilmesi gereken en önemli husus, altyapı sistemlerinin iyi bir şekilde geliştirilmesi ve kentsel suların içine hiçbir şekilde ağır metal ve zehirli kimyasallar içeren sanayi atık sularının karışması. Ayrıca, atık suları sulama amaçlı kullanan çiftçilerin yeterli güvenlik önlemlerini alarak sağlık sorunu oluşturabilecek riskleri azaltması da oldukça önemli.

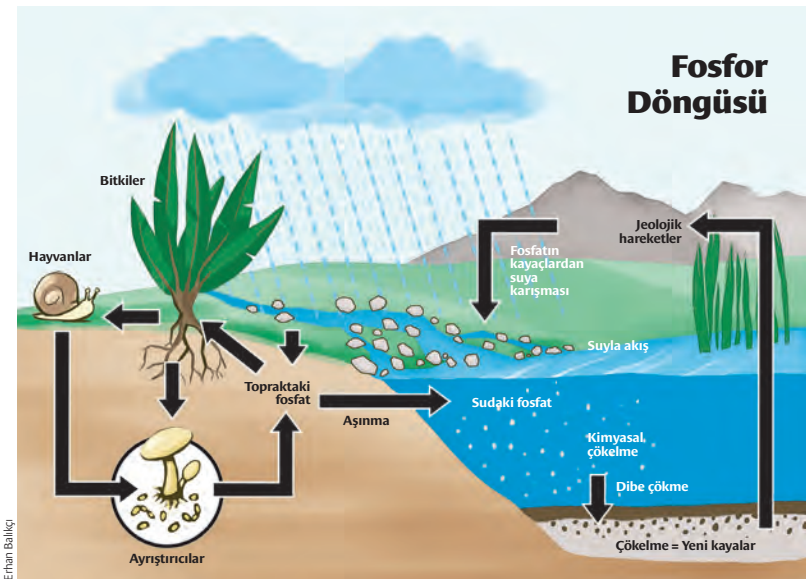
İnsan üresi, fosfor ve diğer besleyici elementler bakımından zengin olduğu için bunu değerlendirmek üzere dünyanın çeşitli bölgelerinde üre ve dışkıyı ayırtıran sistemler geliştirilmiş.

İdrar ayıran tuvaletler olarak bilinen, oldukça düşük maliyetli bu sistemler vasıtasıyla bir toplama tankında biriktirilen üre yerel çiftçiler tarafından belirli aralıklarla toplanıyor ve likit gübre olarak tarımsal faaliyetlerde kullanılıyor.

İlerleyen yıllarda, gelişen teknoloji sayesinde okyanus ve deniz tabanında biriken fosforun alınarak fosfat madeni gibi kullanılabilirliği bilim insanlarının öngörülleri arasında yer alıyor. Ayrıca alg ve deniz yosunu gibi deniz canlılarının da fosfor kaynağı olarak kullanılabilirliği yapılan araştırmalarla kanıtlanmış. Bilim çevrelerinde, yaşanması muhtemel bir fosfor kıtlığının önlenmesi için devletlerin veya devletlerarası bir oluşumun bu konu üzerinde hassas bir şekilde çalışması ve gelecek planlaması yapması gerektiği belirtiliyor. ■

Kaynaklar

- <http://www.rsc.org/periodic-table/element/15/phosphorus>
<http://www.mdpi.com/2071-1050/3/10/2027/html#b44-sustainability-03-02027>
http://www.firt.org/sites/default/files/SteveVanKauwenbergh_World_Phosphate_Rock_Reserve.pdf
<http://www.mta.gov/tr/v3.0/bilgi-merkezi/maden-rezervleri>
http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnadw835.PDF
 Elser, J. ve Bennett, E., "Phosphorus Cycle: A Broken Biogeochemical Cycle", *Nature*, Sayı 478 (7367), s. 29-31, 2011.
 Ashley, K., Cordell, D. ve Mavinic, D., "A Brief History of Phosphorus: From the Philosopher's Stone to Nutrient Recovery and Reuse", *Chemosphere*, Sayı 84 (6), s. 737-746, 2011.
 Moore, C. M., Mills, M. M., Arrigo, K. R., Berman-Frank, I., Bopp, L., Boyd, P. W., Galbraith, E. D., Geider, R. J., Guieu, C., Jaccard, S. L., Jickells, T. D., Roche, J. La., Lenton, T. M., Mahowald, N. M., Maranon, E., Marinov, I., Moore, J. K., Nakatsuka, T., Oschlies, A., Saito, M. A., Thingstad, T. F., Tsuda A. ve Ulloa O., "Processes and Patterns of Nutrient Limitation", *Nature Geoscience*, Sayı 6, s. 701-710, 2011.
 Van Vuuren, D. P., Bouwman, A. F. ve Beusen, A. H. W., "Phosphorus Demand for the 1970-2100 Period: A Scenario Analysis of Resource Depletion", *Global Environmental Change*, Sayı 20, s. 428-439, 2010.
 Dominguez, H., "Algae as a Source of Biologically Active Ingredients for the Formulation of Functional Foods and Nutraceuticals", *Food Science, Technology and Nutrition*, Sayı 1, s. 1-19, 2013.
 Filippelli, G. M., "The Global Phosphorus Cycle: Past, Present, and Future", *Elements*, Sayı 4 (2), s. 89-95, 2008.
 Cordell, D., Drangert, J. O. ve White, S., "The Story of Phosphorus: Global Food Security and Food for Thought", *Global Environmental Change*, Sayı 19(2), s. 292-305, 2009.



İki Boyutlu Malzemeler

Dr. Mahir E. Ocak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

İçinde bulunduğumuz uzay üç boyutludur.

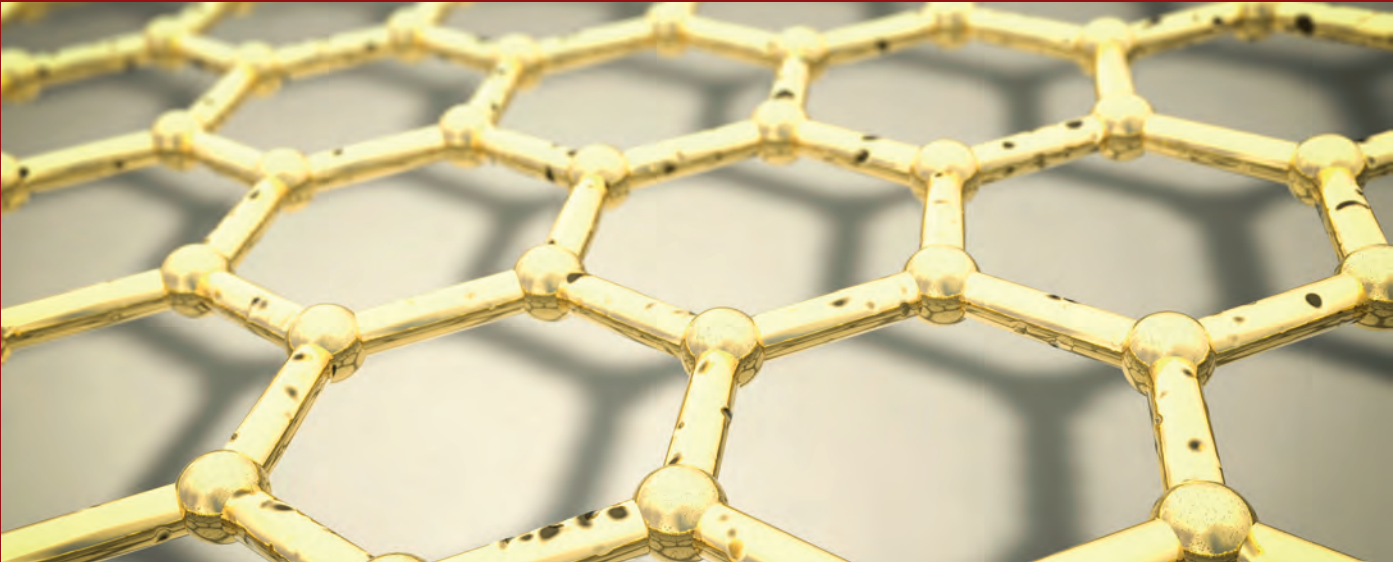
Atomların bir araya gelmesiyle oluşan katılar, sıvılar ve gazlar bu uzayda bir hacim kaplar. Günümüzün aktif araştırma alanlarından biriyse iki boyutlu ya da bir diğer adıyla tek katmanlı malzemeler.

