

Bilim ve Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi Kasım 2024 Yıl 58 Sayı 684 - 29 TL

BİYOMİMİKRİ

**Doğayı Taklit Ederek
Yenilikçi ve Çözüm Odaklı
Teknolojiler Geliştirmek**



Yapay Genel Zekânın Potansiyel Etkileri

Mutlak Sıfıra Yolculuk

Yapay Zekâ ile Protein Tasarımı

MikroRNA'ların Keşfi

Makine Öğrenmesi



POSTER EKİ
2024 Nobel Bilim
Ödülleri

“Benim mânevî mirasım ilim ve aklıdır.”
Mustafa Kemal Atatürk

Bilim ve Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi
Yıl 58 Sayı 684
Kasım 2024

İmtiyaz Sahibi

TÜBİTAK Adına Başkan
Prof. Dr. Orhan Aydın

**Genel Yayın Yönetmeni ve
Sorumlu Yazı İşleri Müdürü**
Ömer Kökçam

Dergiler Müdürü
Kübra Bal Çetinkaya

Yayın Yönetmeni - Editör
Dr. Özlem Kılıç Ekici

Yayın Danışma Kurulu
Ömer Kökçam
Fatma Başar
Kübra Bal Çetinkaya
Prof. Dr. Emine Adadan
Dr. E. Sümeyra Turalı Emre
Prof. Dr. Ersin Göğüş
Dr. S. Enes Kotil
Prof. Dr. Evren Mutlugün

Araştırma ve Yazı Grubu
Dr. Özlem Ak
M. Furkan Aktaş
Dr. Bülent Gözcelioğlu
Dr. Mahir E. Ocak
Dr. Tuba Sarıgül
İlay Çelik Sezer
Hayriye Yetiş

Redaksiyon
Berranur Beşir

Grafik Tasarım-Web
Hüseyin Diker
Ayşe Dilara Cumhuri

Mali Yönetmen
Adem Polat

Mali ve İdari Hizmetler
M. Furkan Aktaş

İletişim Bilgileri
TÜBİTAK Bilim ve Toplum Başkanlığı
Dergiler Müdürlüğü
Bilim ve Teknik Dergisi
Remzi Oğuz Arık Mah.
Tunus Cad. No:80
06540 Çankaya ANKARA
bteknik@tubitak.gov.tr
bilimteknik.tubitak.gov.tr

Abone İlişkileri
abone@tubitak.gov.tr
yayinlar.tubitak.gov.tr

Baskı
Başak Matbaacılık Tanıtım
Hizmetleri İth.İhr. A.Ş.
basakmatbaa.com

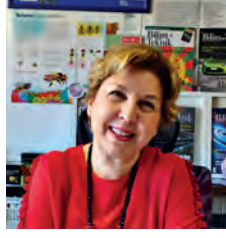
Baskı Tarihi 19.10.2024

Dağıtım Turkuvaz Dağıtım Pazarlama A.Ş.
tdp.com.tr

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 Eğt. Krs. Ş. sayı Nşr.83] tarafından
Silahlı Kuvvetler personeline tavsiye edilmiştir.

ISSN 977-1300-3380
Fiyatı 29 TL (KDV Dahil)

Her ayın 1'inde çıkar.



**Değerli öğretmenlerimizin 24 Kasım Öğretmenler
Günü'nü kutluyor, 86 yıl önce 10 Kasım 1938'de
kaybettiğimiz, Cumhuriyetimizin kurucusu ve
başöğretmenimiz Gazi Mustafa Kemal Atatürk'ü
sevgi, saygı ve minnetle anıyoruz.**

Doğadaki hemen hemen her şey, yeni bir icat ya da
teknolojik bir gelişme için kıvılcım olabilir. Mühendisler

ve tasarımcılar teknolojik problemlere çözüm bulmak amacıyla çoğunlukla doğaya
başvururlar. Biyomimikri (Biyotaklit, Biyobenzetim, Biyomimetik) araştırma alanı
sayesinde bilim insanları doğadaki sınırsız uyumu, tasarımları ve sistemleri örnek
olarak yeni teknolojik ürünler, malzemeler, mekanizmalar ve sistemler geliştiriyor.
Üretilen malzemeler özellikle nanoteknoloji, yapay zekâ, robotik, ulaşım teknolojisi,
malzeme mühendisliği, inşaat ve savunma sistemleri gibi alanlarda kullanılıyor.
Doğadaki tasarımlar en az malzeme ve en az enerji ile en fazla verimi almaları,
kendi kendilerini onarma özellikleri, geri dönüşümlü ve doğa dostu olmaları, sessiz
çalışmaları, estetik yapıları, dayanıklı, esnek ve uzun ömürlü olmaları bakımından
yeni teknolojilerin yolunu açıyor. Mete Esencan, doğayı taklit ederek geliştirilen
yenilikçi ve çözüm odaklı teknolojilerden örnekler vererek bahsediyor.

Mahir Ocak bu ayki yazısında lazerle soğutma yöntemlerinin gelişim hikayesini
anlatıyor. Özlem Ak, Aziz Sancar ve ekibinin beyin kanseri tedavisine yönelik
keşiflerine değiniyor. Gürkan Caner Birer, yapay genel zekânın potansiyel etkilerini
anlatıyor. Bilim alanındaki 2024 Nobel ödüllerinin detaylarını da İlay Çelik Sezer,
Hayriye Yetiş ve Mahir E. Ocak ele alıyor. Bu ayki posterimizde 2024 Nobel Bilim
Ödülleri'ni sizler için toplu halde özetliyoruz.

Farklı ilgi alanlarına hitap eden Bilim Haberleri, Bilim Çizgi, Tekno-Yaşam, Merak
Ettikleriniz, Bilim Tarihinden Notlar, Doğa, Gökyüzü, Düşünme Kulesi, Satranç,
Aydın Sorusu, Zekâ Oyunları ve Yayın Dünyası başlıklı köşelerimizi de beğenerek
okuyacağınızı umuyoruz.

Bilim ve Teknik elektronik dergi arşivi (son dört sayı hariç) ücretsiz olarak herkesin
erişimine açıktır (services.tubitak.gov.tr/edergi). Dergimizin daha düşük fiyata ve
ücretsiz kargoyla sizlere ulaşacağı abonelik fırsatından faydalanmak ayrıca hem
yeni hem de eski sayılarımızı satın almak için yayinlar.tubitak.gov.tr adresini ziyaret
edebilir, “TÜBİTAK Yayınlar” mobil uygulamasını da indirebilirsiniz. Dergimizin
internet sayfasını (bilimteknik.tubitak.gov.tr) ve sosyal medya hesaplarını da takip
edebilir, hayatınızdaki yerini ve size neler kattığını bizimle paylaşabilirsiniz
(bteknik@tubitak.gov.tr).

Nesiller büyüten dergimizin bu sayısını da ilgiyle okumanızı diliyor, sonraki
sayılarımızı sabırsızlıkla bekleyeceğinizi umuyoruz.
Sağlıcakla ve bilimle kalın... Unutmayın #bilimokuyanbilir!

Saygılarımızla,
Özlem Kılıç Ekici

İçindekiler

14

Bilim Alanındaki

2024 Nobel Ödülleri Açıklandı!

İlay Çelik Sezer, Mahir E. Ocak, Hayriye Yetiş

Fizyoloji veya Tıp alanındaki ödüle gen etkinliğinin düzenlenmesine ilişkin keşifler; Fizik alanındaki ödüle makine öğrenme sistemlerinin temellerini atan çalışmalar; Kimya alanındaki ödüle ise yeni proteinler tasarlamayı sağlayan yöntemin ve proteinlerin üç boyutlu karmaşık yapılarının tahmin edilmesini sağlayan bir yapay zekâ modelinin geliştirilmesi çalışmaları layık görüldü.



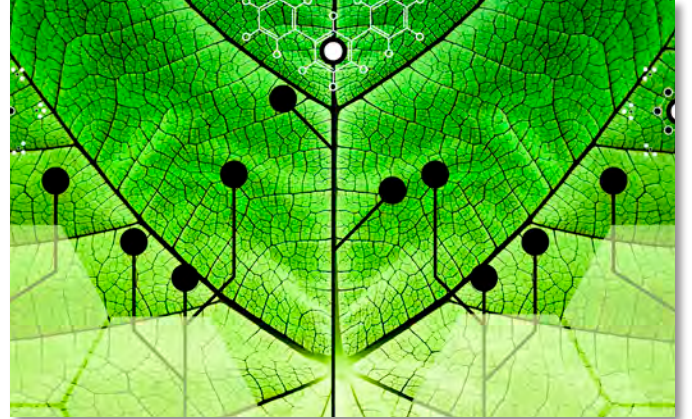
24

Biyomimikri:

Doğadan Öğrenerek Sorun Çözmek

Mete Esencan

Bilim insanlarından tasarımcılara kadar özgün ve yenilikçi düşünme yeteneğine sahip birçok kişinin çeşitli alanlardaki sorunlara çözüm bulmak için danıştıkları çok tecrübeli bir kaynak vardır: Doğa.



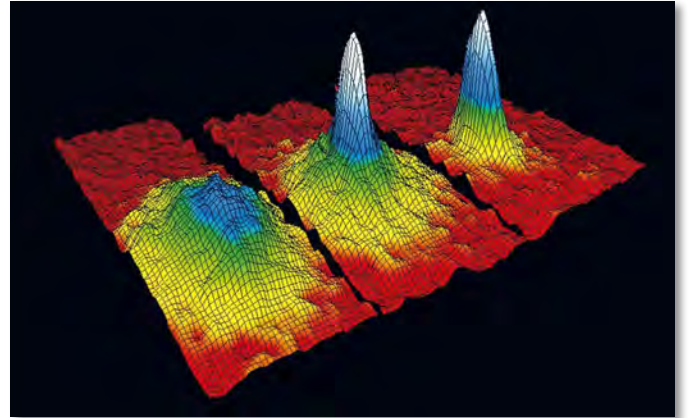
56

Mutlak Sıfıra Yolculuk:

Lazerle Soğutma Yöntemlerinin Gelişim Hikayesi

Mahir E. Ocak

Bir gazın lazer ışınlarıyla soğutulabilmesi, ilk bakışta şaşırtıcı gelir. Sonuçta lazerler, yoğun ışık demetleridir. Bir gazın üzerine lazer ışığı düşürüldüğünde enerji kaybedip soğumasını değil, enerji kazanıp ısınmasını beklersiniz. Ancak özel olarak hazırlanmış düzeneklerde lazer ışınları kullanılarak gazların sıcaklığını neredeyse mutlak sıfıra kadar düşürmek de mümkün.



4

Bilim ve Teknik ile Büyüdüm

Özlem Ak

6

Haberler

22

Bilim Çizgi İbn Sina

Sinançan Kara

36

Tekno-Yaşam

Gürkan Caner Birer

40

Yapay Genel Zekânın Potansiyel Etkileri

Gürkan Caner Birer

Yapay genel zekânın insan kapasitesinin çok ötesinde büyük miktarda veriyi işleme ve insandan daha iyi şekilde analiz etme yeteneği geleneksel rolleri değiştirerek günlük hayat, eğitim, beceriler ve iş hayatı gibi rutinlerin yeniden düşünülmesini gerektirebilir.

47

Daha Ilık Kışlar, Yüksek Enlemlerde Toprağın Tuttuğu Karbonu Azaltabilir

İlay Çelik Sezer

48

Parmak Ucunuzdaki Ter, Sağlığınıza Takip Edecek!

Özlem Ak

50

Prof. Dr. Aziz Sançar'dan Akademik Yıl Açılış Dersi:

EdU Moleküllü Beyin

Kanseri Tedavisinde

Potansiyel Bir Aday

Özlem Ak

Aziz Sançar ve ekibi, beyin kanseri tedavisinde devrim yaratacak EdU adlı molekülün sinir hücrelerine zarar vermeden beyindeki tümörlerin tedavisinde kullanılabileceğini gösterdi.

54

Merak Ettikleriniz

Mesut Erol

74

İlk Başarılı Tam Göz Naklinden İyi Haber: Hem Sağlıklı Hem de Retinası Işığa Tepki Verebiliyor

Özlem Ak

76

Ayın Astronomi Fotoğrafı - Ay'ın Rengarenk Mozaik Görüntüsü

Tuba Sarıgül

78

Bilim Tarihinden Notlar Yıldız Astronomisi

Hüseyin Gazi Topdemir

82

Doğa - Fauna Ganj Timsahı

Bülent Gözcelioğlu

84

Gökyüzü

Tuba Sarıgül

88

Düşünme Kulesi

Ferhat Çalapkulu

90

Satranç

Kıvanç Çefle

93

Ayın Sorusu

Azer Kerimov

94

Zekâ Oyunları

Emrehan Halıcı

96

Yayın Dünyası

İlay Çelik Sezer

EK –Poster

2024 Nobel Bilim Ödülleri

İlay Çelik Sezer, Mahir E. Ocak,
Hayriye Yetiş,
Ayşe Dilara Cumhur

Dergimize "Bilim ve Teknik ile Büyüdüm!", "Düşünme Kulesi" ve "Ayın Sorusu" köşeleri ile ilgili içerik gönderen okurlarımız, "Kişisel Verileri Koruma Kanunu" kapsamında, paylaştıkları verilerin ve bilgilerin dergimiz tarafından yayınlanmasına açık rıza göstermiş sayılacaktır.

Elektronik dergi arşivimiz services.tubitak.gov.tr/edergi internet adresinde (son dört sayı hariç) ücretsiz olarak herkesin erişimine açıktır. Son dört aya ait sayılara ise sadece abonelerimiz erişim sağlayabilir.

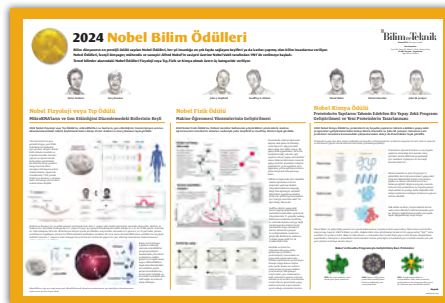
yayinlar.tubitak.gov.tr

**TÜBİTAK
Popüler Bilim
Kitaplarına ve Dergilerine
ulaşmak artık çok daha kolay.**

Tıklayın ve Keşfedin!

**TÜBİTAK
Popüler Bilim
Yayınları**

yayinlar.tubitak.gov.tr adresi üzerinden; dergilerimizin hem yeni hem de geçmiş sayılarını satın alabilir, ayrıca dergilerimize kolayca abone olabilirsiniz.



Bilim ve Teknik



tubitakbiltek



tubitakbilimteknik



TÜBİTAK Bilim ve Teknik



bilimteknik.tubitak.gov.tr/

Bilim ve Teknik ile Büyüdüm

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi



Okurlarımızın *Bilim ve Teknik* dergisinin hayatlarındaki yerini, onlara neler kattığını ve 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 ile başlayan keşif merakı”



Merhaba,

Babamın aboneliği sayesinde son bir senedir tanıştığım dergilerinizi her ay merakla ve heyecanla beklemekteyim. Aylık dergilerimizi heyecanla bekliyoruz, babam ile annem *Bilim ve Teknik*, ben de *Bilim Çocuk* okuyorum, *Meraklı Minik* dergisini ise benden yaşça küçük arkadaşlarımla okumaları için paylaşıyorum, kardeşim olursa ona okurum diye de odamda, kütüphanemde muhafaza ediyorum. *Bilim ve Teknik*'i annemle babam çok severek okuyor, emekleriniz için teşekkür ediyorum, iyi ki sizinle tanışmışız, bizim evimizin hep baş köşesindesiniz. Arkadaşlarımla birlikte içerikleri konuşacağımız ve fikirlerimizi birbirimizle paylaşacağımız günleri sabırsızlıkla bekliyorum. Ben bir mucit olacağım. Çevreye, doğaya ve insanlığa yararlı buluşlar yapacağım günleri bekleyin. Sizleri çok seviyorum. Siz emek verin ve dergilerimizi her ay hazırlamaya devam edin ki bizler de iyi yetişelim!

Poyraz Efe Öztürk

“Hayata baktığım pencereyi genişlettiniz”



Merhaba,

Ben de *Bilim ve Teknik* dergisi ile büyüdüm. 2000'li yılların başında, henüz ilkokuldayken, dergide yazılanları anlayamayacak kadar küçük olduğum zamanlardan bu yana *Bilim ve Teknik*'i zevkle ve büyük bir heyecanla takip ediyorum. Büyüdüm, avukat oldum ama sayenizde bilim ve teknoloji dünyasından hiç uzak kalmadım. Dergiyi elimde görüp, merak ederek düzenli bir şekilde okumaya başlayan çok kişi de oldu. Hafta sonları kahvaltıdan sonra içtiğim kahveye en önemli eşlikçisiniz. Ufkumu açtınız. Hayata baktığım pencereyi genişlettiniz. Dergiden çok şey öğrendim, öğrenmeye de devam ediyorum. Eməği geçen herkese çok teşekkür ederim. İyi ki varsınız.

Cansu Nur Ercan

“Her konuda bilgi sahibi olabileceğim dergi”



Merhaba,

Bilim ve Teknik ile tanışmam ortaokul zamanlarıma denk gelir, o zamanlar benden yaşça büyük olan kuzenlerimden alıp okurdum, anlamadığım yerleri onlara sorardım. Büyüyünce düzenli olarak takip ettim ve her sayısını sabırsızlıkla bekledim, hâlâ da beklemekteyim. Bilgimin olmadığı her konuda bilgi sahibi olmamı sağlaması bu derginin en sevdiğim özelliklerden bir tanesi. Dergiyi sevip takip etmemde etkili olan en önemli şey ise bilime olan merakımın başlayıp ilerlemesine ve bu alanda eğitim alma isteğimde etkili olan dergilerden biri olması. Şu an iyi bir üniversitede biyoloji alanında eğitim alıyorum. Buradaki yazarlardan biri olmak hayallerimden bir tanesi, belki de ileride olabilirim kim bilir! Bilime olan merakımın ilerlemesine ve ufkumun genişlemesine yardımcı olduğunuz için çok teşekkür ederim.

Zeynep Nesibe Elçi

“Her zaman masamdasın”



Merhaba,

Değerli *Bilim ve Teknik*, seni iki yıldır takip ediyorum ve her sayını heyecanla bekliyorum. Her daim okumaya hazır bir şekilde çalışma masamdasın. Sayende bir sürü yeni bilgi öğrendim, öğrenmeye de devam ediyorum. En çok tıp ve sağlık, yapay zekâ, zekâ oyunları ve satranç ile ilgili sayfalarını seviyorum. Seni okurken âdeta bambaşka bir dünyanın kapıları aralanıyor. Zekâ oyunlarını çözmek ise bambaşka bir eğlence benim için. Senin sayende, gökbilim sayfalarını incelerken, kendimi hep uzayda hissediyordum. Poster eki hediyesi olan sayılarını da daima merakla ve heyecanla bekliyorum... İyi yayınlar, bol sayılar...

Ilgaz Şenyer

“Bilim ve Teknik okuyan çocukluğumun, bilim insanı olma yolculuğu”



Merhaba,

Bu dergiyi okuyup öğrendiğim bilgileri havalı havalı arkadaşlarıma anlattığım günleri hatırlıyorum. “Biz bilim insanları şöyle diyoruz...” diye başlayan cümleler kurardım, yani o kadar emindim bir bilim insanı olacağıma belki de olduğuma... Şu an gururla söylüyorum ki İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsünde, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü öğrencisiyim, evet iyi bir bilim insanı olacağım. Küçük yaşlardan itibaren bilim dergileriyle haşır neşir olmak bana güzel bir bilim kültürü kattı ve biyolojiden astronomiye farklı alanlarda ilgimin oluşmasına katkı sağladı. İyi ki küçük yaşlarda tanımışım seni *Bilim ve Teknik*! Kariyer yolculuğumda hep yanımda olduğun ve olmaya devam edeceğin için çok teşekkür ediyorum...

Helen Üce

“Hayallerimi şekillendirdiniz”



Merhaba,

Her şey mahalle bakkalımıza *Bilim ve Teknik* dergisinin gelmesiyle başladı. Her sayısını raflarda gördüğümde ayrı heyecanlanıyordum. Yıllar geçti, işletme eğitimi aldım ama benim uzaya, bilime, teknolojiye olan ilgim bu dergi sayesinde hiç bitmedi. 39 yaşında bana başka evrenlerde düşünceler kurdurduğunuz için size teşekkürü borç bilirim. Şimdi ise mahallemdeki okuldan ellerinde *Bilim ve Teknik* ile çıkan bilime meraklı, araştırmayı, okumayı seven gençler görmek beni çok gururlandırıyor. Umarım onlar da hayallerini sizinle şekillendirip hayata geçirebilirler. Hayat bazen insanı bilmediği dünyalara sürükleyebilir benim gibi. Önemli olan içindeki ümit ufkunu hiç kaybetmemek. Kaybettirmedığınız için çok teşekkürler *Bilim ve Teknik* ailesi.

Mecnun Çınar

Haberler

Grip Aşıları 2024 Yılında Değişti

Özlem Ak

Grip aşıları, insanları her mevsim hasta eden en yaygın grip virüsü alt tiplerine karşı korumak üzere tasarlanır. Kuzey ve Güney yarım kürelerin grip sezonları dönüşümlü olarak gerçekleştiği için bilim insanları, karşı yarım küredeki enfeksiyonları takip ederek bu alt tipler içinde hangi türlerin önümüzdeki grip sezonunda dolaşıma girme ihtimalinin daha yüksek olduğunu tahmin eder.

On yıldan uzun bir süredir yıllık grip aşısı dört tip influenza virüsüne karşı koruma sağlıyordu ancak bu yıl durum değişti. Geçmiş yılların aksine 2024-2025 sezonu için grip aşıları, Yamagata suşu grip virüslerini içermiyor. Çünkü kanıtlar, bu grip türünün artık var olmadığını gösteriyor. ABD'de 2024-2025 grip sezonu için aşılar yalnızca H1N1 ve H3N2 olarak adlandırılan iki influenza A virüsü ve Victoria suşu olarak bilinen bir influenza B virüsü olmak üzere üç

grip virüsü alt türüne karşı koruma sağlıyor. 2012'den bu yana ilk kez ABD grip aşıları, dört bileşenli yerine üç bileşenli olacak.

Mevcut tüm kanıtlara göre Yamagata suşu, artık dolaşımda değil. Bu nedenle, Mart 2024'te ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), yıllardır kimseyi hasta etmediği için bu yılki grip aşılarının bu virüs alt türünü içermeyeceğini duyurdu. FDA bu kararı, Aşılar ve İlgili Biyolojik Ürünler Danışma Komitesinin tavsiyelerini takiben aldı ve kısa bir süre sonra Dünya Sağlık Örgütü de (DSÖ) aynı tavsiyeyi küresel ölçekte

yayımladı. Ancak küresel üreticilerin yeni formüle geçmesinin zaman alabileceği düşünülüyor.

Bilim insanları, Yamagata suşunun 2021 yılında tükendiğine dair ilk ipuçlarını, dünyada hiç kimsenin bu grip alt türüyle hastalanmadığını fark etmeye başladıklarında bildirdi. O dönemde uzmanların tahminlerine göre en olası açıklama, Yamagata'nın COVID-19'un yayılmasını azaltmayı amaçlayan halk sağlığı önlemleri nedeniyle ortadan kalkmış olması. Pandeminin başlarında pek çok insan hasta olduklarında

maske takıyor, sosyal mesafeyi koruyor ve evde kalyordu, bu da grip gibi diğer solunum yolu enfeksiyonlarını azaltan bir etki yaratmıştı.

Pittsburgh Üniversitesinde Mikrobiyoloji ve Moleküler Genetik Profesörü olan Kevin McCarthy, influenza B virüsleri arasında Yamagata'nın muhtemelen pandemi başlamadan önce Victoria'dan çok daha düşük seviyelerde dolaşımda olduğunu tahmin ediyor. McCarthy, Yamagata'nın virüsün diğer alt türlerine kıyasla yok olmaya karşı daha savunmasız olabileceğini



de düşünüyor ve Yamagata'nın çıkarılmasının gelecekteki grip aşılarının etkinliğini azaltmayacağını çünkü aşılardan yalnızca içerdikleri virüs türlerine karşı koruma sağlamak üzere geliştirdiğini söylüyor. Halk sağlığı yetkilileri, neslinin tükendiğine dair kanıtlara rağmen Yamagata suşundan herhangi bir iz olup olmadığını izlemeye devam edecek. McCarthy, Yamagata'nın tekrar görülmesi hâlinde bilim insanlarının aşırı yeniden dört bileşenli hâle getirebileceklerini belirtiyor. ■

<https://www.livescience.com/health/flu/flu-shots-have-changed-this-year-here-s-why>

Klasik İnternet ile Kuantum İnterneti Bir Araya Getiren Yöntem

Mahir E. Ocak

Günümüzde kuantum mekaniksel sistemlerde kodlanmış bilginin internet üzerinden aktarılmasına dayalı, kuantum internet olarak adlandırılan sistemler üzerine yoğun araştırmalar

yapılıyor. Kuantum internetin mükemmel bir uygulamasının, geleneksel internetin aksine tamamen güvenli bir biçimde bilgi aktarımını sağlayabileceği biliniyor.

Kuantum mekaniksel olarak kodlanmış bilgiyi aktarmak için öne çıkan ortamlardan biri, günümüzde de bilgi aktarımı için kullanılan fiber optik kablolar. Arzu edilen, bir gün kuantum internet gerçeğe dönüştüğünde aynı fiber optik kablolardaki aynı renk kanallarının eş zamanlı olarak hem klasik olarak hem de kuantum mekaniksel olarak kodlanmış bilgileri taşıyabilmesi. Yakın zamana kadar bunu

nedeniyle kodlanmış bilgi kayboluyordu.

Hannover'daki Leibniz Üniversitesine bağlı Fotonik Enstitüsünde çalışan dört araştırmacı, *Science Advances*'ta yayımladıkları bir makalede hem klasik bilgiyi hem de kuantum bilgiyi fiber optik kablolar üzerinden eş zamanlı olarak aktarmayı başardıklarını açıkladı.

Araştırmacıların geliştirdiği yöntemde elektro-optik serrodyne tekniği olarak adlandırılan lazer ışınlarının renginin elektrik sinyalleriyle değiştirildiği bir teknikten yararlanılıyor. Deneyler sırasında birbirine dolanık

kuantum mekaniksel bilginin kaybolmasına yol açmıyor. Elektro-optik serrodyne tekniğinden ise fotonların ve lazer atımın bir araya getirilmesinde ve birbirinden ayrılmasında yararlanılıyor. Deneyler, klasik ve kuantum interneti bir araya getiren hibrit internet ağlarının başarılı olabileceğini gösteriyor.

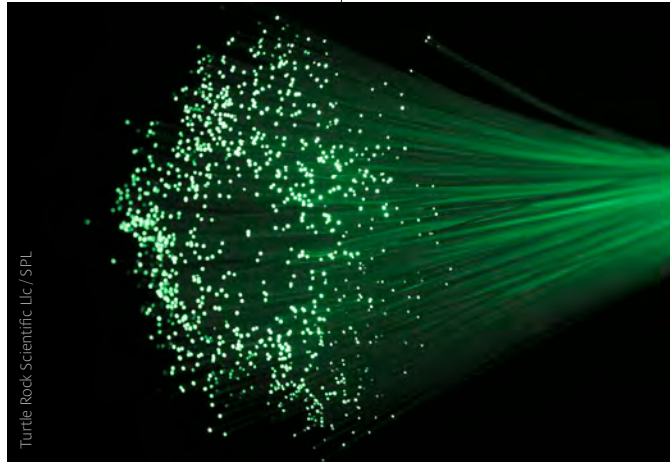
Detaylı bilgiye Philip Rübeling ve arkadaşlarının *Science Advances* dergisinde yayımlanan makalesinden ulaşabilirsiniz. ■

Rübeling, P. ve ark., "Quantum and coherent signal transmission on a single-frequency channel via the electro-optic serrodyne technique", *Science Advances*, Cilt 10, Makale No: eadn8907, 2024, <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adn8907>.

Konfor Tuzağı: Uzun Süreli Aralıksız Oturmak

Hayriye Yetiş

Günümüzde farkında olmadan pek çok kişi, fiziksel aktivitenin düzensiz ya da çok az olduğu sedanter bir yaşam tarzına sahip. Uyanık olduğumuz saatlerin çoğunu oturma ya da uzanma hâlinde geçirdiğimizde vücudumuz çok az



başarmak mümkün olmamıştı. Kuantum mekaniksel sistemlerin çevresel etkenlere aşırı duyarlı olması

hâldeki iki foton ve bir lazer atımı aynı kanal içinde yol alıyor. Üstelik bu durum, dolanık fotonlarda kodlanmış

miktarda enerji harcıyor ve bu durum, bazı sağlık sorunlarını da beraberinde getiriyor.

Sedanter yaşam tarzı ve bununla bağlantılı olarak ortaya çıktığı düşünülen sağlık sorunlarını tam olarak anlama çalışmaları devam ederken konuyla ilgili ilk araştırmalar uzun zaman önce, kişinin televizyon karşısında oturarak geçirdiği zamanın obeziteyle ilişkilendirilmesiyle başladı.



Uzun ve kesintisiz süreler boyunca hareketsiz kalmanın Tip 2 diyabet riskini artırması, sedanter yaşam tarzının sonuçlarından sadece biriydi. Geçtiğimiz ocak ayında *JAMA Network Open* dergisinde yayımlanan ve yaklaşık yarım milyon kişi üzerinde yapılan bir çalışmanın sonuçları ise oturarak çalışanların

diğer çalışanlara göre kardiyovasküler hastalıklardan ölme riskinin %34, herhangi bir nedenden ölüm riskinin ise %16 oranında daha yüksek olduğunu gösteriyor. Tüm bu sağlık sorunları, sedanter yaşamın beraberinde getirdiği kan şekeri, düzensizlik, serebral dolaşım bozukluğu ve otoimmün hastalıklar gibi biyolojik süreçlerle ilişkilendiriliyor.

Uzmanlar tarafından sağlıklı bir yaşam için haftada 150 ila 300 dakika arası orta düzeyde egzersiz yapmak önerilir. Bu rutin, genellikle spor salonu egzersizlerini, tempolu yürüyüşleri ve koşuları içerir. Ancak araştırma sonuçları, düzenli yapılan orta düzey egzersizlerin bile sürekli oturmanın sağlık üzerinde yol açabileceği

risk faktörlerini sadece bir ölçüde telafi edebileceğini gösteriyor.

Uzmanlar, uzun ve kesintisiz süre oturmanın vücudumuzun biyolojik süreçlerinde meydana getirdiği negatif etkileri telafi edebilmek ya da en azından kısmen azaltabilmek için oturma sürelerini kısaltıp ayağa kalkmanın ve hareket etmenin hayli önemli olduğunu belirtiyor. Vücudumuzun sadece ayağa kalkmak ya da tam tersi, ayakta oturmak için bile önemli miktarda enerji harcadığı göz önüne alındığında uzun süreli oturmayı gerektiren işlerde her yarım saatte bir ayağa kalkmak ve en az bir dakika fiziksel aktivitede bulunmak gerekiyor. Bunun yanında riskleri en aza indirmek için önerilenden daha yoğun ve düzenli egzersizler yapmanın oturarak çalışanlar için alışkanlık hâline gelmesi gerektiği, altı çizilen tavsiyeler arasında. ■

<https://www.scientificamerican.com/article/sitting-in-a-chair-all-day-can-lead-to-disease-standing-up-and-moving-around/>

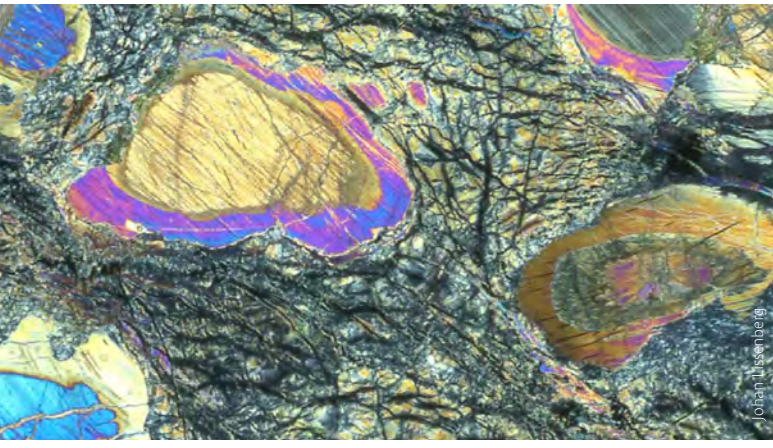
Dünya'nın Mantosunun Bugüne Kadarki En Derin Noktasından Örnek Alındı

Tuba Sarıgül

Sonuçları *Science* dergisinde yayımlanan araştırmada bilim insanları mantonun 1.268 metre derininden örnek almayı başardı.

Manto katmanı, Dünya'nın manyetik alanının nasıl ortaya çıktığının, kabuk katmanının oluşumunun ve elementlerin Dünya'nın iç katmanları ve atmosfer arasındaki döngüsünün anlaşılmasında önemli role sahiptir. Mantodan doğrudan alınan örnekler yoluyla manto katmanının bileşimi ve zaman içinde geçirdiği değişimler hakkında bilgi sahibi olunabilir. Ancak Dünya'nın yüzeyini kaplayan kabuk katmanının altında bulunan manto tabakasını oluşturan kayalardan örnek almak son derece zordur. Çünkü kabuk katmanının kalınlığı, 6 km ile 70 km arasında değişir.

Tektonik plakaların birbirinden ayrılarak magmanın yüzeye



Dünya'nın manto katmanından alınan kayaç örneğinin mikroskop altındaki görüntüsü

çıktığı bir hat olan Orta Atlantik Sırtı'nın yakınında bulunan Atlantis Masifi'nde mantoyu oluşturan kayaçlar, tektonik hareketler sonucu okyanus tabanına yaklaşır. Bu durum bilim insanlarına, kabuk katmanında derin sondajlar yapmadan manto tabakasından örnek alma imkânı sağlar. Ayrıca bu bölgede manto katmanını oluşturan kayaçlar, doğrudan okyanus suyuna temas eder.

Uluslararası bir araştırma grubundan bilim insanları, *JOIDES Resolution* isimli sondaj gemisini kullanarak yaptıkları sondajda mantonun 200 metre derininden örnek almayı planladı. Ancak sondaj sırasında daha derine ulaşıldı ve mantonun 1.268 metre derininden örnek alınabildi. Alınan örneklerdeki kayaçların yapısını ve bileşimini inceleyen araştırmacılar, beklemedikleri bir sonuçla karşılaştı.

Manto tabakası temel olarak peridotit kayaçlardan oluşur. Magnezyum ve demir açısından zengin bir kayaç olan peridotit, olivin ve piroksen minerallerinden meydana gelir. Analizler, Atlantis Masifi'nden alınan kayaç örneklerindeki piroksen minerallerinin oranının düşük; kayaçların içerdiği magnezyum derişiminin ise yüksek olduğunu gösterdi. Ayrıca araştırmada olivin mineralinin deniz suyu ile tepkimeye girmesi sonucunda hidrojen ve metan gibi moleküllerin oluştuğu anlaşıldı. Bu moleküller, su altında canlı yaşamının sürdürülebilmesinde önemli role sahip.

Sonuçlar, Dünya üzerinde canlı yaşamının nasıl ortaya çıktığının anlaşılması konusunda bilim insanlarına önemli bilgiler sağlıyor. ■

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.adp1058>

Beyin Yaşlanmasına Dair Gizemleri Müzikle Çözmek Mümkün Olabilir mi?

Hayriye Yetiş

Oxford Üniversitesi ve Danimarka'daki Aarhus Üniversitesi tarafından yürütülen bir çalışmanın sonuçlarına göre yaşlı insanlar, daha önceden dinledikleri müzik parçalarını gençler kadar iyi hatırlayabiliyor. Ancak bunun için beynin bazı bölgelerinin diğer bölgelere göre daha fazla çalışması gerekiyor.

üzere toplamda 76 kişiyle gerçekleştirilen araştırmada katılımcılar, Johann Sebastian Bach'ın bir müzik parçasını dinledi ve bu parçanın kısa bir bölümünü ezberledi. Bach'ın müziğinin seçilme nedeni, belirgin ve tekrarlayan melodik diziler içermesi ve dolayısıyla hafıza testi için uygun bir seçenek olmasıydı. Daha sonra ezberletilen parçadan kısa bölümler dinleyen katılımcılardan bu parçaların tanıdık mı yoksa ilk defa dinledikleri bir parça mı olduğunu belirlemeleri istendi. Sonuçlar, genç ve yaşlı insanların müziği aynı düzeyde hatırladıklarını gösteriyordu.



Aarhus Üniversitesi Hastanesinden otuz yedisi genç (18 ila 25 yaş aralığında), otuz dokuzu yaşlı (60 yaş üstü) olmak

Ancak elde edilen verilerde ilginç bir farklılık vardı. Manyetik rezonans görüntüleme (MRI) ve manyetoensefalografi

(MEG) teknikleri ile izlenen zihinsel aktivite verileri, gençlerde müziği tanıma sürecinde hafızadan sorumlu olan medial temporal lob ve prefrontal korteks bölgelerindeki aktivitelerin arttığını; yaşlılarda ise azaldığını gösteriyordu. Ancak buna karşılık yaşlı kişilerin işitsel korteks gibi duyuşal bölgelerinde aktivite artışı olmuştu. Bu durum, yaşlı insanlarda beynin duyuşal bölgelerinin, hafızadan sorumlu beyin bölgelerinin azalan aktivitesini dengelemek için daha çok çalıştığını gösteriyor.

Araştırma sırasında katılımcılar, aynı parçanın değiştirilmiş versiyonlarını da dinledi. İzlenen zihinsel aktivite sonuçları, yaşlı kişilerin hafıza, planlama ve değerlendirmeden sorumlu beyin bölgelerinin gençlere göre ilk defa dinledikleri müziklere daha az tepki verdiğini gösterdi. Ancak bu sefer duyuşal bölgelerde aktivite değişimi yoktu.

Elde edilen veriler, yaşlı insanların genel olarak değişikliklerle başa çıkma yöntemlerini zorlaştıran

zihinsel mekanizmayı açıklamaya yardımcı olabilir. Aynı zamanda araştırmacılar müziğin, hafızanın tam olarak nasıl çalıştığını anlamada ve uzun vadede demans gibi rahatsızlıkların önceden tespit edilmesinde yenilikçi yöntemler için değerli bir araç olabileceğini belirtiyor. ■

<https://www.nature.com/articles/s42003-024-06587-7>

Plastikleri Buharlaştırarak Yapıtaşlarına Ayıran Geri Dönüşüm Yöntemi

İlay Çelik Sezer

1950’den bu yana yaklaşık 5 milyar ton plastik çöpe gitti ve üretilen plastiğin sadece %9 kadarı geri dönüştürme çabalarıyla

değerlendirilebildi. Mevcut geri dönüştürme teknikleriyle plastikler, her bir geri dönüşüm döngüsünde biraz çürüyüp birkaç döngü sonunda yine çöpe gidiyor.

University of California, Berkeley’den John Hartwig ve ekibi, plastik poşetlerin ve şişelerin birçok kez geri dönüştürülebilmesini sağlayacak yeni bir yöntem geliştirdi. Bu yöntemde poşetler ve şişeler buharlaştırma yoluyla kendilerini oluşturan kimyasal yapı taşlarına ayrıştırılıyor. Bu yapı taşları da ilk malzemenin tüm özelliklerini taşıyan yeni plastik malzemelerin üretiminde kullanılabilir.

Hartwig ve ekibi, daha önce atık plastikleri yapı

taşlarına ayrıştıran bir yöntem geliştirmişti. Ancak bu yöntem iridyum, rutenyum ve paladyum gibi pahalı katalizörler (sonunda kendisi değişime uğramaksızın kimyasal tepkimeleri hızlandıran maddeler) gerektiriyor, bu katalizörler ise işlem sonunda kaybediliyordu. Şimdi araştırmacılar, hem çoğu poşetin ham maddesi olan polietilen hem de nesneleri sertleştirmek için kullanılan polipropilen üzerinde kullanılabilen ve çok yaygın olarak bulunan ucuz katalizörlerle gerçekleştirilebilen daha üstün bir yöntem geliştirdi.

Birleşik Krallık’taki Cardiff Üniversitesinden Benjamin Ward, plastiklerin yapısına katılan boyalar, alev geciktirici ve esneklik



verici maddeler gibi katkıların, geri dönüşüm süreçlerini zorlaştırdığını, yeni yöntemle bu sorunun üstesinden gelinebileceğini düşünüyor. Ancak Hartwig, yeni yöntemle ilgili hâlâ aşılması gereken sorunlar olduğunu, yöntemin az sayıdaki katkı maddesi varlığında denendiğini, başka katkı maddelerinin şu anda kullanılan katalizörlerin işlevini sekteye uğratabileceğini belirtiyor. Hartwig'e göre ya katkı maddelerini ayırmanın bir yolunu bulmalılar -ki bu muhtemelen verimsiz bir seçenek- ya da bu katkı maddelerine daha dayanıklı katalizör yapıları veya bileşimleri geliştirmeliler. Aşılması gereken zorluklara rağmen yeni yöntem, plastiklerin gerçek anlamdaki döngüsel ekonomisi için önemli bir basamak sayılıyor. Öte yandan Portsmouth Üniversitesinden (Birleşik Krallık) Cressida Bowyer'a göre yöntem başarılı olsa bile geri dönüşüm sonunda ortaya çıkacak yan ürünlerin (örneğin katkı maddeleri) nasıl bertaraf edileceğinin de hesaba katılması gerekiyor. Bowyer ayrıca

geri dönüşümün, şu andaki ana akım plastik kullanım alışkanlığını oluşturan "al-kullan-at" yaklaşımının bir çözümü ya da destekleyicisi olarak görülmemesi gerektiğini hatırlatıyor. ■

<https://www.newscientist.com/article/2445331-plastic-vaporising-process-could-recycle-bags-and-bottles-indefinitely/>

Antioksidanlar, Astronotların Beyinlerini Uzay Radyasyonundan Nasıl Koruyor?

Özlem Ak

Uzay radyasyonu, Dünya'nın manyetik alanına hapsolmuş parçacıklar, Güneş patlamaları sırasında uzaya fırlatılmış parçacıklar ve Güneş sisteminin dışından gelen yüksek enerjili protonların ve ağır iyonların bulunduğu Galaktik Kozmik Radyasyon (GKR) olmak üzere üç çeşit radyasyondan (ışınlardan) oluşur. GKR, güneş sistemindeki mevcut uzay araçlarında

ve gelecekteki uzay görevlerinde ele alınması gereken önemli bir radyasyon kaynağı. Uzay görevleri sırasında GKR, mevcut uzay aracı kalkanlarına nüfuz edebiliyor ve astronotların sağlığı için önemli bir risk oluşturuyor. Daha önce yapılan çalışmalar, GKR'nin erkek kemirgenlerde kısa süreli bilişsel eksikliklere neden olabileceğini

olabileceğini ortaya koydu. Araştırmada farelerin CDDO-EA adı verilen antioksidan ve anti-inflamatuar bir bileşikle beslenmesinin GKR maruziyetinin bilişsel etkisini azalttığı tespit edildi.

