

Bilim *ve* Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi Kasım 2023 Yıl 57 Sayı 672 - 11 TL

Rekabet Gücümüzü Artıran
**Araştırma
Altyapı
Merkezlerimiz**

Beyin ve Bağışıklık Sistemi
Hiperkompleks Sayılar
Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi
mRNA Aşılarının Temeli

**Cumhuriyetimizin
100. yılına özel iki poster**



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

Bilim ve Teknik
Aylık Popüler Bilim Dergisi
Yıl 57 Sayı 672
Kasım 2023

İmtiyaz Sahibi
TÜBİTAK Adına Başkan
Prof. Dr. Hasan Mandal

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

Yayın Yönetmeni - Editör
Dr. Özlem Kılıç Ekici

Yayın Danışma Kurulu
Prof. Dr. Emine Adadan
Prof. Dr. Elif Damla Arısan
Ömer Kökçam
Doç. Dr. Nuray Karapınar
Prof. Dr. Evren Mutlugün
Prof. Dr. Faruk Soyduğan

Yayın Danışmanı
Doç. Dr. Rukiye Dilli

Araştırma ve Yazı Grubu
Dr. Özlem Ak
Dr. Tuncay Baydemir
Dr. Bülent Gözcelioğlu
Dr. Mahir E. Ocak
İlay Çelik Sezer

Redaksiyon
Dr. Nurulhude Baykal

Grafik Tasarım-Web
Hüseyin Diker
Ayşe Dilara Cumhur

Mali Yönetmen
Adem Polat

Mali ve İdari Hizmetler
M. Furkan Aktaş

İletişim Bilgileri
TÜBİTAK *Bilim ve Teknik* Dergisi
Bilim ve Toplum Başkanlığı
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. A.Ş.
basakmatbaa.com

Baskı Tarihi 24.10.2023

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 11 TL

Her ayın 1'inde çıkar.



**Değerli öğretmenlerimizin 24 Kasım Öğretmenler
Günü'nü kutluyor, 85 yıl önce 10 Kasım'da kaybettiğimiz
Cumhuriyetimizin kurucusu ve başöğretmenimiz Gazi
Mustafa Kemal Atatürk'ü sevgi, saygı ve minnetle
anıyoruz.**

Bilimsel bilgiyi üreten, elde edilen bilgi birikimini toplumsal
faydaya ve katma değeri yüksek ürünlere dönüştürebilen, her

alanda araştırma altyapılarının temellerini oluşturarak bilimsel ve teknolojik çalışmalara
yön veren, doğal kaynaklarını verimli bir şekilde kullanarak her sektörde dışa bağımlılığı
azaltacak şekilde çevreye duyarlı üretim süreçlerini yöneten ülkeler geleceğe daha
emin adımlarla ilerler. Bu sayımızda, Cumhuriyetimizin 100. yılında, ülkemizin AR-GE
ekosisteminde paradigma değişikliğine yol açan ve “Millî Teknoloji Hamlesi” kapsamında
yüksek teknoloji ürünleri geliştirerek ülkemizin rekabet gücünü artırmayı hedefleyen altyapı
araştırma merkezlerimizi tek tek detaylı bir şekilde ele almaya başlıyoruz. Tuncay Baydemir,
ülkemizin kritik teknolojilerde geride kalmaması, hatta öncü duruma geçmesi adına, 6550
Sayılı “Araştırma Altyapılarının Desteklenmesine Dair Kanun” kapsamına alınan araştırma
altyapı merkezlerini tanıtıyor. Bu merkezlerden birisi olan Bilkent Üniversitesi Ulusal
Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (UNAM) özelinde gerçekleştirilen faaliyetleri de Hilmi
Volkan Demir ele alıyor.