Bu malzemelerin yapısı kristalli katılarınkine benzer. Ancak sıradan kristalli katılar gibi üç boyutlu değil, iki boyutludurlar.

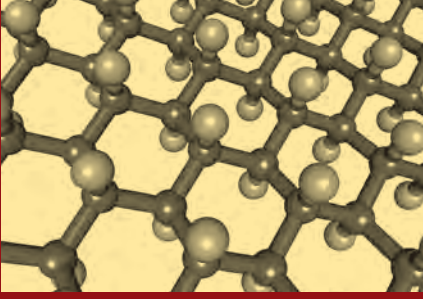
Kristalli katılarda atomlar uzayda bir hacim kaplayan üç boyutlu, düzenli bir yapı oluşturur. Malzeme çok katmanlıdır ve farklı katmanlar arasında güçlü ya da zayıf bağlar vardır. Örneğin karbon atomlarının bir araya gelmesiyle oluşan elmas ve grafit üç boyutlu kristalli

katıların örnekleridir. Hayli yumuşak bir yapısı olan grafitteki karbon atomları, katmanlar içinde birbirlerine altıgen oluşturacak biçiminde bağlanır. Malzemenin yumuşak olmasının sebebi farklı katmanlar arasındaki bağların zayıf olmasıdır.

Grafenin yapısı



Grafanın yapısı

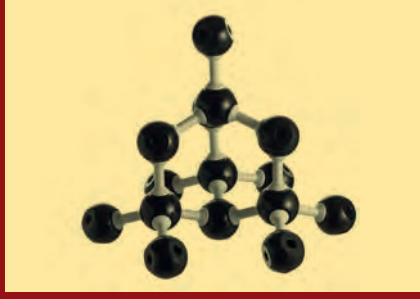


Doğadaki en sert malzemelerden biri olan elmastaysa bir katmandaki karbon atomları altındaki ve üstündeki katmanlarda yer alan en yakın dört komşusuyla güçlü bağlar kurar.

İki boyutlu malzemelerde de düzenli bir yapı vardır. Ancak bu malzemelerde atomlar tek bir katmanın içinde yer alır. Aralarında güçlü ya da zayıf bağlar olan farklı katmanlar yoktur. Örneğin karbon atomlarından oluşan grafen gibi.

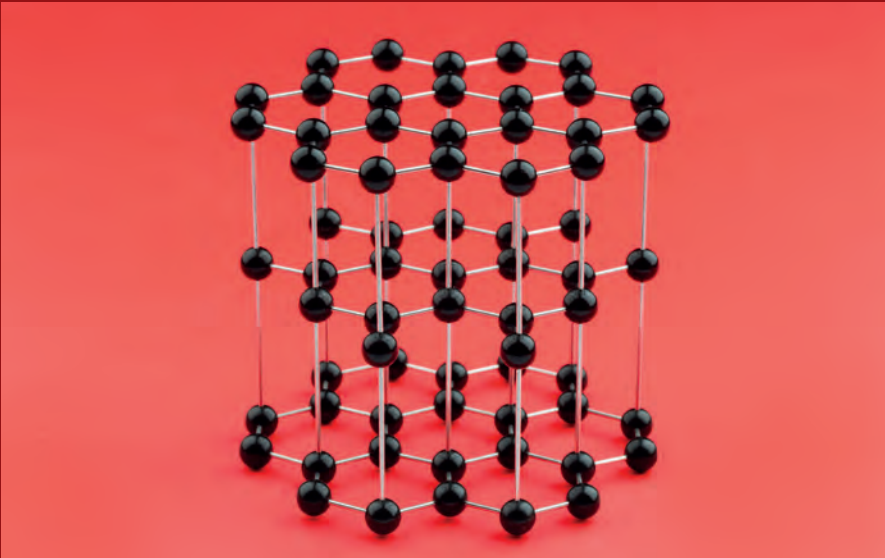
Bugüne kadar kuramsal yöntemlerle 700 civarında tek katmanlı malzemenin kararlı olduğu tahmin edildi. Bu malzemelerin bir kısmı da sentezlen-

Elmasın yapısı



di. Tek katmanlı malzemelerin laboratuvar ortamında elde edilen ilk örneği grafendi. Andre Geim ve Konstantin Novoselov, 2004 yılında yapışkan bir bant kullanarak grafitten bir katman koparmış ve daha sonra bu katmanı bir silisyum plakanın üzerine aktarmışlardı. Geim ve Novoselov grafen üzerinde yaptıkları çığır açıcı çalışmalar sebebiyle 2010 yılında Nobel Fizik Ödülü'yle onurlandırıldılar. Laboratuvar ortamında elde edilmiş tek katmanlı malzemelerin diğer örnekleri arasında bor atomlarından oluşan borofen, germanyum atomlarından oluşan germanen ve bismut atomlarından oluşan bismuten sayılabilir. İki boyutlu bileşikler de vardır.

Grafitin yapısı



Örneğin n çok büyük bir sayı olmak üzere, $(CH)_n$ kimyasal formülüne sahip grafan, karbon ve hidrojen atomlarından oluşan bir bileşiktir.

Günümüzde iki boyutlu malzemelerden büyük ölçekte yararlanıldığı söylenemez. Ancak pek çok iki boyutlu malzeme üzerine araştırmalar yapılıyor ve sanayi ile teknolojide büyük bir potansiyele sahip oldukları düşünülüyor. Örneğin üzerine en çok çalışma yapılan iki boyutlu malzeme olan grafen, aynı ağırlıktaki pek çok çelikten yüzlerce kat daha güçlüdür. Ayrıca bilinen en yüksek termal ve elektriksel iletkenliğe sahip malzeme de grafendir. Taşıyabildiği akım yoğunluğu bakırın taşıyabildiğinin bir milyon katı kadardır.