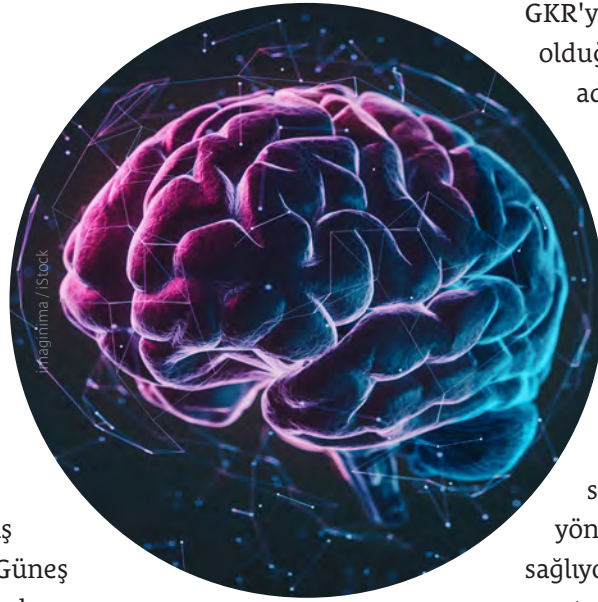
Bu bulguların sadece uzay araştırmaları için değil, aynı zamanda radyasyonun beyin üzerindeki uzun vadeli etkilerini anlamak için de önemli etkileri var.

Araştırmacılar, beynin GKR'ye nasıl adapte olduğunu ve bu

adaptasyonların davranışı nasıl değiştirdiğini de araştırmayı hedefliyor. Bu çalışma, gelecekteki uzay görevlerinde astronotların sağlığını korumaya yönelik önemli bilgiler

sağlıyor. Bulgular, uzay araştırmaları için acil sonuçlarının ötesinde radyasyonun bilişsel sağlık üzerindeki uzun vadeli etkisinin daha geniş bir şekilde anlaşılmasına katkıda bulunuyor. ■

<https://neurosciencenews.com/space-radiation-antioxidants-brain-27678/>



göstermişti.

Eylül ayında *Journal of Neurochemistry*'de yayımlanan bir çalışma ise GKR'ye maruz kalmanın, dişi kemirgenlerde de uzun süreli öğrenme eksikliklerine neden

SpaceX, Super Heavy Roketini Fırlatma Bölgesine Dikey Olarak İndirmeyi Başardı

Tuba Sarıgül

SpaceX'in, insanları ve kargoları Dünya'nın yörüngesinin ötesinde Ay ve Mars gibi uzak hedeflere taşımak amacıyla geliştirdiği, dünyanın en büyük ve güçlü uzay aracı Starship beşinci test uçuşunda bir ilki gerçekleştirdi. Uzay aracının roket sistemi olan Super Heavy, fırlatma bölgesine geri dönerek, fırlatma kulesinde kurulu kollar tarafından havada yakalandı. Bu başarı, Starship sisteminin tekrar kullanılabilir tasarımı için kritik bir aşamanın geçildiği anlamına geliyor.

Starship'in beşinci uçuş testinin en önemli hedeflerinden biri, roket sisteminin iniş ateşlemesini gerçekleştirerek fırlatma rampasına geri döndürülmesiydi. Starship, 13 Ekim'de ABD'nin Teksas eyaletinde bulunan Starbase uzay limanından fırlatıldı. Fırlatmadan yaklaşık 2 dakika 40 saniye sonra,

70 km irtifada, Super Heavy roket sistemi Starship uzay aracından ayrıldı. Kontrollü bir şekilde irtifa kaybeden Super Heavy, iniş 30 saniye kala iniş ateşlemesini gerçekleştirdi. 33 roket motorundan 3'ünün kullanıldığı ateşleme sayesinde fırlatma kulesine doğru hassas bir şekilde hizalanarak yaklaşan roket, fırlatmadan yaklaşık 7 dakika sonra Mechazilla isimli kollar tarafından yakalandı.

Starship roketinin fırlatma kulesi tarafından yakalanışını izlemek için kare kodu akıllı cihazınıza okutabilirsiniz.



Starship uzay aracı ise roket sistemi ayrıldıktan sonra 6 roket motorunu ateşledi. Atmosferde planlanan güzergâhını takip eden uzay aracı, fırlatmadan 1 saat 5 dakika 40 saniye sonra Hint Okyanus'unda suyun yüzeyine

çarparak Dünya'ya döndü.

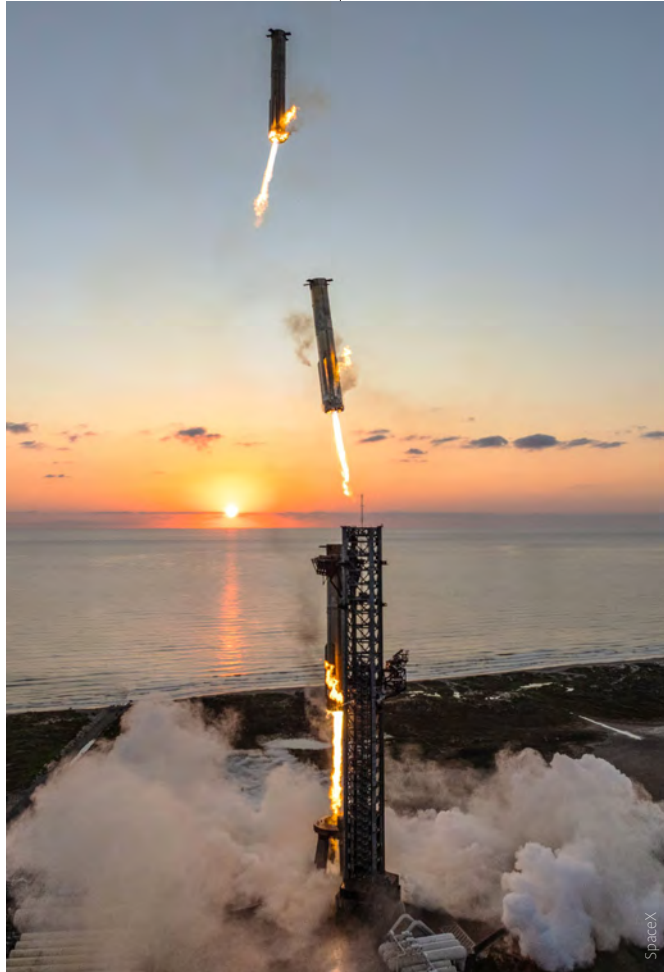
Starship'in roket sistemi olan Super Heavy'nin fırlatma bölgesine dönerek fırlatma kulesindeki kollar tarafından havada yakalanması roket teknoloji tarihinde bir ilk. Yine SpaceX tarafından geliştirilen ve dünyanın yeniden kullanılabilir ilk uzay roketi olan Falcon 9 ise alüminyum ve karbon fiberden yapılan dört adet ayağını kullanarak özel iniş platformları üzerine dikey iniş yapabiliyor. ■

<https://www.spacex.com/launches/mission/?missionId=starship-flight-5>

Milton Kasırgasının Aniden Şiddetlenmesinin Nedeni, Küresel Isınma

Tuba Sarıgül

İklim araştırmacıları, Meksika Körfezi'ndeki deniz suyu sıcaklığındaki olağan dışı yükselmenin, Milton kasırgasının şiddetindeki ve yoğunluğundaki ani artışın nedeni olduğunu belirledi.



5 Ekim’de Meksika Körfezi’nin güneybatısında oluşan Milton tropik fırtınası, çok kısa sürede şiddetini

kasırganın Florida için kayıtlara geçen en yıkıcı kasırgalardan biri olabileceği konusunda uyarı yaptı.

olması gerekiyor. Milton kasırgasında ise 24 saatte rüzgâr hızı ~150 km/h arttı. İklim değişikliklerinin

merkezinden uzmanlar, Milton kasırgasının oluşmasından önceki iki haftada Meksika Körfezi’ndeki deniz



artırarak kasırgaya dönüştü. Kasırganın şiddeti 24 saatten kısa sürede kategori 1’den kategori 5 seviyesine yükseldi. Rüzgâr hızının saatte 285 km’ye ulaştığı Milton kasırgası, 2005’te gerçekleşen Rita kasırgasından sonra Meksika Körfezi’nde oluşan en şiddetli fırtına oldu. ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi (NOAA),

Milton kasırgasının ani bir şekilde şiddetlenmesinin nedeninin Meksika Körfezi’nin güneybatı bölgelerindeki deniz yüzeyi sıcaklığındaki rekor düzeydeki artış olduğu düşünülüyor. Bir fırtınanın şiddetinin ani bir şekilde arttığının ifade edilebilmesi için rüzgâr hızında 24 saat içinde ~55 km/h ve daha üzerinde artış

kasırgalar üzerindeki etkisini inceleyen bilim insanlarına göre, Meksika Körfezi bölgesindeki deniz yüzeyi sıcaklıklarının kasırgalarının oluşumunda önemli rolü bulunuyor. AB Kopernik Denizcilik ve Çevre Gözlemi Hizmetleri tarafından elde edilen deniz yüzeyi sıcaklığı verilerini değerlendiren Climate Central araştırma

yüzeyi sıcaklığında rekor artışlar görüldüğünü, küresel ısınmanın ise bu sıcaklık değerlerinin görülme olasılığını 400-800 kat artırdığını belirledi. Araştırmalar, iklim değişikliklerinin tropik kasırgaların şiddetinin artmasındaki temel itici güç olduğunu gösteriyor. ■

<https://www.climate.gov/news-features/event-tracker/hurricane->



Bilim Alanındaki 2024 NOBEL ÖDÜLLERİ AÇIKLANDI!



İlay Çelik Sezer, Dr. Mahir E. Ocak, Hayriye Yetiş [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Hem bilim camiasında hem de tüm dünyadan geniş bir kamuoyunda merakla beklenen 2024 yılı Nobel Bilim Ödülleri, geçtiğimiz ayın başlarında açıklandı. Nobel Fizyoloji veya Tıp Ödülü'ne gen etkinliğinin düzenlenmesine ilişkin temel bir prensibi keşfettikleri için Victor Ambros ve Gary Ruvkun; Nobel Fizik Ödülü'ne günümüzün güçlü makine öğrenme sistemlerinin temellerinin atılmasına yaptıkları katkılardan dolayı John Hopfield ve Geoffrey Hinton; Nobel Kimya Ödülü'ne ise tamamen yeni proteinler tasarlamayı sağlayan hesaplamalı bir yöntem geliştirdiği için David Baker ile proteinlerin üç boyutlu karmaşık yapılarının tahmin edilmesini sağlayan bir yapay zekâ modeli geliştirdikleri için Demis Hassabis ve John Jumper adlı bilim insanları layık görüldü. Gelin çığır açıcı bilimsel gelişmelere imza atan bu bilim insanlarının, onları Nobel Ödülü'ne götüren bilim hikayelerine kısaca göz atalım.

Nobel Fizyoloji veya Tıp Ödülü



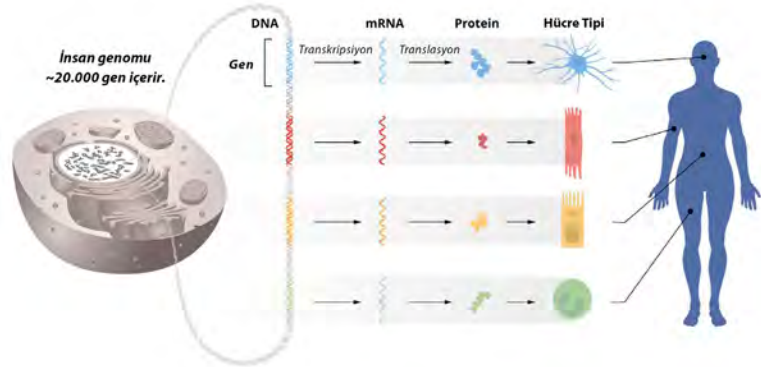
Victor Ambros (solda) ve Gary Ruvkun (sağda)

MikroRNA'ların ve Gen Düzenleme Mekanizmasındaki Rollerinin Keşfi

Bu yılın Nobel Fizyoloji veya Tıp Ödülü, canlı hücrelerde gen etkinliğinin kontrolünde etkili olan hayati bir düzenleme mekanizmasının keşfiyle ilgili. DNA üzerindeki genetik bilgi, transkripsiyon adı verilen süreçle mRNA moleküllerine aktarılır ve mRNA'nın taşıdığı genetik bilgi de daha sonra ilgili genin kodladığı proteinin sentezlenmesine yani üretilmesine kılavuzluk eder. 20. yüzyılın ortalarından itibaren en temel bilimsel keşiflerden bazıları, bu süreçlerin nasıl çalıştığına ışık tuttu.

Organlarımız ve dokularımız farklı hücre tiplerinden oluşur. Tüm hücrelerimiz DNA'larında tamamen aynı genetik bilgiyi taşır. Ancak her hücrede aynı proteinler üretilmez. Farklı tipteki hücrelerde üretilen protein repertuvarları birbirinden farklıdır. Peki bu nasıl mümkün olabilir? Bunun yanıtı gen etkinliğinin, yani hangi hücrelerde hangi genlerin kodladığı proteinlerin üretileceğinin hassas bir şekilde düzenlenmesinde yatar. Her hücre tipinin kendine has bir protein repertuvarına sahip olması, örneğin kas hücrelerinin, ince bağırsak hücrelerinin ve farklı tipteki sinir hücrelerinin kendi özelleşmiş işlevlerini gerçekleştirebilmesine imkân verir. Dahası, hücresel işlevlerin vücudumuzdaki ve çevredeki şartlara uyum sağlayabilmesi için gen etkinliğinin sürekli hassas şekilde ayarlanması gerekir. Eğer genlerin düzenlenmesinde aksaklıklar olursa bu durum; kanser, şeker hastalığı ve otoimmün hastalıklar gibi ciddi hastalıklara neden olabilir. Bu yüzden gen etkinliğinin nasıl düzenlendiğinin anlaşılması uzun yıllardır önemli bir hedef konumunda.

1960'larda transkripsiyon faktörü adı verilen özel proteinlerin, transkripsiyon sırasında DNA üzerindeki özel bölgelere bağlanarak hangi mRNA'ların üretileceğini belirlediği, dolayısıyla gen etkinliğini kontrol ettiği keşfedilmişti. Bu keşiften sonra uzun bir süre genlerin düzenlenmesine ilişkin temel prensiplerin anlaşılmış olduğu düşünüldü. Ancak bu yıl Nobel kazanan iki bilim insanının keşifleri, genlerin düzenlenmesinde etkili yeni bir mekanizma ortaya koydu.



Genetik bilginin DNA'dan mRNA'ya ve sonra da proteinlere akışını gösteren bir şema. Vücudumuzdaki tüm hücrelerde tıpatıp aynı genetik bilgiye sahip DNA bulunur. Bu da genlerin etkinliğinin, her bir spesifik hücre tipinde sadece doğru genlerin aktif halde olmasını sağlamak üzere hassas bir şekilde düzenlenmesini gerektirir.

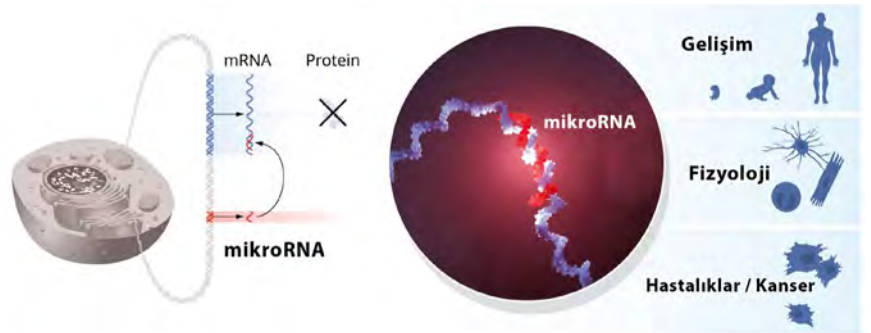
Ambros ve Ruvkun, 1980'lerin sonlarında 2002 Nobel Ödülü sahibi Robert Horvitz'in laboratuvarında yaptıkları doktora sonrası araştırmalarda *Caenorhabditis elegans* adlı model organizma üzerinde çalıştı. Bir yuvarlak solucan (nematod) türü olan *C. elegans*, boyutu çok küçük olmakla birlikte daha büyük boyutlu ve karmaşık canlılarda da bulunan sinir ve kas hücreleri gibi özelleşmiş pek çok hücre tipine sahip. Bu yüzden de çok hücreli canlılarda dokuların nasıl gelişip olgunlaştığını araştırmak için çok uygun bir model organizma.

Ambros ve Ruvkun, çeşitli hücre tiplerinin doğru zamanda gelişmesini temin etmek üzere farklı genetik programların ne zaman etkinleştirileceğini kontrol eden genlerle ilgileniyordu. Gelişimleri sırasında genetik programlarının etkinleşme zamanlamasında bozukluk sergileyen *lin-4* ve *lin-14* adlı iki mutant *C. elegans* soyunu inceliyorlardı. İki araştırmacı, mutasyonlu genleri belirlemek ve bunların işlevlerini anlamak istiyordu. Ambros, daha önce *lin-4* geninin *lin-14* geni üzerinde negatif (genin etkinliğini bloke eden) bir düzenleyici olduğunu göstermişti. Ancak *lin-14*'ün etkinliğinin nasıl bloke olduğu bilinmiyordu. Bu iki mutantın ve aralarındaki olası ilişkinin peşine düşen Ambros ve Ruvkun, bu gizemi çözmek üzere kolları sıvadı.

genlerin düzenlenmesine ilişkin o dönemki kabullerden farklı olarak *lin-4* tarafından bloke edilen şeyin *lin-14*'ten mRNA üretilmesi olmadığını, engellenmenin proteinin üretilmesi aşamasında gerçekleştiğini gösterdi. Deneyler ayrıca *lin-14* genindeki belirli bir parçanın, bu genin *lin-4* tarafından bloke edilmesi için gerekli olduğunu gösteriyordu. İki bilim insanı, bulgularını karşılaştırdıklarında çıkır açacak olan o keşfe yaklaştı. Kısa *lin-4* dizisi, *lin-14* mRNA'sı üzerindeki kritik bölgede bulunan tamamlayıcı bir diziyle eşleşiyordu. İkili, *lin-4* mikroRNA'sının *lin-14* genini, *lin-14*'ten üretilen mRNA'daki tamamlayıcı dizilere bağlanmak suretiyle bloke ettiğini deneylerle kanıtladı. Böylece genlerin düzenlenmesine ilişkin, daha önce bilinmeyen bir RNA türü olan mikroRNA tarafından gerçekleştirilen yeni bir mekanizma keşfedilmiş oldu!

Daha sonra yapılan araştırmalarda mikroRNA'ların hayvanlar aleminde yaygın olduğu, hayvanlar aleminin farklı alt dallarında ortak görülen çok sayıda mikroRNA olduğu keşfedildi. Bugün insanlarda mikroRNA'ları kodlayan binden fazla gen bulunduğu ve gen etkinliğinin mikroRNA'lar yoluyla düzenlenmesinin

çok hücreli canlılarda genelgeçer bir mekanizma olduğu biliniyor. Genetik araştırmalar, mikroRNA'lar olmadığında hücrelerin ve dokuların normal olarak gelişemediğini gösteriyor. MikroRNA'lar tarafından gerçekleştirilen düzenlemedeki anormallikler, kanserlerin oluşmasında etkili olabiliyor. Ayrıca insanlarda mikroRNA'ları kodlayan genlerde doğuştan duyu kaybı, göz ve kemik hastalıkları gibi sağlık sorunlarına yol açabilen mutasyonlar bulundu.

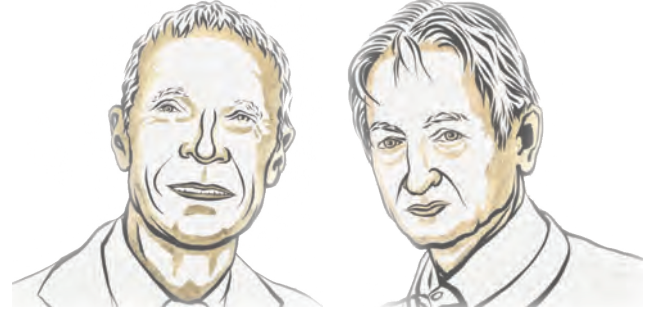


MikroRNA'nın çıkır açıcı keşfi şaşırtıcıydı. MikroRNA temelli düzenleme mekanizması, gen etkinliğinin düzenlenmesine ilişkin resme yeni bir boyut ekledi.

Ambros *lin-4*'ün çok küçük bir RNA molekülünü, bir mikroRNA'yı kodladığını, herhangi bir protein kodlamadığını keşfetti. Ruvkun da *lin-14* genini klonlayarak, yani izole edip çoğaltarak inceledi. İki araştırmacı *lin-4* mikroRNA'sının *lin-14* mRNA'sındaki tamamlayıcı bir diziye karşılık geldiğini fark etti.

Ambros, doktora sonrası araştırmalarından sonra Harvard Üniversitesinde kurduğu laboratuvarında *lin-4* mutantına odaklandı. *Lin-4* genini klonlayarak, yani canlıdan izole edip çoğaltarak incelediğinde beklenmedik bir bulguyla karşılaştı. *Lin-4* geninden sıra dışı ölçüde kısa bir RNA molekülü üretiliyordu ve bu gen protein üretilebilecek bir koddan yoksundu. Bu şaşırtıcı sonuçlar, *lin-4*'ten üretilen bu kısa RNA'nın *lin-14*'ün bloke edilmesinden sorumlu olabileceğini düşündürüyordu. Peki bu nasıl olabilirdi? Bu sırada Ruvkun da Massachusetts Genel Hastanesi ve Harvard Tıp Okulu bünyesinde yeni kurduğu laboratuvarında *lin-14* geninin nasıl düzenlendiğini araştırıyordu. Ruvkun,

Nobel Fizik Ödülü



John Hopfield (solda) ve Geoffrey Hinton (sağda)

Makine Öğrenmesi Yöntemlerinin Geliştirilmesi

Nobel Fizik Ödülü'nün 2024 yılındaki sahipleri Princeton Üniversitesinden John Hopfield ve Toronto Üniversitesinden Geoffrey Hinton oldu. İsveç Kraliyet Bilim Akademisinden yapılan açıklamada araştırmacıların, fiziksel metotlar kullanarak geliştirdikleri yöntemlerle makine öğrenmesinin temellerini atmaları sebebiyle ödüle layık görüldükleri açıklandı.

Bilgisayarların düşünme yetisi yoktur. Ancak günümüzde yapay zekâ olarak adlandırılan bilgisayar programları, insanların öğrenme ya da hafızaya alma yetilerini taklit edebiliyor.

Klasik yazılımların çalışması, bir “yemek tarifini” kullanarak yemek pişirmeye benzer. Programa gerekli malzemeleri verirsiniz, program da tarifi adım adım takip ederek sonuca ulaşır. Makine öğrenmesinde ise bilgisayarlar, yerine getirecekleri görevi en iyi şekilde yapmaları için çok sayıda örnekle eğitilir. Bu sayede yemek tarifi benzeri talimatları takip ederek yerine getirmeleri neredeyse imkânsız görevleri başaracak hâle gelirler. Örneğin, bir resimdeki nesneleri ayırt etmek gibi.

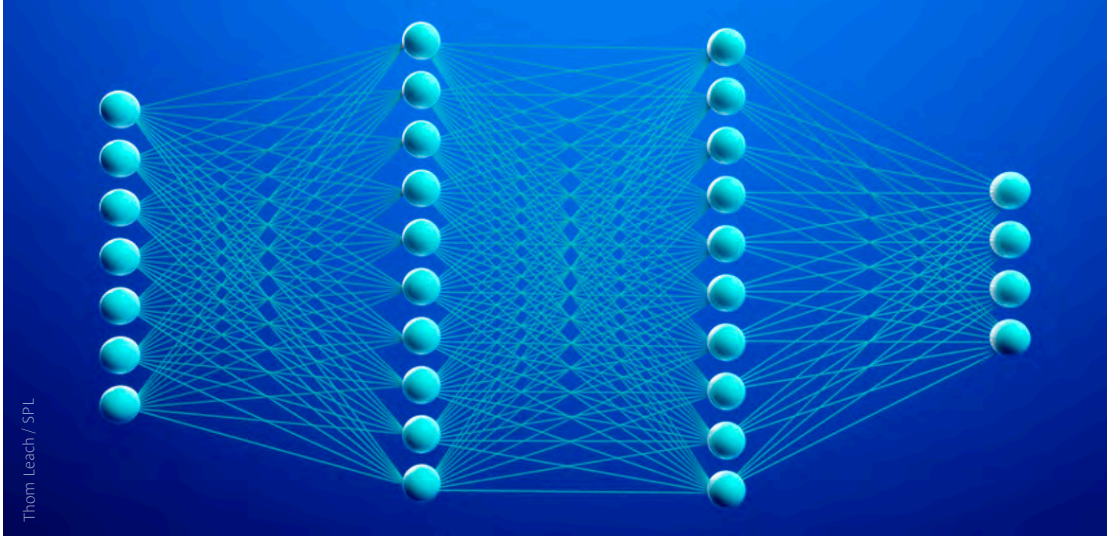
Doğal ve Yapay Nöronlar

Beyindeki sinir ağı, nöronlar olarak adlandırılan canlı hücrelerden oluşur. Nöronlar, sinapslar aracılığıyla birbirlerine sinyal gönderebilirler. Yeni şeyler öğrenirken bazı nöronlar arasındaki bağlantılar güçlenir, bazılarıysa zayıflar.



Yapay sinir ağlarındaki “nöronlar” sayısal değerlerle kodlanır. Nöronlar birbiriyle bağlantılıdır. Yapay zekânın eğitimi sırasında aynı anda aktifleşen nöronlar arasındaki bağlantılar güçlenir, diğer bağlantılar zayıflar.





Yapay sinir ağlarının bir betimlemesi

Günümüzde makine öğrenmesi denildiğinde akla gelen ilk teknoloji, insan beyninin işleyişini taklit eden yapay sinir ağları oluyor. Bu yapay zekâ uygulamaları, birbirine sinapslarla bağlı nöronlar gibi organize olmuş “yapay nöronlardan” oluşur. Makine öğrenmesi sırasında yapay nöronlar arasındaki sinapslar güçlendirilir ya da zayıflatılır ta ki uygulama, yerine getirmesi istenen görevi başaracak hâle gelinceye kadar.

John Hopfield, makine öğrenmesi üzerine çalışmalar yapmaya 1980’lerin başlarında başladı. Çalışmalarındaki esin kaynağı, aldığı fizik eğitimi idi. Hopfield ağlarında uygulama, kendine verilen bir görüntüyü tanımlamak için “enerjiyi minimize eden” bir algoritmayı takip eder. Bu algoritmanın nasıl çalıştığını şöyle bir örnekle daha iyi anlayabiliriz. Üzeri irili ufaklı tepelerle kaplı bir arazi olduğunu düşünelim. Bu arazinin üzerine bırakılan bir top, bir çukurun dibine inip durana kadar yuvarlanmaya devam eder. Topun ulaştığı çukur noktası, potansiyel enerji açısından bir yerel minimumdur. Hopfield ağlarının eğitim sürecinde engebeli bir arazi oluşturulur.

Program, kendisine verilen bir görüntünün ne olduğunu tespit etmek için topu (görüntüyü) engebeli arazide yuvarlanmaya bırakır. Topun ulaştığı son nokta, görüntünün ne olduğunu söyler. Hopfield ağları, kısmen bozuk ya da silinmiş görüntüleri de sınıflandırmayı başarır.

Geoffrey Hinton ise yapay zekâ üzerine yaptığı çalışmalarda istatistiksel mekanikten yararlandı. İstatistiksel fizik, çok sayıda bileşenden oluşan sistemlerin kolektif özellikleri ile ilgilidir. Hinton, çalışmalarında 19. yüzyılda Ludwig Boltzmann tarafından türetilmiş bir sistemde toplam enerjiye bağlı olarak hangi durumların hangi olasılıklarla ortaya çıkacağını tahmin edilmesine yarayan bir eşitlikten yararlandı. Hinton’un geliştirdiği Boltzmann makinesi, “üretken yapay zekâ”nın ilk örneklerinden oldu.

Günümüzün yapay zekâ uygulamaları, her birinde çok sayıda nöron bulunan çok sayıda katmandan oluşuyor. Bu uygulamalara “derin sinir ağları”, bu uygulamaların eğitilme biçimine ise “derin öğrenme” deniyor. Hopfield ve Hinton, çalışmalarında yapay zekâyı geliştirmek için fizikten yararlanmıştı. Günümüzde ise yapay zekâ uygulamaları genellikle fiziksel araştırmalarda kullanılıyor. Örneğin, Higgs Bozonu keşfine giden yolda devasa veri setleri yapay zekâ ile analiz edilmişti. Öte gezegen araştırmaları, yeni malzemelerin keşfi, proteinlerin yapısının tahmin edilmesi ya da verileri parazitlerden arındırmak da günümüzde yapay zekânın bilimsel araştırmalarda yararlı olduğu alanlardan bazıları.

Nobel Kimya Ödülü



David Baker (solda) Demis Hassabis (ortada) ve John M. Jumper (sağda)

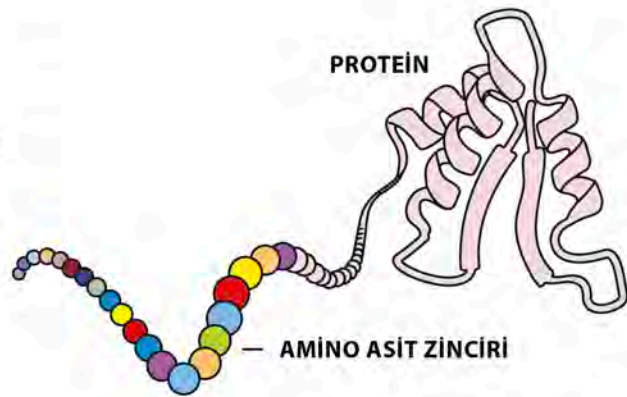
Proteinlerin Yapılarını Tahmin Edebilen Bir Yapay Zekâ Programı Geliştirilmesi ve Yeni Proteinlerin Tasarlanması

Nobel Kimya Ödülü'nün 2024 yılı sahipleri David Baker, Demis Hassabis ve John M. Jumper oldu. Google DeepMind araştırmacıları Demis Hassabis ve John M. Jumper, proteinlerin üç boyutlu yapılarını tahmin edebilen yapay zekâ programları geliştirdikleri için ödüllendirilirken Washington Üniversitesinden David Baker, yeni proteinler tasarlama konusundaki çalışmalarından dolayı ödüle layık görüldü.

Canlı sistemlerinde birçok farklı görevi yerine getiren çok sayıda protein bulunur. Proteinlerin yapı taşı olan amino asitlerin doğada keşfedilmiş yüzlerce türü bulunsada da tüm canlı organizmalar tarafından kullanılan yirmi çeşit amino asit vardır.

Peptit bağlarıyla birbirine bağlanan amino asitler, bir polipeptit zinciri oluşturur. Polipeptit zincirinin bölümleri arasındaki kimyasal bağlanma, proteini bir arada tutmaya ve ona üç boyutlu şeklini vermeye yardımcı olur. Bir proteinin özelliklerinin ve işlevinin belirlenmesi, üç boyutlu şekline bağlıdır.

Amino asitlerden fonksiyonel bir proteinin oluşumu birincil, ikincil, üçüncül ve dördüncül yapılar olarak adlandırılan birkaç aşamada gerçekleşir. Birincil yapı, amino asitlerin bir proteini oluşturmak üzere birbirine bağlandığı benzersiz polipeptit zincirlerini tanımlar. Proteinlerin birincil yapısı onları kodlayan genler tarafından belirlenir. Bu durum, bir proteinde bulunan toplam amino asit sayısının, çeşidinin ve



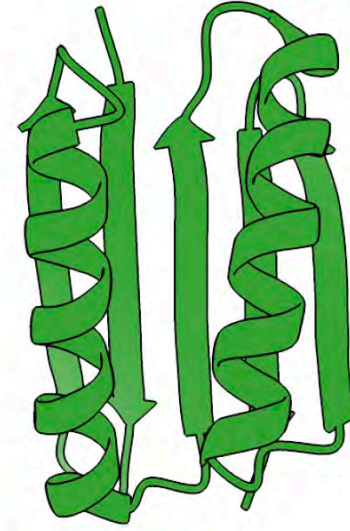
Bir protein onlarca ya da binlerce aminoasitten oluşabilir. Amino asit zinciri, her bir proteine özel üç boyutlu belirli bir yapı biçiminde kıvrılarak proteini işlevsel hâle getiren biçime bürünür.

sıralamasının, DNA'daki genetik kodlara göre belirlendiği anlamına gelir. İkincil yapı, polipeptit zincirinin belirli bölgelerinde oluşan düzenli üç boyutlu yapıları ifade ederken üçüncül yapı, zincirin tamamının üç boyutlu yapısıdır. Dördüncül yapı ise üçüncül yapısını kazanmış iki veya daha fazla proteinin bir araya gelerek oluşturduğu kompleks yapılardır. Proteinlerin işlevsel formlarını ve üç boyutlu yapılarını kazandığı protein katlanması, bu dört aşamayı içeren hayli karmaşık bir süreçtir.

Canlı organizmaların temel biyomoleküler yapı taşı olan proteinlerin üç boyutlu yapılarını kazandığı katlanma süreci, moleküler biyolojinin en karmaşık konularından biri. Bir proteinin katlanmış yapısını tahmin etmek, tüm bu sürecin çok fazla olasılık dâhilinde gerçekleşmesinden dolayı hayli zor. Ancak proteinlerin işlevini daha iyi anlamak için önemli olan bu süreç, birçok hastalık türüne neden olan etkenlerin belirlenmesinden yeni tür ilaçların keşfedilmesine kadar çok sayıda fayda sağlayabileceği için yıllardır üzerinde çalışılan bir konu.

Yakın zamana kadar bilim insanları, proteinlerin üç boyutlu yapısını, yalnızca X-ışını kristalografisi ve kriyo-elektron mikroskobu gibi teknikler kullanarak görüntüleyebiliyordu. Ancak bu yöntemler, sınırlı sayıda proteinler için geçerliydi ve sınırlı sayıda görüntü elde edilebiliyordu. Proteinin nasıl katlandığına dair tüm bilginin amino asit dizisinde olması gerektiğini gösteren çalışmalarla birlikte üç boyutlu yapının tahmin edilebileceğine dair fikirler oluştu. 1990'larda ABD'deki Maryland Üniversitesinden John Moult ve meslektaşları, protein yapısının modellenmesinde en iyi uygulamaları belirlemek için iki yılda bir tekrarlanan "protein yapısı tahminlerinin kritik değerlendirmesi" (CASP) adlı bir yarışma başlattı. Yarışma kapsamında katılımcılara, yapıları geleneksel yöntemlerle henüz belirlenmiş hedef proteinlerin amino asit dizileri verildi ve katılımcılardan bu proteinlerin

üç boyutlu yapılarını modellemeler yoluyla tahmin etmeleri istendi. Ancak bu tahmin problemini çözmek, beklenildiğinden çok daha zordu. Tahminler ve gerçek yapılar arasındaki benzerliğin sağlanmasında ilerleyen dönemlerde de pek umut verici sonuçlar elde edilemedi.



©Terezia Kovalova/The Royal Swedish Academy of Sciences

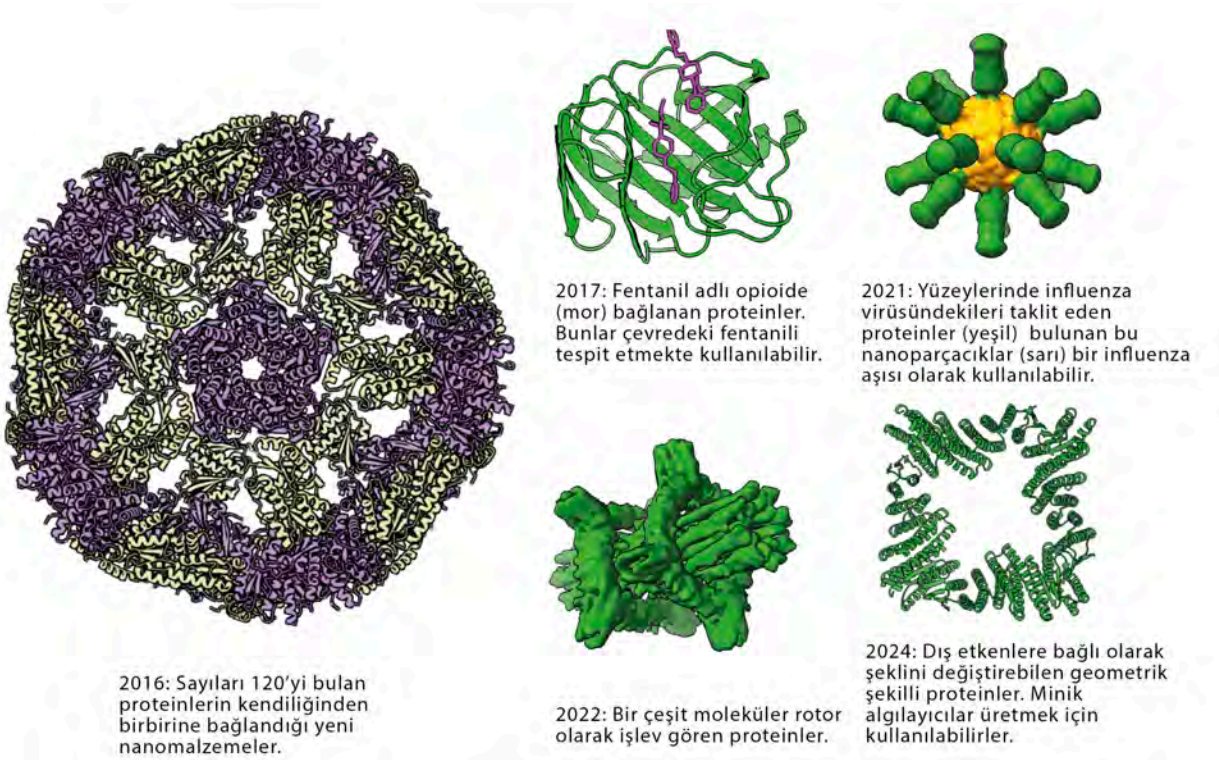
Var olan ve bilinen tüm proteinlerden tamamen farklı olan ilk protein Top7.

Daha sonra Demis Hassabis'in kurucu ortağı olduğu DeepMind tarafından geliştirilen, proteinlerin üç boyutlu yapısını dikkate değer bir doğrulukta tahmin edebilen, derin öğrenme tabanlı yapay zekâ programı AlphaFold'un geliştirilmesi, sürece ivme kazandırdı. Önceki yıllarda gerçekleşen CASP yarışmalarında protein yapıları en iyi ihtimalle %40 doğrulukla tahmin edilebilirken AlphaFold ile bu oran %60'lara çıktı. Ancak başarı için tahminle hedef protein arasındaki benzerlik oranının en az %90 doğrulukta olması gerekiyordu. Daha sonra John M. Jumper'ın da dâhil olduğu ekip, AlphaFold'un algoritmasını daha da geliştirerek bir üst versiyon AlphaFold2'yi piyasaya sürdü. Ekip, AlphaFold2'yi bilinen tüm protein yapıları ve amino asit dizilerine ait veri tabanıyla eğitti ve bu sayede 2020 yılında CASP yarışmasında %90'ın üzerinde bir başarı elde edilmiş oldu.

Hassabis ve Jumper, AlphaFold2'nin gerçekten işe yaradığını doğruladıklarında insanda bulunan tüm proteinlerin üç boyutlu yapısını oluşturdu. Ayrıca şimdiye kadar keşfedilen 200 milyon proteinin neredeyse tamamının yapısını tahmin ettiler.

Bir yandan da daha önce CASP yarışmalarına katılan ve rakiplerine kıyasla büyük başarılar elde eden Baker, geliştirdiği yazılımı ters yönde kullanabileceğine dair bir fikir geliştirdi. Amaç, üç boyutlu protein yapısından farklı amino asit dizileri oluşturmaktı. Böylece yeni tür protein yapıları oluşturmak mümkün olabilirdi. Yöntem işe yaradı ve 2003'te Baker ve ekibi doğada daha önce görülmemiş benzersiz bir yapıya sahip "Top7" adını verdikleri bir protein üretti. Baker'ın laboratuvarı, o zamandan beri birden fazla grip virüsü türüyle savaşabilecek peptitlerden mikropların atmosferden karbondioksiti emme yeteneğini artırabilecek yeni enzimlere kadar birçok yeni protein üretmeye devam ediyor. ■

©Terezia Kovalova/The Royal Swedish Academy of Sciences



Baker'ın Rosetta programıyla geliştirilmiş proteinler

Kaynaklar

<https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2024/press-release/>
<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2024/popular-information/>
<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2024/advanced-information/>
<https://www.nobelprize.org/uploads/2024/09/advanced-physicsprize2024.pdf>
<https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2024/advanced-information/>
<https://www.nobelprize.org/uploads/2024/10/advanced-medicineprize2024-2.pdf>
<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2024/popular-information/>
<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2024/advanced-information/>
<https://www.nobelprize.org/uploads/2024/10/advanced-chemistryprize2024.pdf>
[https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_and_General_Biology/General_Biology_\(Boundless\)/03%3A_Biological_Macromolecules/3.09%3A_Proteins_-_Protein_Structure](https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_and_General_Biology/General_Biology_(Boundless)/03%3A_Biological_Macromolecules/3.09%3A_Proteins_-_Protein_Structure)

Bilim Çizgi

Sinancan Kara [btcizgiroman@tubitak.gov.tr]

İbn Sina





SARAY KÜTÜPHANESİNDEKİ ESERLERİ OKUDU. O, ARTIK ASKERİ SEFERLERE DE EŞLİK EDEN SARAY HEKİMİYDİ.

FAKAT YAŞADIĞI DÖNEM ÇALKANTILI BİR ASIRDI...



...VE İBN SİNA TÜM HÜKÜMDARLARIN SARAYINDA İSTEDİĞİ BİR ALİM OLMUŞTU.



...BİR ÜLKEDEN DİĞERİNE GÖÇ EDEN İBN SİNA'YI KISKANANLAR VARDI.



NİHAyetİNDE, İSFAHAN VALİSİ İLE ÇALIŞTIĞINI DUYAN HEMEDAN EMİRİ, ONU HAPSETTİ!