İlay Çelik Sezer, COVID-19'a yönelik mRNA aşılarının temelini atarak 2023 Nobel Tıp veya
Fizyoloji Ödülü'nü alan bilim insanlarının çalışmalarına yer veriyor. Özlem Ak bu ayki
yazısında bağışıklık ve sinir sistemleri arasında gerçekleşen karmaşık etkileşim konusuna
değinerek beynin artık “aşılabilir bir kale” olmadığını vurguluyor. Mahir Ocak ise tüm fiziksel
etkileşimleri birleştirmeye aday olan hiperkompleks sayıları anlatıyor.

Bu ayki posterlerimizle birlikte Cumhuriyetimizin 100. yılı coşkısını ve gururunu yaşamaya
devam ediyoruz. Posterlerde gösterilen temsili bazı seçkiler üzerinden ülkemizin dünden
bugüne çeşitli alanlardaki başarılarına, bilimsel, teknolojik ve yenilikçi atılımlarına vurgu
yapıyoruz.

“Antarktika Seferindeki Yeni Keşif! Türk Bilim Kampı'ndaki İmparator Penguenler” başlıklı
yazımız ile farklı ilgi alanlarına hitap eden Bilim Haberleri, Bilim Çizgi, Tekno-Yaşam,
Merak Ettikleriniz, Bilim Tarihinden Notlar, Doğa, Gökyüzü, Düşünme Kulesi, Satranç, Ayın
Matematik Sorusu, Zekâ Oyunları ve Yayın Dünyası başlıklı köşelerimizdeki içerikleri de
beğenerek okuyacağınızı umuyoruz.

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 bizlerle 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

COVID-19'a Yönelik mRNA Aşılarının Temelini Atan İki Bilim İnsanına 2023 Nobel Tıp veya Fizyoloji Ödülü
İlay Çelik Sezer

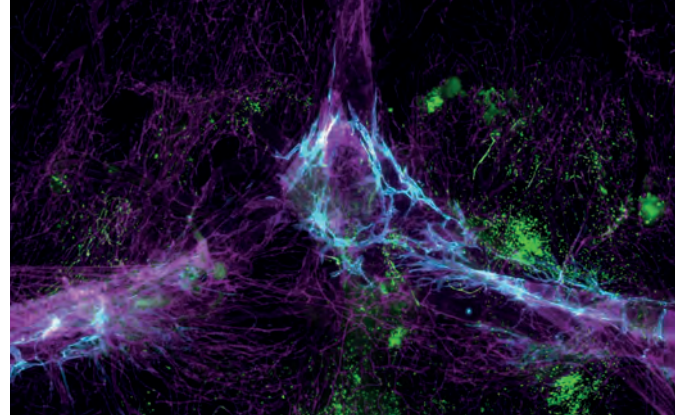
Bu yılki Nobel Tıp veya Fizyoloji Ödülü, 2020 yılında başlayıp tüm dünyada büyük korku ve kaygıya neden olan COVID-19 pandemisi sırasında etkin mRNA aşıları geliştirilebilmesini mümkün kılan çok önemli temel bilimsel keşiflerinden dolayı Katalin Karikó and Drew Weissman'a verildi.



52

Beyin Artık "Aşılmaz Bir Kale" Değil!
Özlem Ak

Nöroimmünoloji alanında yapılan son çalışmalar ışığında, sinir sistemi ve bağışıklık sistemi tarafından paylaşılan olağanüstü çeşitlilik ve özgünlükteki ilişkiler, bu iki sistem arasında ortak bir moleküler mekanizma bulunabileceğini düşündürüyor.



64

Oktaniyonlar: Tüm Fiziği Birleştirmeye Aday Hiperkompleks Sayılar
Mahir E. Ocak

Herhangi bir fiziksel gerçeğe karşılık gelmeseler de karmaşık sayılar fiziksel kuramlarda önemli bir yer tutuyor. Hatta tüm fiziksel etkileşimleri bir araya getirecek bir büyük birleşik kuram geliştirmenin yolu da çok boyutlu hiperkompleks sayılardan geçiyor olabilir.