Kalay atomlarından oluşan stanen, kuramsal olarak kararlı olduğu tahmin edilmiş ancak henüz sentezlenememiş tek katmanlı malzemelerden biridir. Stanenin topolojik yalıtkan olarak sınıflandırılan (gövdeleri yalıtkan, kenarları iletken olan) malzemelerin bir örneği olduğu düşünülüyor. Ayrıca stanen tahminlere göre NO_x , CO_x gibi hava kirliliğine neden olan maddeleri yakalayıp ayrıştırabilecek kapasiteye de sahip.

Grafen ve stanen dışındaki diğer birçok tek katmanlı malzemenin de yarı iletken cihazlardan güneş gözelerine ve su arıtıcılara kadar pek çok teknolojide yararlı olacağı düşünülüyor. Bugün için iki boyutlu malzemelerin kullanım alanlarını sınırlandıran en önemli etkenlerden biri, üç boyutlu malzemelerle birlikte kullanılmalarının zorluğu. ■

Düşünme Kulesi

Ferhat Çalapkulu [dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr]

Ayın Oyunu Renban

Renban Japonca “sıralı sayılar” anlamına gelir. Bir soru türü olmasının yanında, Renban bölgeleme mantığı, başta Sudoku olmak üzere birçok Latin karesi temelli sorunun türevlerini oluşturmak için de kullanılır.

Bu bölgeleme sayesinde, hem soruların klasik hâllerine göre daha az rakam kullanıyoruz hem de çözenleri şaşırtarak yeni keşifler yapmalarını sağlıyoruz.

Peki, bölgelerden nasıl faydalanılır?

Özellikle büyük bölgelere bakıldığında, bölgenin boyutuna göre bazı rakamların muhakkak olması gerektiği bulunur. Örneğin dört kareden oluşan bir bölgede, diğer iki rakamı bilemesek de 3 ve 4 rakamları kesin olmak zorundadır.

Tabii ki sadece bu ipucuyla çözülemeyecek sorular! Bölgelerin gerek dizilişlerinden gerekse verilen ipucu rakamlardan yola çıkarak başka birçok keşif yapabilirsiniz.

İyi oyunlar!

Renban Oyununun Kuralları

Her satırda, her sütunda ve kapalı her bölgede 1’den 6’ya kadar rakamlardan en fazla birer tane yer alacak şekilde diyagramı doldurun. Bölgelerdeki rakamlar ardışık olmalıdır ancak sıraları karışık olabilir, örneğin 5-3-4 gibi.

		6			
	6			3	
1					
	2	5		1	
		2			
	5				

		3			1
6					
		2	5		
3			2		5

					4
			3		
		1			
2					
	1				
					1

1			6		
				2	
			4		
					5
				3	

1	3	4	6	2	5
5	6	2	4	1	3
2	4	6	3	5	1
3	1	5	2	4	6
4	5	3	1	6	2
6	2	1	5	3	4

Örnek Çözüm

1					
					3
2					
		4			

Ödüllü soru

Ok doğrultusundaki içeriği yazın.

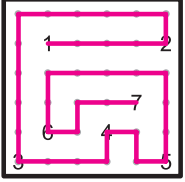
Örnek çözümün ilk satırı 134625 şeklinde yazılmalıdır.

Renban sorusunu çözüp okla gösterilen satırların içeriğini yazarak ad, soyad ve adres bilgileri ile birlikte dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr adresine gönderenler arasından çekilişle belirlenecek 10 kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları Yayınları’ndan *Bilimin Gizemleri* ve *Harikaları* başlıklı kitap hediye edilecek. Çekiliş sonuçları dergimizin facebook ve twitter hesaplarından ay sonunda duyurulacak. Geçen ayın ödüllü İşlemsiz Kendoku sorusunu doğru yanıtlayan ve kitap ödülü kazanan okurlarımızın listesi facebook ve twitter hesaplarımız üzerinden duyuruldu.

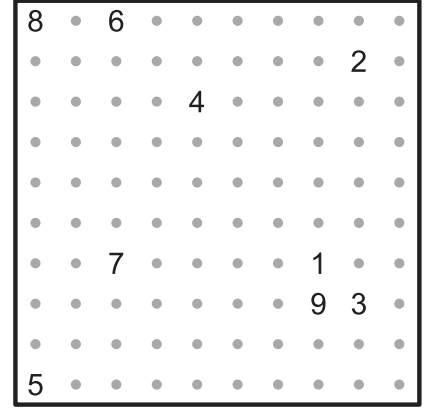
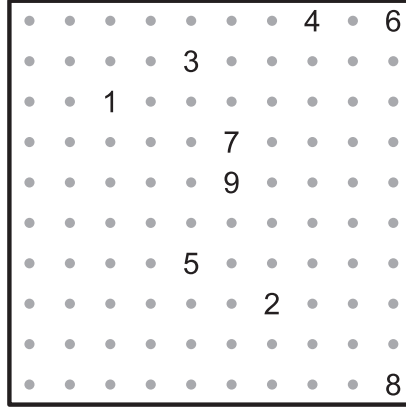
www.bilimteknik.tubitak.gov.tr

123 Bağlamaca

Sayıları sırasıyla birbirine bağlayın.
Yol sadece yatay ve dikey ilerlemeli ve kendisini kesmemelidir.



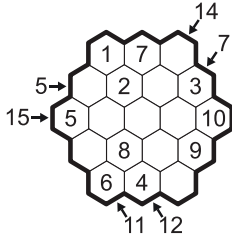
Örnek Çözüm



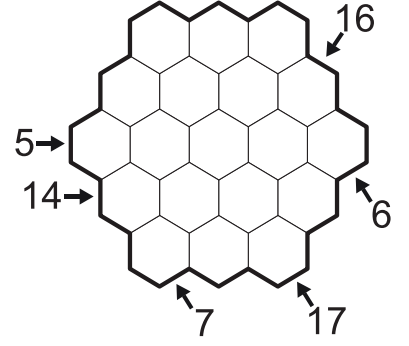
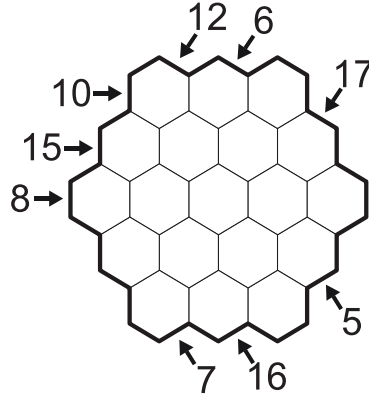
Sihirsiz Altıgen

Altıgenleri 1'den 10'a kadar sayılarla
öyle doldurun ki üç doğrultuda da tam olarak
iki sayı bulunsun ve bunların toplamları
birbirinden farklı olsun.

Bazı toplamlar verilmiştir.