NEYSE Kİ, BİR GECE VAKTİ KAÇMAYI BAŞARDI!



ÖĞRENCİSİ İLE BERABER ÇÖLLERİ AŞTI...



...VE ÇOK İYİ KARŞILANDIĞI İSFAHAN'A ULAŞTI.

YENİ KİTABINIZ NE HAKKINDA OLACAK USTA?



HASTALIKLARIN SEBEPLERİ VE NASIL İYİLEŞTİRİLECEKLERİ. GENEL BİR TIP KİTABI HAZIRLAYACAĞIM. ADI "TİBBİN KANUNU"

TIP DIŞI BİLİMLER NE OLACAK PEKİ?



TİBBİN KANUNU, 12. YÜZYILDA LATİNCE VE İBRANİCEYE ÇEVİRİLDİ. DERS KİTABI OLARAK BATIDA TİBBİN GELİŞMESİNDE ÖNEMLİ ROL OYNADI. ÜNLÜ HEKİM WILLIAM OSLER, BU ESER İÇİN "UZUN BİR DÖNEM TİBBİN KUTSAL KİTABIYDI" DEMİŞTİR.

ONLAR BAŞKA KİTAPTA.



AVRUPA'DA "AVICENNA" OLARAK BİLİNE İBN SİNA, TIBBA EK OLARAK FİZİK, ASTRONOMİ, MANTIK VE FELSEFE İLE İLGİLİ DE ÇOK SAYIDA ESERLER VERMİŞTİR. ARİSTOTALES GİBİ FELSEFECİLERİN ESERLERİNİ YORUMLAMIS, ŞERHLER DÜŞMÜŞTÜR.

BİLİM TARİHÇİSİ KOYRE, İBN SİNA'NIN KİTAPLARI OLMASAYDI, LATİNLERİN ANTİK DÖNEM FİLOZOFLARINI HİÇBİR ZAMAN ANLAYAMAYACAKLARINI İFADE EDER.

İBN SİNA
(980 - 1037)

BİYOMİMİKRİ (BİYOTAKLİT)

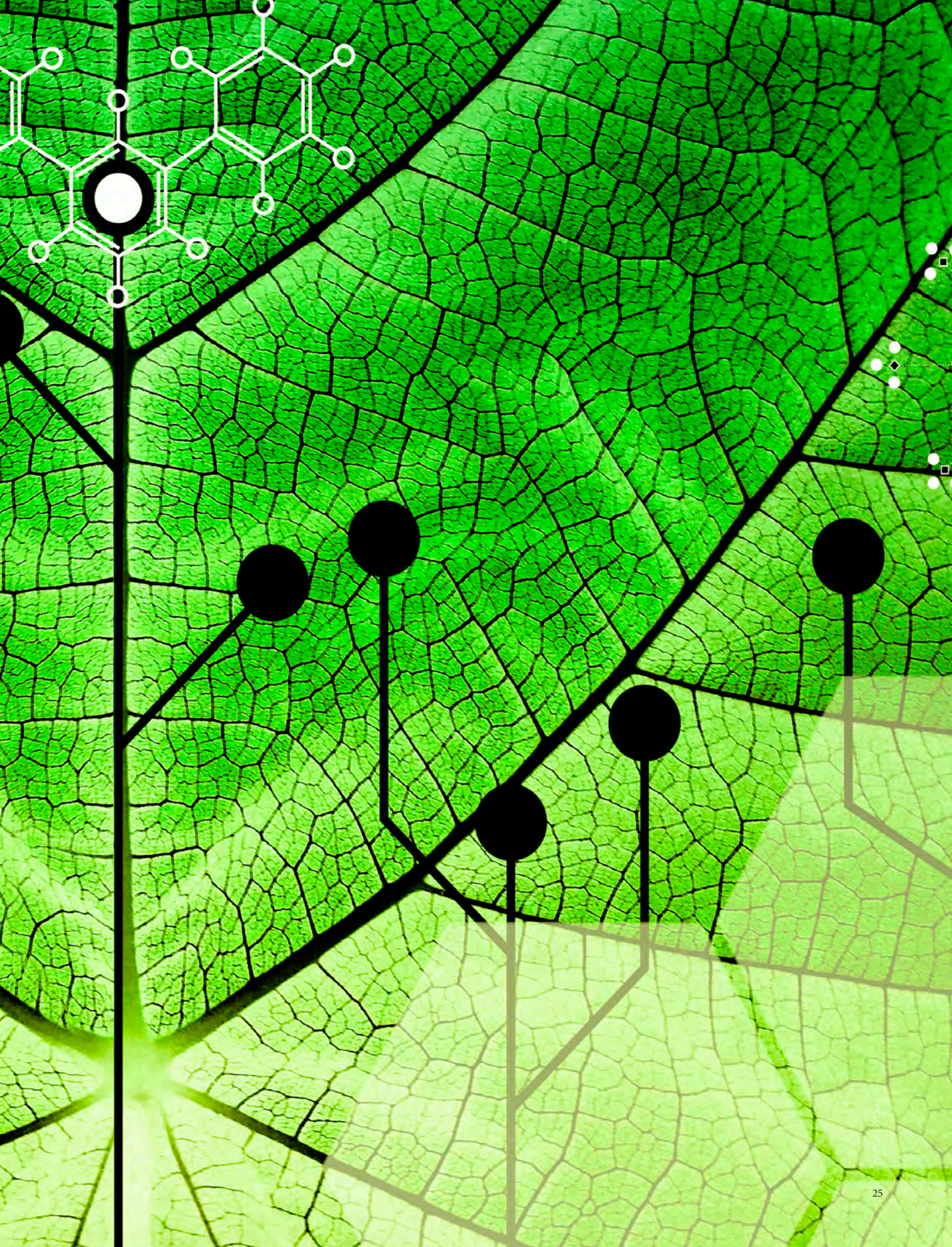
Doğadan Öğrenerek Sorun Çözmek

Mete Esencan

Bir sorunumuz olduğunda bizden daha tecrübeli kişilere danışmak iyi bir yöntemdir. Bilim insanlarından tasarımcılara kadar özgün ve yenilikçi düşünme yeteneği olan birçok kişinin çeşitli alanlardaki sorunlara çözüm bulmak için danıştıkları çok tecrübeli bir kaynak vardır: Doğa.

Doğadaki canlılar, yaşadıkları sorunlara çözüm bulabilmek için çeşitli yöntemler geliştirmiştir. Bizler de bu canlılardan ve daha genel anlamıyla doğadan “kopya çekerek” kendi sorunlarımıza çözümler bulabiliriz. İşte meraklı gözlerle doğaya bakarak sorunlarımızı çözmeyi amaçlayan bu alanın adı: Biyomimikri (biyotaklit, biyobenzetim veya biyomimetik).

Biyomimikrinin temel felsefesini şu şekilde özetleyebiliriz: “Bir sorun mu yaşıyorsun? Çözümü için önce doğaya bak!” Hadi birkaç örnekle biyomimikriyi daha iyi anlayalım.



Tokyo Demiryollarının Alternatif Tasarımcısı: Cıvık Mantar

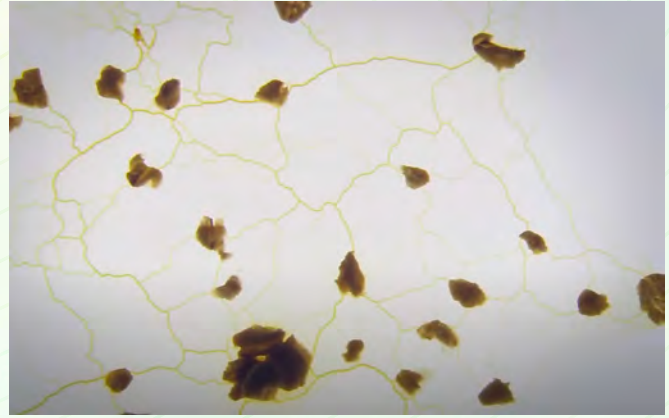
Tokyo, milyonlarca insanın yaşadığı, dünyanın en büyük şehirlerinden birisi. Bu nüfusun ulaşım ihtiyaçlarını karşılayabilmek için iyi tasarlanmış bir demiryolu sistemi şart. Tokyo'daki yetenekli mühendisler, yıllar süren çalışmalar sonucunda oldukça verimli bir demiryolu haritası ortaya çıkardı. Peki, doğadan ilham alarak bu süreci çok daha kısa sürede gerçekleştirmek mümkün olabilir miydi?

Oxford Üniversitesinde bitki bilimi ve bilgisayar bilimi üzerine araştırmalar yapan Dr. Mark Fricker, bu durumu test etmek istedi. Yemek bulmada en hızlı ve verimli canlılardan biri olarak bilinen *Physarum polycephalum* adlı cıvık mantar türü, bu göreve en uygun aday olarak öne çıktı. Fricker ve ekibi, merkeze yerleştirilen cıvık mantarın çevresine, onun en sevdiği besinlerden biri olan yulaf ezmesinden birkaç tane koydu. Tabii ki yulafların konumları rastgele değildi. Büyük yulaf ezmesini Tokyo, diğer küçük yulafları ise Tokyo'ya yakın şehirler olarak düşünen araştırmacılar, uygun ölçeklendirme yaparak yulaf ezmelerini yerleştirdi.

Başlangıçta yulafları ararken rastgele yayılıyormuş gibi görünen cıvık mantar, yulafları bulduktan sonra belirli bağları güçlendirip diğerlerini zayıflattı. Bu sayede yulaflar arasında bir desen oluşturdu. Tokyo'daki mühendislerin yıllar süren çalışması sonucunda oluşturdukları demiryolu haritası ile cıvık mantarın oluşturduğu yulaf ezmesi haritasını karşılaştırdıklarında ortaya çıkan sonuç oldukça şaşırtıcıydı. Cıvık mantar, mühendislerin oluşturduğu haritayla neredeyse aynı deseni sadece birkaç saat içerisinde oluşturmuştu. Cıvık mantarın bu üstün yön bulma kabiliyeti, sürücüsüz araçlar üzerine çalışan araştırmacıların da ilgisini çekmişti. Görünen o ki, herhangi bir beyni olmayan bu canlıdan öğrenecek çok şeyimiz var!

● **Doğadaki İlham:** Cıvık mantarın besine en hızlı ve en verimli şekilde ulaşması.

● **Uygulama Alanı:** Tren rayları için en uygun haritanın çıkarılması ve sürücüsüz araçların yön bulma kabiliyetinin artırılması.



Hızlı Trendeki Sonik Patlama Sorununun Çözümü: Yalıçapkını

Japonya ve trenlerden bahsetmişken hemen bir diğer etkileyici biyomimikri uygulamasından devam edelim! 1960'larda yapılan Japon mermi treni "Shinkansen" (Şinkansen), zamanının en hızlı trenlerinden biriydi. Ancak tünele giriş ve çıkışlarda ciddi bir sorunla karşılaşılıyordu: Hızla tünele giren tren, havayı sıkıştırarak büyük bir basınç dalgası yaratıyordu ve tünelden çıkarken kuvvetli bir sonik patlama sesi

çıkartıyordu. Bu durum, trenin güzergâhındaki yerleşim yerlerinde yaşayanlar başta olmak üzere çevredeki canlılar ve trendeki yolcular için büyük bir sorun teşkil ediyordu. Ayrıca, trenin hızını da yavaşlatıyordu. Peki, çözüm ne olabilirdi?

Şirketin teknik gelişme bölümünün yöneticisi ve aynı zamanda bir kuş gözlemcisi olan Dr. Eiji Nakatsu, bu sorunun çözümünü düşünürken yalıçapkını kuşunun suya sessizce dalma becerisinden ilham aldı. Yalıçapkını, balıkları korkutmadan ve neredeyse hiç su sıçratmadan suya dalabiliyordu. Bu üstün yeteneğin kuşun gaga şeklinden kaynaklandığını fark eden Nakatsu, ekibiyle birlikte trenin ön kısmını yeniden tasarladı. Yeni tasarım tamamen yalıçapkını kuşunun gagasından esinlenilerek yapıldı.

Sonuç mu? Çok daha konforlu ve sessiz bir tren! Sonik patlama sorunu çözüldü. Ayrıca bu çığır açan tren, yalıçapkını gagasına benzeyen yeni tasarımı sayesinde, %15 daha az yakıt kullanıyor ve %10 daha hızlı gidiyor!



● **Doğadaki İlham:** Yalıçapkını kuşunun su sıçratmadan suya dalıp balık yakalaması.

● **Uygulama Alanı:** Daha sessiz, daha hızlı ve daha verimli hızlı trenler.

Hiç Ses Çıkarmadan Uçan Kuş: Baykuş

Sessiz bir ortam sağlanması, yalnızca trenlere yakın evlerde yaşayan kişilerin istediği bir durum değil. Günlük hayatımızda daha rahat bir yaşam sürmek için sessiz çalışan cihazları tercih ederiz. Konu sessiz çalışma olunca danışmamız gereken en usta canlı, baykuşlardır. Baykuşlar, doğanın en sessiz uçucuları olarak bilinir. Bu sessiz uçuş yetenekleri, onları etkili bir avcı yapar ve hayatta kalma şanslarını artırır. Bilim insanları, baykuşların bu sessiz uçuş sırrını kanatlarındaki özel tüylere bağlıyor. Baykuşların kanadının ön kenarında, dışarı doğru çıkan küçük yapılarla kaplı özel tüyler vardır. Bu tırtıklı yapılar, akan havayı daha küçük ve dengeli akışlara ayırarak kanat boyunca dağılmasını sağlar. Bu sayede hava akışındaki değişim ve oluşan gürültü azalır. Özellikle baykuş, avına yaklaşırken yani kanatlarını dik bir açıya getirdiğinde bu yapıların gürültüyü azaltmadaki etkisi daha belirgin hâle gelir.



Peki, baykuşun kanadındaki bu tasarımı nerelerde uygulayabiliriz? Kimse yüksek sesle çalışan fanları sevmez. Baykuşların kanatlarından esinlenerek tasarlanan özel fan kanatları, gürültüyü azaltabilir ve daha sessiz bir deneyim sunabilir. Ayrıca, rüzgâr türbinleri gibi büyük kanatlı yapılar için

de bu tasarım, hem ses kirliliğini azaltabilir hem de verimliliği artırabilir.

Baykuşların ne kadar sessiz uçabildiğini merak ediyorsanız, bu gizemli yeteneklerini keşfetmek için yandaki karekodu taratabilirsiniz!



● **Doğadaki İlham:** Baykuşların hiç ses çıkarmadan uçuşması.

● **Uygulama Alanı:** Sessiz ve daha verimli fan tasarımları/rüzgâr türbinleri yapılması.

Köpeğe Yapışan Tohum Kabuğundan “Cırt Cırt”ın Doğuşu

Birçok biyomimikri uygulaması, bir tesadüf sonucu doğmuştur. Yaşadığı tesadüfe meraklı gözlerle bakan bir isim de İsviçreli elektrik mühendisi George de Mestral’di. Hayatını değiştirecek o fikir, köpeği ile Alpler'deki bir av gezisi sonrasında aklına gelmişti. Köpeğinin tüylerine ve kendi giysilerine yapışan "dulavratotu" (*Arctium lappa*) bitkisinin tohum kabuklarını temizlerken, bu kabukların nasıl yapıştığını merak etti. Dulavratotu tohumları, daha uzak yerlere yayılmak için ona dokunan yüzeylere yapışarak soylarını devam ettirme yeteneğine sahipti. Mestral, bir tohum kabuğunu mikroskop altında incelediğinde, kabuğun yüzeyinin yüzlerce küçük kancadan oluştuğunu keşfetti. Bu kancalar, köpeğinin tüylerine ve giysi yüzeyine kolayca takılıyordu. Bu keşif, Mestral’ın on yıl boyunca dulavratotu tohum kabuğuna benzeyen sentetik bir kanca



malzemesi geliştirmeye çalışmasına yol açtı. Sonunda günümüzde ayakkabılarımızdan çantalarımıza kadar sıkça kullandığımız ve "cırt cırt" (velcro) olarak bildiğimiz mekanizmayı icat etti.

İşte hepimizin hayatını kolaylaştıran bu icat, Mestral’ın giysilerine yapışan bitki tohum kabuklarının nasıl çalıştığını merak etmesiyle ortaya çıktı.



● **Doğadaki İlham:**

Dulavratotu tohumunun kabuğunun hayvanların üzerine yapışarak daha uzaklara yayılması.

● **Uygulama Alanı:** Günlük dilde “cırt cırt” adıyla bilinen, iki veya daha fazla parçayı birleştirmek için tekrar tekrar kullanılabilecek bir düzenek geliştirilmesi.

Her Yüzeye Yapışabilen Gekodan Kalıntı Bırakmayan Yapışkan Bantlara

Yüzeye yapışma yeteneği, yalnızca bitkilerde değil hayvanlar dünyasında da görülebilen bir durum. Cam da dahil olmak üzere neredeyse her yüzeye kolayca yapışabilen geko kertenkelesinin (*Gekkonidae*) bunu nasıl başardığını merak eden bilim insanları, gekoyu araştırmaya başladı. Gekoyu mikroskop altında inceleyen araştırmacılar, kertenkelenin parmaklarının yüzeyinde çok sayıda küçük kıl benzeri yapı olduğunu keşfetti. Bu mikro ve nano boyuttaki yapılar, geniş bir yüzey alanına sahip ve yüzeyle temas ettiğinde geçici kimyasal bağlar kurarak yapışır.



Bu yapışma, kimyada “Van der Waals etkileşimi” adı verilen zayıf etkileşimler sayesinde gerçekleşir. Bu etkileşimler tek başına oldukça güçsüz olmasına rağmen milyonlarca küçük yapı sayesinde kuvvetli bir yapışma ortaya çıkar. Geko, dilediği zaman hareket ederek bu bağı kolayca ortadan kaldırabilir.

Gekonun bu sıra dışı özelliğini taklit eden bilim insanları, benzer bir sistemi çeşitli polimerler kullanarak geliştirip çok güçlü bir bant üretti. Bu bant, tamamen gekonun zayıf kimyasal bağlar kurarak yapışma prensibinden ilham alınıp tasarlandığı için herhangi bir yapıştırıcı madde içermez.

Bu yüzden tekrar tekrar kullanılabilir ve yapıştırıldığı yüzeyi kirletmez. Kim bilir, belki bu yöntem daha da geliştirildiğinde, bir gün örümcek adam gibi duvarlara tırmanmamız bile mümkün olabilir!

● **Doğadaki İlham:** Geko kertenkelesinin birçok yüzeye zorlanmadan yapışabilmesi.

● **Uygulama Alanı:** Yapıştırıcı kimyasallar içermeyen, tekrar kullanılabilir, kalıntı bırakmayan, çevre dostu bantlar elde edilmesi.

Kendi Kendini Soğutan Bina İnşasının İlhamı: Termit Höyükleri

Yaşadıkları sorunu çözmek için doğadan ilham alan kişiler, yalnızca bilim insanları veya mühendisler değil. 1991 yılında mimar Mick Pearce'nin çözmesi imkansız gibi gözükken bir problemi vardı. Zimbabve'deki en büyük ofis ve satış binasını inşa etmekle görevlendirilmişti ancak bu kadar



büyük bir binayı soğutmak için klima kullanımına bütçe yetmiyordu. Pearce'in kocaman binayı kendi kendine soğutabilecek bir tasarım yapması gerekiyordu.

Hayal gibi görünen bu sistem için Pearce'in ilham aldığı canlılar termitlerdi. Doğadaki en başarılı inşaatçılardan olan termitler, yaptıkları höyüklerle ünlüdür. Bu höyükler, termitlerin boyutlarının çok küçük olduğu düşünüldüğünde, milyonlarca termiti barındırabilen devasa yapılar olarak kabul edilebilir. İlk bakışta tamamen boşluksuz gibi görünen bu höyüklerin iç kısımlarında minik boşluklar bulunur. Bu özel mimari sayesinde, akciğerlerimizdeki soluk alışverişimize benzer bir sistemle hava akışı sağlanarak içerisi serin tutulur.

Mick Pearce'nin tasarladığı "Eastgate Center" adındaki bina, termit höyüklerinin özel mimarisi örnek alınarak inşa edilmiştir. Binanın dış yüzeyindeki girinti ve çıkıntılar yüzey alanını artırır. Özel havalandırma mimarisine sahip bu binada ısınan hava, soluk alıp verme benzeri bir sistemle dışarı verilir. Höyüklerden örnek alınan bu tasarım, hem gündüz hem de gece serin bir ortam sağlar. Yalnızca termitlerin inşa yeteneklerinin meraklı gözlerle incelenmesiyle elde edilen bu tasarım sayesinde bina, aynı bölgedeki benzer binalardan yaklaşık %35 daha az enerji harcar.

● **Doğadaki İlham:** Termitlerin özel mimari sayesinde daha serin bir yaşam alanı yaratmaları.

● **Uygulama Alanı:** Soğutucu teknolojiler kullanılmadan da serin kalabilen çevre dostu binaların yapılması.

Köpek Balığı Derisinden Mikrop Tutmayan Yüzeylere Yolculuk

Yalnızca yeryüzündeki canlılar değil, su altında yaşayan canlılar da sorunlarımıza çözüm olabilir. Köpek balığı derisini mercek altına alan araştırmacılar, onun özel bir deriye sahip olduğunu keşfetti. Bu derinin diğer su altı canlılarından farklı olarak bakteriler ve algler gibi

mikroorganizmalara karşı dirençli olduğu görüldü. Bu şaşırtıcı durumun sebebini anlamaya çalışan bilim insanları, derinin yüzeyine yakından baktıklarında yan yana dizilmiş mikro boyutta küçük dişlere benzeyen özel bir yapı gözlemledi. Bu yapı, bakterilerin ve diğer organizmaların geçişine ve yapışıp büyümesine izin vermiyordu.



Peki bu durumu günlük yaşama nasıl uygulayabiliriz? Hastanelerde en çok dokunulan kapı kolları, merdiven tutamakları, yatak kenarları gibi yüzeyler, köpek balığı derisinden ilham alınarak tasarlanmış materyallerle kaplanarak antibakteriyel özellik kazandırıldı.

Köpek balığının özel derisi, sadece antibakteriyel özellik katmakla kalmaz, aynı zamanda balığın sudaki hızını da artırır. Eğer biz de daha hızlı yüzmeyi amaçlıyorsak bakabileceğimiz en tecrübeli canlılar balıklardır ve tabii ki aralarındaki en usta avcılardan biri olan köpek balığı iyi bir danışman olabilir. Michael Phelps gibi dünyaca ünlü başarılı yüzücülerin kullandığı özel bir mayo markası, ürünlerini köpek balığı derisinden ilham alarak tasarladı. Bu sayede sudaki sürtünme azaltılarak yüzücünün hızının arttığı gözlemlendi.

● **Doğadaki İlham:** Köpek balığı derisinin onu hastalıklara karşı koruyabilmesi ve daha hızlı yüzmesini sağlaması.

● **Uygulama Alanı:** Antibakteriyel yüzey malzemeleri yapılması ve daha verimli yüzme kıyafetlerinin tasarlanması.

Örümcek Ağlarındaki Antimikrobiyal Etki

Mikrop öldürücü etki, yalnızca suda yaşayan canlılar için değil karadaki canlılar için de oldukça önemlidir. Hepimiz örümcek ağlarının olağanüstü mekanik özelliklere sahip olduğunu biliriz. Kütlece aynı miktardaki çelikten 10 kata kadar daha sağlam olan bu yapı aynı zamanda oldukça esnektir. Mekanik özellikleri kadar popüler olmasa da örümcek ağlarının çok ilgi çekici bir özelliği daha vardır: Mikrop öldürücü etki.

Ağların incecik ve narin görüntüsü ile içerisinde yüksek oranda protein ve yağ bulundurması, onların kısa sürede mikroorganizmalar tarafından parçalanacağını düşündürür. Ancak ağlar, mantar ve bakteri gibi organizmalar tarafından tahrip edilmeden günlerce ve hatta haftalarca kalabilir. Bu durumun sebebini anlamaya çalışan bilim insanları örümcek ağlarını incelediklerinde ağın içerisindeki proteinlerin, ağ yüzeyini suyu sevmeyen yani hidrofobik hâle getiren belirli bir düzende kümелendiğini görmüşler. Bu özel düzen sayesinde mikroorganizmalar yüzeye yapışmakta zorluk yaşar ve yüzey uzun süre antibakteriyel hâlde kalır.

alan için oldukça önemlidir. Örümcek ağlarındaki protein yapısından ilham alınarak geliştirilen mikrop tutmayan kaplama malzemeleri sayesinde gelecekte implantlar, protezler ve hatta kıyafetlerde bu teknolojiyi görmemiz mümkün olacak gibi görünüyor.

Birçok biyomimikri uygulaması, günümüz teknolojileri sayesinde kendisine bir yer bulabilse de örümcek ağlarının kullanımı aslında çok daha eskiye dayanır. Örümcek ağının antibakteriyel etkisini gözlemleyen antik dönemlerde yaşayanlar, onu yara bandı olarak da kullanmış.

● **Doğadaki İlham:** Örümceklerin mikroplarla savaşılabilmek için antibakteriyel ağlar üretmesi.

● **Uygulama Alanı:** Antimikrobiyal yüzeyler, kıyafetler ve biyomedikal ekipmanlar geliştirilmesi.

Güneş Aşığı Bitkiye Bakararak Güneş Panelleri Tasarlamak

Güneş panellerinin verimliliği için en önemli etkenlerden biri de güneş ışınlarının panele gün boyu ulaşmasıdır. Ancak Güneş'in gökyüzündeki konumu değiştikçe sabit güneş panellerinin verimi azalmaktadır. Peki, bu duruma nasıl bir çözüm bulunabilir?

Hepimizin bildiği gibi güneş ışınlarını en verimli kullanan bitkilerden birisi de ayçiçeğidir. Bu bitkilere, Güneş'e yöneldikleri için günebakan da denir. Avusturya'da tasarlanan ve üretilen bir güneş paneli (Smartflower) doğrudan ayçiçeklerinden ilham alıyor. Ayçiçeğinin taç yapraklarına benzer şekilde birkaç parçadan oluşan bu güneş panelinin "yaprakları" gün doğumunda otomatik olarak açılıyor ve gün boyunca Güneş'i, en uygun açı olan 90° ile takip ederek gece tekrar kapanıyor. Bu sayede geleneksel güneş panellerine kıyasla daha uzun yıllar kullanılabilir. Güneş'i takip eden bu

Bir yüzeyin antibakteriyel özellikte olması, tıp ve biyomedikal araştırmalar başta olmak üzere birçok

sistem sayesinde geleneksel çatı tipi güneş panellerine göre %60'a kadar daha fazla elektrik elde etmek mümkün oluyor.



● **Doğadaki İlham:** Ayçiçeklerinin güneş ışınlarından daha çok yararlanabilmek için güneşe yönelmesi.

● **Uygulama Alanı:** Gün boyu Güneş'e yönelen daha verimli güneş panellerinin tasarlanması.

Ayçiçeği Çekirdeği Deseni ile Su Tasarrufu Sağlayan Duş Başlıkları

Ayçiçeklerinin özel tasarımı, yalnızca enerji üretiminde değil, günlük yaşamda da etkileyici yeniliklere ilham verebilir. Ayçiçekleri, çekirdeklerinin dizilişini en verimli şekilde ayarlama konusunda binlerce yıllık tecrübeye sahiptir. Bu bitkilerin

çekirdek dizilim desenini inceleyen araştırmacılar, bu özel deseni duş başlıklarında kullanmanın verimliliği artırabileceğini düşündüler.

Ayçiçeklerinden esinlenerek hazırlanan yeni duş başlığı, fışkıran suyun basıncını en uygun şekilde ayarlayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu tasarım, geleneksel duş başlıklarına kıyasla su basıncını 3 kata kadar daha verimli bir şekilde kontrol edebilme yeteneğine sahiptir. Bu sayede hem su tasarrufu sağlanmış hem de kullanıcıya daha konforlu bir duş deneyimi sunulmuş oldu.

● **Doğadaki İlham:** Ayçiçeği çekirdeklerinin özel bir desen oluşturarak en verimli şekilde konumlanması.



● **Uygulama Alanı:** Daha verimli ve konforlu duş başlığı tasarımı yapılması.



Çamurun İçindeki Temizlik: Lotus Bitkisinden Su Tutmayan Yüzeyler Oluşturulması

Lotus ya da nilüfer çiçeği (*Nelumbo nucifera*), bilim insanlarını şaşırtan bir özelliğe sahiptir: Çiçeğin yaprakları suyu tutmaz. Başka bir deyişle, suya batırılan yaprakların üzerindeki su hemen akar ve yapraklar kuru kalır. Bu özellik, çamurlu bölgelerde yaşayan lotus çiçeği için büyük bir avantajdır çünkü yüzeyindeki çamur fotosentez yapma yeteneğini azaltabilir.

Bu bitkiyi inceleyen bilim insanları, lotus yapraklarının yüzeyinde mikroskobik çıkıntılar olduğunu keşfetti. Bu çıkıntılara sebep olan mikro ve nano parçacıklar, suyu iten özellikleriyle tanınır. Kimyada bu özellik, hidrofobik olarak adlandırılır. Suyu iten bu maddelerle kaplı yüzey sayesinde lotus yaprağına temas eden sıvılar doğrudan akar ve yüzeyden uzaklaşır. Peki, bu özelliği günlük yaşantımızda nasıl



Suyu iten (hidrofobik) bir kumaşın yüzeyinin yakından görünümü.

kullanabiliriz? Araştırmacılar, lotus çiçeğinin yaprağını taklit ederek geliştirdikleri kumaşların ve yüzeylerin leke tutmadığını ve kendi kendini temizleme kapasitesine sahip olduğunu gösterdi. Bu doğadan ilham alan teknoloji sayesinde leke tutmayan kıyafetler, yağmur damlalarının tutunamadığı camlar, kendi kendini temizleyen boyalar ve çok daha fazlasını üretmek mümkün hâle geldi.



Lotus yaprağının yüzeyi

● **Doğadaki İlham:** Lotus çiçeğinin yapraklarının, su tutmayan bir yüzeye sahip olması.

● **Uygulama Alanı:** Leke tutmayan ve kendi kendini temizleyen yüzeylerin/kıyafetlerin yapılması.

Rengini Geometrisinden Alan Canlı: Morfo Kelebeği

Etrafımızda gördüğümüz renklerin büyük bir çoğunluğu pigment adı verilen kimyasallardan veya boyalardan oluşur. İleri düzey kimya çalışmaları sonucu elde edilen bu maddelerle kaplanan yüzeyler, gözümüze renkli gözükür. Doğada da renkli canlılar bulmak mümkündür ancak bu canlılardaki renklerin dağılımı aynı değildir. Bazı renkler doğada diğerlerine göre daha az bulunur. Örneğin kırmızı ve yeşil renkler doğada yaygın bulunurken mavi renge çok daha nadir rastlarız.

Fakat bir örnek vardır ki masmavi rengiyle bizi kendine hayran bırakır: Morfo kelebeği. Parlak mavi kanatlara sahip morfo kelebeğini (*Morpho didius*) gören araştırmacılar, bu kelebeğin kanatlarını mercek altına aldıklarında bu rengin boyadan veya pigmentten gelmediğini fark etti. Bu renk, doğrudan ışığın çarptığı yerdeki yüzeyin şeklinden dolayı mavi gözükür. Mikroskopla bakıldığında milyonlarca nanoyapının oluşturduğu, girintili çıkıntılı, ızgara benzeri bir görüntüye sahip olan kelebeğin kanadı, bu çıkıntılar sayesinde diğer renklerdeki ışığın geçmesine izin verirken mavi ışığı yansıtarak gözümüze ulaşmasını sağlar. Böylece kanatlarını mavi renkte görürüz. Yani, morfo kelebeği, herhangi bir kimyasal kullanmadan sadece dokusundaki ızgara benzeri yapı sayesinde parlak mavi renkte kanatlara sahip olur.

Özel geometrisi sonucu elde edilen bu renklere “yapısal renkler” adı verilir. Kelebek kanatlarından ilham alan bir araba firması, arabanın yüzeyini

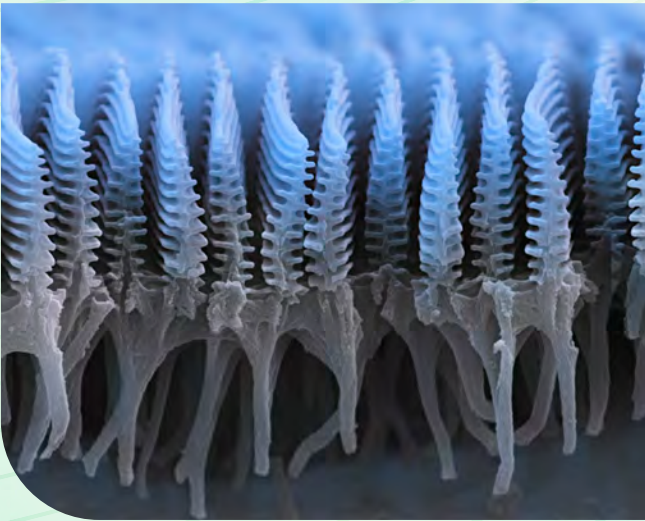
kelebek kanatlarında olduğu gibi çıkıntılı yapıdaki nanoparçacıklarla kapladı. Toksik ve çevreye zararlı kimyasal pigmentler veya boyalar kullanmadan da araba parlak mavi görüntüde olmuştu. Ayrıca aynı yöntem sayesinde kimyasalların yoğun kullanıldığı ürünler de artık zararsız bir şekilde üretilebiliyor.



bazilfoto / iStock

● **Doğadaki İlham:** Morfo kelebeğinin kanat yapısındaki geometri sayesinde mavi renkte gözükmesi.

● **Uygulama Alanı:** Kimyasal pigment veya boya kullanmaksızın mavi kaplamalar elde edilmesi.



Kelebek kanadı pullarındaki nanoyapıların renkli taramalı elektron mikroskop görüntüsü.

Çöldeki Havadan Su Toplayan Canlı: Namib Böceği

Çöllerdeki en büyük sıkıntılardan birisi de su bulmak. Burada yaşayan canlıların da yaşamlarını devam ettirebilmeleri için suya ihtiyaçları vardır. Hiç sıvı hâlde su bulunmamasına rağmen hayatta kalmak mümkün mü? İşte bu kısımda da havadaki nemden su toplayabilen etkileyici bir böceği tanıyacağız: Namib böceği (*Stenocara gracilipes*).

Afrika'da bulunan Namib Çölü, dünyanın en yaşlı çölü olarak bilinir. Bu çöl oldukça kurak olmasına rağmen okyanusa kıyısı olduğu için özellikle sabah saatlerinde sis oluşur. Namib böceğinin sırtı, küçük tümseklerle kaplıdır. Bu tümsekler, hidrofobik (suyu sevmeyen) ve hidrofilik (suyu seven) bölgelerden oluşur. Sis, böceğin sırtındaki bu bölgelerde yoğunlaşır ve hızla büyüyen damlacıklar oluşturur. Bu damlacıklar yeterince büyüdüğünde, böceğin yaklaşık 45° eğimli sırtından aşağı yuvarlanarak ağız kısmına ulaşır ve böcek bu suyu içer.



niharney / iStock

Bu sistem, suyun havadan verimli bir şekilde toplanmasını sağlar. Özellikle Afrika gibi kurak bölgelerde, Namib böceğinin sırtındakine benzer, ağ benzeri bir sistem yapılarak havadaki sisten su toplamayı hedefleyen teknolojiler kullanılıyor. Bu sayede kuraklık ve su sorunu için de bir çözüm bulmuş olabiliriz.

● **Doğadaki İlham:** Namib böceğinin havadaki nemi suya dönüştürmesi.

● **Uygulama Alanı:** Havadaki nemden su toplamayı hedefleyen teknolojiler geliştirilmesi.

En Tecrübeli Danışman: Doğa

Doğa; yeni keşifler, teknolojiler ve tasarımlar için hiçbir zaman bitmeyecek bir kaynak olup usta bir problem çözücüdür. Doğanın laboratuvarına meraklı gözlerle bakarak birçok sorunun çözümüne ulaşma yolunda önemli adımlar atabiliriz. Tabiattan alınacak en önemli derslerden birisi de etkili geri dönüşüm sistemidir. Ekosistemimizde mükemmel bir geri dönüşüm mekanizması işler: Hiçbir şey boşa gitmez, her şey yeniden değerlendirilir ve kullanılır. Milyarlarca yıldır devam eden bu döngüden ilham alıp onun prensiplerini günümüze uyarlamayı başarırız, sürdürülebilir ve tamamen yeşil bir dünyada yaşayabiliriz.

Özetle biyomimikri, ekosistemimizin çözme yetisi başardığı sorunları fark edip, bu doğal çözümlerden ilham alarak kendi problemlerimize yanıt bulma çabasıdır. Albert Einstein'ın da belirttiği gibi: "Henüz doğanın bize gösterdiklerinin binde birini bile bilmiyoruz." Belki de karşılaştığımız sorunların çözümünü doğa çoktan bulmuştur. Yeter ki ona meraklı ve dikkatli gözlerle bakmayı öğrenebiliriz... ■

Kaynaklar

<https://www.nature.com/articles/35102108>

https://www.youtube.com/watch?v=HyZT5b0tNtk&ab_channel=BBCEarthScience

https://www.youtube.com/watch?v=40f7_93NIgA&ab_channel=VergeScience

<https://asknature.org/>

<https://www.thoughtco.com/the-invention-of-velcro-4066111>

https://www.youtube.com/watch?v=620omdSZzBs&ab_channel=NationalGeographic

https://www.youtube.com/watch?v=YjeVRoDmXFs&ab_channel=InterestingEngineering

<https://smartflower.com/>

https://www.youtube.com/watch?v=wH0FqlyOhFU&ab_channel=Motorward

https://www.youtube.com/watch?v=7nkM3UI_QMA&t=12s



RomoloTavani / iStock



Mars Yolculuğunda Bir Adım Daha

SpaceX, tarihindeki en zorlu uzay uçuşlarından birini başarıyla gerçekleştirdi. Starship'in roket bölümü olan Super Heavy insansız bir test uçuşunda insansız bir test uçuşunda uzaya çıktıktan sonra, atmosfere tekrar dönerek yeni ısı kalkanlarının ve yönlendirme kanatlarının yardımıyla dünyaya inmeyi başardı. Starship özellikle Ay'a veya Mars'a yolculuk yapmak için kullanılması planlanan bir uzay aracı. Bu test uçuşu, SpaceX'in yeniden fırlatılabilir roket teknolojisi geliştirme hedefine yönelik kritik bir adım oldu. Bir roketin fırlatıldıktan sonra tekrar kullanılabilmesi uzay görevlerini daha uygun maliyetli ve sürdürülebilir hâle getirecek. SpaceX'in böylesine devasa bir roketi başarıyla yer yüzüne indirmesi bu açıdan hayli önemli bir adım. Öte yandan roketin yer yüzüne dönmesi tekrardan kullanılabilir olduğu anlamına gelmiyor. Yapısal olarak deformasyona uğrayan kısımlarının elden geçirilmesi ve tekrar uçmak için güvenli olduğundan emin olunması gerekecek. Yani sürdürülebilir uzay yolculuğu için daha yolumuz var. Starship'in fırlatma ve iniş görüntülerini izlemek için <https://youtu.be/twmWOseADQQ> adresini ziyaret edebilir ya da aşağıdaki karekodu akıllı telefonunuza okutabilirsiniz.



Diğer taraftan uzaya yönelik artan ilgiyi ticarileştirmek isteyenler de var. California merkezli uzay girişimi Vast, Haven-1 adlı ticari uzay istasyonunda lüks bir uzay deneyimi sunmayı hedefliyor. SpaceX'in Falcon roketleri yardımıyla hizmet sunmayı hedefleyen uzay oteli alçak dünya yörüngesinde dolanacak. İlk müşteriler 2026'da uzay istasyonuna seyahat edecek ve burada 10 günlük bir macera yaşayacak. İstasyonda dört kişilik özel kabinlerin yanı sıra, ortak bir alan, direnç bantlarıyla egzersiz sistemi ve Dünya manzarasına sahip büyük bir pencere bulunuyor. Ayrıca, ağırlıksız ortamda araştırmalar yapmak için bir laboratuvar da mevcut. Apple'ın eski tasarımcılarının tasarladığı uzay oteli yangına dayanıklı ahşap, ayarlanabilir sıcaklık ve aydınlatma seçenekleri, şişirilebilir yorgan sistemiyle rahat bir uyku gibi uzay için lüks sayılabilecek detaylar da sunuyor. Bu deneyimi yaşamak isteyenler için Vast, rezervasyon başvurularını şimdiden kabul etmeye başladı.

<https://www.bbc.co.uk/news/live/cq8xpz598zjt>
vastspace.com



Tesla'nın Sürücüsüz Araç Hedefleri

Elon Musk'ın şirketi Tesla'nın robotaksi etkinliğinde, sürücüsüz Cybercab ve Robovan modelleri tanıtıldı. Cybercab, direksiyon ve pedal içermeyen, indüksiyonla şarj olan ve yapay zekâ ile yolları algılayarak tamamen otonom şekilde hareket eden bir araç. 2026'da 30 bin doların altında satışa sunulması planlanan bu araç, Tesla'nın sürücüsüz taşımacılık hedeflerinin önemli bir parçası. Robovan ise 20 kişiye kadar yolcu taşıyabilen, büyük boyutlu bir otonom araç. Tesla ayrıca, Model 3 ve Model Y araçlarının önümüzdeki yıl Teksas ve Kaliforniya'da sürücüsüz kullanılabileceğini duyurdu.

<https://reut.rs/3U5yWBp>

Nobel'e Yapay Zekâ Damgası

Geoffrey Hilton ve John Hopfield, yapay zekâ alanındaki çalışmalarıyla 2024 Fizik Nobel Ödülü'nü kazandı. Hinton'ın sinir ağlarının temellerini atması ve Hopfield'in ağ teorilerine katkıları, yapay zekâ'nın bugünkü gelişiminde büyük rol oynadı. Ayrıca Demis Hassabis, John Jumper ve David Baker AlphaFold ve protein tasarımı üzerine yaptıkları çalışmalarla Kimya Nobel Ödülü'nü kazandı. Yapay zekâ destekli AlphaFold, proteinlerin yapısını tahmin ederek biyoloji ve kimya alanlarında onlarca yıllık bir bilimsel problemi çözdü. Yapay zekânın iki farklı alanda Nobel kazanması, bu teknolojinin bilimsel ve toplumsal etkisinin büyüklüğünü gösteriyor. Bu ödüller, yapay zekânın yalnızca günlük hayatımızı etkileyen teknolojik bir yenilik değil, aynı zamanda bilimsel araştırmalara ciddi katkılar sağlayan bir araç olduğunu da ortaya koyuyor.