4

Bilim ve Teknik ile Büyüdüm!

Özlem Ak

6

Haberler

24

Bilim Çizgi

Vera Rubin

Sinançan Kara

26

Lider Bir Türkiye İçin Araştırma Altyapılarının Desteklenmesinin Önemi

Tuncay Baydemir

6550 Sayılı "Araştırma Altyapılarının Desteklenmesine Dair Kanun" kapsamında ve yüksek teknoloji ürünleri geliştirerek ülkemizin rekabet gücünü artırmayı hedefleyen altyapı araştırma merkezlerinden bahsediyoruz.

42

Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (UNAM)

Hilmi Volkan Demir

Bu yazıda; nitelikli bilim, toplumsal fayda ve küresel seviyedeki inovasyon odağı ekseninde; "ulusal laboratuvar" kimliği ile rekabetçi Ar-Ge kabiliyetini Türkiye'ye kazandırmak ve uluslararası düzeyde kaliteli bilgi ve katma değeri yüksek teknoloji ortaya koymak için faaliyetlerini sürdüren UNAM'ı ve hedeflerini anlatıyoruz.

48

Tekno-Yaşam

Gürkan Caner Birer

62

Merak Ettikleriniz

Mesut Erol

71

Ayın Sorusu

(Matematik)

Azer Kerimov

72

Antarktika Seferindeki Yeni Keşif! Türk Bilim Kamprındaki İmparator Penguenler

Sinan Yirmibeşoğlu,

Burcu Özsoy

Yedinci Ulusal Antarktika Bilim Seferi sırasında Türk Bilim İstasyonu'nun bulunduğu Horseshoe Adası'nda saha çalışması yapan Türk araştırmacılar bu bölgede ilk kez imparator penguenleri görüntülediler. Bu keşif, iklim değişikliği sonucu hayvanların üreme ve göç yollarının değişebileceğini bize gösteriyor.

78

Bilim Tarihinden Notlar:

Michelson-Morley Deneyinin Sonuçları

Hüseyin Gazi Topdemir

82

Doğa - Fauna:

Tibet Kum Tilkisi

Bülent Gözcüoğlu

84

Gökyüzü:

Yıldızların Renkleri

Faruk Soyduğan

88

Düşünme Kulesi

Ferhat Çalapkulu

90

Satranç

Kıvanç Çefle

94

Zekâ Oyunları

Emrehan Halıcı

96

Yayın Dünyası

İlay Çelik Sezer

EK - 2 Adet Poster

Atatürk Silueti; Cumhuriyetimizin 100. Yılı Kutlu Olsun!

Özlem Kılıç Ekici,
Hüseyin Diker, Ersan Yağız



Cumhuriyetimizin 100. Yılında; Bilim, Teknoloji ve Yeniliğin Öncülüğünde Daima İleri

Özlem Kılıç Ekici,
Hüseyin Diker, Ersan Yağız



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.

Dergimizin elektronik dergi arşivi "services.tubitak.gov.tr/ederji" 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
BİLİM VE TOPLUM BAKANLIĞI
POPÜLER BİLİM YAYINLARI

TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları internet sitesi yenilendi!

<https://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



Bilim ve Teknik ile Büyüdüm

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi



Okurlarımızın *Bilim ve Teknik* dergisinin hayatlarındaki yerini, onlara neler kattığını, geleceklerine yön verirken nasıl bir rol oynadığını bizimle paylaştıkları mektuplarını yayımlamaya devam ediyoruz. *Bilim ve Teknik* ile ilgili anılarını, duygu ve düşüncelerini bizimle paylaşan okurlarımıza çok teşekkür ediyor, “*Bilim ve Teknik* bilimi sevmemde ve kariyerimi seçmemde rol oynadı” diyen okurlarımız için adresimizi hatırlatıyoruz:

bteknik@tubitak.gov.tr

Sevgili okurlarımız, yoğun ilginizden dolayı çok teşekkür ederiz. Gönderdiğiniz anlamlı mektupların hepsini yayımlayacağız. Ancak köşemizin sayfa sayısı sınırlı olduğu için geliş tarihlerine göre sıralayarak yayımlıyoruz. Anlayışınız için teşekkür ederiz.