Örnek Çözüm



Çözüm:
İşlemsiz Kendoku

10	3	2	5	3	1	4
3	1	3	6	4	5	1
11	5	4	2	3	3	1
6	2	1	6	3	4	5
	4	5	1	5	2	3

9	5	4	2	1	2	12
10	1	2	3	4	5	
24	3	5	2	1	4	
	4	1	5	3	2	
	2	12	4	6	5	1

Çözüm: Ödüllü Soru
İşlemsiz Kendoku

15	3	1	2	4	11	5	6
2	4	5	3	6	2	1	2
	2	12	10	13	5	6	20
	1	4	6	3	2	5	
1	5	8	4	2	36	3	1
6	2	5	1	4	3		

Çözüm:
Kapılar

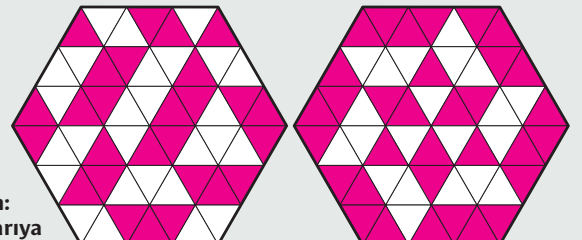
2		6	4	3	4
	1			1	
4	3	6		3	
	5			8	
		4	2	4	1
4	3	3	4	4	1

1		3	6	3	
2	3		4	1	5
1	2		3		6
4		3			6
	2	2	3	3	
3	4		4	1	6

3	1	4	3	5	7	2
1	4	6	2	1	3	5
	5	8	2	4	2	48
6	3	5	3	2	1	4
	2	1	5	4	3	

15	3	5	4	2	1	12
	5	3	4	1	2	3
	2	3	9	5	4	1
4	4	1	24	3	10	5
	1	2	4	8	3	5

Çözüm:
Yarı Yarıya



Satranç

Kıvanç Çefle [btsatranc@tubitak.gov.tr]

2018 Dünya Hızlı Satranç Şampiyonası ve Çoban Matı

Dünya Hızlı Satranç Şampiyonası, 26-28 Aralık 2018 tarihleri arasında Rusya'nın Saint-Petersburg şehrinde yapıldı. Dünya Satranç Federasyonu (FIDE) tarafından düzenlenen bu önemli satranç organizasyonunda oyunculara 15 dakika süre veriliyor ve yaptıkları her hamleye karşılık sürelerine 10 saniye ekleniyordu.

Yarışma sonunda Rus GM Daniil Dubov birinci, Azerbaycanlı GM Şahriyar Mamedyarov ikinci ve ABD'li GM Hikaru Nakamura üçüncü oldular. Diğer yandan, yakınlarda GM Fabiano Caruana'yı yenerek standart zaman kontrollü satrançta dünya şampiyonluğu unvanını koruyan Magnus Carlsen beşincilikle yetindi. Asıl sürprizi, yarışma öncesinde katılımcılar arasında Elo derecesi itibarıyla 169. sırada olan İranlı GM Alirıza Firuzcah yaptı. Yalnızca 15 yaşında olan Firuzcah birçok büyükustayı geride bırakarak altıncı oldu. Ülkemizi temsil eden GM Vahap Sanal 121., GM Mustafa Yılmaz ise 134. oldular.

2017 yılında Suudi Arabistan'ın Riyad kentinde yapılan son şampiyonayı kazanan Hindistanlı GM Viswanathan Anand bu kez 23. olabildi.

Kadınlar kategorisinde hâlen Kadınlar Dünya Satranç Şampiyonu olan Çinli GM Ju Wenjun birinci oldu.

Standart satranca göre çok daha süratli oynanan hızlı satrançta en usta oyuncuların bile hata yapma olasılığı çok yükseliyor ve bazı oyunlar hiç beklenmedik bir şekilde sonuçlanabiliyor. Nitekim, Dünya Satranç Şampiyonu Magnus Carlsen bu son yarışmada oynadığı ilk iki oyunu kendisinden çok daha zayıf oyunculara karşı kaybetti. Bunlardan ilkinde Ukraynalı GM Adam Tukhaev'e (2556 Elo) zaman sıkışmasında yenilen Carlsen, asıl şoku ikinci oyunda yaşadı. Bu kez rakibi yalnızca 16 yaşında olan Özbek IM Şemsettin Vahidov'du (2304 Elo). Carlsen, rakibini hafife almış olacak ki onu "Çoban Matı" ile alt etmeye kalktı!

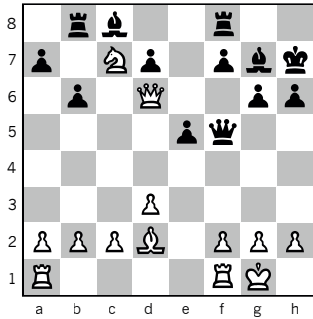
Biraz satranç oynamış herkesin bildiği **Çoban Matı**, tipik bir oyunda şöyle ortaya çıkar:

1. e4 e5
2. Vh5 Ac6
3. Fc4 Af6??
4. Vxf7 mat.

Bu, siyahların "yardımı" olmadan yapılması mümkün olmayan bir mattır. Hatta denir ki, "Çoban matı bir vezir, bir fil ve bir de aceminin işbirliğiyle yapılan bir mattır!". Gerçekten de, acemilik döneminde bu matı tatmayan satranç oyuncusu azdır. Aslında savuşturması kolaydır. Sözümlü ettiğimiz oyunda da Vahidov 3...Af6?? yerine basitçe 3...g6 ile veziri kovdu. Yine de oyunun bundan sonraki aşamasında Carlsen klasını konuşturdu ve açılıştaki bu ilginç fantezi denemesine rağmen üstünlüğü ele geçirdi. Aşağıdaki pozisyonda (diyagram 1) çok da gizli olmayan taktik vuruşu görebilseydi kazanabilirdi de...



Diyagram 1
Dünya Hızlı Satranç
Şampiyonası,
Carlsen-Vahidov



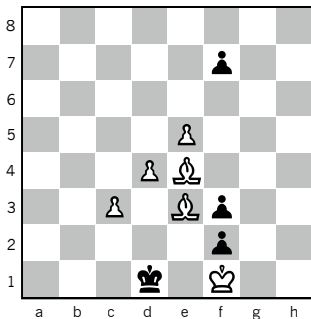
Carlsen burada 20. f3? oynadı. Oysa kazanç ayağına gelmişti. Şimdi siz de kendinizi Carlsen'in yerine koyun ve kazanç yolunu kendiniz bulmaya çalışın. Çözüm yazının sonunda. Bu arada, oyunun devamında Carlsen materyal kaybetti (kaleye karşı vezir verdi) ve 36. hamlede de oyunu terk etti.

Kurgu Yarışmalarından

Biraz da son zamanlardaki yarışmalarda ödül kazanan problemlerden söz edelim. İlk örneğimiz Ukrayna'da yayınlanan bir problem dergisi *Chorno-bili stezhini*'den (diyagram 2):

Diyagram 2

Roman Zalokotsky,
Petr Novitzky
Chorno-bili stezhini, 2015
Ödül (versiyon)



6 hamlede mat.

Deneme: 1. Fh6? f6 2. Ff5 fxe5 3. Fe4 exd4 4. Fd3 dxc3 5. Fe4 c2 6. Fxf3 mat.

Çok güzel, ancak 1...f5! bu manevrayı imkânsız kılar. Demek ki f7 piyonunun f5'e gelmesini önlemek gerekiyor. O hâlde birinci ve ikinci hamle kendi aralarında yer değiştirmeli: **1. Ff5! f6 2.**

Fh6! (doğru kareye oynanan bir bekleme hamlesi) **fxe5 3.**

Fe4! exd4 4. Fd3! dxc3 5. Fe4! c2 6. Fxf3 mat! Siyah piyonun fil tarafından c2'ye doğru yönlendirilmesi hoş bir motif oluşturmuş.