<https://bit.ly/yapay-nobel>

Movie Gen



Meta, Movie Gen adlı yapay zekâ modeliyle video üreten sistemi tanıttı. Movie Gen, metin ve görüntü girdileri kullanarak tutarlı karakterler oluşturuyor, videoları düzenliyor ve ses ekliyor. 2025'te Instagram'da kullanıma sunulması planlanan bu sistem, saniyede 16 kare hızında ve 1920x1080 çözünürlükte videolar üretebiliyor.

Movie Gen, Meta'nın önceki Make-A-Scene ve Emu modelleri üzerine inşa edildi. Kullanıcılar, bir fotoğraf veya metin girdisi kullanarak gerçekçi videolar oluşturabiliyor. Mevcut videolara yeni unsurlar ekleyebiliyor veya var olanları çıkarabiliyor. Movie Gen Audio ise videolara ses efektleri ve müzik ekleyerek daha etkileyici bir deneyim sunuyor. Meta, Movie Gen'in performansının rakip modellerden üstün olduğunu belirtiyor. Ancak bu teknoloji, deepfake videolar gibi etik sorunlara yol açabilir. Meta, bu teknolojiyi güvenli bir şekilde kullanıma sunmak için çalışmalarını sürdürüyor.

<https://ai.meta.com/research/movie-gen>

Dil Öğrenme Deneyiminde Yeni Adımlar



Dil öğrenme uygulaması Duolingo, maceralar ve görüntülü aramalar adında iki yeni özellik duyurdu. Maceralar, kullanıcıların Duolingo karakterleriyle hikâyeler keşfetmesine ve dil derslerini gerçek hayatta karşılaşılabilecekleri durumlara uygulamasına olanak

tanıyor. Görüntülü aramalar ise, kullanıcıların dil becerilerini gerçek zamanlı ve etkileşimli bir ortamda geliştirmelerini sağlıyor. Bu özellik, Duolingo Max abonelerine sunuluyor ve şu an İngilizce, İspanyolca ve Fransızca dillerini destekliyor.

Diğer taraftan ChatGPT'nin yakın zamanda tanıttığı yeni sesli asistan özelliği tüm ücretli kullanıcıların hizmetine sunuldu. Hayli interaktif olan ve diller arasında hızlıca geçiş yapabilen sesli asistanla kolaylıkla yabancı dil pratiği yapmak mümkün. Bu tür sesli asistanlar yardımıyla yabancı dil öğrenmek, hatta farklı bir ülkede çevresiyle iletişim kurması çok daha kolay hâle geldi.

<https://bit.ly/dil-dostu>

Akıllı TV'lerde Gizlilik Sorunları

Yeni bir araştırma, Samsung ve LG marka akıllı televizyonların kullanıcıların ekran aktivitelerini sürekli olarak takip ettiğini ve her 10 milisaniyede bir ekran görüntüsü aldığını ortaya koydu. Otomatik İçerik Tanıma (ACR) adı verilen bu teknoloji, ekran görüntüleri ve sesleri medya kütüphanesinde yer alan içeriklerle kıyaslayarak izlenen içeriği tespit ediyor. Böylece kullanıcının tercih ettiği içerikler analiz ediliyor. Samsung cihazları her yarım saniyede bir, LG cihazları ise her 10 milisaniyede bir ekran görüntüsü alarak hem televizyon yayınlarını hem de bilgisayar ve oyun konsolları gibi harici cihazların kullanımını izleyebiliyor.

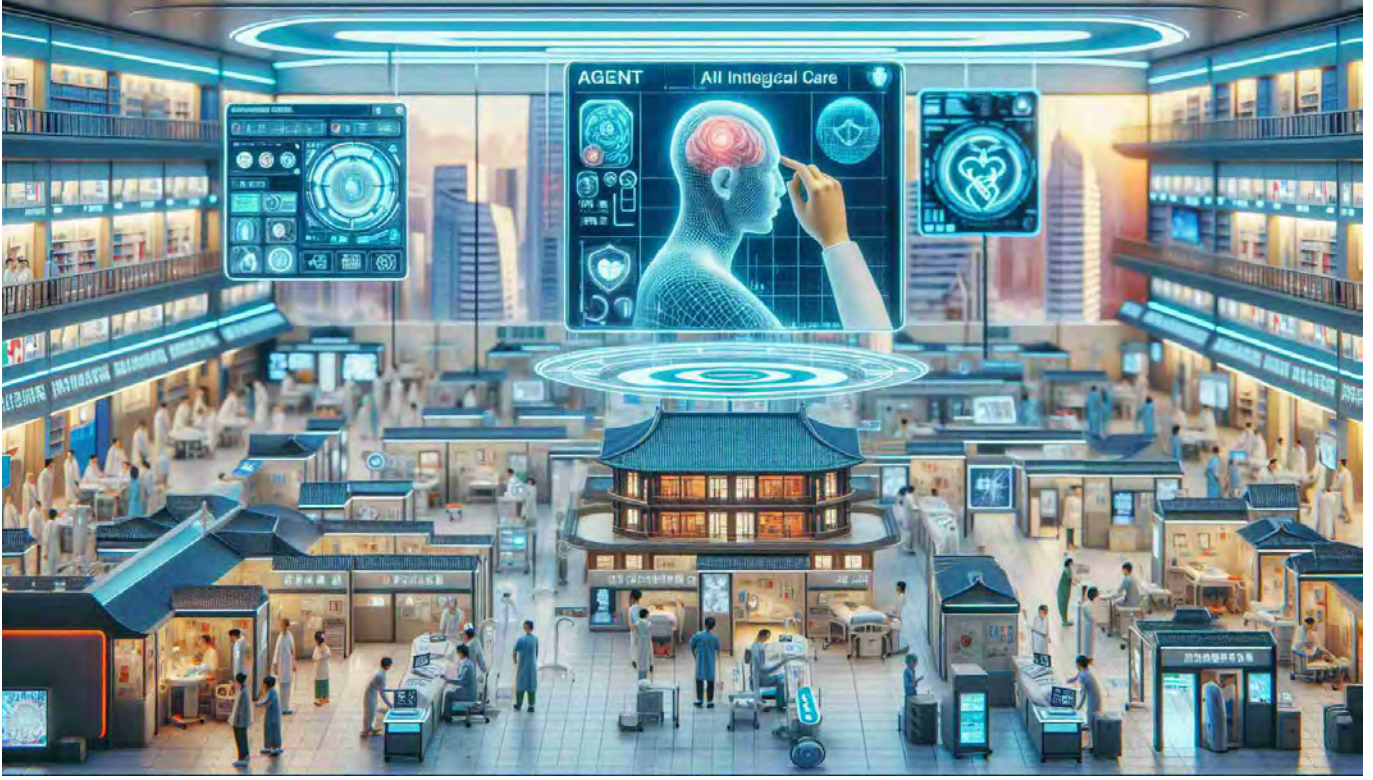
Bu durum, kullanıcı gizliliği açısından büyük bir sorun oluşturabilir. ACR'den çıkış yapmak mümkün olsa da bu



işlem oldukça karmaşık ve zahmetli. Samsung cihazlarda 37 tıklama gerektiren bu süreç, hassas içeriklerin kullanıcı bilgisi olmadan kaydedilmesi endişelerini artırıyor. Araştırmacılar, ACR'nin bölgeye göre farklı çalıştığını da belirledi; örneğin, İngiltere'de veri gönderimi sınırlıyken, ABD'de HDMI kullanımında bile veri aktarımı gerçekleşiyor.

<https://bit.ly/tv-gozlemci>

Dijital Hastane Simülasyonu



Çin Tsinghua Üniversitesinden araştırmacılar, yapay zekâ destekli sanal bir hastane geliştirdi. “Agent Hospital” adı verilen bu hastanede dijital hastalar dijital sağlık çalışanları tarafından tedavi ediliyor. Hastanede 10.000 hasta birkaç gün içinde tedavi edilebiliyor, gerçek hayatta ise bu süre iki yılı bulabiliyor. Hastane, çeşitli muayene ve danışma odalarını kapsıyor ve doktorlar hastalık teşhisi ve tedavi planları üzerinde çalışıyor. Dijital doktorlar MedQA veri setinde %93,06 doğruluk oranına ulaşıyor. Agent Hospital, 14 doktor ve dört hemşire barındıran bir yapı ile hem öğrencilere risk içermeyen bir ortamda tıbbi eğitim sunmayı hem de sağlık hizmetlerinin daha verimli ve uygun maliyetli hale getirilmesini amaçlıyor. Ayrıca bu sanal hastanede bulaşıcı hastalıkların yayılması gibi tıbbi senaryoların simülasyonu ve risklerin önceden tahmin edilmesi gibi işlevler de bulunuyor.

Bu hastane, Stanford Üniversitesinin geçen yıl büyük ilgi gören yapay zekâ kasabasına benziyor. Stanford’un yapay zekâ kasabası, insanları temsil eden farklı dijital karakterlerin gerçek dünyaya benzer bir ortamda etkileşime geçerek becerilerini geliştirmesine olanak tanıyan bir simülasyondur.

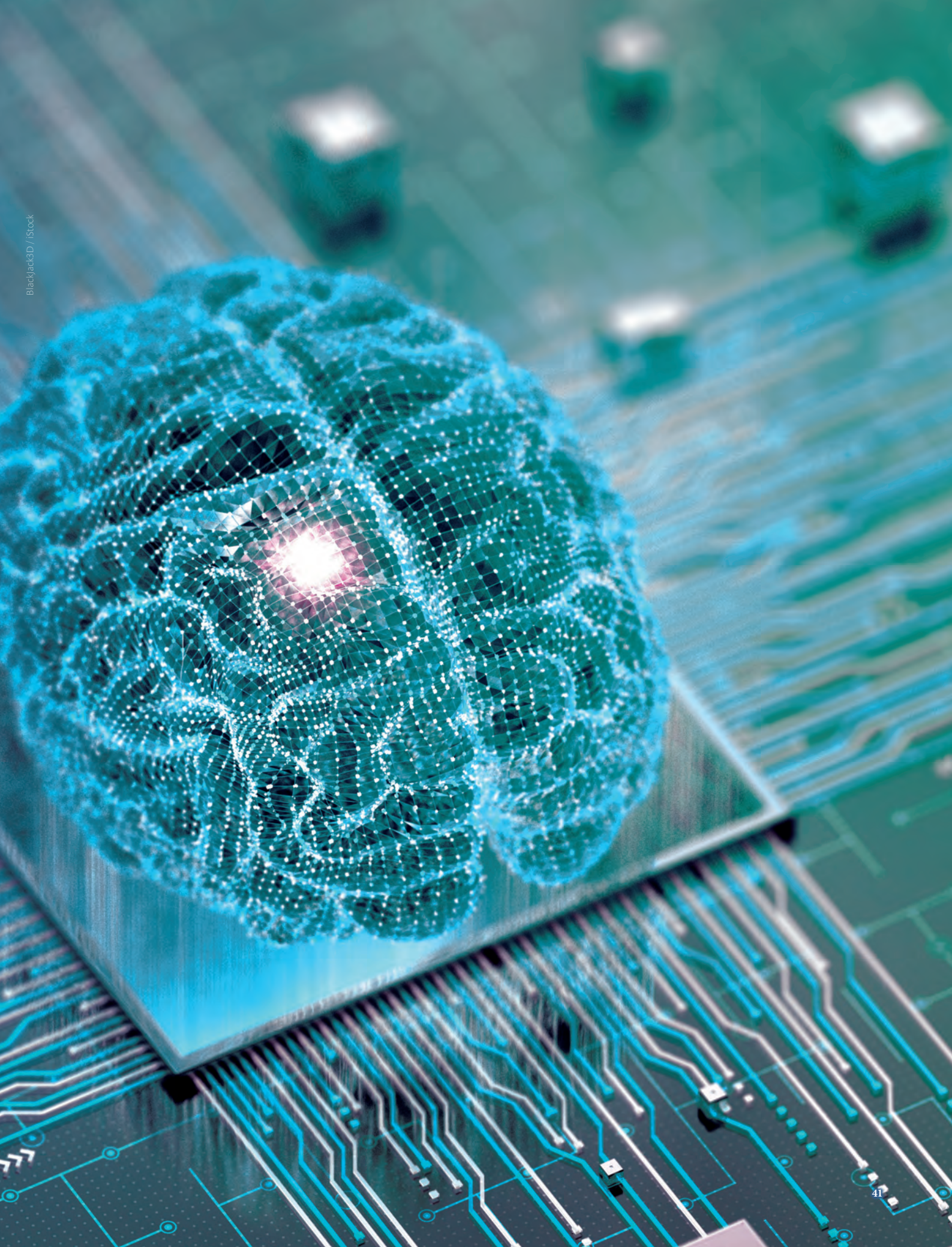
<https://bit.ly/hastane-simu>

Yapay Genel Zekânın Potansiyel Etkileri

Gürkan Caner Birer [*Bilgisayar Mühendisi*]

Yapay genel zekâ (YGZ) gündemimize girdikçe potansiyeline ilişkin beklentilerimiz de katlanarak artıyor. Yapay genel zekânın potansiyeli, insan kapasitesinin yeni bir boyutunun kilidini açmaya benziyor. Makinelerin sadece araç değil, iş birlikçi, yaratıcılıkta, yenilikçilikte ve keşifte ortak olduğu bir dünya aklı geliyor. Makinelerin talimatları takip etmenin ötesine geçtiği bir dünyada olasılıklar sınırsız görünüyor.

Bu potansiyelin özünde yapay genel zekânın insan kapasitesinin çok ötesinde büyük miktarda veriyi işleme ve insandan daha iyi şekilde analiz etme yeteneği yatıyor. Bununla birlikte bu potansiyel aynı zamanda geleneksel rolleri değiştirerek eğitim, beceriler ve iş hayatı gibi rutinlerin yeniden düşünülmesini gerektirebilir. YGZ ayrıca sanatsal çabalara da girebileceğinden insanın özgün ve yenilikçi düşünme yetisi ve kültürü üzerinde de etkisi olabilir. Yapay genel zekânın geleceğini ve potansiyel etkilerini tam olarak anlayabilmek ve birtakım öngörülerde bulunabilmek için biraz detaylara girelim.



Yapay Genel Zekânın Günlük Yaşama Etkileri

Yapay genel zekâ, sanayi devrimiyle aynı seviyede veya onu aşan toplumsal değişimlere yol açabilir. YGZ, günlük yaşamın birçok yönünü daha kolay, daha verimli ve daha kişiselleştirilmiş hâle getirerek yaşam kalitemizi büyük ölçüde artırabilir. Öte yandan bu pratik ve sosyal yaşamın çok hızlı şekilde kökten değişmesi anlamına gelir. Evinizin “akıllı” değil, gerçekten zeki olduğu bir dünyayı hayal edin. YGZ destekli bir asistan, enerji kullanımını optimize etmekten evinizin her zaman mükemmel sıcaklıkta olmasını sağlamaya kadar evinizin her yönünü yönetebilir. Mükemmel bir şekilde hazırlanmış bir kahvaltıyla uyandığınızı, günlük programınızın üretkenlik ve refah için optimize edildiğini ve ev ortamınızın doğrudan herhangi

bir girdi olmadan tercihlerinize göre ayarlandığını hayal edin. Tarzınıza en uygun kıyafetin haberiniz bile olmadan terzi dikim olarak hazırlanıp o günkü hava durumuna göre size sunulması mümkün olabilir. Sağlığınıza sürekli izleyen, kişiselleştirilmiş tavsiyeler sağlayan, en iyi uzmanlarla randevular ayarlayan ve hatta kronik rahatsızlıkların benzersiz bir hassasiyetle yönetilmesine yardımcı olan bir sisteme sahip olabilirsiniz.

Otonom arabalar gibi alanlarda mevcut yapay zekâ destekli sistemler kullanılırken YGZ, tüm ulaşım ağlarını yöneterek bunu bir sonraki seviyeye taşıyabilir. Trafik sıkışıklığını azaltabilir, seyahat güvenliğini artırabilir ve hatta gerçek zamanlı verilere dayalı en verimli rotaları önerebilir. YGZ’nin ulaşımı yönetmesiyle, özel ve toplu taşıma arasındaki çizginin belirsizleştiği ve hareketliliğin daha fazla talep üzerine ve bireysel ihtiyaçlara göre özelleştirildiği bir gelecekte işe gidip gelmede yaşanan zorlukların geçmişte kaldığını görebiliriz.

YGZ, son derece kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri sağlayabilir. Öğrenciler, öğrenme stillerine, hızlarına ve ilgi alanlarına uyum sağlayan sanal bir öğretmene erişebilir ve bu da eğitimi daha etkili hâle getirebilir. Böylece farklı sosyoekonomik koşullardaki bireyler için eğitim kalitesindeki boşluklar kapanabilir ve herkes kendi hızında öğrenebilir.



YGZ’nin günlük hayatı değiştirmesine yönelik örnekler çoğaltılabilir ancak tüm bunlar beraberinde önemli zorluklar ve potansiyel dezavantajlar da getirebilir. En büyük endişelerden biri de mahremiyet üzerindeki etkisi. Her ihtiyacınızı izleyen ve öngören bir YGZ sistemi, çok miktarda kişisel veriye erişebilecektir. Bu verilerin kimlerle paylaşılacağı ve aleyhimize kullanılıp kullanılmayacağı konusunda sorular gündeme gelecektir. Ayrıca bu tür sistemlerin gözetim için kullanılabileceği,



kişisel özgürlükleri ve özerkliği aşındırabileceği yönünde korkular da vardır.

Dahası, YGZ'nin yaygın kullanımı, teknolojiye olan bağımlılığın artmasına, insan becerilerinin ve dayanıklılığın azalmasına yol açabilir. Örneğin, YGZ yemek pişirmekten araba kullanmaya kadar tüm günlük işlerimizi hallederse bu işleri yapma yeteneğimizi kaybedebiliriz. Bu bağımlılık, teknolojinin başarısız olduğu veya bizim erişimimizin kısıtlandığı durumlarda önemli sorunlara yol açabilir.

Bir diğer endişe ise iş kaybı potansiyelidir. YGZ, idari işlerden yaratıcı çabalara kadar çok çeşitli görevleri yerine getirebilecek duruma geldikçe birçok iş otomatikleştirilebilir. Bu daha fazla verimlilik ve üretkenliğe yol açabilirken aynı zamanda toplumda işsizlik sorununun yaygınlaşmasına ve ekonomik eşitsizliklere neden olabilir.

Bir de YGZ sistemlerinin karar alma sürecimizi nasıl etkileyebileceği sorunu var. Sağlık ile ilgili kararlardan finansal yatırımlara kadar her konuda tavsiye için YGZ'ye güvenmeye başlarsak eleştirel düşünme becerimizi kaybetmeye başlayabiliriz. Ayrıca bu sistemlerin geliştiricilerinin ön yargılarını ve sınırlamalarını yansıtmaya riski bazı olumsuz sonuçlara yol açabilir.

İşletmelerin ve devletlerin bu yeniliklerden ne ölçüde faydalanabileceği, toplumun bu yeniliklere nasıl tepki verdiği bağlidir. İnsanların yapay zekâ ve robotiğe yönelik algısı ve tepkisi, bu teknolojilerin ekonomik ve sosyal ilerleme için ne ölçüde değerlendirilebileceğini belirlemede önemli bir faktör olacaktır. Bu tepkiyi anlamak ve gelecek için öngörülerde bulunabilmek için mevcut yapay zekâya yönelik kamuoyu bakışını inceleyen bazı çalışmaların sonuçlarına bakılabilir.

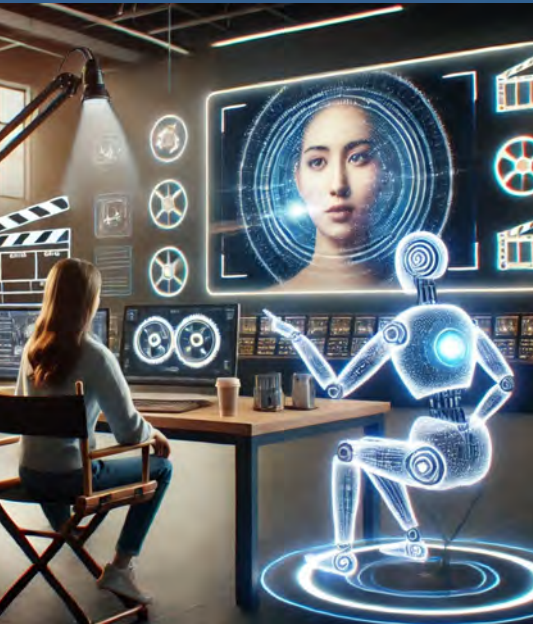
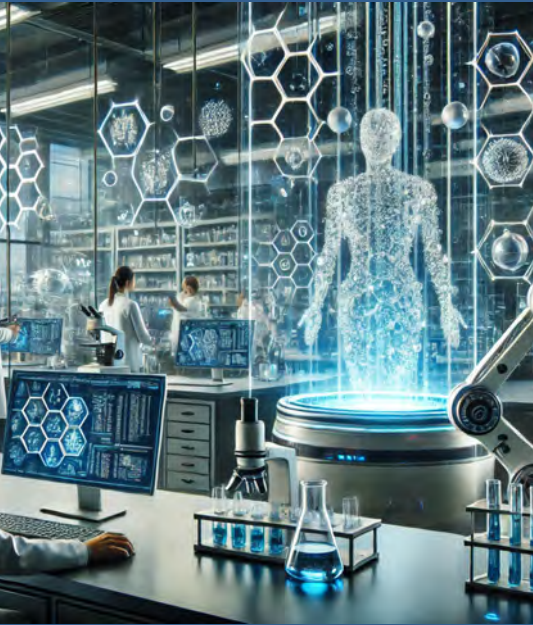
Yapay genel zekânın günlük yaşamı derinden etkilemesi muhtemeldir ve hem önemli faydalar hem de zorluklar getirebilir. YGZ, hayatlarımızı daha kolay, daha sağlıklı ve daha bağlantılı hâle getirme potansiyeline sahipken aynı zamanda gizlilik, özerklik, istihdam ve insan faaliyetinin doğası hakkında önemli sorunları da gündeme getirebilir.



- 2027'ye kadar, dünya çapındaki yapay zekâ pazarının değerinin 267 milyar dolar olması öngörülüyor.
- 2020 ile 2027 arasında yapay zekâda yıllık %33,2 büyüme oranı öngörülüyor.
- 2030'a kadar yapay zekânın küresel ekonomiye 15,7 trilyon dolar veya GSYİH'da %26 artış sağlaması öngörülüyor.
- Asya-Pasifik bölgesi 2018 ile 2025 arasında en büyük bileşik yıllık büyüme oranına sahip olacak.
- 2030'a kadar Çin, dünya çapında %26,1 pazar payına sahip olacak ve bu da onu yapay zekâ teknolojisinde lider yapacak.
- 2025'e kadar, yapay zekâ sektörü yıllık 126 milyar dolar gelir elde edecek.
- Firmaların yapay zekâ kullanımını düşünürken karşılaştıkları en kritik üç engel, personel becerileri (%56), bilinmeyen duyulan korku (%42) ve bir başlangıç noktası belirlemek (%26).

Yapay Genel Zekânın Endüstriyel Etkileri

YGZ, bireylerin günlük hayatlarını dönüştürmesinin yanında önemli endüstrileri de ciddi anlamda değiştirebilir. YGZ'nin büyük



miktarda tıbbi veriyi işleme ve analiz etme yeteneği, sağlık hizmetlerinde gerçek zamanlı teşhis ve kişiselleştirilmiş tedavi planları sağlayabilir.

YGZ, çok hızlı bir şekilde muazzam miktarda finansal veriyi işleyerek daha doğru piyasa tahminleri sağlayabilir ve küresel ekonomik koşullara gerçek zamanlı olarak uyum sağlayan karmaşık ticaret stratejileri geliştirebilir.

Eğitimde her öğrenciye özel dijital öğretmen gibi çalışarak öğrencinin bilişsel kalıplarına ve öğrenme hızına uyum sağlayarak kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimi sunabilir.

Tarım sektörü, YGZ tarafından yönlendirilen yetiştirme koşullarının optimizasyonu ve gerçek zamanlı bitki sağlığı izleme yoluyla ürün verimlerinde ve kaynak yönetiminde önemli iyileştirmeler görebilir. YGZ, gelişmiş biyosensörler ve öngörücü sağlık modelleri aracılığıyla hayvancılık sektörüne de katkı sağlayarak hayvan refahını önemli ölçüde iyileştirebilir.

Eğlence sektörü, izleyicilerin duygusal durumlarına uyum sağlayan sürükleyici, duyarlı deneyimlerin YGZ tarafından kurgulanmasıyla tümüyle dönüştürülebilir.

YGZ, enerji yönetimini optimize edebilir ve daha verimli enerji

depolama çözümleri sağlayarak yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişi hızlandırabilir. Füzyon teknolojisinin ve diğer gelişmiş enerji kaynaklarının geliştirilmesi, YGZ'nin karmaşık fiziksel sorunları modelleme ve çözme becerisiyle büyük ölçüde hızlandırılabilir.

Yapay Genel Zekâ ve Savunma Sanayi

YGZ'nin askeri operasyonlara entegrasyonu, savunma stratejisinde, karar alma ve yürütme süreçlerinde bazı kolaylıklar sağlayabilir.

En önemli uygulamalardan biri, otonom savunma sistemlerinde olacaktır. Önceden programlanmış kurallara göre çalışan mevcut yapay zekâ güdümlü insansız hava araçları veya füze sistemlerinin aksine YGZ, donanımlı sistemlerle karmaşık savunma senaryolarını analiz edebilir, değişen koşullara uyum sağlayabilir ve minimum insan müdahalesiyle gerçek zamanlı kararlar alabilir.

YGZ'nin bir diğer potansiyel uygulaması, askeri strateji ve planlamadır. YGZ, çeşitli kaynaklardan (uydular, keşif görevleri, siber operasyonlar) gelen büyük miktarda istihbarat verisini anında işleyerek bazı tehditleri belirleyebilir. YGZ, ayrıca siber güvenlikte önemli bir rol oynayabilir, güvenlik açıklarını belirleyerek, potansiyel tehditleri

tahmin ederek ve karşı önlemleri hızlıca uygulayarak siber saldırılara karşı otonom bir şekilde savunma sağlayabilir.

Lojistik ve tedarik zinciri yönetiminde YGZ, malzemelerin dağıtım sürecini optimize edebilir, ekipmanlar için bakım programlarını yönetebilir, ihtiyaç duyulan kaynaklara ihtiyaç duyulan zamanda ve yerde sahip olunmasını sağlayabilir.

Ancak tüm bu gelişmeler, aynı zamanda dikkatlice değerlendirilmesi gereken önemli etik, stratejik ve jeopolitik zorluklar da ortaya koyabilir. YGZ sistemleri, daha fazla karar alma rolü üstlendikçe bu teknolojilere aşırı güvenme riski oluşabilir. Dahası, YGZ'nin savunmaya dair operasyonlara entegre edilmesi, insan ve makine sorumlulukları arasındaki çizgileri bulanıklaştırabilir.



Potansiyel Risk Altındaki Meslekler

Yapay zekâ destekli herhangi bir süreç, zihinsel görevleri otomatikleştirerek daha önce robotların ulaşamayacağı düşünülen birçok iş ve meslek için gelecekte potansiyel bir risk oluşturabilir. Bir araştırmaya göre, önümüzdeki on yılda otonom araçlar yaygınlaşırsa özellikle ABD ve AB'deki kamyon şoförlerinin %70'i işsiz kalabilir. Dünyanın en büyük uçak üreticilerinden ikisi olan Airbus ve Boeing, geleneksel yolcu jetlerinin yanında pilotsuz otonom uçaklar da geliştiriyorlar.

Önümüzdeki yirmi yıl içinde birçok iş türünün akıllı makineler tarafından otomatikleştirileceği

düşünüyor. Örneğin bilet satışı, benzin istasyonu hizmetleri, bankacılık hizmetleri, çevirmenlik, depo ve üretim işleri, müşteri hizmetleri, TV reklamcılığı, ilaç geliştirme, hazır yemek hizmeti ve teslimat hizmetleri vb. gibi. YGZ, hukukla ilgili birçok uygulamada metni anlama, bilgisayar arşivlerinden yasaları ve cümleleri arama, verileri işleyip çapraz referanslama yapma gibi konularda bir avukattan çok daha hızlı olabilir. Yakın zamanlarda makine öğrenimi modelleri, sözleşmeleri taslak hâline getirmek, yasal sonuçları tahmin etmek ve bazı mahkeme kararlarını önermek için kullanılmaya başlandı bile. Birkaç yıl öncesine kadar düşünülemez olan bir diğer yeni risk altındaki meslek kategorisi ise tıp doktorları ve cerrahlardır. Günümüzde,



yüksek hassasiyet gerektiren belirli ameliyat türlerinde robotik cihazlar yaygın olarak kullanılıyor. Hatta bu cihazlar bir cerrah tarafından uzaktan kumandayla bile çalıştırılıyor. Ancak gelecekte yapay zekâ otomatik kararlar almaya başladığında, bu cerrahi robotlar da otonom hâle gelebilecektir.

Bir diğer potansiyel risk altındaki meslek kategorisi ise yazılım programcılarıdır. Aslında ChatGPT'nin bugünkü hâli bile herhangi bir programlama dilinde hızlı ve güvenilir bir şekilde kod üretme yeteneği, güvenilirlik, pazara sunma süresi ve geliştirme maliyetleri açısından yazılım üreten şirketler için oldukça cazip bir durum.

Gelişen teknoloji, bazı işlerin zamanla ortadan kalkmasına neden olduğu gibi potansiyel yeni iş sahalarının oluşmasına da olanak verir. Fotoğrafçı, kameraman, yönetmen, senarist, elektrikçi, makinist,

otobüs şoförü, taksi şoförü, hava yolu pilotu, host/hostes, radyo teknisyeni, radyolog, ultrason teknisyeni veya astronot gibi meslekler tarihsel süreçte teknolojinin gelişmesiyle birlikte ortaya çıkmıştır. Ayrıca bilgi işlemeye ve teknoloji kullanmaya yönelik bilgisayar mühendisi, elektronik mühendisi, video oyunu tasarımcısı, uygulama geliştiricisi, drone operatörü, 3D yazıcı teknisyeni, sosyal medya yöneticisi, web tasarımcısı, youtuber, blog yazarı ve veri analisti gibi daha yeni meslekler de zaman içinde türemiştir.

Yapay genel zekâ ile ilgili sormamız gereken asıl soru, bugün var olan birçok işin ve mesleğin yerini alıp almayacağı değil, bunun ne kadar hızlı gerçekleşeceği. Bahsi geçen dönüşüm nesiller içerisinde olduğu için insanlar bir anda işsiz kalmamış sadece yeni nesil bu meslekleri yapmaz hale gelmiştir. Ama YGZ'nin getirebileceği dönüşüm çok daha hızlı olacağı için birçok insanın bu dönüşüme uyum sağlaması mümkün olmayabilir. YGZ ile ilgili



olarak önümüzdeki 10 veya 20 yıl içinde ne olacağını tahmin etmek ve birtakım öngörülerde bulunmak elbette önemlidir, böylece dönüşüm sürecini yönetebilmek için uygun stratejiler geliştirerek birtakım sonuçları hafifletmek mümkün olur. Bir sonraki yazımızda insanlarla yakın temas hâlinde çalışmaya başlayan otonom zeki robotların yaygınlaşmasıyla birlikte gelecekte oluşabilecek bazı etik sorunlara değineceğiz. ■

Kaynaklar

- Bostrom, N. (2014). *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford University Press.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W. W. Norton & Company.
- Buttazzo G (2023) Rise of artificial general intelligence: risks and opportunities. *Front. Artif. Intell.* 6:1226990. doi: 10.3389/frai.2023.1226990
- Diamandis, P. H., & Kotler, S. (2020). *The Future Is Faster Than You Think: How Converging Technologies Are Transforming Business, Industries, and Our Lives*. Simon & Schuster.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254-280.
- Kurzweil, R. (2005). *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology*. Viking.
- Lee, E. A. (2020). *The Coevolution: The Entwined Futures of Humans and Machines*. Cambridge, MA: MIT Press.
- O'Neil, C. (2016). *Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*. Crown.
- Topol, E. J. (2019). *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*. Basic Books.
- Turkle, S. (2011). *Alone Together: Why We Expect More from Technology and Less from Each Other*. Basic Books.
- Zuboff, S. (2019). *The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power*. PublicAffairs.
- Chan, C.Y.T. & Petrikat, D. (2022). Impact of Artificial Intelligence on Business and Society, *Journal of Business and Management Studies*

Daha Ilık Kışlar, Yüksek Enlemlerde Toprağın Tuttuğu Karbonu Azaltabilir

İlay Çelik Sezer [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Yüksek enlemlerde küresel ısınmanın en güçlü etkisi kış sıcaklıkları üzerinde görülüyor. Çin'deki Lanzhou Üniversitesinde yapılan yeni bir araştırmaya göre bu durum toprakların umduğumuzdan daha az karbon tutması anlamına gelebilir.

İklim değişimi, özellikle de yüksek enlemlerde kış sıcaklıklarını yaz sıcaklıklarına göre daha fazla yükseltiyor. Bu "asimetrik" ısınmanın mikrobiyal etkinlik üzerinde beklenenden daha büyük bir değişime neden olarak topraklarda depolanmakta olan devasa miktarda karbonu azaltabileceğinden endişe ediliyor.

Gezegенimizin toprakları, okyanuslar hariç tüm ekosistemlerden daha fazla karbon depoluyor ve daha iyi yönetilirse daha fazla depolayabileceği biliniyor. Ancak topraklarda depolanan karbon, iklim değişiminin tehdidi altında. Bilim insanları artan sıcaklıkların, aslen topraklardaki mikroorganizmaların davranışlarında değişimler oluşturmak suretiyle atmosfere sera gazı olarak salınan toprak karbonunu artıracaklarını düşünüyor. Ancak bu etkinin ölçeği bilinmiyor. Lanzhou Üniversitesinden Ning

Ling ve ekibi, Tibet platosundaki bir çayırılıkta yaptıkları deneylerde farklı ısınma örüntülerinin mikrobiyal etkinliği nasıl değiştireceğini görmek amacıyla toprakları ısıttı. Yıl boyunca toprakların bir kısmı ortam sıcaklığında tutulurken bir kısmı 2°C'lik "simetrik" ısınmaya (yüksek enlemlerde kış ve yaz sıcaklıklarının eşit miktarda yükselmesi), üçüncü bir kısmı ise, gerçek ısınma örüntüleriyle daha uyumlu biçimde kışın 2,5 ila 2,8°C'lik, yılın geri kalanında ise 0,5 ila 0,8°C'lik ısınmaya maruz bırakıldı. Araştırmacılar bu uygulamayı 2011'den 2020'ye kadar sürdürdükten sonra toprakların mikrobiyal etkinliğini ölçtü. Özellikle iki ölçüte odaklandılar: çoğalma hızı ve karbon kullanım verimliliği olarak bilinen, organizmaların karbonu nasıl kullandığını gösteren bir ölçüt. Daha önce yapılan bir araştırma bu ikinci ölçütün topraklarda depolanan organik karbonun başlıca belirleyicilerinden biri olduğunu gösteriyor.

Mikroorganizmalar topraktaki karbonu kullandığında ya onu enerji için parçalayıp atmosfere CO₂ salıyor, ya da karbonu bünyesine alarak biyokütlesini artırıyor. Daha yüksek çoğalma hızı mikroorganizmaların

daha fazla karbon kullandığı, daha yüksek karbon kullanım verimliliği ise mikroorganizmaların bu karbonun daha büyük bir kısmını bünyesine aldığı anlamına geliyor.

Ling ve ekibi her iki ısıtma örüntüsünün de mikrobiyal etkinliği büyük ölçüde azalttığını bulguladı. Ortam sıcaklığında tutulan topraklara nazaran simetrik ısınma altındaki topraklarda çoğalma hızında %31'lik ve karbon kullanım verimliliğinde %22'lik, asimetrik ısınma altındaki topraklarda ise çoğalma hızında %58'lik ve karbon kullanım verimliliğinde %81'lik düşüş gözlemlendi. Kâr amacı gütmeyen bir kuruluş olan Natural Resources Defense Council'den Daniel Rath'e göre asimetrik ısınmanın mevcut modellerde hesaba katılmaması iklim değişiminden dolayı kaybedileceği öngörülen toprak karbonunun azımsanmasına neden oluyor. Öte yandan Rath, yeni araştırmadaki bulguların sadece donan ekosistemler için geçerli olabileceği ve mikrobiyal etkinlikteki bu değişimlerin toprak karbonu açısından gerçekte ne anlama geldiğinin anlaşılması için daha fazla araştırma gerektiği görüşünde. ■

Parmak Ucunuzdaki Ter, Sağlığınıza Takip Edecek!

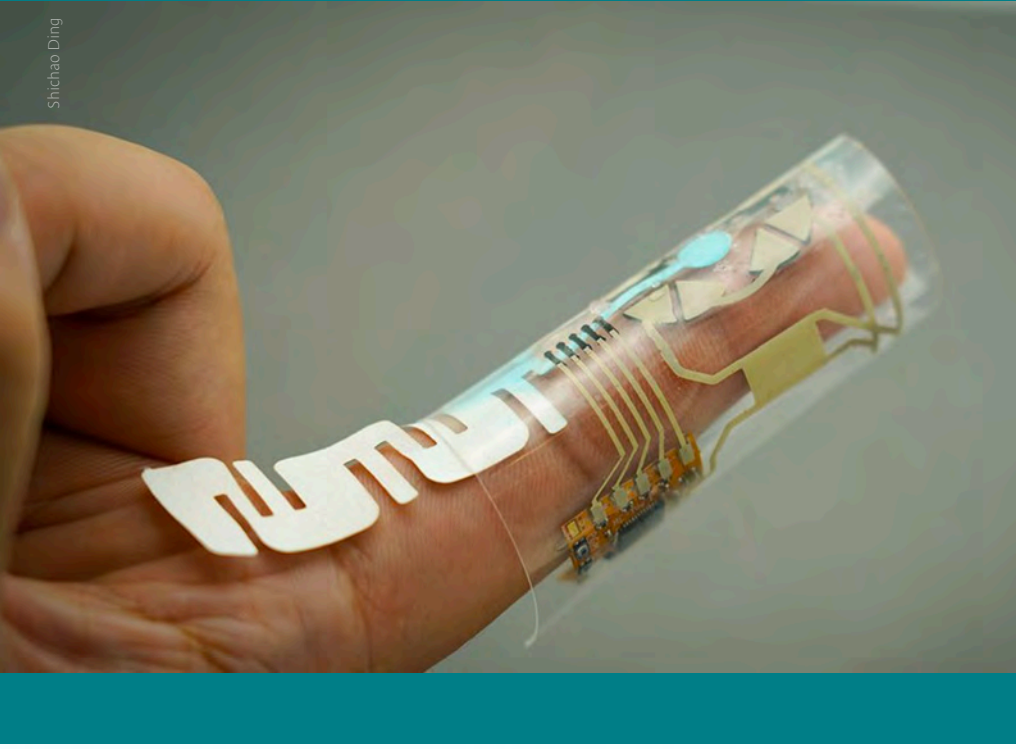
Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Giyilebilir sağlık takip platformları, entegre elektronikleri ve gelişmiş algılama yöntemlerini gerektiriyor. Bununla birlikte mevcut sistemler, enerji kaynağı, algılama yetenekleri, devre düzenlemeleri gibi sınırlandırmalarla karşı karşıya. Terle çalışan bir giyilebilir cihaz ise sürekli ve kişiselleştirilmiş sağlık takibini bir yara bandı takmak kadar zahmetsiz hâle getirme potansiyeline sahip.

California San Diego Üniversitesindeki (UC) mühendisler, parmak ucu terinde bulunan glikoz, vitamin ve hatta bazı ilaçlar gibi vücuttaki hayati kimyasalların seviyelerini izleyen elektronik bir parmak sargısı geliştirdi. Bu çalışmanın sonuçları 3 Eylül'de *Nature Electronics*'te yayımlandı. Parmağın etrafını rahatça saran cihaz, gücünü de beklenmedik bir kaynaktan, parmak ucundaki terden alıyor. Parmak uçları, küçük boyutlarına rağmen vücudun en üretken ter üreticileri arasındadır ve her biri binden fazla

ter beziyle doludur. Bu bezler, dinlenme sırasında bile vücudun diğer bölgelerinden 100 ila 1.000 kat daha fazla ter üretebilir. Herhangi bir uyaran veya fiziksel aktivite olmaksızın bu sürekli doğal ter damlaları, kişi hareketsiz olduğunda veya uyurken bile cihaza yakıt sağlayan güvenilir bir enerji kaynağı sunuyor.

İnce ve esneyebilen bir polimer malzeme üzerine basılmış çeşitli elektronik bileşenler kullanılarak geliştirilen cihaz, parmak ucuna temas ettiği yere yerleştirilen ve terdeki



Cihaz geliştirilirken yapılan testlerde bir katılımcı, gün boyunca cihazı takarak yemek sırasında glikoz seviyelerini, hem masa başı çalışma hem de egzersiz sırasında laktat seviyelerini, portakal suyu içtikten sonra C vitamini seviyelerini ve bileşiğin doğal bir kaynağı olan bakla tükettikten sonra levodopa seviyelerini takip etti.

Araştırma ekibi, cihazın farklı biyobelirteç setlerini tespit ederek bireysel sağlık ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde özelleştirilebileceğini söylüyor. Ayrıca sadece biyobelirteçleri izlemekle kalmayan, aynı zamanda toplanan verilere dayalı tedavileri de uygulayan kapalı devre bir sistem geliştirmek için çalışıyorlar. Amaçlarının, örneğin diyabet durumunda, glikoz seviyelerini sürekli olarak izleyebilen ve gerektiğinde otomatik olarak insülin verebilen ardından biyobelirteç seviyelerini sürekli izleyerek tedavinin etkinliğini değerlendirebilen bir cihaz geliştirmek olduğunu belirtiyorlar. ■

kimyasalları verimli bir şekilde toplayıp elektriğe dönüştüren biyoyakıt hücrelerini kullanarak çalışıyor. Bu hücreler, terdeki kimyasalları verimli bir şekilde toplayıp elektriğe dönüştürmek üzere özel olarak tasarlanmış. Bu elektrik, bir çift gerilebilir gümüş klorür-çinko pilde depolanıyor ve bu piller, her biri belirli bir biyobelirteç olan glikoz, C vitamini, laktat ve Parkinson hastalığının tedavisinde kullanılan bir ilaç olan levodopayı izlemekle görevli toplam dört sensöre güç sağlıyor.

biyobelirteç seviyelerini analiz ediyor ve tüm bunları yaparken ihtiyaç duyduğu enerjiyi örneklediği terden alıyor. Küçük bir çip, sensörlerden gelen sinyalleri işliyor ve bluetooth aracılığıyla kablosuz olarak özel bir akıllı telefon veya dizüstü bilgisayar uygulamasına iletiyor. En büyük avantajı ise tasarımı sayesinde tekrar eden bükülme, esneme ve parmak hareketlerine dayanıklı olması, böylece parmağa kolayca uyum sağlayabiliyor.