“Kıbrıs’tan Saygı ve Sevgiyle”



Merhaba,

Babam her daim yenilikleri takip eden, pek çok alanda okumayı çok seven bir insandır. Özellikle bilim ve teknoloji alanındaki tüm değişim ve gelişmeleri yakından takip eder. Bu nedenle *Bilim ve Teknik* dergisini babamın elinde sık sık görüyordum. 1998 yılında ben henüz ilkokul öğrencisiyken babamın yüzünde kocaman bir gülümseme ve arkasında sakladığı Bilim Çocuk dergisi ile eve gelişini hâlâ dün gibi hatırlıyorum. Sonrasında yıllarca biriktirdiğim dergiler ve beraberinde gelen kartlar, büyüyüp *Bilim ve Teknik*’e devam edişimle zaman geçip gitti...

2010 yılında üniversiteden mezun olup ilkokul öğretmeni olarak göreve başladım. Hayatıma Bilim Çocuk ile birlikte Meraklı Minik de girdi. Şimdi 5 ve 9 yaşlarında bilime ve teknolojiye çok meraklı iki oğlumla sarmaş dolaş; Meraklı Minik, Bilim Çocuk ve *Bilim ve Teknik* okuyoruz.

Teşekkürler,

İmge Darbaz Akgür

“En Güzel Dergi *Bilim ve Teknik*, En Güzel Kurum TÜBİTAK”



Merhaba,

Derginizin “*Bilim ve Teknik* ile Büyüdüm” köşesi olduğunu yeni fark ettim. *Bilim ve Teknik*’i sanırım en son 18 yaşında almıştım. Çocukluğumda her ay annemin dergiyi almasını merakla beklerdim. Lisede okul kütüphanesinde, o zamanlar bana göre çok eski sayılarını bulmuştum, öğle aralarında gidip onları okurdum. 05.08.2023 tarihinde kaybettiğim öğretmen emeklisi olan dedemin hep “en güzel dergi *Bilim ve Teknik*, en güzel kurum TÜBİTAK” sözleri ile büyüdüm. Şu an sayfaları karıştırırken

film şeridi gibi geçiyor o anlar, yazıya dökmek zor ama bir o kadar da güzel. Bana bu hissi yaşattığınız için ayrıca teşekkür ederim.

Şimdi Ankara Üniversitesi Çocuk Acil Servis'te hemşire olarak çalışıyorum. Keşke buraya gelen çocuklara bu dergileri daha çok verebilme imkânım olsaydı... *Bilim ve Teknik* dergisi de dâhil olmak üzere kendi aldığım dergileri, okudukça başkalarına vermeye ve dağıtmaya çalışıyorum. Alamayan ama bilime meraklı çocuklar ve gençler varsa faydalanabilsinler diye...

Bana çocukluğumu hatırlatan bu dergiye, kurum yöneticilerine, sevgi ve saygılarımla...

Ezgi Cengiz

“Daha Uzun Yıllar *Bilim ve Teknik* ile...”



Merhaba,

Dergi okumaya ortaokul yıllarımda Bilim Çocuk dergisiyle başlamıştım. Daha çocukken bilimsel konulara ilgi duyuyordum. Lise çağına geldiğimde ise *Bilim ve Teknik* dergisini fırsat buldukça okudum. Lise dönemimde teknik konulara ilgim daha da arttı ve şu an üniversitede okuduğum makine bölümünü seçmemde önemli rol oynadı. Bilimi sevmek ve kariyer seçmek arasında bir denge kurmanın önemli olduğunu düşünüyorum. Kariyer seçiminde sadece bilimsel ilgi veya yetenek değil; aynı zamanda kişisel hedefler, beklentiler ve koşullar da dikkate alınmalı. Böylece hem bilimsel hem kariyer hayatında hem de kişisel anlamda daha başarılı ve mutlu olabiliriz.