Sonraki örneğimiz *The Problemist* dergisinden. Britanya Satranç Problemi Derneği tarafından çıkartılan *The Problemist*, dünyanın en köklü ve prestijli satranç problemi dergilerinden biri. Bu dergide yalnızca kurgular yayınlanıyor ve gerçek hayatta oynanmış oyunlara çok nadiren yer veriliyor.

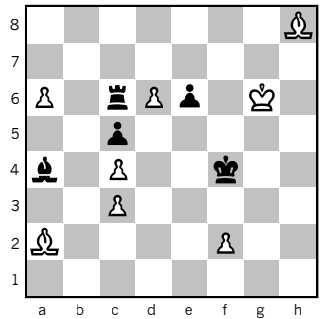
Bir yıl içinde çıkan problemler ve etütler diğer birçok problem dergisinde olduğu gibi, *The Problemist*'te de aynı zamanda bir yarışmaya da katılmış sayılırlar. Bu tür problem yarışmalarına "resmi olmayan yarışma" (*informal tourney*) denir. Problemler, o yıl için belirlenmiş, sahasında yetkin bir hakem tarafından değerlendirilir. İki ya da üç hamlelik problemler, yardımcı matlar, özmatlar ve benzeri her bir kategori için farklı bir hakem davet edilir. De-

ğerlendirme uzun sürebilir ve dereceye (ödül, mansiyon ya da övgü) giren yapıtların açıklanması aylar alabilir, hatta bazen bir seneyi bulabilir.

Aşağıdaki etüt de (diyagram 3), *The Problemist* dergisinde 2016-2017 yılında çıkmış etütlerden biri ve günümüzün önde gelen etütçülerinden hakem Oleg Pervakov tarafından "Övgü"ye layık görülmüş.

Diyagram 3

Steffen Slumstrup Nielsen
The Problemist, 2016-2017
"Övgü"



Beyaz oynar ve kazanır.

1.Fe5+ Şxe5 2.d7 Kd6 3.a7 Fc6 ve siyah kazanır. Demek ki siyah filin c6 karesine ulaşmasını engellemek, yani onu "saptırmak" gerekiyor:

1.Fb3! Fxb3 2.Fe5+ Şxe5 3.d7 (3.a7 Kc8) Kd6 4.a7 Fc2+ 5.Şg5! Fe4 6.f4 mat!

Tahtanın ortasında beklenmedik bir mat pozisyonu (diyagram 4).



Bunun nasıl bir mekanizmayla sağlandığını inceleyerek bu zengin problemi daha iyi kavrayabilir ve bundan daha çok zevk alabilirsiniz.

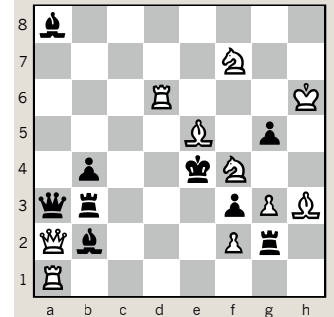
Ayın Soruları

Bu ay çözümünü size bıraktığımız ilk soru yine *The Problemist* dergisinin 2017 informal yarışmasında derece almış bir problem:



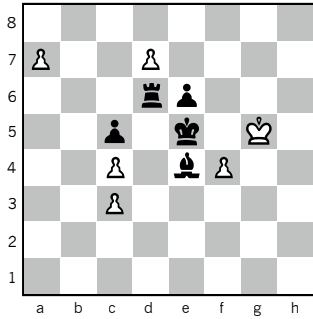
Diyagram 6

Kabe Moen
The Problemist, 2017
İkinci Şeref Mansiyonu



İki hamlede mat.

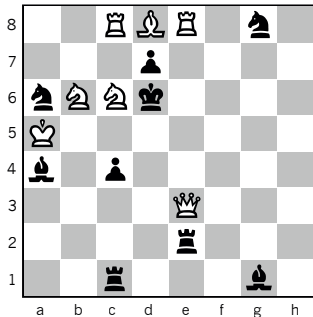
Diyagram 4



Son olarak, yine *The Problemist* dergisinin 2017 "informal" yarışmasında ikincilik kazanmış iki hamlelik bir problem (diyagram 5):

Diyagram 5

Marjan Kovacevic
The Problemist, 2017
İkincilik Ödülü



İki hamlede mat.

Günümüz problem sanatında, özellikle de iki hamlelik problemlerde "çok evreli" problemler, (özellikle de iki hamlelikler) gayet revaçta. Bu problemde de "deneme" (try) ve gerçek anahtar hamleden sonraki oyun iki farklı "evre" oluşturuyor.

"Deneme" bir tür "yalancı çözüm" olarak da görülebilir ve tematik bir denemeye karşı siyahın yalnızca tek bir savunması olmalıdır.

Bizim problemimizde **1.Sd4?** (2. Af5 tehdidiyle) tematik denemesine siyahın verdiği yanıtlar problemin birinci evresini oluşturuyor:

- a) 1...Kf2 2. Ve5 mat;** (2. Vd4 mat mümkün değil çünkü d4'de beyaz at var.)
- b) 1...Ah6 2. Be7 mat;** (2. Vxh6? Ke6!)
- c) 1...Ac7 2. Va3 mat;** (2. Fxc7? Şc5!)
- d) 1...Fc2 2. Ab5 mat.**

Ancak 1...Kf1'den sonra beyazın mat edebileceği bir hamlesi yok.

Problemin çözümünü sağlayan gerçek anahtar hamle ise **1. Ae5!** (tehdit 2. Af7 mat). Buna siyahın yanıtları ise problemin bu ikinci evresini oluşturuyor:

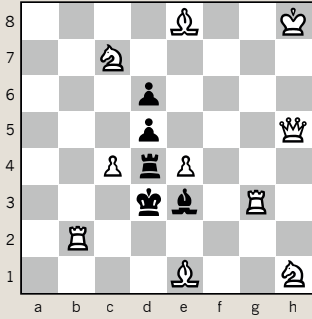
- a) 1...Kf2 2. Vd4 mat;** (2. Ve5 mat mümkün değil çünkü at bu kez e5'i bloke ediyor)
- b) 1...Ah6 2. Vxh6 mat;** (2. Fe7? Şe6!)
- c) 1...Ac7 2. Fxc7 mat;** (2. Va3+? Fc5!)
- d) 1...Kf1 2. Aexc4 mat.**

Bu problemde 1...Kf2, 1...Ah6 ve 1...Ac7 tematik savunma hamleleri. Beyaz bu hamlelere karşı farklı evrelerde farklı hamlelerle cevap vermek zorunda. Yani, bir evrede çalışan bir mat hamlesi diğerinde işe yaramıyor.



Diyagram 7

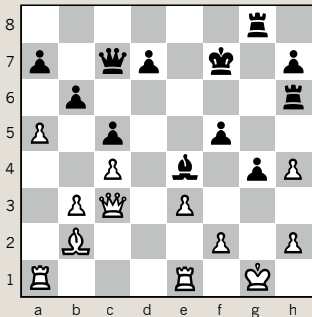
Anatoly Slesarenko
FIDE Kupası, 2011
Beşincilik Ödülü



İki hamlede mat.