Ter, küçük kâğıt mikroakışkan kanallardan bu sensörlere doğru akarken cihaz,

Kaynak

<https://interestingengineering.com/health/sweat-powered-finger-senso-tracks-health>





Prof. Dr. Aziz Sancar'dan Akademik Yıl Açılış Dersi EdU Molekölü Beyin Kanseri Tedavisinde Potansiyel Bir Aday

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

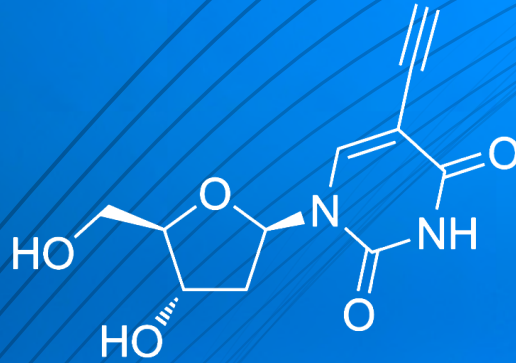
İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), 2024-2025 akademik yılı, 27 Eylül 2024 tarihinde Ayazağa Yerleşkesi Süleyman Demirel Kültür Merkezinde düzenlenen bir açılış töreniyle başladı. İTÜ Rektörü Prof. Dr. Hasan Mandal'ın İTÜ'nün mevcut durum analizini ve gelecek hedeflerini içeren sunumunun ardından 2015 Nobel Kimya Ödülü sahibi Prof. Dr. Aziz Sancar, "EdU (5-etinil-2'-deoksiüridin) Beyin Kanseri Tedavisi İçin Potansiyel Bir Aday" başlıklı açılış dersini gerçekleştirdi.

Aziz Sancar, 2015 yılında hücrelerin hasarlı DNA'yı nasıl onardığını ve moleküler düzeyde genetik bilgiyi nasıl koruduğunu haritalamak için yaptığı çalışmasıyla Nobel Kimya Ödülü almıştı. Bu gurur verici gelişmenin ardından da 2022 yılının ağustos ayında beyin kanseri tedavisiyle ilgili gerçekleştirdiği büyük bir atılımın müjdesini verdi. Sancar ve ekibi, beyin kanseri tedavisinde devrim yaratacak EdU (5-etinil-2'-deoksiüridin) adlı molekülün sinir hücrelerine zarar vermeden beyindeki tümörlerin tedavisinde kullanılabileceğini gösterdi.

Yıllardır DNA'nın onarım sistemi üzerinde çalışan Aziz Sancar ve ekibi, EdU molekülünün bozulmamış DNA'da, DNA hasarlıymış gibi davrandığını ve onarım mekanizmasını harekete geçirdiğini tespit ettiklerinde oldukça şaşırmış. Nedenini araştırmak için EdU molekülünü ve DNA'sı hasar görmemiş hücreleri bir besin ortamında bir araya getiren araştırmacılar, molekülün DNA'yı, ultraviyole ışıktan, sigaradan ve DNA'yı değiştiren kemoterapi ilaçlarından kaynaklanan çoğu hasarı onaran ve eksizyon onarımı (kısa ve hasarlı bir DNA dizisinin çıkarılması ve bir yedek ipliğin yeniden sentezlenmesi) adı verilen onarım mekanizmasını tetikleyecek şekilde değiştirdiğini tespit etti. Ardından EdU'nun neden olduğu eksizyon onarımını yüksek çözünürlükte haritalayınca bunun genom boyunca gerçekleştiğini ve görünüşe göre tekrar tekrar meydana geldiğini buldular. Her yeni onarım zincirinin EdU içermesi ve bu sayede onarım yanıtının yeniden tetiklenmesi, bunun kanıtıydı. Diğer bir deyişle, EdU molekülü tarafından tetiklenen bu onarım mekanizmasıyla yerinden edilen molekül, serbest kaldığında tekrar genoma giriyor, hücre onu tekrar kesip çıkarıyor ve bu döngü, EdU ile baş edemeyen hücre ölünceye (apoptoz) dek bu şekilde devam ediyordu. Aslında EdU molekülünün orta derecede toksik olduğunu bildiklerini belirten Sancar, bu toksik etkinin mekanizmasının bir gizemi olduğunu ama artık hücreyi tam olarak nasıl öldürdüğünü anladıklarını

söylüyor. EdU'nun bu hücrel toksisitesi, kan-beyin bariyerini geçme yeteneği ile birleştiğinde, yetişkinlerde beyin kanserlerinin tedavisi için potansiyel bir aday olarak değerlendirilmesine yol açtı.

EdU, DNA'nın yapı taşlarından biri olan timinin bir analogu (kimyasal taklidi) olarak sentezlenen ve 2008'den bu yana bilim insanlarının DNA'yı etiketlemek için moleküler biyoloji deneylerinde en yaygın kullandıkları moleküllerden biri. Diğer timin analoglarının sahip olmadığı bazı özellikleri sayesinde EdU, belirli deneylerde özellikle tercih ediliyor. Örneğin, floresan prob moleküllerinin sıkıca bağlanacağı uygun bir kimyasal "tutamak" a sahip olması nedeniyle hücre bölünmesi sırasında, DNA replikasyon süreci çalışmalarında, DNA'yı etiketlemek ve izlemek için yapılan çalışmalarda nispeten kolay ve verimli bir şekilde kullanılabilir.



5-etinil-2'-deoksiüridin'in (EdU; 5-Etinil-dUrd) kimyasal yapısı



Sancar, bu keşfin başlı başına ilginç olduğunu çünkü DNA'yı etiketlemek için EdU'yu kullanan araştırmacıların, onun eksizyon onarımını tetiklediğini de hesaba katmaları gerektiğini söylüyor.

Sancar ve meslektaşları, EdU'nun sözü edilen özellikleri sayesinde etkili bir beyin kanseri ilacı geliştirmede rol oynayabileceğini düşünüyor. Çünkü EdU, kemoterapi ilaçlarının aksine kan-beyin bariyerini aşarak beyne kolayca ulaşabiliyor. Ayrıca, DNA'ya yalnızca aktif olarak bölünen hücrelerde dâhil oluyor, oysa beyinde çoğu sağlıklı hücre

bölünemiyor. EdU bu sayede bölünmeyen sağlıklı beyin hücrelerini korurken hızlı bölünen kanserli beyin hücrelerini öldürebiliyor.

Aziz Sancar, 2022 yılında *The Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* dergisinde yayınlanan çalışmalarındaki EdU ile ilgili keşfi, çok şaşırtıcı ve büyük bir tesadüf olarak nitelendirmişti. Bu gelişme, tedavisi çok zor olan glioblastoma adlı beyin tümörü için önemli bir umut ışığıydı ve fareler üzerine deneme çalışmalarına başlayacakları duyurulmuştu. Prof. Dr. Aziz Sancar, İTÜ'de yaptığı açılış dersinde de müjdelere bir yenisini ekledi: EdU, farelerle yapılan deneylerde etkisini gösterdi, yani sonuçlar olumluydu. Deneylerinde kontrol olarak kan-beyin bariyerini geçebilen ve beyinde kanser hücrelerini öldüren, büyümesini yavaşlatan bir kemoterapi ilacı olan Temozolomid'i kullandıklarını belirten Sancar, şu an beyin tümörü için ideal tedavinin Temozolomid ve EdU'nun kombinasyonu olduğunu söylüyor. Laboratuvar çalışmalarında, beyin kanserinde EdU molekülünün hayvanlarda çalıştığını belirten Prof. Dr. Aziz Sancar, insanlarda kullanılabilmesi için iki yıl boyunca klinik deneylerde yan etkilerini araştırmaları gerektiğini belirtiyor. Bu süre boyunca EdU molekülünün insanlardaki yan etkisine odaklanacaklar. ■

Glioblastoma adı verilen beyin tümörleri, en agresif tümörlerden biridir. Tedaviye rağmen glioblastomlu bir hastanın ortalama ömrü 15 aydır. Glioblastoma hastalarının sadece %5'i 5 yıl daha yaşayabilir. Hastanın tedaviye rağmen kısa zamanda hayatını kaybetmesinin nedeni, hâlihazırda kullanılan kemoterapi ilaçlarının kan-beyin bariyerini geçememesi ve etki gösterememesidir. Bu kanser türü, eskiden yaklaşık 100.000 kişide 1'de görülürken son yıllarda bu oran 100.000'de 3,25'e yükseldi. Nüfusun yaşlanması, hava kirliliği, ağır metallerle maruz kalma ve geçmişe göre teşhis olanaklarının gelişmesi, bu yükselişin etkenlerinden öne çıkanları. Avrupa ve Kuzey Amerika'da daha sık görülen bu hastalık, erkeklerde kadınlara göre daha sık görülüyor.

Merak Ettikleriniz

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

Güneş Altında Bırakılan Nesnelerin Rengi Neden Solar?

Yaşadığınız yerde bolca güneş ışığı alacak biçimde konumlandırılmış tabelalardaki yazı ya da çizimlerin zamanla solduğunu fark etmiş olabilirsiniz. Buna, güneşten gelen ışınların yüksek enerjili olanları neden olur.

Nesneler renk özelliklerini, yapılarındaki “kromofor” adı verilen molekül ya da molekül gruplarıyla kazanır. Kromoforlar, üzerine düşen belirli dalga boylarındaki görünür ışık fotonlarının bir bölümünü soğurur, bir bölümünü ise yansıtır. Çevreye geri yansıyan fotonların dalga boyu, gördüğümüz nesnenin rengini belirler.

Uzun süreler boyunca güneş ışığının daha yüksek enerjili morötesi (ultraviyole) fotonlarına maruz kalmak, malzemelerin kromofor moleküllerindeki kimyasal bağları etkileyebilir. Yeterince morötesi ışığın soğurulması sonucunda “fotobozunma” adı verilen bir süreçle kromoforların moleküler yapısını değiştirebilecek ya da bu molekülleri parçalayabilecek enerji düzeyine ulaşılır. Bu durum, kromoforların belirli dalga boylarında foton yayma yeteneklerini etkileyebilir. Yani kromoforlar, ışığı eskisi gibi yansıtamadıkları soluk bir forma dönüşür. Nesnenin güneş altında geçirdiği süre uzadıkça daha fazla kromofor zarar görür ve sonunda renklerin çoğu kaybolur.

Kırmızı renkli nesneler, güneş ışığı altında solmaya karşı diğer renktekilere kıyasla genellikle daha hassastır. Bu nesnelerin kromoforları, kırmızı dalga boylarını yansıtarak diğer tüm dalga boylarındaki fotonları soğurur. Soğurulan fotonlar arasında ışık spektrumunun

yüksek enerjili mavi ışınları yoğunluktadır. Buna daha da yüksek enerjili morötesi ışık fotonları da eklendiğinde kırmızı kromoforları diğerlerinden daha hızlı solduracak tüm koşullar yerine getirilmiş olur.

Renk solması, bolca güneş ışığı alan yerlere asılan tablolara zarar verebildiği için sanat dünyasında da endişe kaynağıdır. Öte yandan güneş ışığı, nesnelere renk soldurmaktan fazlasını da yapabilir. Polivinil klorür (PVC) ve polipropilen gibi polimerlerden üretilen boru, ip ya da halat gibi plastik nesneler, güneş ışığına yoğun biçimde maruz kaldığında yapısal bozulmalara uğrayabilir. Yüksek enerjili güneş ışınları, bu malzemelerin uzun vadede çatlamasına, kırılmasına ya da kopmasına yol açabilir.

Kromoforları ve plastikleri güneş hasarına karşı dayanıklı hâle getirmenin çeşitli yolları bulunur. Örneğin üreticiler, bu malzemeleri üretirken benzofenon gibi morötesi ışınlara dayanıklı kimyasallardan yararlanır. Bu kimyasallar, güneş kremine benzer biçimde işlev görerek morötesi ışığın önemli bir bölümünü soğurur ve malzemelerin zarar görmesini engeller.

Kaynaklar

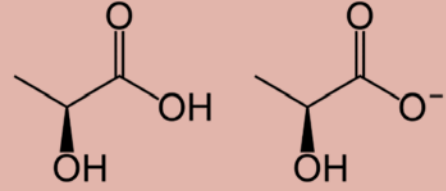
loc.gov/everyday-mysteries/physics/item/why-does-ultraviolet-light-cause-color-to-fade
sciencefocus.com/science/where-does-the-colour-go-when-a-material-fades-in-the-sun

Sean Gladwell / Getty Images

Kas Yorgunluğuna **Laktik Asit** mi Neden Olur?

Bilim insanlarının, sıklıkla korelasyonun nedensellik anlamına gelmediği vurgusunu yaptıklarını fark etmiş olabilirsiniz. Bu ifade, iki değişkenin birlikte artması ya da azalmasının, aralarında bir nedensellik bağlantısı bulunduğunu garantilemediğini belirtir. Ayrıca, bilimde hatalı olabilecek aceleci çıkarımların önüne geçmek için ek deneylerin gerekebileceğini de hatırlatır. Tıpkı yaklaşık 100 yıldır varlığını sürdüren, artan laktik asit miktarının egzersiz sonrası kas yorgunluğuna neden olduğu yanlışlığının yaptığı gibi!

Alman biyokimyacı Otto Meyerhof, 1920'li yıllarda yaptığı deneylerle, hücrelerin glikozdan enerji üretmek için kullandığı bir dizi kimyasal tepkimenin aşamalarının anlaşılmasına öncülük eden bilim insanlarından biriydi. Meyerhof ayrıca, kurbağa bacaklarının elektriksel uyarılarla seğirmesini sağladığı deneylerde laktik asit yoğunluğu artan kasların, çalışmaz hâle geldiğini gördü. Aslında bulduğu bileşik, laktik asitten bir eksik hidrojen iyonu içeren laktat adındaki kimyasaldı. Meyerhof hatalı bir nedensellik çıkarımında bulunarak laktat birikiminin kas yorgunluğuna yol açtığını ve kurbağa bacaklarının hareket etmesini engellediği varsayımını ortaya attı.



Laktik asit ve Laktat

Egzersiz yaparken vücudumuz, ana enerji kaynağı olan ATP moleküllerini hızlıca tüketir. Sonrasında gerekli ATP'leri, farklı kimyasal tepkimeleri kullanarak elde eder. Yoğun egzersizlerde, kaslarda daha fazla laktat üreten reaksiyonların gerçekleşme sıklığı artar. O sırada kaslarda pH düşer, yani ortam daha asidik hâle gelir. İşte Meyerhof da laktat birikimiyle kaslardaki asidite arasındaki bu korelasyonu bir nedensellik bağlantısına dönüştürdü: Kaslarda pH'ı düşüren etken, laktat olmalıydı.

Meyerhof'un varsayımı, doğrudan bir deneysel kanıt olmaksızın uzun yıllar boyunca yaygın kabul gördü. 20. yüzyılın 2. yarısında yürütülen bazı araştırmalarla Meyerhof'un kurduğu bu nedensellik bağı, yavaş yavaş zayıflatıldı.

Meyerhof, laktat açığa çıkaran tepkimenin aynı zamanda hidrojen iyonu da üreterek kasları daha asidik hâle getirdiğini varsaymıştı. Ancak görünüşe göre ATP üreten tepkimeler, fazladan hidrojen iyonu ortaya çıkararak kasların pH'ını düşürse de hidrojenler laktat üreten adımdan gelmiyor. Üstelik eksik hidrojen iyonu ile laktat, laktik asidin aksine baz özelliği gösterir, yani ortama bu iyonları vermek yerine ortamdan onları alır. Bu durumda laktat, ortamdaki hidrojenlerin bazılarıyla bağ kurarak kasları daha az asidik hâle getirir.

Günümüzde, yoğun egzersizlerden sonraki günlerde deneyimlenen kas ağrılarının doğrudan laktatla ilişkili olmadığı biliniyor. Bilim insanları, bu ağrılarının kaslardaki mikroskobik yırtılmalardan kaynaklandığını düşünüyor.

Kaynaklar

discovery.com/science/lactic-acid-is-not-what-causes-sore-muscles
sites.udel.edu/coe-engex/2018/05/02/doms-why-do-your-muscles-hurt-days-after-exercise

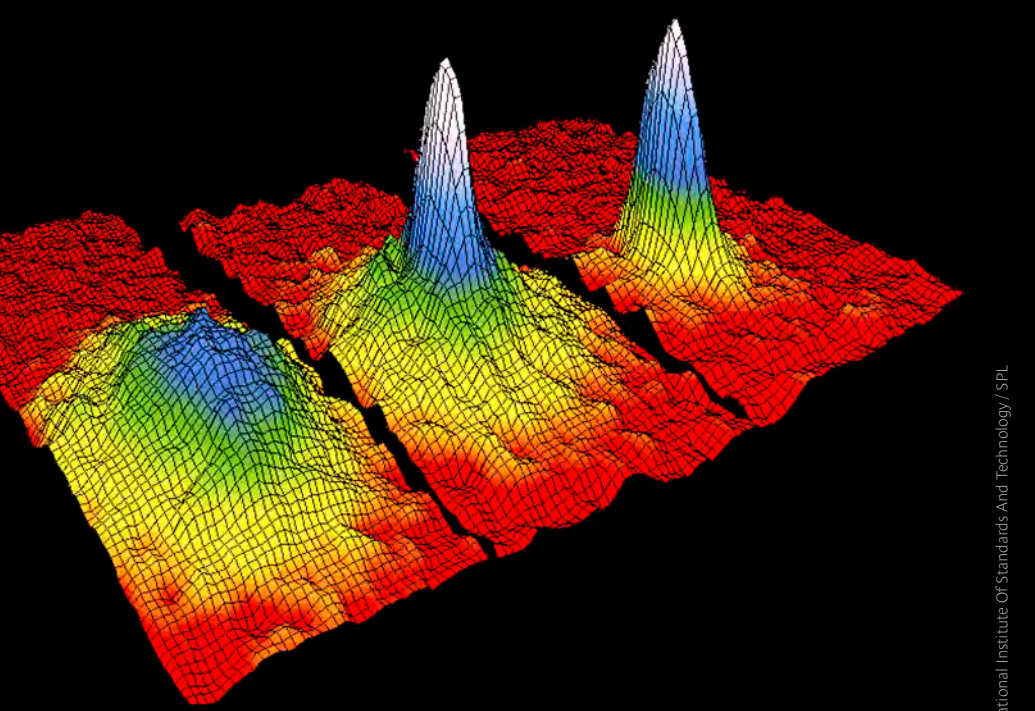
Mutlak Sıfıra Yolculuk

Lazerle Soğutma Yöntemlerinin Gelişim Hikâyesi

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

Bir gazın lazer ışınlarıyla soğutulabilmesi, ilk bakışta şaşırtıcı gelir. Sonuçta lazerler, yoğun ışık demetleridir. Bir gazın üzerine lazer ışığı düşürüldüğünde enerji kaybedip soğumasını değil, enerji kazanıp ısınmasını beklersiniz. Ancak özel olarak hazırlanmış düzeneklerde lazer ışınları kullanılarak gazların sıcaklığını neredeyse mutlak sıfıra kadar düşürmek de mümkün.

Lazerle soğutma tekniklerinin geliştirilmesiyle atom fiziğinde yeni bir çağ başladı. En hassas atom saatlerinin geliştirilmesi, Bose-Einstein yoğunluklarının elde edilmesi, lazerle soğutma teknikleri sayesinde mümkün oldu. Onlarca yıla yayılan deneysel ve kuramsal çalışmalar defalarca Nobel ödülleriyle onurlandırıldı.



National Institute Of Standards And Technology / SPL

Rubidyum atomlarından oluşan bir gazdaki hız dağılımını gösteren bu grafiklerde Bose-Einstein yoğunluklarının oluşumu görülüyor. Sıcaklık düştükçe grafiğin ortasında belirmeye başlayan tepecik, gaz bulutundaki atomların aynı kuantum durumuna yığılmaya başladığını gösteriyor.

Işık, Fotonlar, Enerji ve Momentum

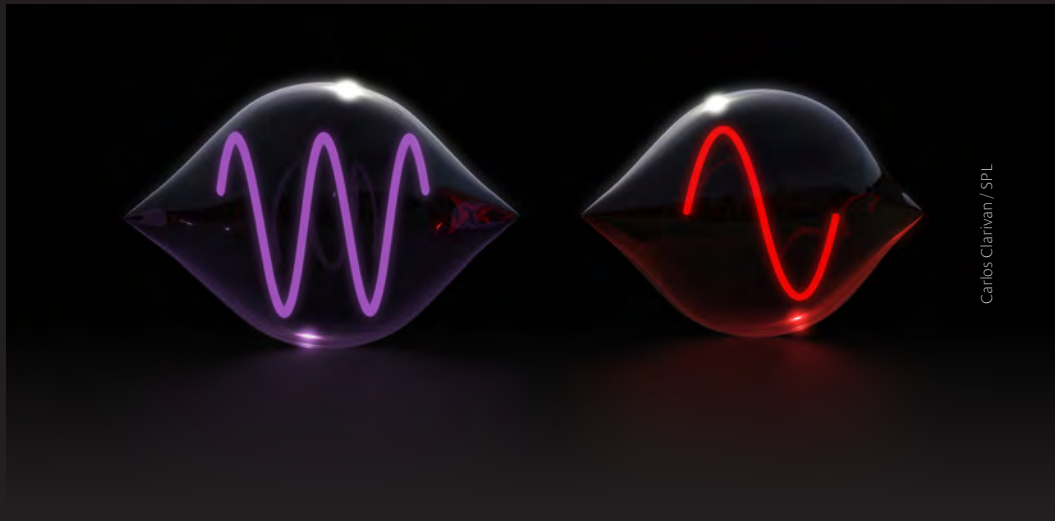
Albert Einstein 1905 yılında ışık ışınlarının, daha sonraları foton olarak adlandırılacak, enerji paketleri içerdiğini öne sürmüştü. Einstein'ın, fotoelektrik olay (ışık ışınlarının atomlardan elektron koparması) ile ilgili deneysel verileri açıklamak için öne sürdüğü bu düşünce, kuantum fiziğinin gelişim aşamalarındaki ilk kuramsal çalışma oldu.

Bir atom, bir ışık ışınından foton soğurarak enerji kazanabilir. Örneğin, frekansı ν olan bir ışık

ışını ile bir atomun etkileştiğini düşünelim. Işındaki fotonların her biri, h Planck sabiti olmak üzere, $h\nu$ büyüklüğünde enerji taşır. Atom, ışık ışınından bir foton soğurduğunda atomun enerjisi

$h\nu$ kadar artar. Bu sırada bir elektron bulunduğu enerji seviyesinden daha yüksek enerjili bir seviyeye geçer. Atomlardaki enerji seviyeleri (orbitaller) süreksiz olduğu için elektronun ışık ışınından foton yakalayabilmesi için fotonların enerjisinin, orbitallerin enerjileri arasındaki farka eşit olması gerekir. Uyarılan atom, sahip olduğu fazladan enerjiyi bir süre sonra yeniden foton ya da fotonlar hâlinde geri yayar.

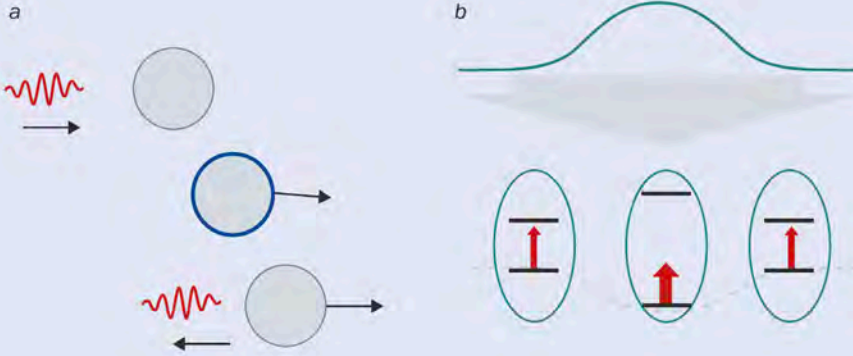
Fotonlar sadece enerji değil, momentum da taşır. Bir fotonun enerjisi (E) ile momentumu (p) arasında, c ışık hızı olmak üzere, $E=pc$ ilişkisi vardır. Dolayısıyla foton soğuran ya da yayan bir atomun sadece enerjisi değil, momentumu da değişir.



Carlos Clarivan / SPL

Işık, foton olarak adlandırılan enerji paketlerinden oluşur.

Işık Kuvvetleri

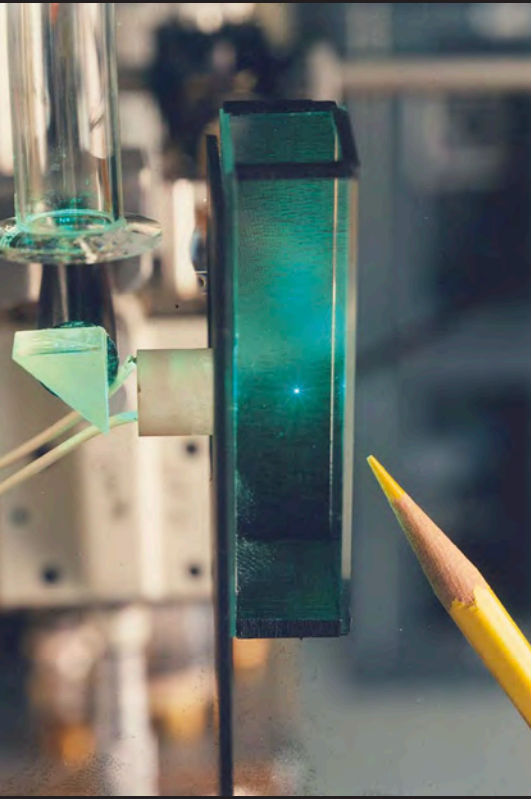


Işık ile atomlar arasında iki ayrı kuvvetten bahsedilebilir: saçılma kuvveti (a) ve dipol kuvveti (b). Saçılma kuvveti, atomların foton soğurması ya da yaymasının sonucudur. Durağan bir atom, bir foton soğurduğunda, momentumun korunumu yasası uyarınca, fotonun momentumu yönünde hız kazanır. Belirli bir yöndeki bir ışık ışınından soğurulan çok sayıda fotonun tamamı, atomun momentumunu aynı yönde değiştirir. Bu etkiler zamanla giderek birikir. Atom, kazandığı enerjiyi bir foton ile geri yaydığında da momentumu değişir. Ancak atomlar, fotonları rastgele yönlerde yaydığı için zaman içinde yayılan çok sayıda fotonun toplam momentumu sıfıra yakınsar. Dolayısıyla yayılan fotonlar, atomun momentumunda önemli bir değişime yol açmaz. Bir atomun belirli bir yöndeki bir lazer ışınından çok sayıda foton soğurup geri yaymasının net sonucu, atomun lazer ışını yönünde bir itme kazanmasıdır. Dipol kuvvetini ise iki biçimde anlayabiliriz. Birincisi, elektronların uyarılmasına yol açmayacak frekanslı bir ışık ışını ile etkileşimler, atomun enerji seviyelerinde kaymalara (ışık kayması) yol açar. Bu etki, ışık yoğunluğu daha yüksek olduğu için ışının merkezinde daha güçlüdür. Fotonların enerjisinin uyarılma için gerekli enerjiden daha düşük olması hâlinde atomlar ışının merkezine doğru çekilir. İkincisi, ışık ışınlarının taşıdığı elektrik alanı, pozitif yüklü atom çekirdeklerini ve negatif yüklü elektronları farklı yönlerde iterek bir dipol (çift kutup) ortaya çıkmasına yol açar. Bu durum, fotonların enerjisinin uyarılma için gerekli olandan daha düşük olması hâlinde, atomların ışının merkezine doğru çekilmesine neden olur.

Optik “Cımbızlar”: Parçacıkları Işıkla Yönlendirmek

Fotonların parçacıkları yönlendirebilmek için kullanılabileceği düşüncesi, Einstein’ın 1917’de fotonların da momentum taşıdığını fark etmesine kadar geri gider. Bu konuyla ilgili ilk deneylerse 1933 yılında Otto Frisch tarafından yapıldı. Frisch, sodyum-buhar lambasıyla ürettiği ışık ışınlarını kullanarak bir sodyum atom demetini 1 mm civarında saptırdı. Deneyler, ışık ışınlarının madde parçacıklarını yönlendirmek için kullanılabileceği düşüncesini doğrulasa da gözlemlenen etki çok küçüktü.

Lazerlerin 1960’larda icat edilmesinden sonraysa ışıkla madde parçacıklarını yönlendirme çalışmaları yeniden ivme kazandı. Bell Laboratuvarı çalışanlarından Arthur Ashkin, çeşitli kuramsal hesaplardan yararlanarak lazer ışınlarının mikroskopik nesneler üzerinde azımsanamayacak kuvvetler uygulayabileceğini fark etmişti. Bir argon lazeriyle su içindeki polistiren boncuklar üzerinde deneyler yapmaya başladı. Lazerin boncukları itebildiğini ve kabın duvarlarına tutturduğunu gözlemledi.



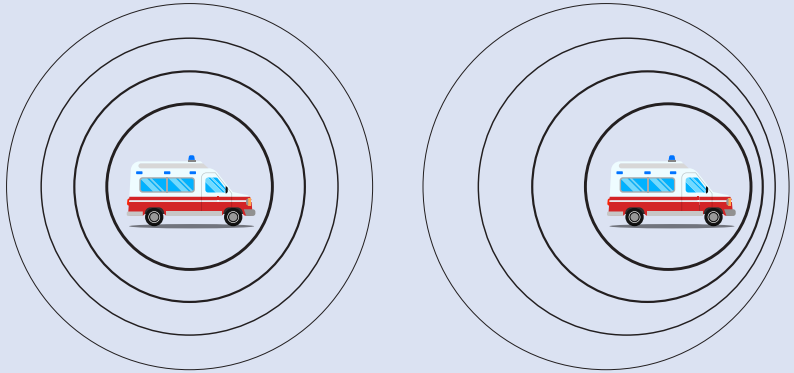
Nokia Bell Labs, Nokia Corporation ve AT&T Arşivi

Bell Laboratuvarlarında 1971 yılında çekilmiş bu fotoğrafta 25 mikron çapında bir cam küre lazer ışını tarafından havaya kaldırılmış hâlde görülüyor. Üçgen biçimli prizma, lazer ışığını kürenin alt kısmına odaklıyor.

Ashkin, 1970’te yayımladığı ilk makalesinde lazerlerin boncukları ivmelendirmenin yanı sıra “kıskaca da alabildiğini” yazıyordu. Deneyler, boncukların birbirine zıt yönlerde hareket eden lazer ışınlarının arasındaki bir bölgeye sıkıştırılabildiğini gösteriyordu. Ashkin, ilerleyen yıllarda Bell Laboratuvarındaki arkadaşlarıyla birlikte çalışmalara devam etti. Araştırmacılar, ışık ışınlarıyla küçük nesnelerin havaya kaldırıldığı deneylere imza attı. Daha da önemlisi Ashkin ve arkadaşları, ufak nesnelerin odaklanmış lazer

Doppler Kayması

Doppler kayması, bir dalga kaynağı ve bir gözlemcinin birbirlerine göre hareket etmesi sebebiyle, kaynaktan yayılan dalganın frekansı (ya da dalga boyu) ile gözlemci tarafından gözlemlenen dalganın frekansının birbirinden farklı olması durumudur. Doppler kaymasına günlük hayatta da sıklıkla tanık oluruz. Örneğin bir ambulans sireni, sabit bir frekansla ses yayar. Ancak ambulans bize yaklaşırken siren sesini giderek daha sık, bizden uzaklaşırken ise giderek daha seyrek duyarız. Başka bir deyişle ambulans bize yaklaşırken algıladığımız siren sesi daha yüksek frekanslı; ambulans bizden uzaklaşırken algıladığımız siren sesi ise daha düşük frekanslıdır. Bu durumun nedeni ambulansın bize göre hareket hâlinde olmasıdır. Ambulans bize yaklaşırken ambulansın yaydığı ses dalgalarının tepe noktaları, giderek daha yakın bir konumdan yayılır. Dolayısıyla bize ulaşan ses dalgalarının tepe noktaları arasındaki mesafe (dalga boyu) kısılır; ses dalgalarının tepe noktalarının ulaşma sıklığı (frekansı) artar. Ambulans bizden uzaklaşırsa tam tersi olur.



Doppler kayması

Söz konusu ışık dalgaları olduğunda da aynı durum geçerlidir. Işık kaynağı bize doğru yaklaşıyorsa gözlemlediğimiz ışığın frekansı ve enerjisi kaynaktan yayılan ışığın frekansından ve enerjisinden daha büyük; ışık kaynağı bizden uzaklaşıyorsa gözlemlenen ışığın frekansı ve enerjisi kaynaktan yayılan ışığın frekansından ve enerjisinden daha küçük olur.

Işıkla ilgili Doppler kaymasını ifade etmek için sıklıkla “maviye kayma” ve “kırmızıya kayma” terimleri kullanılır. Mavi renkli ışık daha yüksek frekanslı; kırmızı renkli ışık daha düşük frekanslıdır. Dolayısıyla bir ışığın renginin maviye kayması, kaynak ve gözlemcinin birbirine yaklaşması nedeniyle gözlemlenen ışığın kaynaktan yayılan ışıktan daha yüksek frekanslı olması; ışığın renginin kırmızıya kayması ise kaynak ve gözlemcinin birbirinden uzaklaşması nedeniyle gözlemlenen ışığın kaynaktan yayılan ışıktan daha düşük frekanslı olması anlamına gelir.

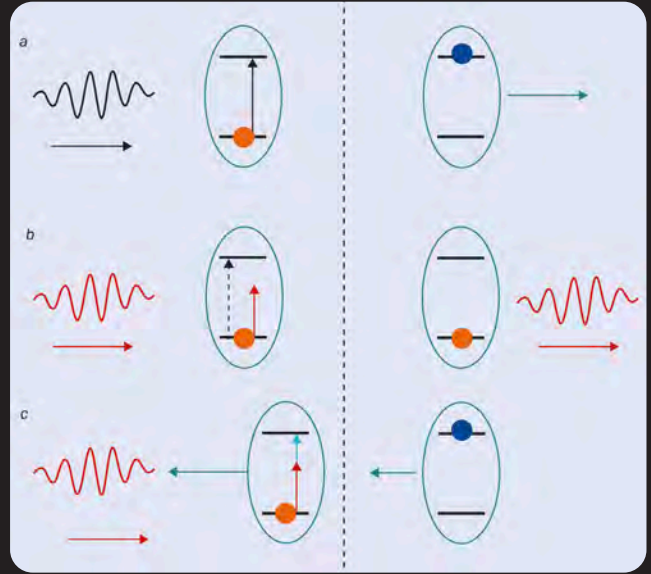
ışınlarının merkezinde kapana sıkıştırılabileceğini gösterdi. Bu yöntem, ilerleyen yıllarda “optik cımbızlama” olarak adlandırıldı. Optik cımbızlar, özellikle biyolojide pek çok uygulama alanı buldu. Ashkin, 2018’de optik cımbızların keşfine ve biyolojik sistemlerdeki uygulamalarına katkılarından dolayı Nobel ödülüyle onurlandırıldı.

Lazerle Soğutma

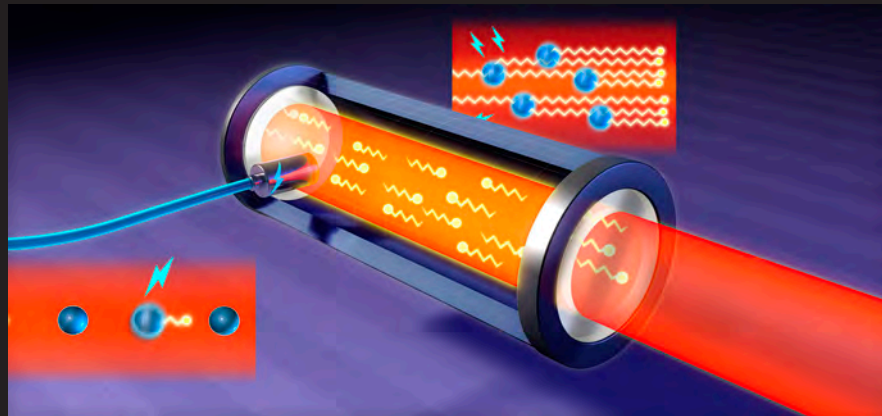
Ashkin’in çalışmaları, mikroskobik maddelere odaklanmıştı. Biri Stanford Üniversitesinden, diğeri Washington Üniversitesinden iki ayrı araştırma grubu ise 1970’lerin ortalarında lazerlerin uyguladığı kuvvetlerin daha da küçük maddeler üzerindeki etkileri üzerine kafa yormaya başladı. Stanford Üniversitesinden Theodor Hänsch ve Arthur Schawlow nötr atomlar; Washington Üniversitesinden Hans Dehmelt ve Dave Wineland ise iyonlar

üzerine çalışmalar yaptı. Her ne kadar bu iki sistem ilk bakışta farklı gibi gözükse de lazer kuvvetlerinin atomlar ve iyonlar üzerindeki etkileri benzerdi. Her iki araştırma grubu da lazerlerin nötr atomlardan ya da iyonlardan oluşan gazları soğutmak için kullanılabileceğini fark etmişti.

Lazerle soğutma mekanizması özetle şöyle ilerler: Bir lazer ışınının frekansı bir atomun iki enerji seviyesi arasındaki farkın bir miktar altına ayarlanmışsa (kırmızıya “ayarsız” lazer) ışık kaynağına göre durağan hâldeki atomlar, enerjisi yeterli büyüklükte olmadığı için lazerden foton yakalayamaz. Işık kaynağından uzaklaşan atomlar içinse



(a) Durağan bir atomun, lazer ışınından foton yakalayabilmesi için fotonun enerjisinin atomun enerji seviyeleri arasındaki farka eşit olması gerekir. Fotonu soğuran atom, momentum kazanır. (b) Lazer ışınının kırmızıya ayarsız olması (fotonun enerjisinin atomun enerji seviyeleri arasındaki farktan küçük olması) durumunda durağan bir atom, foton soğuramaz. (c) Lazer ışınına doğru hareket eden bir atom, kırmızıya ayarsız bir lazer ışınından foton soğurabilir. Foton soğuran atomun momentumu azalır.



Lazer

kırmızıya kayma nedeniyle, fotonların enerjisi daha da düşüktür. Dolayısıyla bu atomlar da lazer ışınıyla etkileşemez. Işık kaynağına doğru hareket eden atomlar içinse maviye kayma nedeniyle, fotonların enerjisi artar. Bu atomlar kırmızıya ayarsız lazer ışınlarından foton yakalayabilir. Foton soğuran atomların enerjisi artar, ancak hareket yönleri birbirine zıt olduğu için momentumları azalır. Uyarılan atomlar sahip olduğu fazla enerjiyi bir süre sonra yeniden geri yayar. Rastgele bir yönde yayılan fotonun enerjisi (laboratuvar referans sisteminde), lazer ışığının frekansından büyük olur. Dolayısıyla lazer ışığından

foton yakalayıp yayma süreci, atomun enerjisinin zamanla azalmasına yol açar. Sıcaklık, bir sistemdeki ortalama enerjinin bir ölçüsüdür. Dolayısıyla sistemdeki parçacıkların enerjisi foton soğurup yayma yoluyla zamanla azaldıkça sistemin ortalama enerjisi ve dolayısıyla sıcaklığı azalır. Böylece bir gaz bulutunun üzerine tutulan güçlü lazer ışığının etkisiyle soğuması mümkün olur.

Lazer ışınının frekansı, atomun iki enerji seviyesi arasındaki farkın bir miktar üstüne ayarlandığında ise (maviye ayarsız lazer) ancak ışık kaynağından uzaklaşmakta olan (lazer ışığının kırmızıya kaydığı) parçacıklar foton yakalayabilir. Bu parçacıklar da bir süre sonra kazandıkları fazla enerjiyi geri yayar. Ancak yayılan fotonların frekansı, lazerinkinden düşük olur. Bu durum, gaz bulutunun zamanla ısınmasına yol açar.

Özetle, lazerin kırmızıya ayarsız olması durumunda sadece lazer ışığının maviye kaydığı atomlar foton yakalayabilir ve bu durum, gaz bulutunun soğumasına yol açar. Lazer ışığının maviye ayarsız olduğu durumda ise sadece lazer ışığının kırmızıya kaydığı parçacıklar foton yakalayabilir ve bu durum, gaz bulutunun ısınmasına yol açar.

İyonların Lazerle Soğutulması

Wineland, 1975'in sonunda ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsünde (NIST) çalışmaya başladı. Asıl görevi sezyum atom saati araştırmalarına destek vermektir, ancak lazerle soğutma üzerinde de çalışmalar yapma fırsatı buldu.

Wineland, bir kapanın içindeki iyonları lazerle soğutma üzerine çalışmaya karar vermişti. Böyle bir deneyi gerçeğe dönüştürmek için üç şeye ihtiyaç vardı: 1) iyon kapanı, 2) kapanın içinde sadece üzerinde deneyler yapılacak iyonların bulunmasını sağlayacak bir vakum sistemi, 3) kapandaki iyonları soğutacak bir lazer sistemi. O dönemler Wineland, lazerler hakkında fazla bir şey bilmiyordu. Deneyleri gerçeğe dönüştürmek için yine NIST'de çalışan Bob Drullinger ile iş birliği yaptı.

Drullinger, 1977'de yaklaşık altı haftalık bir çabanın sonucunda iyonların lazerle soğutulmasının incelenebileceği bir deney düzeneğini bir araya getirdi. İyon kapanının içinde yaklaşık 50.000 magnezyum iyonu vardı. Araştırmacılar, iyonların rastgele hareketlerinin kapanın elektrotlarında sebep olduğu akımı ölçerek gaz bulutunun sıcaklığı hakkında fikir edinmeyi planlıyordu.



Amerikalı fizikçi David Wineland, NIST'deki laboratuvarında

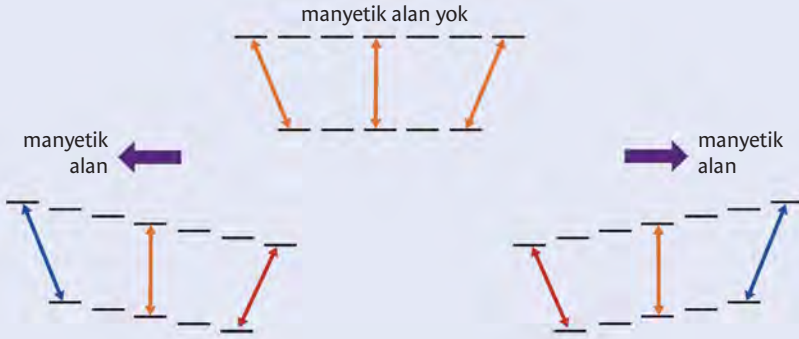
İyonların sıcaklığı ne kadar yüksekse rastgele hareketlerin sebep olduğu "gürültülü" akım da o kadar yüksek olmalıydı. Dolayısıyla akımın zamanla artması ısınmaya; zamanla azalmasıysa soğumaya işaret edecekti.