Daha uzun yıllar *Bilim ve Teknik* dergisini okumak dileğiyle.
Teşekkürler.

Yağmur Kuşku

“Bilim Bir Tutku Hâline Geldi”



Merhaba,

Ben Gebze Teknik Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü ikinci sınıf öğrencisiyim. *Bilim ve Teknik* okumaya 12. sınıfta, öğretmenimin bilimsel metinler okumanın YKS için faydalı olacağı tavsiyesi üzerine başladım. Dergi sadece sınavda başarılı olmamı sağlamadı, aynı zamanda ilgi alanlarımı keşfetmemi ve “bilim insanı” olmak istediğimi anlamamı sağladı. Bu nedenle Temel Bilimler Fakültesine gitmeye karar verdim. İyi ki de vermişim. Sınav geçeli 3 sene oldu ama ben *Bilim ve Teknik* okumayı bırakmadım, bilim bir tutku hâline geldi.

Derginin sıkı takipçisi olarak her ay yeni sayıyı sabırsızlıkla bekliyorum. Dergide emeği geçen herkese teşekkürlerimi sunuyorum.

Bilim Işığınız Olsun!

Mustafa Eren Yıldız



TÜBİTAK

Pembe Elmasların Kökeni



Mahir E. Ocak

Elmas karbon atomlarının üç boyutlu, düzenli bir yapı oluşturmasıyla ortaya çıkar. Yeryüzündeki koşullar bu güçlü kristal yapının doğal olarak oluşmasına imkân vermez. Bugün yeryüzündeki doğal elmasların tamamı mantoda oluştuğundan sonra volkanik faaliyetler sırasında yeryüzüne taşınmıştır.

Saf ve kusursuz yapıya sahip bir elmas şeffaftır. Saflığı bozan atomlar ve kristal yapıdaki bozulmalar ise elmaslara renk kazandırır. Pembe elmasların oluşması için mantodaki sıradan koşullardan çok daha güçlü bir etkene ihtiyaç vardır.

Argyle madeni dünyanın en büyük doğal elmas madenidir. Batı Avustralya'da bulunan

maden, yeryüzündeki pembe elmasların %90'ından fazlasının kaynağıdır. Dr. H. Olierook ve arkadaşlarının *Nature Communications*'ta yayımladığı araştırmanın sonuçları, Argyle madeninin günümüzden yaklaşık 1,3 milyar yıl önce oluştuğunu gösteriyor.

Dünya'daki tektonik levhalar zaman zaman bir araya gelerek neredeyse tüm karaların birbiriyle bağlantılı olduğu süper kıtaları oluşturur. Argyle madeninin bulunduğu bölge, günümüzden yaklaşık 1,8 milyar

yıl önce iki levhanın çarpışarak Nuna süper kıtasının bir kısmını oluşturduğu bölgede yer alıyor. Günümüzden yaklaşık 1,3 milyar yıl önce ise Nuna kıtasının bu bölgesi parçalanmaya başlamıştı. Araştırmacılar, elde ettikleri son bulgulara dayanarak, Argyle madenindeki pembe elmasların 1,8 milyar yıl önceki tektonik çarpışma sırasında oluştuğunu, yaklaşık 500 milyon yıl sonra levhalar ayrılırken ortaya çıkan kanallardan püsküren magma ile birlikte yeryüzüne taşındığını öne sürüyor. ■

Bazı Mantarlar Deriye ve Diğer Yüzeylere Nasıl Bu Kadar Kolay Yapışır?