Diyagram 8

Peter Svidler- Dmitry Andreikin
Dünya Hızlı Satranç Şampiyonası,
2018
Onuncu Tur

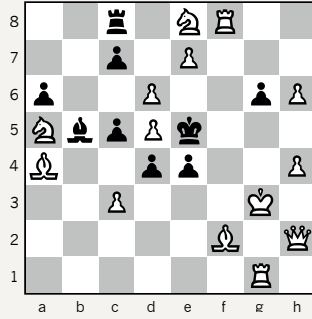


Siyah oynar ve kazanır.

Geçen ay sorulan soruların çözümleri

Diyagram 9

Aleksandr Kuzovkov
FIDE Olimpik
Kompozisyon Turnuvası,
2018
Birinci Mansiyon



Üç hamlede mat.

Çözüm:

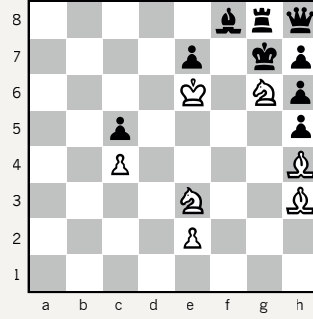
1.Kf6!
(Tehdit: 2.Şh3+ Şxd5
3.Kg5 mat)

Varyasyonlar:

a) 1...Fd7 2.Şg2+!
Şxd5 3.c4 mat,
b) 1...Ff1 2.Şg4+!
Şxd5 3.Fc6 mat,
c) 1...e3 2.Şf3+ Şxd5
3.Kg5 mat,
d) 1...Şxd5 2.Şf4!
ve 3.Kg5 mat; 2...Fd7
3.c4 mat.

Diyagram 10

Victor Syzonenko
FIDE Olimpik Kompozisyon
Turnuvası, 2018
“Övgü”



Beyaz oynar ve kazanır.

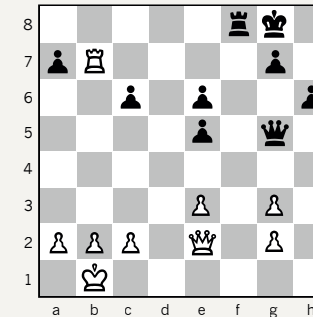
Çözüm:

1.Af5+ Şxg6 2.Ag7! Şxg7
3. Fg2 Şg6 4. Fe4+ Şg7
5. Fc6 Şg6 6. Fe8+ Şg7
7. Fa4 Şg6 8. Fc2+ Şg7
9. e4 Şg6 10. e5+ Şg7
11.Ff6+ exf6 12.exf6 mat

Beyazın üç taşını feda ettiği,
aslında “12 hamlede mat”
şeklinde de sunulabilecek bir
etüt.

Diyagram 11

Haas-Kostenyuk
43. Satranç Olimpiyatı
Kadınlar Kategorisi, 2018
8. Tur /En Güzel Oyun Ödülü



Siyah oynar ve kazanır.

Kostenyuk ünlü “arka sıra
zayıflığı”ndan öğretici bir
şekilde yararlanıyor:

24...Vg4!

25. Ve1 (25. Vd3 e4!) Vxg3!

26. Ve2 Vg4! ve

beyaz için yolun sonu:
0-1 (27. Ve1 Vxg2 ve beyaz ve-
zirinden vazgeçmeden ma-
tı önleyemez.)

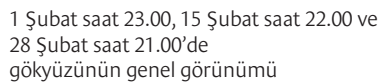
**Bu yazıda sorduğumuz,
Carlsen’in
kaçırdığı kazanç yolu
(Diyagram 1):**

1. Ae8! Ka8
2. Axc7 Şxg7
3. Fxh6+ Şxh6
4. Vxf8 ve
kalite kazancıyla
beyaz açık
bir şekilde üstün.



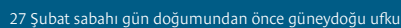
Magnus Carlsen

Dr. Tuba Sarıgül [tuba.sarigul@tubitak.gov.tr]



01 Şubat	Ay, Venüs, Jüpiter ve Satürn birbirlerine yakın konumda
05 Şubat	Ay Dünya'ya en uzak konumunda (406.555 km)
10 Şubat	Ay ve Mars birbirine yakın görünümde
18 Şubat	Venüs ve Satürn birbirine çok yakın görünümde
19 Şubat	Ay Dünya'ya en yakın konumunda (356.845 km)
27 Şubat	Merkür en büyük doğu uzanımında (18°)
27 Şubat	Ay ve Jüpiter birbirine yakın görünümde

Dünya'ya en yakın açık yıldız kümelerinden biri olan Arıkovanı yıldız kümesi ve Ay 18 Şubat'ta yakın görünümde. Arıkovanı yıldız kümesi (Messier 44) Yengeç Takımyıldızı'nda bulunur. Dünya'dan yaklaşık 577 ışık yılı uzaktaki Arıkovanı yıldız kümesini gökyüzünde çıplak gözle bile fark etmek mümkündür. Yıldız kümesi gökyüzünde bulanık bir ışıklı bölge olarak görülür. Kuzey Yarım Küre'deki gözlemciler için Yengeç Takımyıldızı'nın gökyüzünde en yüksek noktaya ulaştığı zamanlar olan şubat-mayıs arası, Arıkovanı yıldız kümesini gözlemlemek için en uygun dönemdir. Çok parlak yıldızlardan oluşmadığından Yengeç Takımyıldızı'nı gökyüzünde fark etmek zor olabilir. Takımyıldızı İkizler ve Aslan takımyıldızları arasındaki Y harfine benzeyen şeklinden tanıyabilirsiniz. Arıkovanı yıldız kümesini gökyüzünde bulmanın en kolay yollarından biri ise İkizler Takımyıldızı'ndaki Polluks ile Aslan Takımyıldızı'ndaki Regulus yıldızları arasında hayali bir çizgi çizmektir. Arıkovanı'nı çizginin ortalarında bulabilirsiniz.



5 Şubat
Yeniay13 Şubat
İlkdördün19 Şubat
Dolunay26 Şubat
Sonçördün

Şubat Ayında Ay ve Gezegenler

Ay, Dünya etrafındaki yörünge hareketi sırasında 5 Şubat'ta Dünya'ya en uzak, 19 Şubat'ta en yakın konumda olacak. Bu konumlardayken iki gökcsimi arasındaki mesafe sırasıyla 406.555 km ve 356.845 km. 1 Şubat'ta Ay, Venüs, Jüpiter ve Satürn güneşin doğuşundan önce güneydoğu ufkunun üzerinde bir arada olacak. Bir sonraki gün ise yeniay evresine yaklaşan Ay ve Satürn çok yakın görünümde. Ay, 10 Şubat'ta Mars ile gün batımında gökyüzünde birbirlerine yakın görünecek. Her iki gökcsimi Güneş'in batışından sonra batı ufkunun üzerinde ortaya çıkacak ve gece yarısından yaklaşık bir saat önce batacak. 27 Şubat'ta Ay ve Jüpiter gün doğumundan önce güney ufkunun üzerinde yakın görünümde. **Merkür,** 30 Ocak'ta Güneş'in arkasından geçen Merkür şubat ayının başından itibaren Güneş'in doğusuna geçiyor. Güneş'in parlaklığı nedeniyle ayın ilk yarısında görülmesi zor olan Merkür ayın ortasından itibaren gün batımından sonra batı ufkunun üzerinde ortaya çıkmaya başlıyor. Merkür 27 Şubat'ta en büyük doğu uzanımı konumuna geliyor.