Wineland ve Drullinger ilk olarak morötesi lazerin frekansını, durağan iyonların soğurabileceğinden biraz



Stronsiyum iyon kapanı. Bu kapan bir stronsiyum optik saatinin bileşenlerinden.

Zeeman Kayması



Zeeman etkisi, bir atomun enerji seviyelerinin harici manyetik alan etkisiyle kaymasını ifade eder. Örneğin bir sodyum atomunun 5 adet 3d orbitalinin ve 7 adet 4f orbitalinin enerjileri, harici bir manyetik alanın yokluğunda aynıdır. Bu orbitaller arasındaki geçişlerin tamamı, aynı miktarda enerji gerektirir. Harici bir manyetik alan uygulandığında orbitallerin enerjileri, açısal momentum kuantum sayısına ve manyetik alanın büyüklüğüne bağlı olarak farklı miktarlarda değişir. Bu durum 3d orbitalleri ile 4f orbitalleri arasındaki geçişlerin, açısal momentum kuantum sayılarına ve manyetik alanın büyüklüğüne bağlı olarak farklı miktarda enerji gerektirmesine yol açar.

daha düşüğe ayarladı. Bekledikleri gibi elektrotlardaki akımın belirgin bir biçimde azaldığını gözlemlediler. Araştırmacılar, gözlemlenen etkinin lazerlerden kaynaklandığından emin olmak için aynı deneyi, bir kez de lazerin frekansını durağan iyonların soğurabileceğinden biraz daha yükseğe ayarlayarak tekrarladı. Bu kez de elektrotlardaki akımın belirgin bir biçimde arttığı gözlemlendi. Her ne kadar gaz bulutunun sıcaklığının ne olduğu tespit edilemese de elde edilen deney sonuçları, “kırmızıya ayarsız” lazerlerle gaz bulutlarının soğutulabileceğini; “maviye ayarsız” lazerlerle ise gaz bulutlarının ısıtılabilmesini doğruladı. Wineland 2012’de Nobel Fizik Ödülü’nü kazandı.

Atomların Lazerle Soğutulması

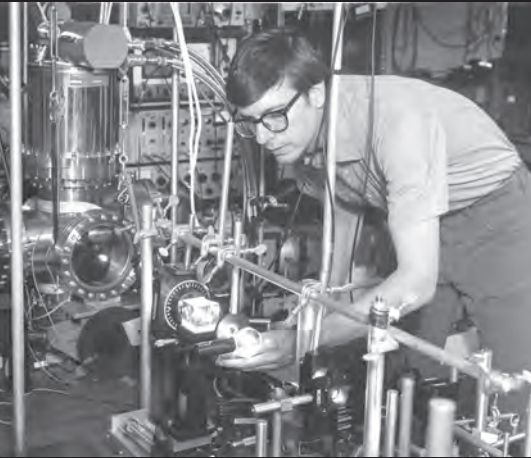
Wineland’ın NIST’nin Boulder’daki tesisinde iyonların lazerle soğutulması üzerine çalıştığı sıralarda, Bill Phillips MIT’de doktora öğrencisiydi. Doktora tezi konusu, manyetik rezonans üzerine olsa da lazerler üzerine de çalışmalar yapmıştı. Phillips 1980’lerin ortalarında NIST’nin Gaithersburg, Maryland’daki tesisinde çalışmaya başladı. Wineland gibi onun da asıl işi, lazerle soğutma üzerine araştırmalar yapmak değildi.

Elektrik akımını daha iyi ölçmek üzerine bir projede çalışmak üzere işe alınmıştı. Ancak işe girerken, ana görevinin dışında atom fiziği üzerine de araştırmalar yapmasına izin verilmesi için söz almıştı.

Phillips, atomların lazerle soğutulması üzerine çalışmayı planlıyordu. Esin kaynağı, Ashkin’in 1978’de yazdığı bir makaleydi. Ashkin, nötr atomların odaklanmış iki lazer ışını arasında kapana sıkıştırılabileceğini öne sürmüştü. Ancak bunu başarmak kolay değildi. Elektriksel olarak yüksüz olmaları nedeniyle nötr atomlara kolayca uygulanabilecek iki kuvvet vardır: saçılma kuvveti (foton soğurulması yoluyla momentum transferi) ve dipol kuvveti (ışığın elektrik alanının atomun yük dağılımını dengesizleştirmesiyle atomun ışının merkezine doğru çekilmesi). Bu kuvvetlerin her ikisi de görece zayıftır. Bu yüzden bir optik kapanla sıcak gaz bulutundaki atomları bir hacmin içine hapsedmek zordur.

Phillips, MIT’de doktora sonrası araştırmalarına devam ederken de sodyum atomlarının lazerle soğutulması üzerine çeşitli denemeler yapmış ve iki önemli sorun olduğunu fark etmişti. Birincisi sodyum atomu ışını “fırından” 1.000 m/s’ye varan bir hızla çıkıyordu ve bu çok büyük bir Doppler kaymasına yol açıyordu. Atomlar lazer ışınından foton soğurarak yavaşlamaya

başladığında ise Doppler kayması azalıyor ve atomlarla lazer arasındaki etkileşimler azalıyordu. Atomların hızı sadece birkaç m/s düştükten sonra soğuma duruyordu. İkincisi ise atomların gerçek yapısının, Doppler soğutması ile ilgili açıklamalarda varsayılandan daha karmaşık olmasıydı. Gerçek atomlarda çok sayıda enerji seviyesi vardır. Deneylerde kullanılan lazerler, bu enerji seviyelerinin belirli iki tanesi arasındaki enerji farkına ayarlanıyordu. Ancak deneyler sırasında elektronlar, lazer ışınından foton soğuramayacakları “karanlık” bir enerji seviyesine geçiş yapıyordu. Bu durum da yine soğuma sürecinin sonlanmasına yol açıyordu.

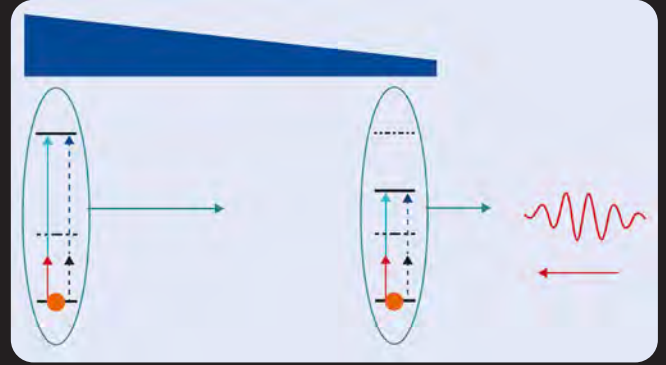


Bill Phillips 1990'larda, NIST'deki laboratuvarında kapana kısırılmış, ısıldayan bir sodyum atom bulutunu gözlemlerken

Phillips 1980'lerin ortalarında, sodyum atomlarını lazerle soğutmak için NIST'de bir laboratuvar kurdu. O sıralar başka araştırma grupları, Phillips'in daha önce tespit ettiği iki soruna

çeşitli çözümler öne sürmüştü. Çoklu enerji seviyeleri sorunu, ikinci bir lazer kullanılarak aşılabilir. Bu ikinci lazer, atomları içine düştükleri karanlık durumdan çıkararak yeniden soğutucu lazerle etkileşmeye başlamlarını sağlayacaktı. Doppler kaymasındaki değişimi çözmek içinse iki yol vardı: Birincisi soğutucu lazerde tek bir değil, çok sayıda frekansta ışık ışını olması (beyaz ışık soğutması). İkincisi, Doppler kaymasındaki değişime uygun biçimde soğutucu lazerin frekansının zamanla değiştirilmesi. Bu çözümler, hem pahalıydı hem de lazer kaynağının karmaşık biçimlerde modifiye edilmesini gerektiriyordu. Phillips, MIT'den tez danışmanı Hal Metcalf'a da danışarak her iki sorunu birden basit bir biçimde çözmeyi başardı: Lazerlerin frekansını Doppler kaymasındaki değişimlere uygun biçimde ayarlamak yerine atomların enerji seviyelerini Doppler kaymasındaki farklılara uygun bir biçimde ayarlamayı tercih etti.

Phillips'in çözümü, Zeeman etkisine dayanıyordu. Manyetik alan içerisinde bulunan atomların enerji seviyelerinde kaymalar olur. Manyetik alanın



Phillips ve Metcalf, Zeeman kaymasından yararlanarak tek frekanslı bir lazer ışınıyla farklı hızlarda hareket eden atomları soğutmanın bir yolunu buldu. Konik manyetik alanın büyüklüğü, kaynağa daha yakın bölgelerde daha büyük; kaynağa daha uzak bölgelerdeyse daha küçük. Bu durum, yüksek hızlı atomlardaki Zeeman kaymasını daha büyük; düşük hızlı atomlardaki Zeeman kaymasının daha küçük olmasına yol açıyor. Böylece, tek frekanslı bir lazerle farklı hızlarla hareket eden atomları soğutmak mümkün oluyor.

büyüklüğüne bağlı olarak bu kaymaların büyüklüğü de değişir. Phillips fırından çıkan atom ışını demetlerinin etrafında konik bir manyetik alan oluşturdu. Kaynağa daha yakın, atomların daha hızlı hareket ettiği (Doppler kaymasının daha büyük olduğu) bölgedeki manyetik alan daha büyük; kaynağa daha uzak, atomların daha yavaş hareket ettiği bölgedeki manyetik alan ise daha küçüktü. Manyetik alanın büyüklüğündeki bu değişim sayesinde tek bir lazerle çok farklı hızlarla hareket eden atomları soğutmak mümkün oldu. Üstelik manyetik alan, karanlık hâle geçen atomların ikinci bir lazerle yeniden soğutucu lazerle etkileşebilecek hâle getirilmesi ihtiyacını da ortadan kaldırdı.

Atomların Manyetik Kapanla Yakalanması

Phillips ve Metcalf'ın bir sonraki hedefi, atomları kapana kısırmak oldu. Bu amaç için de yeni Zeeman kaymasından faydalandılar. Araştırmacılar, soğutulan atomların içinde bulunduğu vakum haznesinin içine iki bobin yerleştirerek merkezden dışa doğru büyüklüğü giderek artan bir manyetik alan oluşturdu. Bu durum manyetik alanın merkezindeki Zeeman kaymalarının daha küçük; dış bölgelerindeki Zeeman kaymasının daha büyük olmasına yol açtı. Manyetik alanın merkezinden uzaklaşan atomların “iç enerjisi”, Zeeman kaymasının enerji seviyelerinde sebep olduğu kaymalara bağlı olarak artıyordu. Bu artış ise doğal olarak atomların hareket enerjisinin azalmasına ve yavaşlamalarına yol açıyordu. Merkezden dışarıya doğru yol alan atomlar eninde sonunda durup yön değiştiriyor ve manyetik alanın merkezine doğru hareket etmeye başlıyorlardı.

Phillips ve Metcalf nötr atomların manyetik kapanla bir hacmin içine hapsedilmesi üzerine ilk makalelerini 1985'te yayımladı. On iki sene sonra Phillips'e “atomların lazer ışığıyla soğutulması ve kapana kısırılması” üzerine çalışmalarından dolayı Nobel Fizik Ödülü verildi.

Optik Ağdalar

Ashkin, 1970'lerin sonlarında Bell Laboratuvarı'ndaki çalışma arkadaşlarıyla birlikte atom demetleri üzerinde deneyler yapmaya başlamıştı. John Bjorkholm ile birlikte yaptıkları çalışmada, atom demetleriyle lazer ışınlarını üst üste bindirerek atomların bir noktaya odaklanabileceğini ya da bir noktadan uzaklaştırılabileceğini göstermişlerdi. Lazer ışınının atomların enerji seviyelerinde sebep olduğu değişimler (ışık-kayması), lazer ışınının kırmızıya ayarsız olması durumunda atomların ışının içine çekilmesine; maviye ayarsız olması durumundaysa atomların dışarı itilmesine yol açıyordu. Ashkin, bu olgudan yararlanarak “tamamen optik” (Phillips'in deneylerinde olduğu gibi manyetik alanların kullanılmadığı) bir atom kapanı geliştirmek istiyordu. Bjorkholm ile birlikte bu amaca ulaşmak için çalışmaya başladı. Ancak kullandıkları deney düzeneğinin mikadan üretilmiş camları, yeteri kadar düşük basınçlı bir ortam

oluşmasına izin vermiyordu. Dışarıdan gelen atomlar ve moleküller, düzeneğin içine sızarak atom demetindeki atomlarla çarpışıyor ve kapana kısırılmaya çalışılan atomların dağılmasına yol açıyordu. Birkaç yıl süren çalışmaların başarıya ulaşamaması üzerine Bell Laboratuvarı yöntemi, Ashkin'den bu konuyu bırakıp başka şeylere yönelmesini istedi. Ancak o sıralarda Steve Chu'nun Bell Laboratuvarında çalışmaya başlamasıyla durum değişti.

Ashkin ve Chu birlikte atomların soğutulmasına ve kapana kısırılmasına uygun bir vakum sistemi geliştirdi. Ayrıca Doppler kaymasında değişimlerle baş edebilecek biçimde lazer frekansının ayarlanabildiği, sodyum atomlarını yavaşlatmak için kullanılacak bir düzenek kurdular. O güne kadar lazerle soğutma sistemlerinde tek bir soğutucu lazer kullanılıyor, sadece bu lazer ışınına zıt yönde hareket eden parçacıklar lazerle etkileşebiliyordu. Chu ise birbirine dik olarak konumlandırılmış üç çift



Optik ağdalarla birbirine dik olarak konumlandırılmış üç çift lazer bulunur. Atomlar hangi yönde hareket ederlerse etsinler soğutucu bir lazerle etkileşebilirler.

lazer kullanılmasını önerdi. Lazer çiftleri birbirlerine zıt noktalara yerleştirilecek ve birbirlerine zıt yönlerde ışın üreteceklerdi. Böylece atomların sadece tek bir yöne hareket ederken değil, hangi yöne hareket ederlerse etsinler kırmızıya ayarsız fotonları yakalayarak enerji kaybetmeleri mümkün olacaktı. Chu, böyle bir düzenekteki atomların hareketlerini, aşırı ağıdalı bir sıvının içinde yüzmeye çalışan bir yüzücünün hareketlerine benzeterek hayal ettikleri sisteme “optik ağda” adını verdi.

Araştırmacılar, optik ağdaları 1985’te gerçeğe dönüştürdü. Geliştirdikleri sistem o kadar ağıdalydı ki sodyum atomlarını bir saniyenin onda biri kadar üst üste binen ışınlarda tutmayı başarabiliyordu. Bu süre, günlük hayatımız açısından çok kısa olsa da atom fiziği açısından neredeyse sonsuz uzunluktadır.

Ashkin, Chu ve arkadaşları optik ağdanın içindeki atomların sayısını ve gaz bulutunun sıcaklığını ölçmeyi de başardı. Lazer ışınlarından foton soğurup yeniden yayan atomlar; ışıldayan, dağınık bir bulut olarak görülüyordu. Atomların yaydığı toplam ışık miktarı da ağdanın içindeki atomların sayısının tahmin edilmesine imkân veriyordu. Araştırmacılar, gaz bulutunun sıcaklığını ölçmek için ise “serbest bırak yeniden yakala” olarak adlandırılabilen bir yöntem kullanıyordu: Lazerler kısa bir süreliğine kapatılıp yeniden açılıyor, bu arada optik ağdanın

dışına kaçmayı başaran atomların sayısı ölçülerek gaz bulutunun sıcaklığı belirleniyordu. Analizler, optik ağda ile soğutulan sodyum atomu bulutunun sıcaklığının 240 mikrokelvine kadar düştüğünü gösteriyordu.

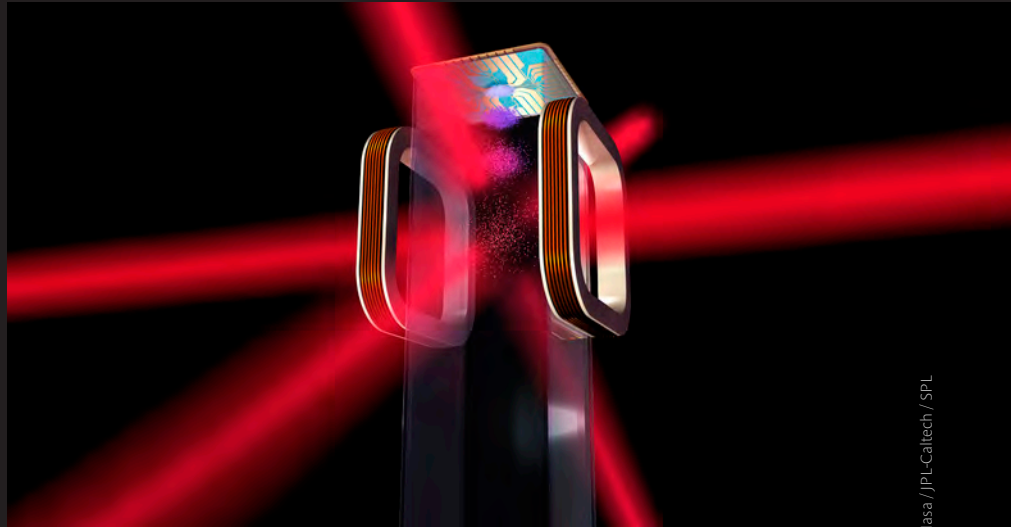
Optik ağdalar her ne kadar atomları soğutmakta gayet etkin olsa da Ashkin’in hayal ettiği gibi bir kapan değildi. Atomların hareketleri yavaşlasa da bir kez lazer ışınlarının sınırlarına ulaştıklarında kolayca dışarı kaçabiliyorlardı. Bir kapanın ise sistemin sınırlarına ulaşan parçacıkları yeniden içeriye doğru yönlendirmesi gerekir.

Bir kapan oluşturmanın en basit yolu, optik cımbızlarda olduğu gibi bir noktaya odaklanan lazer ışınları kullanmaktır. Lazer ışınının odaklanacağı bölgenin hacmi, sistemin tamamına kıyasla çok küçük kalacaktı. Ancak Ashkin, Bjorkholm ve Chu, vakum sistemi içindeki rastgele hareketleri sırasında

atomların yolunun eninde sonunda kapanın içine düşeceğini fark etmişti. Araştırmacılar, geliştirdikleri optik ağda sistemine atomları kapana kısıracak bir lazer daha eklediler. Sonuçta içinde birkaç yüz atom bulunan bir bulutun, kapanın içinde ışıldamaya başladığı görüldü. Kapana kısırılan atomların sayısını artırmak ise kolay değildi. Ya atomları daha çok soğutmanın bir yolunu bulmak ya da daha iyi bir kapan geliştirmek gerekiyordu.

Magneto-Optik Kapanlar

1980’lerin ilk yarısında Fransa’daki École Normale Supérieure’den (ENS) Claude Cohen-Tannoudji ve öğrencileri lazerle soğutmayı kuramsal açıdan inceliyordu. Lazerle gaz bulutlarını soğutmanın mümkün olabileceğinin anlaşılmasından sonra ilk olarak üç Sovyet fizikçi

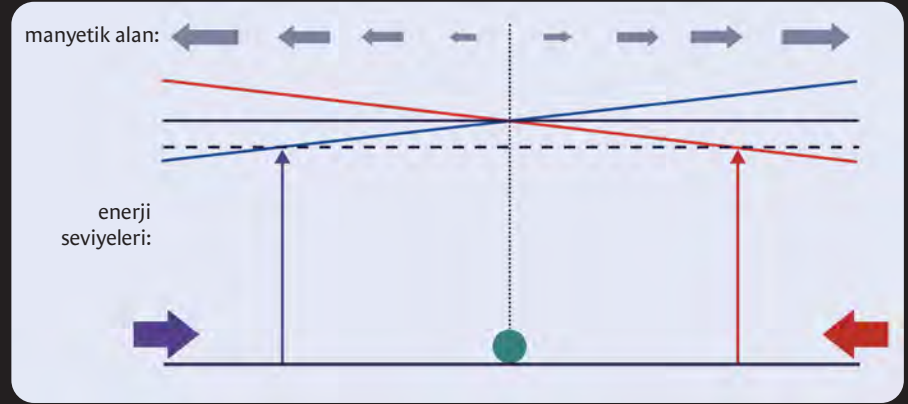


Magneto-optik kapan

Vladilen Letokhov, Vladimir Minoghin ve Boris Pavlik ardından da çeşitli başka araştırma grupları, ulaşılabilir minimum sıcaklığı belirlemek üzere kuramsal çalışmalar yapmıştı. Tüm araştırma gruplarının vardığı sonuçlar, Doppler soğutmasıyla bir gaz bulutunun sıcaklığının mutlak sıfırın birkaç yüz mikrok Kelvin üzerine kadar düşürülebileceğini gösteriyordu. Ashkin ve Chu'nun optik ağıdalarla ölçtüğü sıcaklık da bu tahminlerle uyumluydu. Cohen-Tannoudji'nin doktora öğrencisi Jean Dalibard ise bu sınırı daha da aşağılara çekmenin mümkün olup olmadığı üzerine kafa yoruyordu.

Doppler soğutmasıyla ulaşılabilir sıcaklığın bir alt sınırı olmasının nedeni, soğutucu lazer ışığı tarafından uyarılan atomların yaydığı fotonların tamamının ortamdan uzaklaşmaması, bir kısmının yeniden ortamı ısıtmasıdır. Dalibard, atomları mümkün olduğu kadar “karanlıkta tutarak” 1970’lerdeki kuramsal analizlerin iddia ettiğinden daha düşük bir alt sınıra ulaşmanın mümkün olabileceğini düşündü. Bu amaçla atomların daha önceki analizlerde göz önünde bulundurulmayan bir özelliğine odaklandı.

Standart Doppler soğutma kuramında atomlar, bir temel enerji seviyesinden bir de uyarılmış enerji seviyesinden oluşuyormuş gibi düşünülüyordu. Gerçekte ise atomların enerji seviyeleri,



Magneto-optik kapanlarda magnetik alanın büyüklüğü merkezden dışa doğru giderek büyür. Orbitallerin enerjilerinde, magnetik alanın büyüklüğüne ve orbitallerin açıl momentumuna bağlı olarak kaymalar yaşanır. Atomlar ancak Zeeman kayması, Doppler kayması ve lazer ışığı frekansının doğru kombinasyonunda olduğu noktalarda foton soğurabilir.

her biri farklı açıl momentum değerlerine sahip alt seviyelerden oluşur. Atom, bir manyetik alanın içerisinde bulunduğunda alt seviyelerin enerjisi artar ya da azalır (Zeeman etkisi). Enerjideki değişim, manyetik alanın büyüklüğüne, yönüne ve enerji seviyesinin açıl momentumuna bağlı olarak değişir. Süreci karmaşıklaştıran bir başka etken ise ışık ışınlarının polarizasyonudur. Işık ışınının polarizasyonuna bağlı olarak uyarılma sırasında açıl momentum artar ya da azalır. Dolayısıyla elektronlar, herhangi iki alt enerji seviyesi arasında geçiş yapamaz. Bir elektronun, bir alt enerji seviyesinden bir başka alt enerji seviyesine uyarılabilmesi için seviyeler arasındaki açıl momentum farkının da ışık ışının polarizasyonuna bağlı olarak, belirli bir değer alması gerekir.

Dalibard, kuramsal analizinde hem atomların alt enerji seviyelerini hem de ışık ışınlarının

polarizasyonunu dikkate aldı ve sistemde bir merkezden dışarı doğru büyüyen bir manyetik alan olduğunu hayal etti. Böyle bir sistemde atomların lazer ışığından foton yakalayabilmesi için Doppler kaymasının, Zeeman kaymalarının ve lazer ışığının frekansının doğru kombinasyonda olması gerekiyordu. Sistemdeki manyetik alanın büyüklüğü, konuma bağlı olarak değiştiği için bu durum, atomların herhangi bir konumda lazer ışığı tarafından uyarılamayacağı, soğutucu lazer ışığıyla ancak belirli konumlardayken etkileşebilecekleri anlamına geliyordu. Dalibard, atomlar ile lazer ışığı arasındaki etkileşimleri bu şekilde sınırlandırarak ulaşılabilir minimum sıcaklık değerlerinin daha da aşağıya çekilebileceğini düşünmüştü. Ancak kuramsal hesapları tamamladığında böyle bir sistemle Doppler-altı soğutmanın mümkün olmadığını gördü. Hesaplar böyle bir sistemin “atom kapanı” olarak kullanılabileceğini

ancak daha önceleri ulaşılanlardan daha fazla bir soğutma sağlamayacağını gösteriyordu. Dalibard amacına ulaşamamıştı ancak yaptığı çalışmalar boşa gitmedi.

MIT'den Dave Pritchard 1986 yılında ENS'de bir seminer vermiş ve daha büyük hacimli kapanlar üretmek üzerine düşüncelerinden bahsetmişti. Pritchard seminerden sonra dinleyicilere daha iyi bir fikri olan var mı diye sordu. Cevap Dalibard'dan geldi. Pritchard ABD'ye döndükten sonra Dalibard'ın analizlerinden yararlanarak Chu ile birlikte ilk magneto-optik kapanı geliştirdi.

Magneto-optik kapanların geliştirilmesi, lazerle soğutma araştırmaları açısından çok önemli bir aşama oldu. Geliştirilen yöntem o kadar basitti ki sadece tek frekanslı bir lazer ve görece zayıf bir manyetik alanın varlığı, atomları kapana sıkıştırmak için yeterliydi. Daha önemlisi magneto-optik kapanların kapasitesi, daha önceki kapanlara kıyasla çok daha yüksekti. Ashkin ve Chu'nun geliştirdiği tamamen optik kapan birkaç yüz atomu, Phillips'in ilk manyetik kapanı birkaç bin atomu, magneto-optik kapan ise on milyonlarca atomu bir hacmin içine hapsedebiliyordu. Tüm bu etkenler, ucuz diyet lazerlerinin de geliştirilmesiyle beraber, aşırı düşük sıcaklıklardaki fizik araştırmalarının tüm dünya genelinde ivmelenmesine yol açtı.

Tahminleri Aşan Soğuma

Pritchard ve Chu'nun ilk magneto-optik kapanı ürettikleri sırada Phillips ve arkadaşları optik ağdalarla deneyler yapıyordu. Araştırmacılar, kapan içindeki gazın sıcaklığını ölçmek için yeni bir yöntem kullanmaya karar verdi. Sistemin etrafına, dışarı kaçan atomların varlığına işaret eden bir sonda sistemi kurdular. Optik ağda sistemi kapatıldığında atomlar etrafa dağılmaya başlıyor ve atomların sondaya ulaşması için geçen süre gaz bulutunun sıcaklığının belirlenmesine imkân veriyordu. Araştırmacılar, daha önceleri Bell Laboratuvarında kullanılan "serbest bırak yeniden yakala" yöntemine kıyasla daha düşük hata paylarına sahip olan bu yöntemle gaz bulutunun sıcaklığını ölçtüklerinde şaşırtıcı bir sonuçla karşılaştı. Kuramsal tahminlere göre Doppler soğuması ile ulaşılacak en düşük sıcaklık 240 mikrokelvindi. Ancak ölçümler, gazın sıcaklığının 40 mikrokelvin olduğunu gösteriyordu.

Kuramsal hesaplar, deneylere kıyasla daha idealize durumlara karşılık gelir. Bir deneyin kuramsal tahminlerden beklenenden daha iyi sonuç vermesi, beklenen bir durum değildir. Araştırmacılar, bir yanlışlık olmadığından emin olmak için lazerle soğutma

üzerine çalışmalar yapan diğer araştırma gruplarıyla iletişime geçti. Hem Steve Chu hem de Carl Wieman kısa süre sonra optik ağdaların teorisinin tahmin ettiğinden daha fazla soğutabildiğini doğruladı.

Sisyphus Soğuması

Optik ağdalar beklenenden daha fazla soğutmayı nasıl başarıyordu? Daha önceleri kullanılan kuramsal modellerde nasıl bir eksiklik olabilirdi?

Daha önceki kuramsal tahminleri aşan bir soğumanın nasıl gerçekleştiğinin açıklaması, Dalibard ve Cohen-Tannoudji tarafından yapıldı. Araştırmacılar, Dalibard'ın magneto-optik kapanların teorisini geliştirirken yaptığı gibi, gerçek atomların aynı enerjiye sahip birden fazla orbitale sahip olmasına odaklandı. Optik ağdaların beklentileri aşan bir soğutma yapabilmesini sağlayan ana etken ise ışık ışınlarının polarizasyonu (ışık ışınlarının taşıdığı elektrik alanının salınma doğrultusuyla) ilgiliydi. Birbirine zıt yönlerde hareket eden ışık ışınları üst üste bindiğinde karmaşık bir polarizasyon örüntüsü ortaya çıkıyor, bu durum da atomların durmaksızın farklı konfigürasyonlar arasında geçiş yapmasına yol açarak soğutmaya katkıda bulunuyordu.



Sisyphus soğuması sırasında, bir polarizasyon bölgesinden diğerine doğru yol alan bir atomun iç enerjisi artar, hareket enerjisi azalır. Atom, bir sonraki polarizasyon bölgesine geçtiğinde lazerle etkileşerek iç enerjisini azaltır. Ancak kaybettiği hareket enerjisini geri kazanamaz.



Fransız fizikçi Claude Cohen-Tannoudji

Dalibard ve Cohen-Tannoudji, kuramsal modellerinde atomların biri $-\frac{1}{2}$ ile diğeri $+\frac{1}{2}$ ile ifade edilen iki temel enerji seviyesine ve bir uyarılmış enerji seviyesine sahip olduğunu varsaydı. Doğrusal olarak polarize olmuş, birbirine zıt yönlerde hareket eden lazer ışınları ise üst üste bindiklerinde biri σ^+ ile diğeri σ^- ile sembolize edilen polarizasyon durumlarının art arda sıralandığı bir örüntü oluşturuyordu. Böyle bir sistemde σ^- bölgesinin içine giren bir atomun lazerle etkileşmesiyle elektron $-\frac{1}{2}$ orbitaline geçer. Işık kayması nedeniyle σ^- bölgesinin

içinde $-\frac{1}{2}$ orbitalinin enerjisi $+\frac{1}{2}$ orbitalinin enerjisinden daha düşüktür. Atom σ^+ bölgesine doğru yol aldıkça $-\frac{1}{2}$ orbitalinin enerjisi giderek artar, $+\frac{1}{2}$ orbitalinin enerjisi giderek azalır. Bu sırada, elektronun içinde bulunduğu $-\frac{1}{2}$ orbitalinin giderek enerji kazanması atomun hareket enerjisinin azalmasına yol açar. Atom σ^+ bölgesinin içine girdiğinde artık $+\frac{1}{2}$ orbitalinin enerjisi $-\frac{1}{2}$ orbitalinin enerjisinden daha düşüktür. Elektron lazerle etkileşerek $-\frac{1}{2}$ orbitalinden $+\frac{1}{2}$ orbitaline geçer. Bu sırada atom enerji kaybeder. Üstelik, atom σ^- bölgesinden σ^+ bölgesine doğru tırmanırken kaybettiği hareket enerjisini de geri kazanamaz. Bir polarizasyon bölgesinden diğer polarizasyon bölgesine geçmenin net sonucu, atomun toplam enerjisinin azalmasıdır. Aynı süreç atom bir sonraki polarizasyon bölgesine doğru yol alırken yinelenir.

Yunan mitolojisinde Sisyphus olarak adlandırılan bir karakter vardır. Sisyphus, kralı olduğu

Ephyra'ya gelen ziyaretçileri öldürmesi sebebiyle devasa bir kayayı yokuş yukarı itmekle cezalandırılır. Öyle ki zirveye her yaklaştığında kaya başlangıç noktasına geri kayacak, Sisyphus da kayayı sonsuza kadar itmeye devam edecektir. Dalibard ve Cohen-Tannoudji, optik ağıdalarındaki atomları Sisyphus'a, elektronları ise zirveye yaklaştığında yeniden aşağı inen devasa kayaya benzeterek, açıklamasını yaptıkları sürece Sisyphus soğuması adını verdi.

Dalibard ve Cohen-Tannoudji'nin geliştirdiği kuram, ulaşılabilecek minimum sıcaklıklar ve bu sıcaklıkların hem manyetik alana hem de lazer frekansına bağımlılığı hakkında somut tahminler yapıyordu. Bu tahminler kısa süre içinde dünya genelinde lazerle soğutma üzerine deneysel çalışmalar yapan araştırma grupları tarafından doğrulandı. Cohen-Tannoudji ve Chu 1997 Nobel Fizik Ödülü'nü Phillips ile paylaştı.

Sisyphus etkisiyle, atomlar hiçbir yokuşu tırmanamayacak hâle gelinceye kadar enerji kaybeder. Bu durum, optik ağıdalar içindeki atomların eninde sonunda bir polarizasyon bölgesinin içine hapsolmesiyle sonuçlanır. Böylece hem atom bulutu soğutulmuş hem de içerisindeki atomlar bir daha çıkmayı başaramayacakları kuyuların içinde kapana kısıtılmış olur. Üstelik bu

kapanlar, iyonları hapsetmek için kullanılan manyetik kapanlar kadar sıklıdır.

1990'ların başlarına gelindiğinde hem iyonlar hem de atomlar kapanlar içerisinde kuantum doğalarının açığa çıkacağı kadar soğutulmaya başlanmıştı. Bu sistemler ilerleyen yıllarda kuantum hesaplama ile ilgili araştırmalarda önemli rol oynadı.

Sisyphus etkisindeki kuyuların kendileri de yeni araştırma alanlarına konu oldu. Üst üste binen lazer ışınlarının ortaya çıkardığı bu kuyular, periyodik olarak tekrar eden konumlarda ortaya çıkıyor ve optik ağlar olarak adlandırılan yapıları oluşturuyor, yapılarının kristalli katılara benzemesi ise optik ağları süperiletkenlik gibi yoğun madde fiziği ile ilgili konuları incelemek için uygun bir platform hâline getiriyordu. Ancak bu amaca ulaşabilmek için hem ağdaki atom sayısını artırmak hem de sıcaklığı Sisyphus soğutmasıyla ulaşılabilenden bile daha düşük değerlere indirmek gerekiyordu. Dolayısıyla hâlâ yeni soğutma yöntemlerine ihtiyaç vardı. Geliştirilen yöntemler, sadece bu analog sistemlerin oluşturulmasına imkân vermeyecek, aynı zamanda maddenin o zamanlara kadar sadece kuramsal olarak varlıkları tahmin edilmiş fazlarının ilk kez elde edilmesine imkân da verecekti.

Bosonlar ve Fermiyonlar

Parçacıklar, bosonlar ve fermiyonlar olarak iki gruba ayrılır. Bosonların toplam spinleri tam sayılar, fermiyonların toplam spinleri ise $\frac{1}{2}$ 'nin tek katlarıdır. Atomlardaki elektronların ve nükleonların tamamının spinini $\frac{1}{2}$ olduğu için toplam proton, nötron ve elektron sayısı tek sayı olan atomlar fermiyon; çift sayı olan atomlarsa bosondur. Örneğin 3 proton, 4 nötron ve 3 elektrondan oluşan lityum-7 izotopları boson; 3 proton, 3 nötron ve 3 elektrondan oluşan lityum-6 izotopları ise fermiyondur.



Hint fizikçi
Satyendra Bose

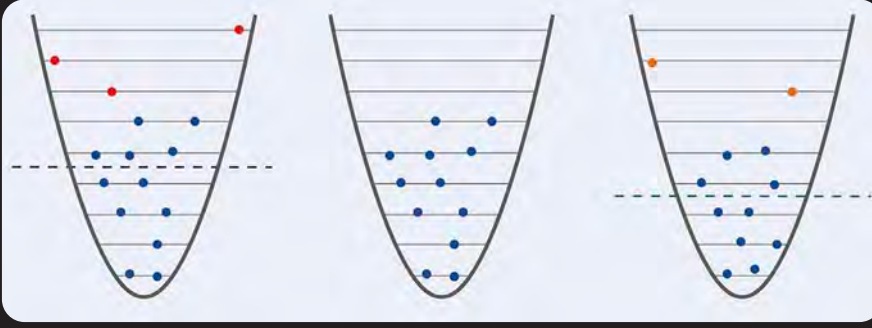
Fermiyon grubu parçacıklar, iki fermiyonun aynı kuantum durumunda bulunamayacağını söyleyen Pauli dışarlama ilkesine uyarlar. N tane fermiyondan oluşan bir sistemin sıcaklığı, mutlak sifıra yaklaşırken eninde sonunda en düşük enerjili N seviyenin her biri, bir fermiyon tarafından doldurulur. Bu noktadan sonra iki fermiyon aynı kuantum durumunda bulunamayacağı için sistemin daha fazla enerji kaybetmesi mümkün değildir. Böylece dejenere fermi gazı (DFG) olarak adlandırılan bir

faz ortaya çıkar. Söz konusu bosonlardan oluşan bir sistem olduğunda ise sıcaklık mutlak sifıra yaklaşırken, sistemdeki tüm parçacıklar aynı kuantum durumuna yığılır. Böylece bir Bose-Einstein yoğunluğu (BEC) oluşur.

Buharlaştırmalı Soğutma

1990'ların başlarında çeşitli araştırma grupları, BEC'leri elde etmek üzerine kafa yormaya başlamıştı. Ancak hâlâ aşılması gereken sorunlar vardı. Bir BEC'nin oluşacağı kritik sıcaklık yoğunluğa bağlı olarak değişir. Lazerle soğutma yöntemleriyle elde edilen atom bulutları o kadar düşük yoğunlukluysa ki BEC'lerin ortaya çıkabilmesi için

sıcaklığın nanokelvinlere kadar düşürülmesi gerekiyordu. Sisyphus soğutması ise ancak mikrokkelvinlere ulaşılmasına izin veriyordu. Ayrıca nanokelvin ölçeğindeki sıcaklıklara lazerlerle ulaşılması da mümkün değildir. Çünkü foton yayan bir atom, momentumun korunumu ilkesi uyarınca, yayılan fotonun momentumuna zıt yönde bir momentum kazanır. Dolayısıyla foton soğurma-yayma süreçleriyle atom bulutlarının sıcaklığını ancak belirli bir dereceye kadar düşürmek



Buharlaştırmalı soğutma bir gaz bulutundaki en yüksek enerjili atomların ayıklanması esasına dayanır. Böylece geriye kalan atomların ortalama enerjisi ve dolayısıyla sıcaklığı düşer.

mümkündür. BEC'lerin oluşması beklenen sıcaklıklarsa, “geri tepme sıcaklığı” olarak adlandırılan bu sınırın altındaydı. Dolayısıyla BEC'leri elde edebilmek için lazerle soğutma ancak bir noktaya kadar yararlı olabilirdi. Atom bulutlarının sıcaklığını, geri tepme sıcaklığının altına düşürebilmek için sıcaklığın mikrokkelvinlere düşürülmesinden sonra lazerlerin kapatılması gerekecekti.

BEC'lerin üretilmesine imkân verecek soğutma yöntemini MIT'den Daniel Kleppner ve arkadaşları geliştirdi. Araştırmacılar, tıpkı bir bardak sıcak çayın soğumasına benzediği için yeni yönteme “buharlaştırmalı soğuma” adını verdi.

Sıcak bir bardak çaydan buharlaşma yoluyla ayrılan moleküller, geride kalan moleküllere kıyasla daha yüksek enerjilidir. Bu yüzden buharlaşma yoluyla moleküller ortamdan uzaklaştıkça geriye kalan moleküllerin ortalama enerjisi ve dolayısıyla çayın sıcaklığı düşer. Kleppner ve arkadaşlarının

geliştirdiği yeni yöntem de bir atom bulutundan en yüksek enerjili atomların ayıklanmasına dayanıyordu.

Kleppner'in yönteminin başarılı olabilmesi için iki bileşene ihtiyaç vardı: birincisi, bir kapanın içindeki atom bulutundan en yüksek enerjili atomları seçip ayıklayabilmek, ikincisi, geriye kalan atomların birbiriyle çarpışma sıklığının sistemin yeniden dengeye gelebileceği kadar yüksek olması.

Yüksek enerjili atomları seçmenin bir yolu da radyo dalgalarından yararlanmaktır. Belirli bir dereceye kadar soğutulan atomlar ilk olarak magneto-optik kapandan bir pür manyetik kapana alınacaktı. Böyle bir kapanın en dış sınırlarına ulaşmayı başaran atomlar, doğal olarak en yüksek enerjili atomlar olacaktır. Kapanın en dış bölgelerine ulaşan atomlardaki Zeeman kayması ise manyetik alanın bu bölgede daha büyük olması nedeniyle, iç bölgelerindeki atomlara kıyasla büyük olacaktır. Dolayısıyla radyo dalgasının frekansını kapanın en

dış bölgelerine ulaşmayı başaran atomlara göre ayarlayarak, atom bulutundaki en yüksek enerjili atomları seçip sistemin dışına çıkarmak mümkün olabilirdi.

Hangi sistemlerdeki atomların çarpışma sıklığının daha yüksek olduğu ise 1990'ların başlarında iyi bilinmiyordu. Kuramsal hesaplar yoluyla hangi sistemlerin buharlaştırmalı soğutmaya daha uygun olduğunu hesaplamak çok zordu. Bu konu hakkında fikir verecek deneylerse o zamana kadar yapılmamıştı. Bu durum, ilk BEC'leri elde etmeye çalışan araştırmacıların farklı sistemlerle şansını denemesine yol açacaktı.

Bose-Einstein Yoğuşukları

BEC deneylerinin ilk aşaması lazer soğutmasıydı. Sıcaklık mikrokkelvinlere indikten sonra lazerler kapatılıp manyetik alanın büyüklüğü artırılarak magneto-optik kapan pür magnetik kapana dönüştürülüyordu. Bu aşamadan sonra ise önemli bir sorunla karşılaşılıyordu. Oluşturulan kapanın merkezindeki magnetik alanın büyüklüğü sıfırdı ve bu bölgeye ulaşan atomlar kolaylıkla kapandan kurtulabilecekleri bir kuantum durumuna geçebiliyorlardı. Buharlaştırmalı soğutma yoluyla BEC'lerin elde edilebilmesi için ilk olarak magnetik kapandaki bu sızıntı sorununa bir çözüm bulmak gerekiyordu.