Özlem Ak

Ölümçül enfeksiyonlara yol açabilen bir mantar olan *Candida auris*, neredeyse her türlü yüzeye yapışabiliyor. Ann Arbor, Michigan Üniversitesi Tıp Fakültesinden mikrobiyolog Darian Santana, özellikle hastanelerde hastaların etrafındaki

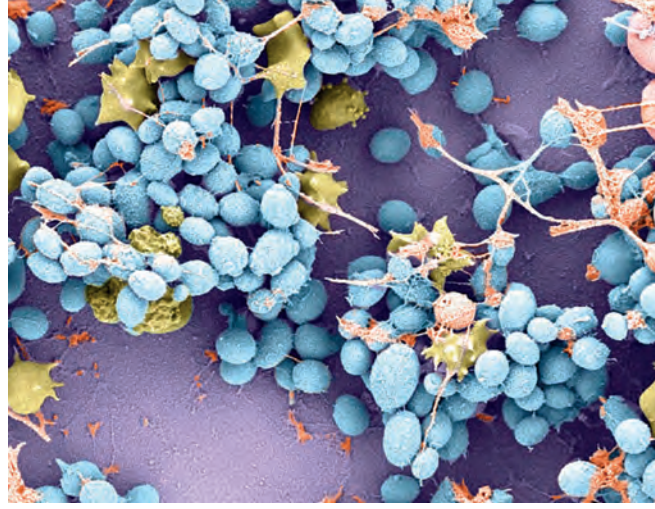


Ralwei / iStock



tüm yüzeylere yerleşebilen çok inatçı ve kurtulması çok zor olan bu mantarın salgınları tetikleyebileceğine dikkat çekiyor. Mantar, dünyanın çeşitli yerlerinde ilk vakaların ortaya çıktığı 2012'den bu yana hızla yayılıyor.

Santana ve meslektaşları, mantarların çok çeşitli yüzeylere nasıl yapıştığını keşfetti. Çoğu mantar, yüzeylere yapışmak için hidrofobik etkileşimlere dayanan yapışkan proteinler



Siçanda kullanılan bir katetere yapışmış *Candida auris*'in (mavi, 5.000 kez büyütülmüş) elektron mikroskobu görüntüsü.

üretir. Araştırmacılar, *C. auris*'in de hidrofobik yapışma proteinlerine sahip olduğunu, ancak esas olarak elektrik yüklerini kullanarak kendini yüzeylere yapıştırdığını 29 Eylül tarihli *Science* dergisinde bildirdi. Mantar, birçok pozitif yüklü amino asit içeren SCF1 adlı proteini üretiyor. Pozitif yük, deri ve tıbbi cihazlar da dâhil olmak üzere yüzeylerdeki negatif yüklerle çekim oluşturuyor. Santana, bu durumu midyelerin teknelere yapışmasına benzetiyor. Ekibin bulgularına göre, mantar bu protein sayesinde deri örneklerini enfekte edebiliyor ve laboratuvar

kateterleri kolonize olabiliyor. Örneğin SCF1 olmadan, mantar enfeksiyonunun farelerde yayılamadığı görüldü.

Santana'nın laboratuvarında çalıştığı mikrobiyolog ve genetikçi Teresa O'Meara, bu bulgunun sonunda *C. auris* enfeksiyonlarını önlemek veya tedavi etmek için yeni kapılar açabileceğini söylüyor. Örneğin, enfekte kişilerde mantarın daha geniş bir alana yayılmasını önlemek için proteinin üretimini durdurabilmek ya da bir aşı veya antikor kullanarak mantarın yüzeylere bağlanmasını engellemek yoluyla hastalığın önüne geçmek mümkün olabilir. ■

Atık Plastikten Sabun Üretildi

Mahir E. Ocak

Günümüzde üretilen plastiklerin çok büyük bir çoğunluğu geri dönüştürülemiyor. Geri dönüştürülen plastikler ise düşük kaliteli malzemelerin üretiminde kullanılıyor.