Venüs, şubat ayı boyunca Güneş'in doğuşundan önce güneydoğu ufkunun üzerinde. Ayın başında gün doğumundan yaklaşık 2,5 saat önce doğan Venüs ayın ilerleyen günlerinde daha geç doğmaya başlıyor ve görünür büyüklüğü azalıyor. Venüs, 18-19 Şubat'ta Satürn ile çok yakın görünümde olacak.

Mars, şubat ayında Güneş'in batışından sonra güneybatı ufkunun üzerinde ortaya çıkıyor ve gece yarısından yaklaşık bir saat önce batı ufkundan batıyor. Ayın başında Balıklar Takımyıldızı'nda olan gezegen ilerleyen günlerde Koç Takımyıldızı'na doğru hareket ediyor.

Jüpiter, şubat ayının başında Venüs ile birlikte sabaha karşı güneydoğu ufkunun üzerinde görülebilir. Ayın ilerleyen günlerinde daha erken doğmaya başlayan Jüpiter'in gözlem süresi uzuyor ve parlaklığı hafifçe artıyor.

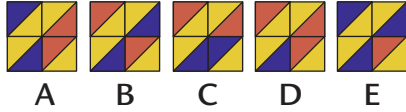
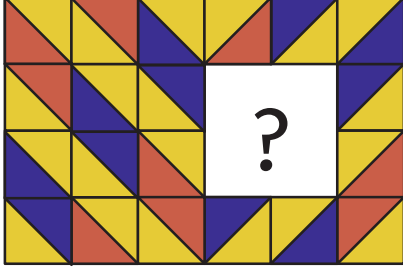
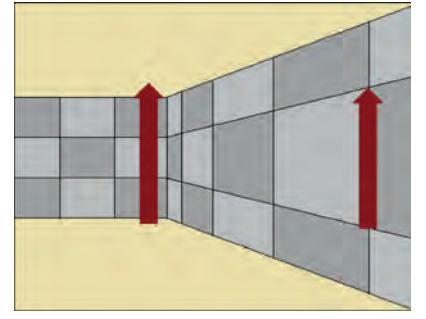
Satürn, : ayın başında Güneş'ten yaklaşık bir saat önce güneydoğu ufkundan doğuyor. İlerleyen günlerde daha erken doğmaya başlayan Satürn'ün gözlem süresi uzuyor.

Zekâ Oyunları

Emrehan Halıcı [zeka.oyunlari@tubitak.gov.tr

Göz Aldanması

Farklı gibi görünüyorlar, oysa okların uzunlukları aynı.



Soru İşareti

Soru işaretinin yerine seçeneklerden hangisi gelecek?

Dokuz Rakam

1'den 9'a kadar olan rakamları birer kez kullanarak 9 basamaklı bir sayı oluşturacaksınız. Koşulumuz birbirini takip eden rakamların yan yana gelmemeleri. Bu koşula uyan kaç sayı oluşturulabilir?

Örnekler:

193572468 uygun.

135724698 uygun değil.

Palindromik Toplam

1'den N'ye kadar olan sayıları topladığınızda 4 rakamlı palindromik bir sayı elde ediliyor. N sayısı en az kaç olabilir?

* *Düzden ve tersten okunuşları aynı olan sayı ve kelimelere palindrom denir.*

Lastik Halkalar

Üç lastik halka şekildekine benzer biçimde bir araya getirilmiştir.

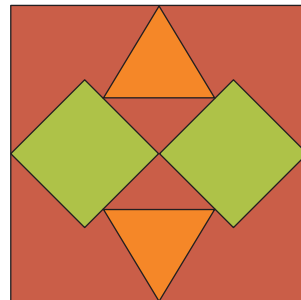
- Herhangi bir halkayı tutup kaldırdığınızda diğer iki halka da kalkıyor.
- Herhangi bir halkayı kestiğinizde diğer iki halka da serbest kalıyor.



Halkaların birbirleriyle nasıl bağlı olduğunu bulunuz. (Şekilde verilen halkaların üçü de serbest durumdadır.)

Karedeki Şekiller

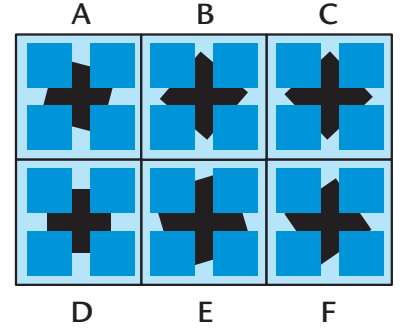
İki eşit kare ve iki eşit eşkenar üçgen büyük kareye yerleştirilmiştir. Büyük karenin bir kenar uzunluğu 2 birim olduğuna göre içindeki eşkenar üçgenlerin kenar uzunluğunu bulunuz.



Hangisi Farklı

Siyah bir kare çeşitli biçimlerde döndürülmüş ve dörder küçük kare ile kaplanmıştır ve siyah karelerden biri diğerlerinden farklıdır.

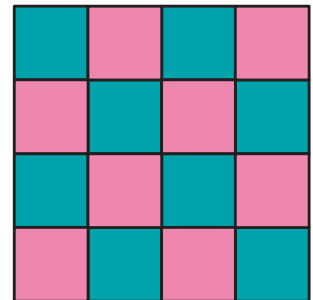
Farklı olanı bulunuz.



Komşu Kareler

4x4 karelik bir tabloda beş komşu kareden oluşan bir blok kaç farklı biçimde seçilebilir? İki karenin komşu olabilmesi için ortak bir kenara sahip olmaları gerekir.

Aynı soru 3x3'lük bir tablo için sorulsaydı cevap 49 olacaktı.



Toplu Kutu

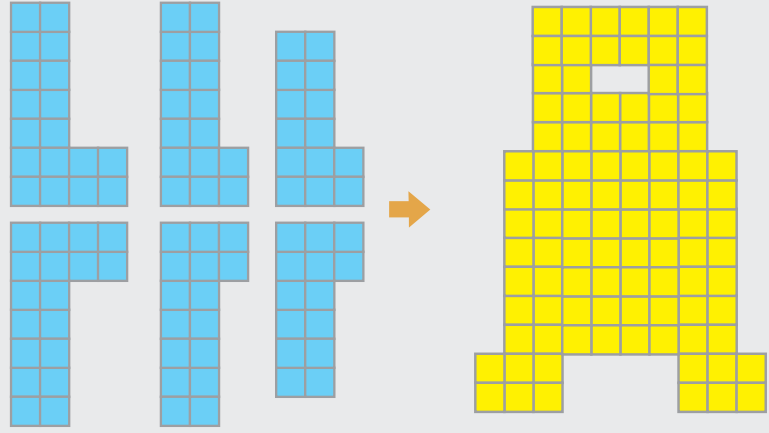
Kutulardan sadece birinin içinde bir top bulunmaktadır.