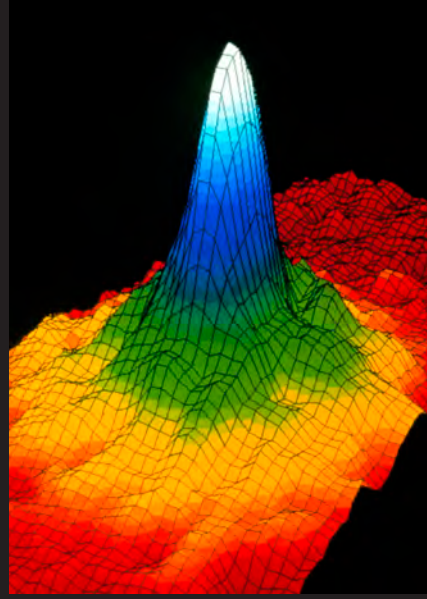


National Institute Of Standards And Technology (Nist) / SPL

Alman fizikçi Wolfgang Ketterle
MIT'deki laboratuvarında

Magnetik kapandaki sızıntı sorununa iki ayrı çözüm bulundu. MIT'den Wolfgang Ketterle ve arkadaşları maviye ayarsız bir lazer kullanarak atomları manyetik alanın merkezinden uzak tutmayı başardı. NIST'ye bağlı JILA'da çalışan Eric Cornell ve Carl Wieman ise manyetik alanın merkezini zaman içinde döngüsel bir biçimde kaydırma yoluna gitti. Kapandaki atomlar doğal olarak manyetik alanın merkezine doğru yöneliyorlardı ancak yeteri kadar hızlı bir biçimde değil.

BEC'lerin ilk örneklerini Cornell ve Weiman elde etti. Araştırmacılar, Haziran 1995'te gerçekleştirdikleri deneyler sırasında bir lazer ışını kullanarak ara ara soğuk atom bulutunun "fotoğraflarını" çekiyordu. Atomlar, foton soğurdıkları için lazer ışınında bir gölge bırakıyordu. Gölgenin



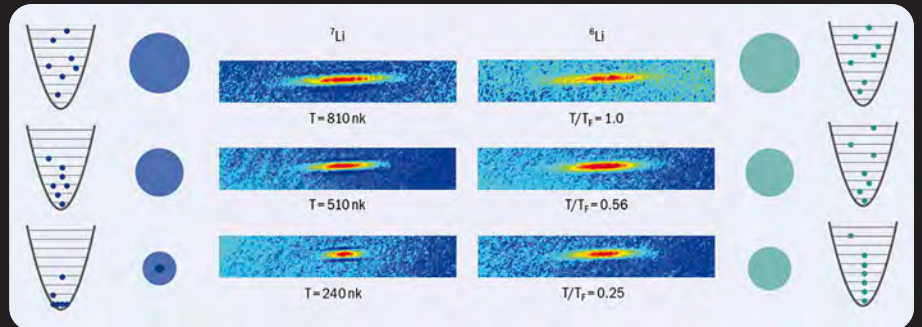
Gaz bulutundaki atomların hız dağılımını gösteren bu grafiğin ortasındaki tepecik, atomların aynı kuantum durumuna yığıldığının ve böylece bir Bose-Einstein yoğunluğunun ortaya çıktığının bir göstergesi.

derinliği, atom bulutunun yoğunluğu, atom bulutunun boyutları ise sıcaklığı hakkında bilgi veriyordu. Araştırmacılar, rubidyum atomları içeren bulutun sıcaklığını 170 nanokelvine düşürmeyi başardıklarında görüntülerin ortasında ufak, karanlık bir nokta oluştuğunu fark etti. Böylece o güne kadar sadece kuramsal olarak varlıkları tahmin edilen BEC'lerin ilk örneği üretilmiş oldu. Cornell, Weiman ve Ketterle 2001 yılında Nobel Fizik Ödülü'nü kazandı.

Dejenere Fermi Gazları

Deborah Jin, ilk BEC'lerin elde edilmesinden sonra Eric Cornell'in grubunda doktora sonrası araştırmacı olarak çalışmaya başladı. Doktora sırasında süperiletkenler üzerinde çalışmalar yapmıştı. Ancak kısa süre içerisinde lazerler ve optik konularında da kendini geliştirdi. İlk BEC'lerin özelliklerinin incelendiği deneylere katkıda bulundu. Jin'in bir sonraki hedefi DFG'leri elde etmek oldu. 1997 yılında doktora öğrencisi Brian DeMarco ile birlikte çalışmalara başladılar.

DFG'lerin elde edilmesi BEC'lere kıyasla daha zordu. İlk olarak, bir DFG elde edebilmek için yüksek enerjili atomlar ayıklandıkça, geriye kalan atomların çarpışarak birbirine enerji aktarması ve böylece sistemin yeniden ısı dengeye gelmesi gerekiyordu. Ancak aşırı düşük sıcaklıklarda Pauli dışarlama ilkesi nedeniyle, fermiyonlar arasındaki çarpışmalar duruyordu. İkinci olarak, DFG'lerin varlığını tespit etmek BEC'lerde olduğu kadar kolay değildi. DFG'nin oluşumuyla beraber atom



Sıcaklık mutlak sifıra yaklaşırken, bosonlardan oluşan bir sistemde tüm parçacıklar aynı kuantum durumuna yığılmaya başlar (solda). Fermiyonlardan oluşan bir sistemde ise en düşük enerjili seviyelerin her biri tek bir parçacık tarafından doldurulur (sağda).



Nobel Ödülü kazanmış
NIST çalışanı
üç Amerikalı fizikçi:
Dave Wineland,
Eric Cornell ve
Bill Phillips

bulutunun küçülmesinin durması bekleniyordu. Ancak görüntülere bakarak DFG'leri sıradan bir atom bulutundan ayırt etmek zordu.

Jin ve DeMarco, fermiyonik atom bulutunun ısı dengeye gelmesini kolaylaştırmak için atomları iki ayrı kuantum durumunda hazırladı. Isıl dengeye ulaşıldıktan sonra iki durumdan birinde bulunan atomlar, sistemden uzaklaştırılıyor, geriye kalanlar ise görüntüleniyordu. Araştırmacılar, elde ettikleri görüntülerde gerçekten de DFG olup olmadığını belirlemek için ise hem kuramsal modeller hem de atom dağılımındaki en ufak değişimleri bile tespit edebilen yeni bir görüntüleme sistemi geliştirdi.

Tüm zorluklara rağmen Jin ve DeMarco sadece 18 ay içinde fermiyonik potasyum atomlarıyla ilk DFG'yi üretmeyi başardı. Takip eden birkaç sene içinde ABD'den ve Fransa'dan çeşitli araştırma grupları da benzer çalışmalara imza attı.

Jin'in başarıları ilk DFG'nin üretilmesiyle sınırlı kalmadı. İlerleyen yıllarda, lazerler ve manyetik alanlar kullanarak dejenere atomlardan moleküller üretmeyi başardı ve "ultrasoğuk kimya" olarak adlandırılan yeni bir araştırma alanının doğmasına yol açtı. Şayet 2016 yılında, çok genç bir yaşta kanserden hayatını kaybetmeseydi, büyük bir olasılıkla Nobel ödüllü fizikçiler arasına adını yazdıracaktı.

Özet

Işık ışınlarının taşıdığı momentumun, maddeyi kontrol etmek için kullanılabileceği düşüncesi 1910'lara kadar gider. Ancak o yıllarda ışık ışınları madde üzerinde belirgin bir kuvvet uygulayacak kadar güçlü değildi. 1960'larda lazerlerin geliştirilmesinden sonra ilk olarak mikroskobik nesneleri hareket ettiren optik cımbızlar geliştirildi. Lazer ışınlarının atom bulutlarını soğutmak için kullanılabileceğinin

anlaşılmasından sonraysa fizikçiler giderek daha düşük sıcaklıkları incelemeye başladılar. Elektrik yüklü iyonları soğutmak, güçlü manyetik kuvvetlere maruz kalmaları nedeniyle daha kolay oldu. Önce kapanların içine hapsedilip sonra soğutuldular. Nötr atomları, maruz kaldıkları zayıf kuvvetlerle kapana kıştırılabilmek için ise önce soğutmak gerekti. Magneto-optik kapanların geliştirilmesiyle on milyonlarca atomun kapanlara hapsedilmeye başlanması, düşük sıcaklık fiziği araştırmalarında çok önemli bir aşama oldu. Sisyphus soğutması ve buharlaştırmalı soğutma, nanokelvin sıcaklıklara erişime izin verdi. Bose-Einstein yoğuşuklarının ve dejenere fermi gazlarının üretilmesi bu sayede mümkün oldu. Maddenin bu yeni hâllerinin elde edilmesi, atom fiziği, yoğun madde fiziği ve kimyanın bir araya geldiği yeni araştırma alanları açtı. Günümüzde lazerle soğutulmuş iyonlar, kuantum bilgi bilimi araştırmalarında önemli rol oynuyor, en hassas atom saatlerinde zamanı ölçmek için lazerle soğutulmuş atomlar kullanılıyor. Lazerle soğutma sistemleri fizik araştırmalarında önemli rol oynamaya devam ediyor. ■

Kaynaklar

- Orzel, Chad, "Cold: how physicist learned to manipulate and move particles with laser cooling", Physics World, <https://physicsworld.com/a/cold-how-physicists-learned-to-manipulate-and-move-particles-with-laser-cooling/>, 1 Ağustos 2023.
- Orzel, Chad, "Colder: how physicist beat the theoretical limit for laser cooling and laid the foundations for a quantum revolution", Physics World, <https://physicsworld.com/a/colder-how-physicists-beat-the-theoretical-limit-for-laser-cooling-and-laid-the-foundations-for-a-quantum-revolution/>, 5 Eylül 2023.
- Orzel, Chad, "Coldest: how a letter to Einstein and advances in laser-cooling technology led physicist to new quantum states of matter", Physics World, <https://physicsworld.com/a/coldest-how-a-letter-to-einstein-and-advances-in-laser-cooling-technology-led-physicists-to-new-quantum-states-of-matter/>, 2 Ocak 2024.

İlk Başarılı Tam Göz Naklinden İyi Haber:

Hem Sağlıklı Hem de Retinası Işığa Tepki Verebiliyor

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Aron James, 2021 yılında yüksek gerilim hattı görevlisi olarak çalışırken yüzünün, akım geçen bir kabloya yanlışlıkla değmesi sonucu 7.200 voltluk elektrik şokuna maruz kalarak feci şekilde yaralanmıştı. James, bu kazada sol gözü de dâhil olmak üzere yüzünün sol tarafının büyük bölümünü ve sol kolunun büyük kısmını kaybetmişti. İki yıl boyunca katı yiyecekler yiyemedi, tat ve koku alamadı, normal bir şekilde konuşamadı. James'e Mayıs 2023'te New York'taki New York Üniversitesi (NYU) Langone Health'te ilk tam göz ve yüz nakli yapıldı. Aynı vericiden tam bir sol gözün ve yüzün bir bölümünün naklini içeren ameliyat, ilk tam göz nakli ve

bu kombinasyonla yapılmış ilk başarılı operasyon olarak tıp tarihinde yerini aldı. Bu tarihi operasyonun detaylarına dergimizin Şubat 2024 sayısında İlay Çelik Sezer'in kaleme aldığı "İlk Başarılı Göz Nakli" başlıklı yazısında yer vermiştik. Şimdi ameliyatın üzerinden bir yıldan fazla bir süre geçti ve nakledilen gözün hem sağlıklı olduğu hem de retinasının ışığa tepki verebildiği haberi geldi.

Ameliyatın detaylarına 9 Eylül'de JAMA'da yayımlanan makalede yer verildi. Büyük bir sağlık ekibi, beyin ölümü gerçekleşmiş bir kişiden James'e tüm sol gözü, etrafındaki kemik yuvasını, burnu, bir parça çene kemiğini ve ilgili kasları, sinirleri ve

kan damarlarını nakletti. Ameliyat yaklaşık 21 saat sürdü. NYU Langone Health'te cerrah olan ve çalışmanın ilk yazarı Daniel Ceradini, donörün optik sinirinin James'in beyniyle başarılı bir şekilde yeniden bağlantı kurabileceğine dair hiçbir kanıt olmadığı için James'in nakledilen gözle yeniden görme yetisi kazanmasını hiç beklemediklerini söylüyor. Çünkü retinadan beyne bilgi gönderen ve merkezi sinir sisteminin bir parçası olan optik sinirin nasıl yenileneceğinin bir gizem olduğunu belirten Ceradini bu gelişmenin kendilerini, görme yetisini bir gün geri getirebilecek bir göz nakline bir adım daha yaklaştırdığına



dikkat çekiyor. Ceradini ayrıca, gözün cerrahi diseksiyonunun (gözün iç yapısının incelenmek üzere parçalara ayrılması) çok karmaşık olduğunu ve ekibin kadavralar üzerinde en az 15 kez pratik yaptığını söylüyor.

Gözlere giden kan, yüzün geri kalanını besleyen arterden farklı bir arterden geliyor. Operasyon sırasında bağışlanan gözün kan akışını kaybetmesini önlemek için cerrahlar, donörün gözünü besleyen atardamarı, boynun yakınında başlayan büyük bir damar olan donörün dış karotis arterinin (boynun her iki yanında bulunan ve şah damarı olarak bilinen atardamarlar) bir dalına bağladı. Daha sonra tüm düzenek, James'e nakledildi ki bu daha önce insanlarda hiç başılamamış bir işlemdi. 2011 yılında ABD'de ilk tam yüz naklini gerçekleştiren ancak göz nakil ameliyatına dahil olmayan

Connecticut, New Haven'daki Yale Tıp Fakültesinden Cerrah Bohdan Pomahač, Ceradini ve ekibinin bir göz küresini kan akışına zarar vermeyecek şekilde nasıl kurtaracaklarını bulduklarını düşünüyor.

Bir başka gelişme de cerrahların James'in yüzüne uyması için gereken doğru miktarda donör kemiğini tam olarak almalarını sağlayan bir çift 3D baskılı cerrahi modellerin oluşturulmasıydı. Modeller, donörün ve James'in yüzlerinin bilgisayarlı tomografi taramalarına dayanıyordu ve ameliyat sırasında her ikisinin de yüzüne yerleştirildi. Tüm bunlardan sonra nakledilen göz küresinin nasıl davranacağını kimse bilmiyordu. James'in ameliyattan uyandığında ilk fark

ettiği şey, kokuydu. Yaklaşık bir buçuk hafta sonra yeni yüzünü ilk kez gördü. Nakledilen göz şu anda hareket edemiyor veya göremiyor ancak normal basınç ve kan akışına sahip. Ayrıca retina ışığa tepki veriyor. James, göz çukurunun derinliklerinde bir kaşıntı hissediyor ve göz çevresindeki hisler de geri gelmeye başladı. Ceradini, göz çevresindeki periferik sinirlerin oldukça rastgele bir şekilde yeniden büyüdüğünü söylüyor.

Alıcının görme yetisini yeniden kazandığı bir göz naklinin bir gün mümkün olup olmayacağı belli değil. Ceradini, bunun yakın gelecekte ulaşılabilir bir hedef olduğunu düşünüyor. Pomahač ise aynı fikirde değil. Ancak her ikisi de bu hedefe ulaşmak için en önemli eksik parçanın, optik sinirin nasıl yenileneceği konusunda çalışmak olduğu kanısındalar. Pomahač'a göre beyin ya da omurilik rejenerasyonu çözüldüğünde bu gerçekleşebilecek. ■

Kaynaklar

<https://www.sciencenews.org/article/eye-transplant-partial-face-transplant>

Ay'ın Rengarenk Mozaik Görüntüsü

Dr. Tuba Sarıgül [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

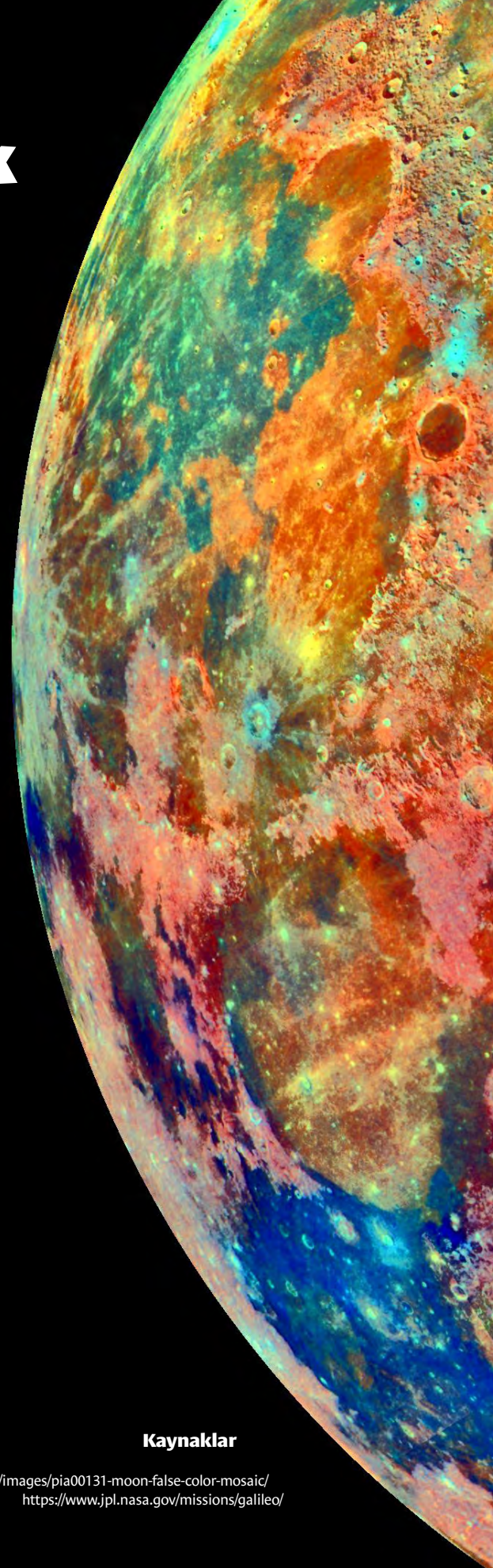
Bu fotoğraf, NASA'nın Galileo uzay aracının katı hâl görüntüleme kamerası tarafından çekilen 53 görüntünün birleştirilmesi ile elde edildi.

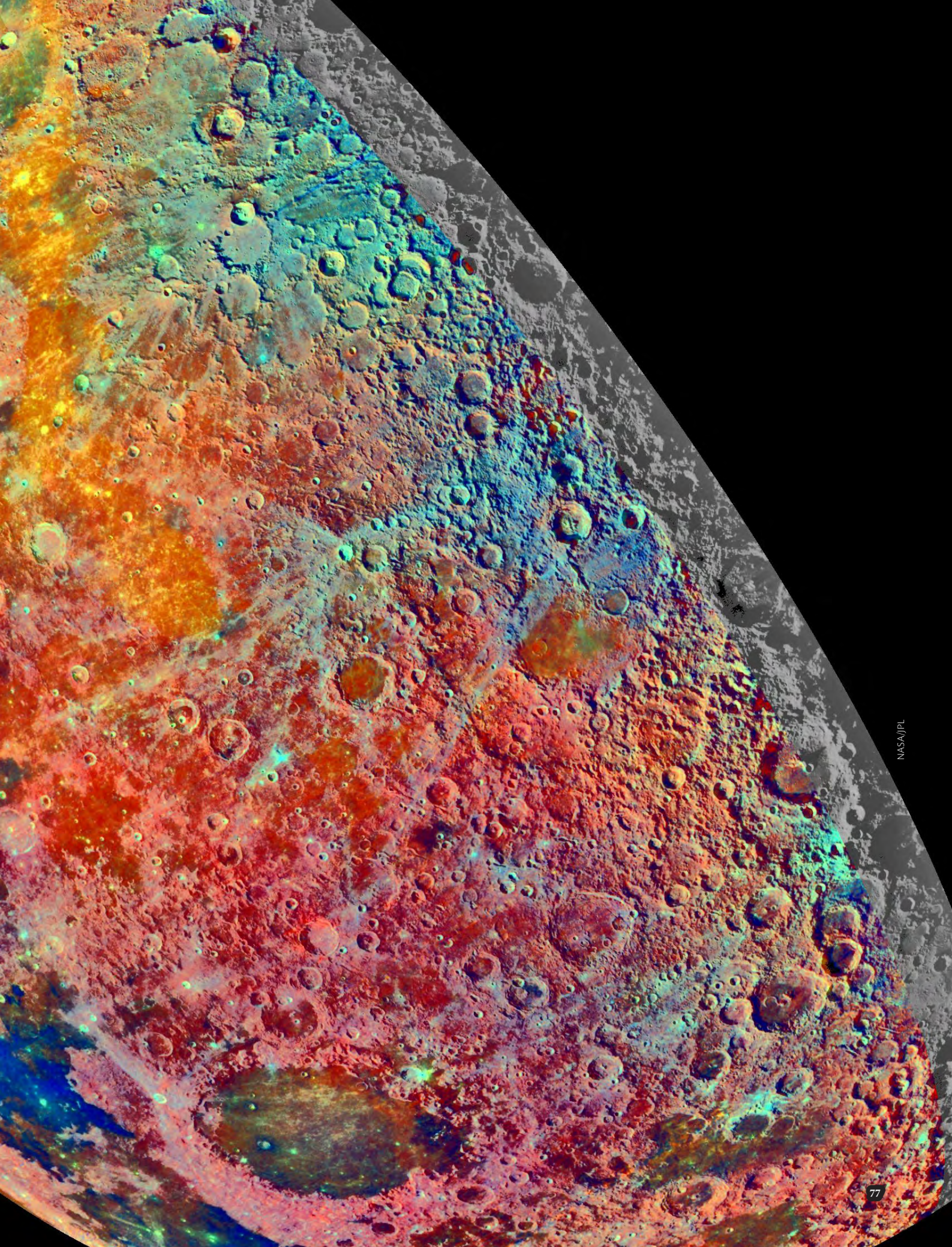
Görüntü, Ay toprağının bileşimindeki farklılıkları ortaya koyacak şekilde yapay olarak renklendirildi. Örneğin fotoğraftaki pembe-kırmızı tonlar, Ay'ın yüzeyindeki yüksek yerleri gösteriyor. Maviden turuncuya değişen renkler ise volkanik lav akışlarından kaynaklanıyor. Ay'ın sol alt kısımda görülen pembe bölgelerle çevrili kısım ise *Crisium Havzası*. Bu bölge, Ay'ın Dünya'ya bakan yüzünde bulunuyor. *Crisium Havzası*'nın solundaki koyu mavi renkte görülen *Mare Tranquillitatis* (Sakinlik Denizi) isimli bölge, üst kısmında yer alan turuncu ve yeşil tonlarda görülen alanlara kıyasla titanyum açısından zengin minerallerden oluşuyor. Açık mavi kısımlar ise görece daha yakın zamanda gerçekleşen gök taşı çarpmalarıyla ilişkili.

NASA'nın Jüpiter'i ve uydularını incelemek için geliştirdiği Galileo uzay aracı, gaz devine yolculuğu sırasında da birçok önemli keşif gerçekleştirdi. Örneğin, Aralık 1992'de Galileo'nun Ay'ın yakınından geçerken yaptığı gözlemler sayesinde Ay'ın yüzeyi haritalandırıldı ve Ay'ın kuzey kutup bölgeleri incelendi. Venüs'ün atmosferindeki bulutların kızılötesi dalga boyunda fotoğraflarını çeken Galileo, bir asteroidi ziyaret eden ilk uzay aracı oldu.

Kaynaklar

<https://www.jpl.nasa.gov/images/pia00131-moon-false-color-mosaic/>
<https://www.jpl.nasa.gov/missions/galileo/>





BİLİM TARİHİNDEN NOTLAR

Prof. Dr. Hüseyin Gazi Topdemir

[Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi,
Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı

Yıldız Astronomisi

Uzayın Keşfi

Fiziğin yirminci yüzyıl boyunca gerçekleştirdiği olağanüstü başarılarla benzer kazanımların kaydedildiği bir diğer bilim dalı da astronomi, yani gök bilimidir. Uzak geçmişten modern çağa kadar gökbilimciler, her dönemde ve her uygarlıkta evreni tanımak, nelerden oluştuğunu ve olup bitenlerin nasıl meydana geldiğini öğrenmek için olağanüstü çaba gösterdi. İlk zamanlar gök bilimciler, görüş alanlarının uzayın derinliklerine kadar uzanmadığını bilseler de çıplak gözle görülebilecek mesafelerdeki cisimleri yıllarca sabırla gözlemleyerek son derece hassas sonuçlar elde etmeyi başardı. Uzayın uzak bölgelerinde olup bitenlerden haberdar olma arzusu onları, görme yetilerini geliştirecek araçlar icat etmeye sürükledi, bunun için

büyük çaba ve zaman harcadılar. Merceği bulunmayan gözlem borularıyla gök cisimlerinin yaydıkları ışığı belli noktalara odaklayarak net görüntülerini elde etmeyi denediler.



Galileo Galilei (1564-1642)



Galileo Galilei'nin (1564-1642) mücadelecî yönü ile birlikte, bilmeye ve öğrenmeye duyduğu merak neticesinde gerçekleştirdiği çalışmalar gök bilim alanında yeni bir dönemin başlangıcı oldu. Yaptığı teleskoplarla gökyüzünü günlerce gözlemlemesi sonucunda Güneş sisteminin iri üyelerinden biri olan Jüpiter'in dört uydusunu keşfetmesi, gök bilimcilerin gökyüzüne ilişkin kabullerini geri dönülemez şekilde değişime uğrattı. Asla sönümlenmeyen daha uzağı bilme arzusu, daha gelişmiş gözlem araçlarının icat edilmesine ve bu da sayısız yıldızın keşfine yol açtı. Giderek keşfedilen gök cisimlerinin hareketleri anlaşıldı ve galaksilerden oluşan evrenimizin genişlediği belirlendi. Radyo sinyallerini taşıyan elektromanyetik dalgalarla çalışan radyo teleskopların yardımıyla evrenin ilk aşamalarını görüntülemeyi başarmak ve uzak galaksileri keşfetmek ise olağanüstü heyecan verici bir gelişme oldu. Ardından yerçekimsel radyasyonun (kütleçekimsel dalgaların) varlığını gösteren ikili nötron

yıldızı tespit edildi ve kozmik mikrodalga arka plan radyasyonu keşfedildi. Gök bilimciler, keşfetmeye ve olağanüstü gelişmiş araçlar icat etmeye doymuyordu. Nihayet günümüzün olağanüstü niteliklere sahip ve uzakları yakına getiren dev teleskoplarını yapmayı başardılar.

Uzayı izlemek ve yeni keşiflerde bulunmak elbette heyecan vericiydi ama bu heyecan, sonraki dönemin bilginlerinin önceki dönemlerin bilginlerince elde edilen başarıların karşısında şaşkınlığa uğramalarına engel olmuyordu. Eski uygarlıklarda yaşamış olan gök bilimciler de günümüzdeki meslektaşları kadar Mars'ın kızılığı veya Venüs'ün büyüleyen ışıltısı karşısında hayrete düşmüş ve hayranlıkla bakmış olmalı ki Güneş sistemimizin bu harikulade iki üyesini yıldız değil, "gezgin" olarak adlandırebildiler. Uzun yıllar boyunca gökte olup bitenleri izleyen gökyüzü meraklıları, bazı gök cisimlerinin sabit yıldızlarla birlikte hareket etmediklerini anladı ve teleskop öncesi dönemde sistemin üyesi olan beş gezegeni bilgi dünyamızın parçası hâline getirebildi. Gezinler öyle bir geziyorlardı ki sürdürülen gözlemler sonucunda gökyüzünde belirli bir süre sonra nerede ve ne zaman olacaklarını kestirmek mümkün olmaya başlamıştı. Bu kestirim gök biliminin de başlangıcı oldu. Sıra, gezegenlerin hareketlerini

betimleyip görünür kılmak ve tanımlamak için geometrik modeller geliştirmeye gelmişti. Çok eski zamanlardan beri geometrik modeller üretilmişti ancak yaklaşık 2000 yıl önce, Antik Yunan asıllı Mısırlı Astronom Claudius Ptolemaeus'un (M.S. 100-170), M.S. 150 yılında yer merkezli bir evren tasavvur etmesiyle ve dairesel hareketler üzerine kurulu anlaşılır bir model geliştirmesiyle gök bilimi araştırmalarında yeni bir dönem başladı.



Cassiopeia (Kraliçe) Takımyıldızı

görünmez olduğu, bazen gün ışığında bile kolayca görülebilecek denli parlak olabildiği kaynaklarda yer almaktadır. Çin tarihi kaynakları, Sung Hanedanlığı'nda görevli gök bilimcilerin böyle bir yıldızı 4 Temmuz 1054'te bugün Boğa olarak bilinen takımyıldızının yakınında gözlemlediklerini, yeni yıldızın Venüs kadar parlak olduğunu, üç hafta boyunca gündüzleri bile görülebildiğini ve 22 ay boyunca gece gökyüzünde parladığını belirtmektedir.



Tycho Brahe (1546-1601)



Johannes Kepler (1571-1630)

Yıldızların Büyülü Dünyası

Parlak ışıklarıyla geceleyin yıldızların aydınlattığı gökyüzünü izlemekten keyif almayan yoktur herhalde. Yazılı kaynakları esas alırsak, yüzyıllar boyunca gökbilimcilerin, avcılarının, denizcilerin ve parlak yıldızlara tutkun herkesin, gökyüzünde daha önce hiçbir yıldızın görülmediği bir noktada aniden beliren yeni ve çok parlak bir yıldızın doğuşu karşısında hayrete düşmüş olabileceğini tahmin edebiliriz. Yeni olduğunu belirtmek için "nova" olarak adlandırılan böylesi bir yıldız çok eskiden beri tespit edildiği, birkaç gün ya da hafta boyunca karanlık gecelerde gökyüzündeki en parlak yıldız olarak görüldükten sonra parlaklığının sönümlenmeye başladığı ve belirli bir süre sonra hiçbir iz bırakmadan tekrar

Geçici bir süre görünüp sonra kaybolduklarından dolayı "ziyaretçi yıldızlar" denen bu yıldızlarla ilgili kayıtlar, onların daha sonraki tarihlerde de gökyüzümüzü ziyaret ettiklerini göstermektedir. Böyle bir bilgiye yine bir hanedanlık gök bilimcisi olan Tycho Brahe'nin (1546-1601) tuttuğu kayıtlarda rastlamaktayız. Brahe, 1572 yılında bu kez Cassiopeia (Kraliçe) Takımıyıldızı'nda bir ziyaretçi yıldız gördüğünü ve Venüs gezegeninden daha parlak bir ışık saçtığını yazmaktadır. 1604 yılında ise Johannes Kepler (1571-1630) başka bir ziyaretçiyi gözlemledi. Bu gözlemler, gök bilimcilerin gökyüzü hakkındaki yerleşik kabullerinin değişmesine neden oldu.

Yerden Göğe Kadar

Yerden bakıldığında gökyüzünün düzenliliği, güzelliği ve ışıltısı her zaman insanın duygu ve düşünce dünyasına etki etmiştir. Etkinin asıl büyük kısmı fizikselidir ve insanlar çok eskiden beri yeryüzündeki



Sirius ikili yıldız sistemi, Hubble Uzay Teleskobu görüntüsü (2005)

hayat döngüsünün, gök nesnelerinin yer ile olan konumsal düzlemiyle yakından ilgili olduğunu fark etmişlerdi. Piramitler ve sfenksler gibi görkemli yapılarıyla tarihe izlerini bırakmış olan eski Mısırlıların, tarım etkinliklerini düzenlemek için geliştirdikleri takvimlerini Nil Nehri'nin taşma döngülerine göre oluşturdukları bugün belgelendiği gibi Nil'in taşmalarını ise Sirius yıldızının "helyak doğuşu" ile ilişkilendirdikleri de belirlenmiştir. Helyak doğuş, bir sabit yıldızın Güneş'ten az önce doğmasına verilen adlandırmadır. Sabit yıldızlar, yirmi dört saatte bir devir yaparak teker teker doğu ufkundan doğar. Gece sona erip ortalık aydınlanınca doğuşlarını yapan yıldızlar, görünmez olur. Mısır'da Sirius yıldızı, daha önce gökyüzünde görünmezken temmuz ayının ortalarında helyak doğuş yapmaya başlar, ayın sonuna doğru doğuş sona erer. Tam bir yıl sonra yine temmuz ayı ortasında Sirius yeniden helyak doğuş yapar. Dikkate değer olan ise Nil'in taşmasının da bu doğuşa denk gelmesidir. Demek ki zarar görmemek için Nil boyunca uzanan verimli topraklarda taşma gerçekleşmeden önce ekme-biçme, yani ürün kaldırma işinin halledilmesi gerekiyordu ve Sirius bu işin habercisi durumundaydı. Bu taşma döngüsü aslında Mısır uygarlığının devamlılığını sağlamaktaydı.

Gelecek sayımızda eski uygarlıklarda gökyüzü konusunu ele alacağız. ■

Kaynaklar

Kragh, H. S., *Conceptions of Cosmos From Myths to the Accelerating Universe: A History of Cosmology*, Oxford: Oxford University Press, 2007.

Lang, K. R., *Brief History of Astronomy and Astrophysics*, New Jersey: World Scientific Publishing, 2018.

Sayılı, A., *Mısırlılarda ve Mezopotamyalılarda Matematik, Astronomi ve Tıp*, Ankara: Atatürk Kültür Merkezi, 1991.

Doğa Fauna

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

GANJ TİMSAHI

Timsahlar aile üyeleri arasında ince, uzun ve sivri çenesi ile dikkat çeken ilginç bir tür bulunur: Ganj timsahı (*Gavialis gangeticus*). Bu tür, Hindistan yarımadasının kuzeyindeki hızlı akan temiz nehirlerde yaşar. Nehir kıvrımlarında ve nehrin diğer kısımlarında, suyun derin olduğu ve akıntının azaldığı yerlerde bir arada bulunurlar. Bacak kasları onları yerden kaldıracak kadar güçlü değildir, ancak karınları üzerinde kayarak kendilerini itebilirler. Bundan dolayı, sudan yalnızca güneşlenmek ve yumurtlamak için uzaklaşırlar. Her iki durum için nehirlerin ortalarında bulunan kumsalları tercih ederler.

risks / iStock



Ganj timsahları balıklarla beslenirler. Balık yiyen timsah ya da Gaviyal timsahı olarak da bilinirler. Çeneleri oldukça ince ve uzun bir yapıdadır. Çene şekli yaşamları boyunca değişir ve özellikle bireyler yaşlandıkça daha da uzayıp incelerek sivrilir. Çenelerinde 106 ile 110 arasında değişen sayıda jilet keskinliğinde diş bulunur. Yeryüzündeki en büyük timsahlar arasında olan bu türlerin erkek bireyleri 6,5 metre, dişileri ise 4 metre kadar olabilir. Genç bireyler böcekler, kabuklular veya kurbağalar gibi küçük hayvanlarla beslenir. Ancak timsahlar yaşlandıkça ve çeneleri inceliyor uzadıkça sadece balık ile beslenirler.

Bu timsahlar üç farklı avlanma stratejisi kullanır. İlki, sabit dur ve bekle yani suyun altında avları yanlarından geçene kadar hareketsiz kaldıkları yöntemdir. İkinci avlanma stratejisi arama yöntemidir. Suda yavaşça ilerlerken vücut pullarının üzerinde bulunan duyu organı sayesinde sudaki titreşimleri algılayarak avlarının yerini tespit ederler. Üçüncüsü ise hızlıca saldırma ve avını yakalama yöntemidir. İnce çeneleri, su altında hızlı hareket etmelerini sağlar.

Ganj timsahlarının soyları kritik olarak tehlike altındadır. Soyları için en büyük tehdit insanların avlanma, tarım, sanayi ve balıkçılık faaliyetleri neticesinde habitatlarının (yaşam alanlarının) tahrip olmasıdır. Ayrıca fareler, altın çakallar, yaban domuzları, firavun fareleri ve monitör kertenkeleleri timsahların yumurtaları ile beslenirler. ■

Gökyüzü

Dr. Tuba Sarıgül

[TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Gökyüzündeki Gezegen Geçidi

Kasım ayında çıplak gözle fark edilebilen gezegenlerin hepsini gece yarısından önce gökyüzünde görmek mümkün.

Merkür

Merkür, kasım ayının ilk günlerinde Güneş'in batışından sonra güneybatı-batı yönünde ufukun hemen üzerinde görülebiliyor. Ayın ilerleyen günlerinde gezegenin ufukun üzerinden yüksekliği hafifçe artıyor. Merkür, 16 Kasım'da en büyük doğu uzanımı konumuna geliyor. Merkür ve Ay, 3 Kasım'da birbirine yakın görünümde. Bu tarihte Güneş'in batışından yaklaşık yarım saat sonra Merkür'ü ve hilal şeklindeki Ay'ı, ufukun yaklaşık 2 derece üzerinde bulabilirsiniz. Ancak iki gök cisminin de ufukun üzerinden yüksekliği düşük olduğu için görülmeleri son derece zor.

Venüs

Venüs, kasım ayında en etkileyici gökyüzü manzaralarından birini sunuyor. Güneş'in batışından sonra güneybatı yönünde ufukun üzerinde ortaya çıkan Venüs, yaklaşık iki saat boyunca görülebiliyor. Ayın başında Yılcı Takımyıldızı'nda bulunan Venüs, ilerleyen günlerde Yay Takımyıldızı'na doğru hareket ediyor. Parlaklığı ve gezegen yuvarlağının görünür büyüklüğü her geçen gün artan Venüs'ün görülebileceği süre de uzuyor. 5 Kasım akşamı Venüs'ü ve hilal şeklindeki Ay'ı, güneybatı yönünde ufukun üzerinde birbirine yakın görebilirsiniz.

Mars

Mars, kasım ayının ilk günlerinde gece yarısından yaklaşık bir saat önce kuzeydoğu-doğu yönünde ufukun üzerinden doğuyor ve Güneş'in aydınlığında kaybolmadan önce ufukun üzerinde en yüksek noktaya ulaşıyor. Kızıl Gezegen, her geçen gün daha erken doğuyor. Mars'ın parlaklığı, ayın ilerleyen günlerinde belirgin derecede artıyor. Ayrıca gezegen yuvarlağının görünür büyüklüğü artarken aydınlık görünen kısmının oranı, %89'dan %92'ye çıkıyor. Ay boyunca Yengeç Takımyıldızı'nda yer alan Mars, 21 Kasım gecesi Ay ile birbirine son derece yakın görülebilir. Bu tarihte her iki gök cismini doğu yönünde ufukun yaklaşık 25 derece üzerinde bulabilirsiniz.



Jüpiter

Jüpiter, kasım ayı boyunca neredeyse bütün gece gökyüzünde. Ayın başında Güneş'ten yaklaşık iki saat sonra ufku üzerinden doğan Jüpiter, ayın sonunda gün batımından sonra kuzeydoğu-doğu yönünde ufku üzerinde ortaya çıkıyor. Siz de bir dürbün ya da basit bir teleskop yardımıyla kendi etrafındaki dönüşünü yaklaşık 10 saatte tamamlayan Jüpiter'in yüzeyindeki yapıların hepsini (örneğin Büyük Kırmızı Leke'yi, farklı renklerdeki şerit şeklindeki yapıları) bir gecede gözlemlemeyi deneyebilirsiniz.

Kasım ayında son derece parlak görünen Jüpiter'i, 17 Kasım akşamı dolunay evresinden bir gece önce ayrılan Ay'ın yakınlarında görebilirsiniz.

Satürn

Kasım ayında Güneş'in batışı ile Venüs güneybatı yönünde, Satürn ise güneydoğu yönünde ufku üzerinde ortaya çıkıyor.. Halkalı Gezegen, ayın başında gece yarısından yaklaşık iki saat sonra batı ufkundan batarken ayın ilerleyen günlerinde gözlem süresi kısalıyor ve gece yarısından kısa bir süre sonra batıyor. 11 Kasım gecesi Satürn'ü ve Ay'ı güneybatı-batı yönünde ufku hemen üzerinde birbirine yakın görebilirsiniz.



Leonid (Aslan) Gök Taşı Yağmuru

Yılın önemli gök taşı yağmurlarından biri olan Leonid (Aslan) gök taşı yağmuru, 17-18 Kasım gecesi en yüksek etkinliğe ulaşıyor. Bu tarihte saatte maksimum 15 gök taşı görülebilir. Leonid sırasında gök taşlarının gökyüzünde ortaya çıktığı nokta, gece yarısından hemen sonra kuzeydoğu-doğu yönünde ufku üzerinden doğuyor ve şafak vakti Güneş'in aydınlığında kaybolmadan önce gökyüzünde en yüksek noktaya ulaşıyor. Ancak dolunay evresinden yakın zamanda ayrılan Ay, gök taşlarının fark edilmesini zorlaştırabilir. Leonid gök taşı yağmurunun kaynağı olan 55P/Tempel-Tuttle kuyruklu yıldızı, ABD'li Gökbilimci William Tempel tarafından Aralık 1865 ve Alman Gökbilimci Horace Tuttle tarafından Ocak 1866'da birbirinden bağımsız olarak keşfedildi.



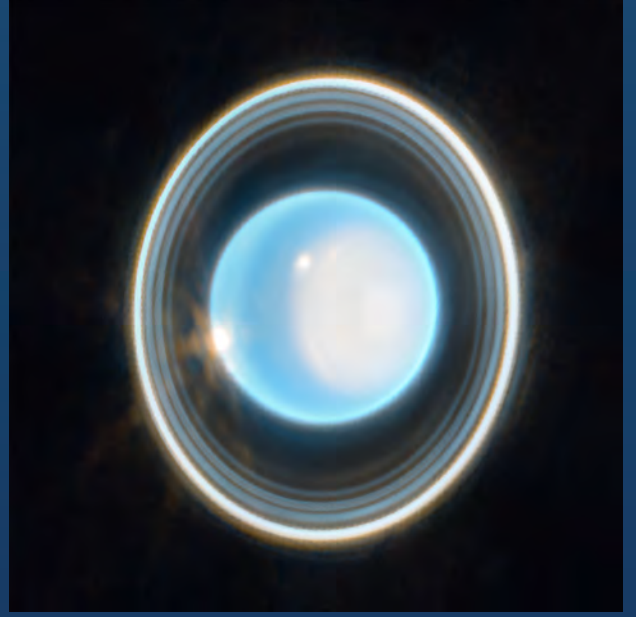
Güneş etrafındaki elips şeklindeki yörüngesini 33 yılda tamamlayan 55P/Tempel-Tuttle, en son 1998'de Güneş'e en yakın konumdan geçmişti. Bir sonraki geçişi ise 2031 yılında. Bu dönemde 55P/Tempel-Tuttle kuyruklu yıldızının kaynağı olduğu Leonid gök taşı yağmurunun yoğunluğunun çok artması ve gök taşı yağmurunun bir gök taşı fırtınasına (saate en az 1.000 göktaşı) dönüşmesi bekleniyor.