Atık plastiklerden değerli hammaddeler üretmek günümüzde bilimsel araştırmalara konu oluyor. Dr. Zhen Xu ve arkadaşları tarafından yakın zamanda *Science*'ta yayımlanan bir makalede, atık plastikleri yüzey aktif maddelere dönüştüren bir yöntem geliştirildiği açıklandı. Yüzey aktif maddeler yağlayıcılardan deterjanlara ve sabunlara kadar onlarca malzemenin üretiminde kullanılır.

Hem yüzey aktif maddeler hem de plastikler ana yapısını karbon atomlarının oluşturduğu zincir biçimli moleküllerdir. Ancak yüzey aktif



Atık plastikten üretilmiş sabunlar

maddelerdeki zincirler çok daha kısadır. Ayrıca bu maddelerin molekülleri suyu çeken atom gruplarıyla kaplıdır.

Araştırmacılar plastikleri yüzey aktif maddelere dönüştürmek için özel bir reaktör geliştirmiş. Reaktör ilk olarak atık plastikleri ısıtarak karbon zincirlerinin kısılmasını sağlıyor, sonra da ortaya çıkan molekülleri suyu çeken atom gruplarıyla kaplayarak yüzey aktif maddelere dönüştürüyor.

Yeni yöntem ile tek bir seferde ancak yarım gram kadar yüzey aktif madde üretilabiliyor. Araştırmacılar aynı yöntemi sanayi ölçeğinde üretim yapabilecek hâle dönüştürmek için çalışmalara devam ediyor. ■

İlk Defa Bir Parçacık Çarpıştırıcıda Nötrinolar Tespit Edildi



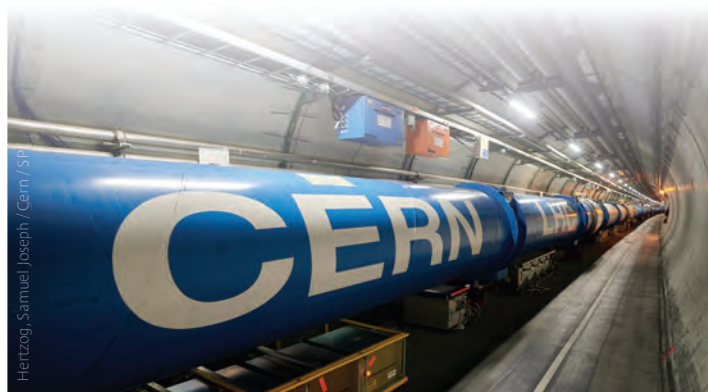
Mahir E. Ocak

Nötrinolar parçacık fiziğinin standart modelinde yer alan parçacıklardandır. Bu aşırı küçük kütleli, yüksüz parçacıklar evrende bol miktarda bulunsada nadiren etkileşime girdikleri için tespit edilmeleri zordur. Geçmişte çeşitli yöntemler kullanılarak kaynağı Güneş, kozmik ışınlar ve süpernova patlamaları olan nötrinolar gözlemlenmişti. Hatta parçacık hızlandırıcıların ve nükleer reaktörlerin ürettiği nötrinolar da tespit edilmişti. Ancak yakın zamanlara kadar parçacık

çarpıştırıcılarda (parçacık demetlerinin birbirleriyle çarpıştırıldığı deneylerde) nötrinoların tespit edilmesi mümkün olmamıştı.

CERN'deki "Büyük Hadron Çarpıştırıcısı"da çalışmalar yapan iki ayrı araştırma grubu, birbirlerinden bağımsız olarak ve farklı yöntemlerle nötrinoları tespit etmeyi başardı.