Komşu olan (yatay ya da dikey) her iki kutudan birinde yazılan doğru, diğerindeki yanlış olduğuna göre top hangi kutudadır?



Altı "L"

Altı "L" parçasını bir araya getirerek aşağıdaki şekli elde ediniz. Parçalar döndürülebilir ve ters çevrilebilir.



Geçen Sayının Çözümleri

2019 Soruları

Cevap 1: $1 + 2345 - 6 \times 7 \times 8 + 9 = 2019$

Cevap 2: $9 \times 8 + 7 \times 6 \times 54 - 321 = 2019$

Cevap 3: $1 + 2 - (3 - 4 - 5) \times 6 \times 7 \times 8 = 2019$

Cevap 4: $8 \times 7 \times 6 \times (5 + 4 - 3) + 2 + 1 = 2019$

Soru İşaretleri

Mor sütunlardaki rakamların yan yana gelmesiyle oluşan sayılar (15, 23, 31, 39, 47) dizisini oluşturuyor.

Bu sayıların iki katı ise (30, 46, 62, 78, 94) yeşil sütunlarda yer alıyor.

1	3	5	0
2	4	3	6
3	6	1	2
3	7	9	8
4	9	7	4

Karışım

En az 15 karışım olabilir.

(1-2-3-5-6-9-11)	(2-3-4-6-7-10-12)
(3-4-5-7-8-11-13)	(4-5-6-8-9-12-14)
(5-6-7-9-10-13-15)	(1-6-7-8-10-11-14)
(2-7-8-9-11-12-15)	(1-3-8-9-10-12-13)
(2-4-9-10-11-13-14)	(3-5-10-11-12-14-15)
(1-4-6-11-12-13-15)	(1-2-5-7-12-13-14)
(2-3-6-8-13-14-15)	(1-3-4-7-9-14-15)
(1-2-4-5-8-10-15)	

Sekiz Rakam

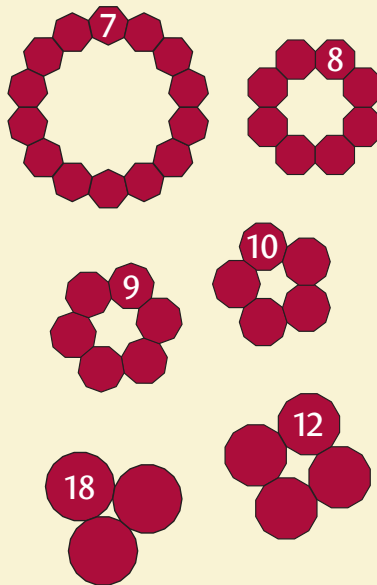
4	6	3
8		1
2	5	7

Çokgen Halkası

6 farklı halka oluşturulabilir:

Kullanılan düzgün çokgen sayıları:

7, 8, 9, 10, 12, 18.



Toplantı

12 toplantı gerekir.

15 öğretmeni

A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L, M, N, O, P

olarak adlandırsak,

olası bir çözüm:

1.ABC	7.AFL
2.ADE	8.ABC
3.FGH	9.FGH
4.FJK	10.LMN
5.LMN	11.DJO
6.LOP	12.EKP

Dört Rakam

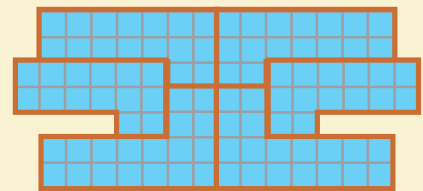
324 sayı vardır.

Hedef Tahtası

Elde edilemeyecek olan

en yüksek toplam puan 37'dir.

Altı "L"



Yayın Dünyası

İlay Çelik Sezer [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Poincaré Sanısı - Geometri, Topoloji ve Evrenin Şekli

Donal O'Shea

Çeviri: Bilge Tanrıseven

TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları,

Yetişkin Kitaplığı, 2018



Poincaré Sanısı temelde tek bir problem hakkındadır. Fransız matematikçi, Henri Poincaré tarafından 1904 yılında formüle edilen problem, o zamandan bu yana matematikçileri hem büyülemiş hem de canlarını sıkıştırır. Problem, kendisi de ünlü bir matematikçi olan Grigory Perelman tarafından çok kısa bir süre önce çözüldü. Poincaré sanısı ile Perelman'ın ispatı çağımızın en büyük başarılarından biridir. *Poincaré Sanısı*, sanının ve ispatının arkasında yatan matematiğin öyküsünü anlatıyor. Matematikten akılcı bir biçimde bahsedebilmek için yalnızca sonuçları değil, o sonuçları ortaya koyan insanları da anlatmak gerekir. Gerçekten de içgörülerini hiç yoktan ortaya çıkmış gibi görünen ve matematik bilimini tek başlarına on yıllarca ileri taşıyan bireyler vardır. Fakat deha, her ne kadar renkli ve gizemli olsa da, matematikteki ilerlemeler, binlerce başka bireye ve o bireylerin içinde çalışıp yaşadıkları kurumlara ve toplumlara da dayanır. İşte *Poincaré Sanısı*, sanıyı ve ispatın öyküsünü bu bakış açısıyla anlatıyor. Poincaré sanısının hikâyesi, beş bin yıl önceki Babil'den günümüz Saint Petersburg'una, kuzey New York Eyaleti'ne ve Madrid'e uzanıyor. Keşifleri, savaşları, bilim derneklerini, araştırma üniversitelerinin Almanya'da ve son dönemde Amerika Birleşik Devletleri'nde ortaya çıkışını anlatıyor. Başka bir deyişle *Poincaré Sanısı*, geometrinin tarihini, Öklid dışı geometrinin keşfini ve topoloji ile diferansiyel geometrinin doğuşunu beş bin yıllık süreç içinde, düzinelerce toplum ve beşeri kurum ile yüzlerce bireyi işin içine katarak izleyen bir başucu kitabı niteliğinde.

Etkinlik Kartları - Hafıza Bulmacaları

Sarah Khan

Çeviri: Fulya Koçak

TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları, 8 yaş+, 2018



Bu kutu hafızanızı test edebileceğiniz bulmaca ve oyunlarla dolu. Silinebilir tahta kalemıyla kartların üzerine yanıtları yazabilirsiniz.

Çocuk Hakları 1 - Bilge Adamın Yolu

Aleix Cabrera

Çeviri: Adem Uludağ

TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları, 5 Yaş+, 2013 (2. Basım)



Farklı köylerden üç çocuk gelmiş geçmiş en bilge adamın bilgeliğini almaya layık görülmek için Bilgelik Evi'ne ilk önce ulaşmaya çalışıyor. Her bir köyün sakinleri diğer ikisinden üstün olsun diye küçük kahramanlarını kendi ustalık ve hünelerleriyle yola hazırlarlar. Bu üç ufaklığın yolda aldıkları ilk ders şu olur: Güçlerini birleştirirlerse ustalık ve hünelerleri daha değerli olacaktır.

O hâlde Bilge Adam hangisini seçecek?

Bu hikâye Çocuk Hakları Bildirisi'nde yer alan, her çocuğun hiçbir ayırım yapılmaksızın belirli haklara sahip olduğunu bildiren 1. İlke'den hareketle kaleme alındı.