Kasım Gecelerinde Uranüs

Uranüs, 16 Kasım'da karşı konuma geliyor. Gözlem için son derece uygun olduğu bu konumdayken bir dürbün ya da basit bir teleskop yardımıyla Uranüs'ün mavi-yeşil renkteki gezegen yuvarlağını gözlemleyebilirsiniz.

Uranüs, kasım ayında gece boyunca gökyüzünde görülebilecek. Boğa Takımyıldızı'nın batısında yer alan Uranüs'ü gökyüzünde ararken Ülker Açık Yıldız Kümesi'nden yararlanabilirsiniz. Uranüs, Yedi Kız Kardeş olarak da bilinen Ülker Açık Yıldız Kümesi'nin yaklaşık 6 derece güneybatısında yer alıyor. Bu dönemde, eksen eğikliği yaklaşık 98 derece olan Uranüs'ün kuzey kutbu, Dünya'ya dönük.

James Webb Uzay Teleskobu tarafından Şubat 2023'te çekilen bu fotoğrafta ise Uranüs'ün kuzey kutup bölgesindeki yapılar ve Uranüs'ün halkaları daha önce görüntülenmemiş detaylarıyla fark edilebiliyor.



NASA, ESA, CSA, STSc

Yeni ay

1 Kasım
Saat: 15.47



İlk dördün

9 Kasım
Saat: 08.56



Dolunay

16 Kasım
Saat: 00.29



Son dördün

23 Kasım
Saat: 04.28



Yerberi

14 Kasım Saat: 14.18
360.110 km

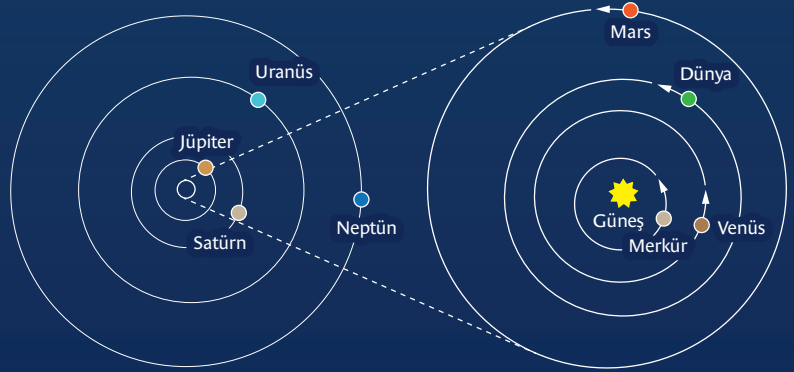
Yeröte

26 Kasım Saat: 14.56
405.315 km

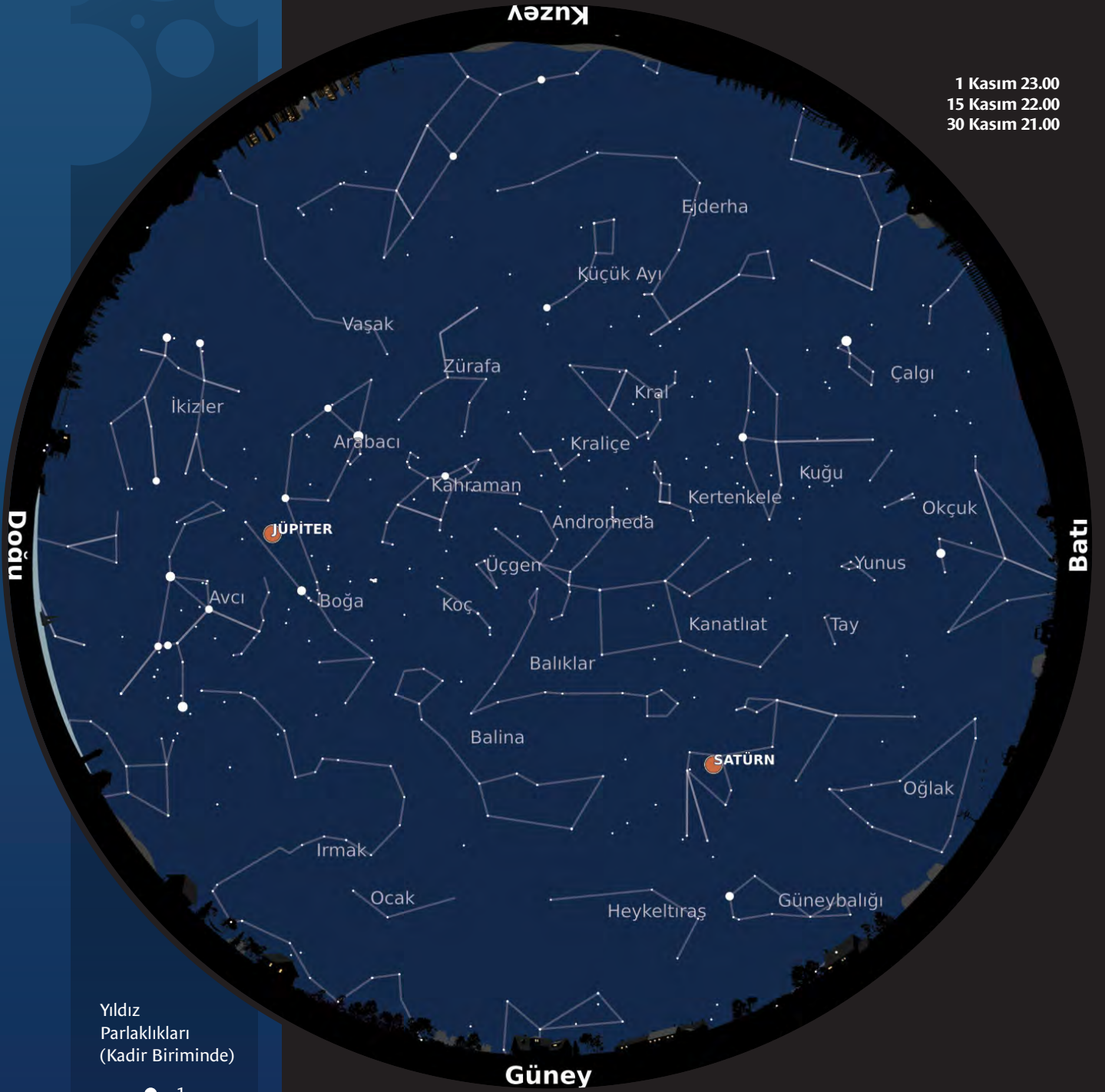
Ayın Önemli Gök Olayları

- 1 Kasım** Ay, yeni ay evresinde
- 4 Kasım** Ay ve Antares yakın görünümde
- 5 Kasım** Ay ve Venüs yakın görünümde
- 9 Kasım** Ay, ilk dördün evresinde
- 10 Kasım** Ay ve Antares yakın görünümde
- 11 Kasım** Ay ve Satürn yakın görünümde
- 14 Kasım** Ay, Dünya'ya en yakın konumda
- 16 Kasım** Ay, dolunay evresinde
Merkür, en büyük doğu uzanımı konumunda
- 17 Kasım** Leonid (Aslan) gök taşı yağmuru en yüksek etkinlik
Ay ve Jüpiter yakın görünümde
- 20 Kasım** Ay ve Polluks yakın görünümde
- 21 Kasım** Ay ve Mars yakın görünümde
- 22 Kasım** Ay ve Regulus yakın görünümde
- 23 Kasım** Ay, son dördün evresinde
- 26 Kasım** Ay, Dünya'ya en uzak konumda
- 27 Kasım** Ay ve Spika yakın görünümde

Kasım Ayında Gezegenlerin Birbirlerine Göre Yörüngelerindeki Konumları



Çizimdeki oklar, Güneş sisteminde yer alan iç gezegenlerin kasım ayında yörüngelerindeki hareketlerini gösteriyor. Dış gezegenlerin yörüngelerindeki konumları ay içinde birbirine göre çok değişmediği için kasım ayının ortasındaki konumları, çizimde nokta şeklinde belirtilmiştir.



1 Kasım 23.00
15 Kasım 22.00
30 Kasım 21.00

Yıldız
Parlaklıkları
(Kadir Biriminde)

- - 1
- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Kaynaklar

- Okuyan, O. ve Köseoğlu, D. K., "2024 Gök Olayları Yıllığı", *Bilim ve Teknik*, Sayı 674, 2024.
- "Observing November 2024", *Sky and Telescope*, Cilt 148, Sayı 5, 2024.
- Ratcliffe, M. ve Ling, A., "Sky This Month", *Astronomy*, Cilt 52, Sayı 11, s. 28-35, 2024.
- <https://in-the-sky.org/newscat.php>
- <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SKYCAL/SKYCAL.html>
- <https://www.imo.net/resources/calendar/>
- <https://science.nasa.gov/solar-system/comets/55p-tempel-tuttle/>

Düşünme Kulesi

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

Ayın Oyunu: İşlemsiz Kendoku

İşlemsiz Kendoku Oyununun Kuralları

Her satırda ve sütunda 1’den 5’e kadar tüm rakamlar tam olarak birer kez yer alacak şekilde diyagramı doldurun. Bir bölge içerisinde rakam tekrarı olabilir.

Kalın çizgiyle belirtilmiş her bölgenin köşesindeki sayı, o bölgenin içindeki rakamların dört işlemden (toplama, çıkarma, çarpma, bölme) birisi uygulanarak hesaplanmış sonucunu vermektedir.

13			13	
		2	2	
13	12			
		20		
		6		

7	5		40	3
	9	12		
				40
	40	15		

2	9	4		1
		11	15	
36				4
		1	8	
4				

3	10		7	8
		3		
7			12	
9			5	
1		1		

İşlemsiz Kendoku - Örnek Çözüm

8	3	5	2	2	1	12	4
4	4	1	1	3	10	2	5
	1	40	2	4	5	3	
	5	4	1	6	3	2	
30	2	3	5	4	4	1	

Ödüllü soru

▼ İşlemsiz Kendoku sorusunu çözüp ok doğrultusundaki içeriği yazarak ad, soyad, adres ve telefon bilgileri ile birlikte dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr adresine gönderenler arasından çekilişle belirlenecek 10 kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları tarafından yayımlanmış *Adım Adım Bilgisayar Bilimi - Bilgisayar, Kodlama ve İletişim Hakkında Açıklayıcı Bir Rehber* başlıklı kitap hediye edilecek. Çekiliş sonuçları dergimizin internet sitesinden ve sosyal medya hesaplarından önümüzdeki ayın ilk haftasında duyurulacak. Geçen ayın ödüllü Bölgesel Apartmanlar sorusunu doğru yanıtlayan ve kitap ödülü kazanan okurlarımızın listesi internet sitemiz ve sosyal medya hesaplarımız üzerinden duyuruldu.

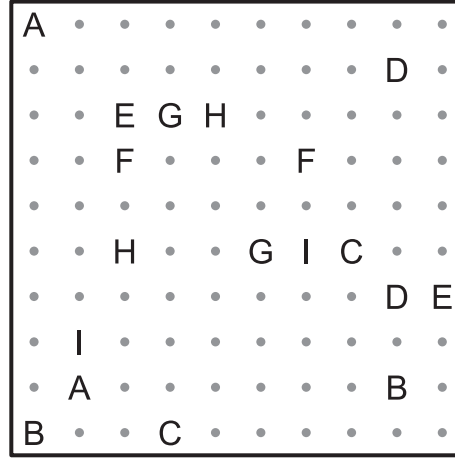
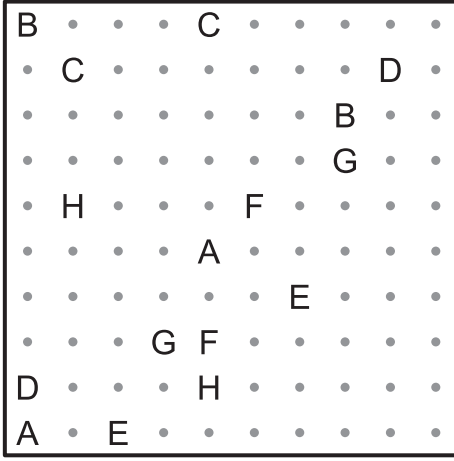
1

2

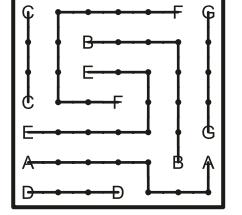
4		5	15	
5			2	
3		7		5
7	5	20		
			2	

Ok doğrultusundaki içeriği yazın.
Örnek çözümün ilk satırı
35214 şeklinde yazılmalıdır.

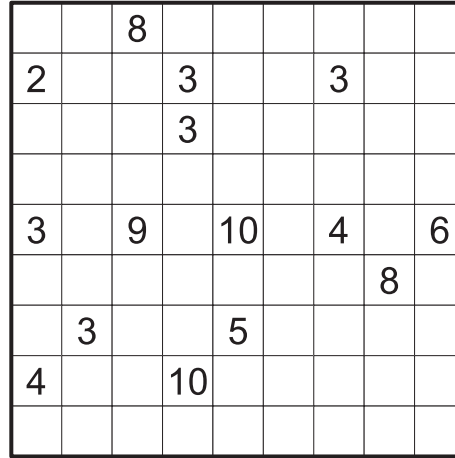
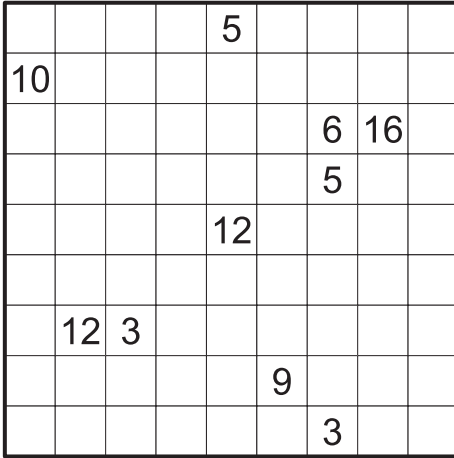
ABC Bağlamaca: Tüm noktaları kullanarak aynı harfleri birbirine bağlayın. Yalnızca yatay ve dikey çizgiler kullanın. Hiçbir bağlantı birbirini kesemez.



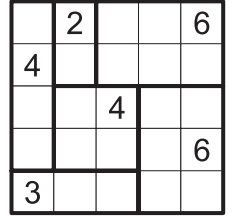
ABC Bağlamaca
Örnek Çözüm



Dörtgenler: Tüm diyagramı öyle dörtgenlere ayırın ki her dörtgenin içinde bir sayı olsun ve bu sayı dörtgenin alanını birim hücre cinsinden belirtsin.



Dörtgenler
Örnek Çözüm



Satranç

Kıvanç Çefle [btsatranc@tubitak.gov.tr]

Satranç Problemlerinde Plachutta ve Holzhausen Kesişimleri

Bilim ve Teknik'in 2024 Ağustos ve Eylül sayılarındaki yazılarımızda sizlere satranç problemlerinde çok sık rastlanan temalar olan Novotni ve Grimshaw kesişimlerinden söz etmiştik. Novotni'de fil ve kalenin taş fedasıyla, Grimshaw'da taş feda etmeden birbirlerinin yolunu kesmeleri söz konusuydu. Bilindiği gibi bu temaların baş aktörleri olan fil ve kale doğrusal, ancak farklı hareket özellikli taşlar; yani fil çapraz hatlar üzerinde hareket ederken kale yatay ya da dikey hatlar üzerinde oynar.

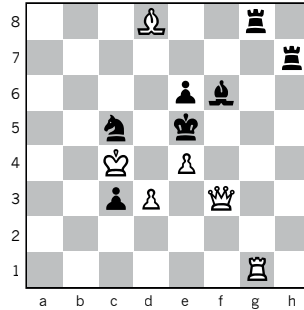
Plachutta kesişiminde (ya da "interference" karşılığı olarak girişiminde) ise benzer

hareketli taşlar birbirinin yolunu kesmeye zorlanır. Yani burada iki kale, kale ile vezir ya da fil ile vezirin birbirlerini karşılıklı (mutual) olarak engellemesi söz konusudur. Plachutta'da karşılıklı engelleme "kritik kare" (ya da kesişim karesi) üzerinde bir taş fedasıyla sağlanır. Taş fedası olmaksızın bir taşın benzer hareketli bir taşı engellemesine de Holzhausen kesişimi ya da girişimi denir.

İlk olarak, o zamanlar Avusturya-Macaristan İmparatorluğu toprakları içinde, bugün ise Hırvatistan'da bulunan Zadar kentinde doğan Sloven kökenli problemci Joseph Plachutta'dan (1827-1883) adını alan kesişim motifini görelim (Diyagram 1).

Diyagram 1

Joseph Plachutta
Leipziger Illustrierte Zeitung, 1958 (versiyon)



Beyaz oynar ve üç hamlede mat eder

Pozisyonu incelediğimizde g8'deki ve h7'deki siyah kalelerin g3 ve c7 karelerini denetlediklerini görüyoruz. Eğer bu denetim olmasaydı beyaz Vg3# ya da Fc7# ile mat edebilirdi. Kalelerin hareket doğrultularının g7 karesinde (kritik kare) kesiştiği de dikkatimizi çekiyor. İşte burada değerlendirilmeye hazır

bir Plachutta kesişimi var. Çözüm:

1. Kg7!

Şimdi beyaz hem 2. Vg3# hem de 2. Fc7# ile mat tehdidi yapıyor. Siyahın iki tematik savunması var:

a) 1...Khxg7

Bu hamleyle her iki mat tehdidi de önlenmiş oldu. Ancak siyah açısından önemli bir sorun ortaya çıktı: h7'den g7'ye gelen kale g8'deki arkadaşının g3'ü denetimini engelledi. Gerçi bu görevi kendisi üstlendi ama bu bir aşırı yüklenme durumu oluşturuyor. Beyaz da bundan yararlanıyor:

2. Vg3+! K7xg3 (2... K8xg3??) 3. Fc7#.



Şimdi diğer savunmaya bakalım:

b) 1...Kgxc7.

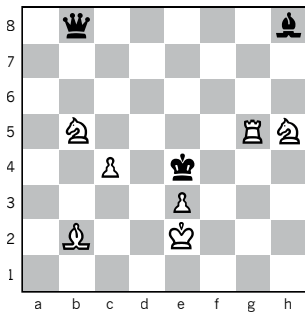
Bu kez h7'deki kalenin c7'ye ulaşımı engellenmiş oluyor.

2. Fc7+! Kg7xc7 3. Vg3#.

Sanırsanız bu prototip örnek sizlere Plachutta keşişimini anlatmakta yeterli olmuştur. Bir başka örneğe bakalım:

Diyagram 2

Cyril Kipping *Folket*, 1921



Beyaz oynar ve üç hamlede mat eder.

Beyaz 1. Ac3 ya da 1. Ag3 ile mat edemiyor çünkü 1...Fxc3 ve 1...Fxc3 var. Diğer yandan siyah fil ve vezirin hareket doğrultularının e5 karesi üzerinde keşiştiği dikkatimizi çekiyor ve bir Plachutta keşişimi aklımıza geliyor. Gerçekten de 1. Fe5! anahtar hamlesi bu problemi çözer:

a) 1...Fxe5 2. Ag3+ Fxc3 3. Ac3#; b) 1...Vxe5 2. Ac3+ Vxc3 3. Ag3#.

Walther von Holzhausen (1876-1935) kuvvetli bir satranç oyuncusu olmakla birlikte asıl ününü kurgu alanında yaptı. İlginç de bir hayat hikayesi var. Önce Avusturya ordusunda, sonra da Prusya ordusunda subay ve matematik öğretmeni olarak görev yapan Holzhausen Birinci Dünya Savaşı'nda Ruslara esir düştü ve Doğu Sibirya'daki bir esir kampına gönderildi.

Burada çok zor şartlar altında bir satranç gazetesi çıkarmaya başladı, hatta kuvvetli hafızası sayesinde, hiçbir kaynağa ulaşamamasına rağmen bir satranç kitabı yazdı. 1918 yılında esir kampından kaçarken kitabın el yazmasını

güvendiği bir kişiye emanet etti. Ne yazık ki bu kitap kaybolmuştur. Yeni Alman Okulu ya da Mantıksal Okul'un ilkelerini benimseyen kurgucumuz 1926 yılında kurgu tarihinde önemli bir yeri olan "Odaksal Problemler" adlı (Almanca "Brennpunktproblemen") bir kitap yayınladı.

Onun kurgu dünyasına kazandırdığı Holzhausen keşişiminde yukarıda da belirttiğimiz gibi benzer hareket özellikli taşlar keşişim karesi üzerinde taş feda etmeden birbirlerinin yolunu kesmeye zorlanırlar. Şimdi bu temaya dayalı ilk örneğimizi görelim (Diyagram 3).

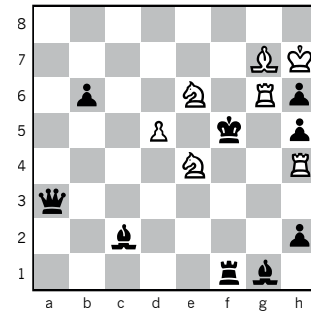
Diyagram 3

Meindert Niemeijer

Hollanda Satranç

Federasyonu Dergisi, 1936

Üçüncü Şeref Mansiyonu



Beyaz oynar ve üç hamlede mat eder.

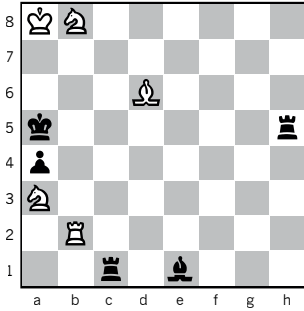
Çözüm:

1. Kg2! (tehdit 2. Kf2+ Kxf2 3. Ad4#; 2...Fxf2 3. Kf4#) a) 1...Kf3 2. Ag3+! Kxc3 (2...Vxc3??) 3. Kf4#; b) 1...Fc5 2. Ad6+! Fxd6 (2...Vxd6??) 3. Ad4#.

Bu problemde "a" varyantında f3'teki kalenin siyah vezirin g3'e ulaşımını engellediğini görüyoruz. Diğer varyantta ise fil vezirin yolunu kesiyor. Yukarıdaki Plachutta problemlerinden farklı olarak engellemeler karşılıklı (mutual) değil. Örneğin "a" varyantında kalenin veziri engellemesine karşılık vezirin kaleyi engellediği bir varyant yok. Eğer engelleme karşılıklı ise Holzhausen'in bu şekline "Wurzburg-Plachutta" deniyor. Evet, problem terminolojisi bazen karışık olabiliyor! Tehdit varyantında Novotni fikrinin kullanılmış olması da probleme bir zenginlik katıyor. Şimdi "Wurzburg-Plachutta" keşişimini konu alan bir kurgu görelim.

Diyagram 4

Emil Palkoska
Narodni Politika,
1912



Üç hamlede mat.

1. Kb5+? Kxb5; 1. Ac6+?
Kxc6! Bu başarısız
denemeler ve siyah
kalelerin konumu bize
tema hakkında bir
fikir veriyor. Kaleler c5
üzerinde birbirlerini
engellemeye zorlanabilir
mi?

Çözüm:

1. Kb7! (tehdit 2. Ka7+ Şb6
3. Ka6#)

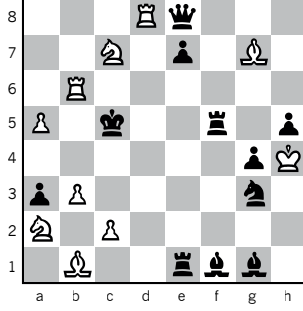
a) 1...Kcc5 2. Kb5+! Kxb5
(2...Kh5xb5??) 3. Ac4#;
b) 1...Khb5 2. Fc7+! Kxc7
(2...Kc1xc7??) 3. Kb5#.

Bu problemde engelleme
karşılıklı ("mutual") olarak
gerçekleşiyor. Yani "a"
varyantında c1'den c5'e
gelen kalenin h5'tekini,
"b" varyantındaysa
bunun tersini (h5'ten c5'e
gelen kalenin c1'dekini
engellemesini) görüyoruz.

Sonraki örneğimizde iki
çift Wurzburg-Plachutta
kesişimi var (Diyagram 5).

Diyagram 5

Stefan Felber
Neue Zürcher Zeitung,
2013-2014 Övgü



Beyaz oynar ve üç
hamlede mat eder.

Önceki örneklerden
siyah kalelerin e5 karesi
üzerinde birbirlerini
engellerebileceğini
öngörebiliyoruz. Ama bir
de sürpriz var. Çözüm:

1. Ac3! (tehdit 2. b4+ Şc4
3. Fa2#)
a) 1...Kee5 2. Kd5+ Kxd5
3. Ae6#;
b) 1...Kfe5 2. Ae6+ Kxe6
3. Kd5#;
c) 1...Vb5 2. Aa6+ Vxa6 3.
Aa4#;
d) 1...Fb5 2. Aa4+ Fxa4 3.
Aa6#.

Bu problemde "a" ve "b"
varyantlarına ek olarak "c"
ve "d" varyantlarında siyah
vezir ve fil arasında ikinci
bir Wurzburg-Plachutta
kesişimi görüyoruz.

Sanırsanız bu örnekler
Plachutta, Holzhausen
ve Wurzburg-Plachutta
kesişimlerinin

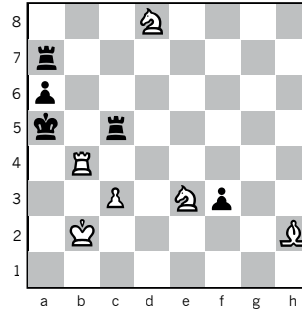
anlaşılmasında yeterli
olmuştur. Sıra geldi ayın
sorularına...

Ayın Soruları

Bu ayın ödev soruları
tabii ki yine bu yazıda
ele aldığımız kesişim
motifleriyle ilgili. İlk
örneğimiz (Diyagram 6)
beş hamlelik bir problem.

Diyagram 6

Andre Chéron
Le Journal de Leysin, 1911

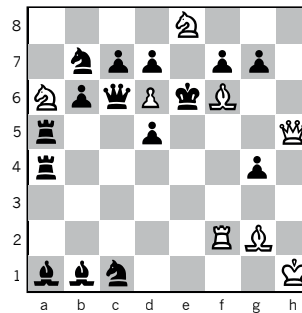


Beyaz oynar ve beş
hamlede mat eder.

Diyagram 7

Aleksandr Grin
British Chess Magazine,
1967

Şeref Mansiyonu

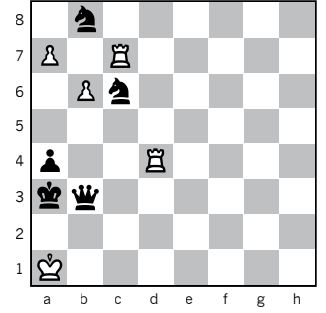


Beyaz oynar ve üç
hamlede mat eder.

Geçen Ay Sorulan Problem Çözümü

Diyagram 8

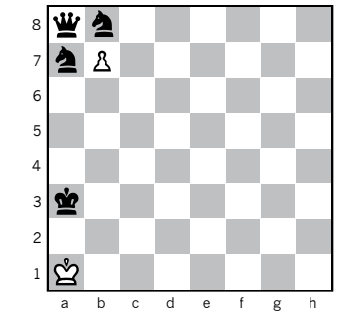
Aleksandr Herbstman
64, 1935



Beyaz oynar ve
berabere kalır.

Siyah 1...Va2# ya da 1...
Vb2# ile tehdit ediyor.
Beyaz süratle
"fazlalıklardan"
kurtulmalı:
Çözüm: 1. Kxa4+ 2. Vxa4
2. a8=V Vxa8 3. Ka7+
Axa7 4. b7!! Piyon son
noktayı koyuyor
(Diyagram 9)!

Diyagram 9



Siyahın veziriyle piyonu
almaktan başka çaresi yok:
4...Vxb7 pat!

Ayın Sorusu

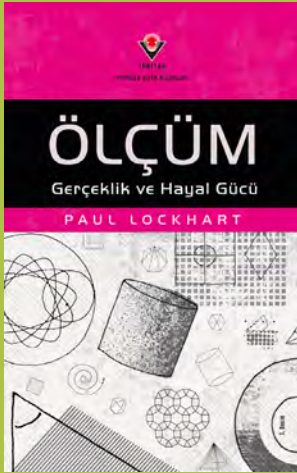
Prof. Dr. Azer Kerimov [bteknik@tubitak.gov.tr

Bilkent Üniversitesi Fen Fakültesi
Matematik Bölümü

Soruyu çözüp cevabı ad, soyad, adres ve telefon 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:

Ölçüm - Gerçeklik ve Hayal Gücü



**Çözümü ile birlikte
gönderilmeyen cevaplar
değerlendirmeye alınmayacaktır.**

Doğru çözüm ve çekiliş sonuçları dergimizin internet sitesinden ve sosyal medya hesaplarından önümüzdeki ayın ilk haftasında duyurulacaktır.



Bilim ve Teknik



tubitakbiltek



tubitakbilimteknik



bilimteknik.tubitak.gov.tr

Ali Baba'nın Mağaradan Alabileceği Altın Sikke Sayısı



Ali Baba'yı mağarada alıkoyan 40 harami onu salıvermeye karar verir. Ali Baba mağaradan ayrılmadan önce haramilerden bir miktar altın sikke almak için izin ister. Haramiler de buna cevap olarak Ali Baba'ya tek kişilik bir oyunun kurallarını anlatıp ona verecekleri altın sikke sayısının onun bu oyundaki başarısına bağlı olduğunu söyler.

Oyunun kurallarına göre, başlangıçta haramiler Ali Baba'nın önüne birinde 1, birinde 2, birinde 3, ... ve sonuncusunda 40 değerli taş bulunan 40 tane kese dizer. Ali Baba yaptığı her hamlede istediği iki kese seçer. Kurallara göre her hamlede seçilen keselerde bulunan değerli taşların farkı en az 2 olmak zorundadır. Bundan sonra Ali Baba seçtiği iki kesenin daha fazla değerli taş içereninden 1 taş alıp aldığı bu taşı daha az değerli taş içeren keseye yerleştirir. Örnek olarak Ali Baba 12 ve 21 değerli taş içeren keseleri seçerse hamle sonucunda bu keselerde sırasıyla 13 ve 20 değerli taş bulunacaktır. Ali Baba yaptığı her hamle için haramilerden bir puan alır.

Kurallara göre, Ali Baba bir keseyi birden fazla kez seçebilir. Ali Baba yaptığı her hamleden önce hangi kesede kaç değerli taş olduğu bilgisini öğrenip keseleri buna göre seçer.

Ali Baba'nın önünde içerdikleri değerli taş sayısı en az 2 olan herhangi kese ikilisi kalmayınca oyun sonlanır. Oyunun sonunda haramiler Ali Baba'ya oyun boyunca onun topladığı puan sayısı kadar altın sikke verirler.

Ali Baba bu tek kişilik oyunda işlemlerini en düzgün şekilde yaparak mağaradan en fazla kaç altın sikkeyle ayrılabilir? Ali Baba'nın bu sayıya ulaşabilmesi için yapması gereken hamleler dizisini açıklayın ve onun neden daha fazla altın sikke elde edemeyeceğini kanıtlayın.

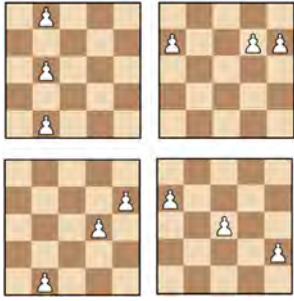
Zekâ Oyunları

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

PİYONLU DOĞRULAR

X adet piyon rastgele biçimde 5x5'lik bir satranç tahtasına yerleştirilecek. Amaç üç piyonun bulunduğu satır, sütun ya da çapraz hat üzerinde bir doğru elde etmek. Bu işi başarmayı garantilemek için X en az kaç olabilir?

Üç piyon bulunan doğru örnekleri:



ORTADAKİ SAYI

Dokuz farklı rakam kullanarak üç adet üç basamaklı sayı oluşturuluyor ve büyüklüklerine göre sıraya konuyor. Bu üç sayının toplamı 1999 olduğuna göre ortadaki sayı en az kaç olabilir?

SIRALI TOPLAMLAR

Sıralamaları $K < L < M < N$ olan dört sayı ikişerli grup halinde bir araya getirilmiş ve toplamaları alınmıştır. Elde edilen 6 sayının ardışık olduğu görülmüştür. En küçük toplam 4 olduğuna göre bu dört sayının en küçüğü en fazla kaç olabilir?

RAKAMLAR

Üç basamaklı bir sayıdan üç basamaklı bir sayı çıkarılıyor ve üç basamaklı bir sayı elde ediliyor. Bu işlem incelendiğinde dokuz rakamın da birbirinden farklı olduğu görülüyor.

Çıkarma işlemi yapılan bu iki sayının farkı 234 olduğuna göre toplamaları en fazla kaç olabilir?

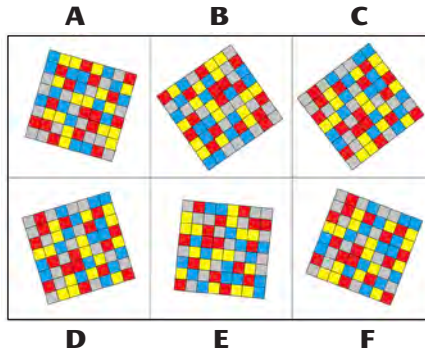
ÇARPMA

Bu çarpma işleminde her harf farklı bir rakama karşılık gelmektedir. İşlemi gerçekleştiren rakamları bulunuz.

$$\begin{array}{r} \text{EFGHJ} \\ \times \quad \text{K} \\ \hline \text{GGGGGG} \end{array}$$

HANGİSİ FARKLI

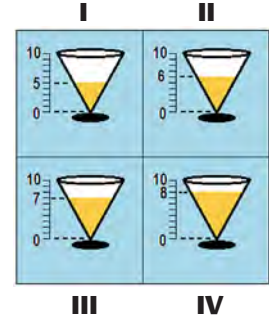
Farklı olan şekli bulunuz.



KONİ BARDAK

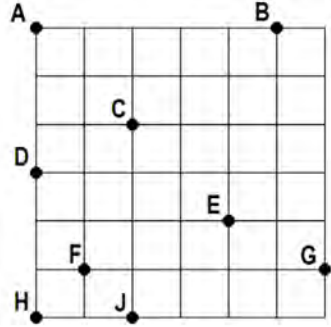
Çeşitli miktarlardaki meyve suları bulunan koni biçimindeki bardaklar şekilde görülmektedir.

Aşağıdaki seçeneklerden hangisi bir bardağın tamamını doldurmaya en yakındır? (Az miktarda eksik kalabilir ya da taşabilir.)



- A) I+IV
- B) II+III
- C) II+IV
- D) III+III
- E) IV+IV

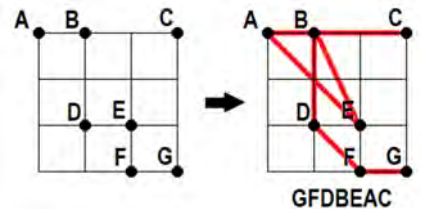
NOKTALAR



Bir noktadan başlayıp sırayla tüm noktalardan geçen ve son noktada tamamlanan bir yol oluşturacaksınız. Koşulumuz yol üzerindeki her nokta çifti arasındaki uzaklığın bir sonraki nokta çiftinin uzaklığından daha küçük olması (yani birinci nokta ile ikinci nokta arasındaki uzaklık, ikinci nokta ile üçüncü nokta arasındaki uzaklıktan daha küçük olacak ve bu durum aynı biçimde devam edecek).

Not: Yolu oluşturan doğrular örnekteki gibi noktaların üzerinden geçebilir.

Örnek: Soru aşağıdaki tablo için sorulsaydı çözüm sağdaki gibi olacaktı ve cevap olarak GFDBEAC girilecekti.

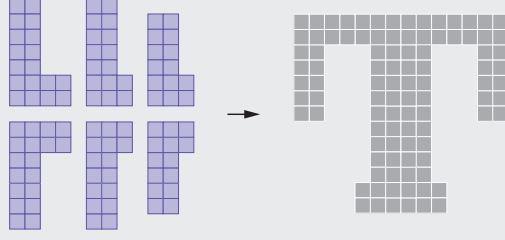


99 KART

Bir kutuda 1'den 99'a kadar sayıların yazıldığı 99 kart bulunuyor. Bu kutudan rastgele kartlar çekeceksiniz. Amacınız birbirini takip eden 5 sayı elde etmek. Amacınıza ulaşmayı garanti etmek için en az kaç kart seçmeniz gerekir?

ALTI "L"

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



GEÇEN SAYININ ÇÖZÜMLERİ

PİYONLAR

10 piyon gerekir.
Aralarındaki mesafenin en az 2 birim olduğu 9 piyonun yerleşimi şekilde görülmektedir.
Onuncu piyon nereye yerleştirilirse yerleştirilsin başka bir piyonla arasındaki mesafe 2 birimden az olacaktır.



ÇOCUK SAYILARI

Çocuk sayıları: 1, 1, 2, 4
 $1+1+2+4=8$
 $1 \times 1 \times 2 \times 4=8$

ÇARPMA

$$\begin{array}{r} 3367 \\ \times \quad 33 \\ \hline 111111 \end{array}$$

NE YAZIYOR?

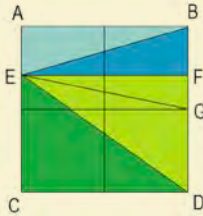
ÇEKİRGE
ÜÇGEN'in ikinci harfi Ç
BEŞGEN'in ikinci harfi E
KARE'nin birinci harfi K
DAİRE'nin üçüncü harfi İ
KARE'nin üçüncü harfi R
ÜÇGEN'in üçüncü harfi G
BEŞGEN'in ikinci harfi E

YİRMİ SAYI

X en fazla 11 olabilir.
Seçilecek sayılar:
11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21

SARI BÖLGE

1 birim kare.
AB ve CD doğrularına paralel EF doğrusunu çizelim.
(ABE)=(BEF) ve (CDE)=(DEF) olduğu için
(BDE)=(ABCD)/2=2
G noktası BD doğrusunun orta noktası olduğu için
(DEG)=(BDE)/2=2/2=1 birim kare.



YARIŞMA

En yüksek toplam puanı alan yarışmacının toplam puanı en az 13 olabilir.
Örnek bir puan tablosu:

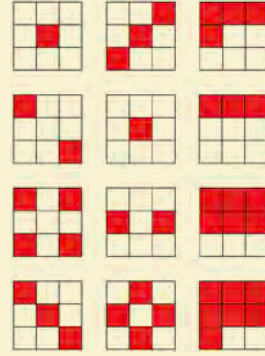
	Jüri 1	Jüri 2	Jüri 3	Toplam
A	3	4	6	13
B	4	5	3	12
C	5	2	4	11
D	6	3	1	10
E	1	6	2	9
F	2	1	5	8
	21	21	21	63

ALTMİŞ ALTI SAYI

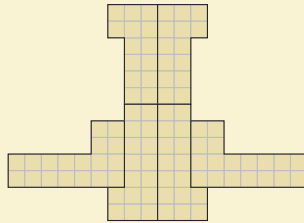
8'den başlamanız gerekir.

SORU İŞARETİ

E gelecek.
Üçüncü sütunda diğer iki sütundaki kırmızı karelerin toplamı kadar kırmızı kare bulunuyor ve en üst satırdaki üç kare kırmızı oluyor.



ALTI "L"



Yayın Dünyası

İlay Çelik Sezer [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Kutup Bilimleri Ansiklopedisi

Başeditör:
Prof. Dr. Burcu Özsoy

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
Yetişkin Kitaplığı, 2024
(2. Basım)



Kutup Bilimleri Ansiklopedisi, 65 bilim insanının katkılarıyla üç cilt halinde hazırlanmıştır. Birinci ciltte yaşam bilimlerini, ikinci ciltte yer bilimlerini, üçüncü ciltte ise fiziki bilimleri, ayrıca sosyal ve beşeri bilimleri kapsayan toplamda 565 bilimsel yazı yer almaktadır. Kutup bilimlerinin farklı bilim alanlarındaki çalışma sahaları detaylı bir şekilde eşsiz görseller eşliğinde anlatılmaktadır. TÜBİTAK'ın kutup bilimlerine verdiği önemi de ifade eden bu eserde; kutup bilimleri ile ilgili temel bilgiler okuyucunun, üniversite gençliğinin ve araştırmacıların dikkatine sunuluyor.

Kutup Seferleri

Sinan Yirmibeşoğlu

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
8 yaş +, 2024 (3. Basım)



Kutuplara sefere çıkıyoruz! Sinan Kaptan'ın rehberliğinde, dünyamızın buzdan hazinelerinin olduğu kutup bölgelerine yolculuğumuz başlıyor. Maceralarla dolu bu yolculuğa hazırlanmaya ve Arktik ile Antarktika'nın ne kadar yakın olduğunu keşfetmeye var mısınız? Yaşadığımız bölgedeki hava ve çevre olaylarının kutuplara nasıl ulaştığına inanamayacaksınız! Üstelik merak, araştırma ve özgün düşünme özelliklerinizi öne çıkaracak birçok eğlenceli etkinlik de sefer boyunca sizlerle olacak. O hâlde seferler başlasın!

Teknolojiye İlham Veren Hayvanlar

Christiane Dorion
Çeviri: Meryem Tuğba Pekşen
Çizer: Gosia Herba



TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
10 yaş +, 2023 (1. Basım)



En ileri teknolojilerin kaynağı hayvan dostlarımızda olabilir mi? Biyotaklit konusunu ele alan bu kitapta, parlak buluşlara ve zorlu problemlerin çözümüne ilham veren harika hayvanlarla tanışacaksınız.

Bilimle El Ele: Madde

Lola M. Schaefer
Çeviri: Emre Özsever
Çizer: Druscilla Santiago



TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
7 yaş +, 2024 (1. Basım)

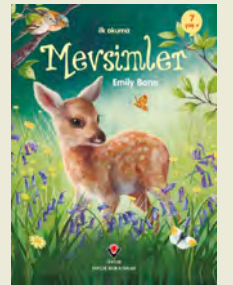


Bu kitaba dokun! Bir kütlesi var. Bir şekle sahip. Katı formda. Bu kitap bir madde! Bu kitapta maddenin ne olduğunu ve ne işe yaradığını eğlenceli bir şekilde keşfedebilirsin. Gösterilen tüm maddelere dokunmaktan, onları sallamaktan, bükmekten ve itmekten çekinme.

İlk Okuma – Mevsimler

Emily Bone
Çeviri: Özlem Köroğlu

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
7 yaş +, 2023 (2. Basım)



Birçok hayvanın yavruladığı mevsim hangisidir? Hangi hayvanlar yaz gecelerini uykusuz geçirir? Hayvanlar kışın zorlu koşullarında nasıl hayatta kalır? Bu soruların cevaplarını ve mevsimlerle ilgili pek çok bilgiyi bu kitapta bulacaksınız.