Tespit edilmeleri çok zor olduğu için nötrinolar üzerine diğer parçacıklara kıyasla çok daha az bilimsel çalışma yapılıyor. Geçmişte, ne zaman yeni bir kaynaktan gelen nötrinolar tespit edilse, kuramsal fizikte önemli gelişmeler yaşanmıştı. Nötrinoların parçacık çarpıştırıcılarda da tespit edilebilmesi, içinde nötrinoların da yer aldığı yeni deneyler yapılabileceği anlamına geliyor. Gelecekte, parçacık çarpıştırıcılarda nötrinolar üzerine yapılacak çalışmalar da evreni kavrayışımızda önemli değişikliklere yol açabilir. ■



Hertzog, Samuel Joseph / Cern / SP

Dil İşlemede Yeni Beyin Yapıları Tanımlandı

Özlem Ak

İnsan iletişiminde en önemli araç olan dil ile ilgili yapılan çok sayıdaki araştırmaya rağmen dilin insan beynindeki organizasyonu hakkında çok az şey biliniyor. Leipzig'deki Max Planck İnsan Bilişsel ve Beyin Bilimleri Enstitüsünden Dr. Sabrina Turker, bu konuda bilinenlerin çoğunun az sayıda denekle yapılan tekil çalışmalardan



geldiğini ve takip çalışmalarıyla maalesef doğrulanmadığını söylüyor. İşlevsel görüntülemenin kullanıldığı ve 7.000'den fazla deneğin katıldığı 400'den fazla deneye dayanan yeni bir meta-analiz çalışması, beynin dili nasıl organize ettiğine dair derinlemesine bilgiler sağlıyor. Farklı çalışmalardan elde edilen birçok bulguyu mümkün olan en eksiksiz ve objektif şekilde entegre etmek için nicel, koordinat tabanlı bir meta-analiz kullanılan bu araştırma, belirli dil süreçleri gerçekleştiğinde beynin hangi bölgesinin aktifleştğini görmeyi

mümkün kıldı. Bu yaklaşım, beynin dil işlemeyi nasıl organize ettiğine dair temel ilkeler hakkında bir bakış açısı sağlıyor.

Araştırmacılar bu çalışmayla dili sadece genel olarak bir süreç olarak incelemekle kalmamış, aynı zamanda dilin kelime ve cümle düzeyindeki anlamı (semantik); dilin fonetik yapısı (fonoloji); dilbilgisi ve dilsel öğelerin düzenlenmesi (sentaks); melodi, tonlama ve ritim (prozodi) dâhil olmak üzere cümle düzeyinde dilin fonetik yapısı gibi alt süreçleri de açıkça ele almışlar. Çalışmanın yazarları, beynin sol yarımküresindeki klasik dil bölgelerine ek olarak, serebral korteks ve serebellumun altındaki beyin bölgelerindeki yapıların da dil süreçlerinde kilit rol oynadığını tespit etti.

Leipzig Üniversitesinde Bilişsel ve Biyolojik Psikoloji Profesörü olan Gesa Hartwigsen, bu bölgelerin, dil üzerine yapılan daha önceki araştırmalarda oldukça ihmal edildiğini ve özellikle sol ve sağ beyinciğin, dilin anlamı

ve seslerin işlenmesiyle ilgili süreçlerde yer aldığını söylüyor. Benzer şekilde, tek tek kelimelerin ötesine geçen ve aynı zamanda duygusal anlam taşıyan fonetik kalıpların da sağ amigdala'daki aktivasyonla ilişkili olduğunu belirtiyor. Bu bölümün duygu ve hafızayı etkilediğine dikkat çekiyor. Hartwigsen bulgularının, örneğin felçten kaynaklanan beyin hasarından sonra dilin iyileşmesini sağlayacak gelecekteki çalışmalara ve dil işleme modellerinin geliştirilmesine yardımcı olabileceğini düşünüyor.

Down Sendromu Tedavisi İçin Karbon Nano Malzeme Geliştirildi

Tuncay Baydemir

Texas A&M Üniversitesi Sağlık Bilimleri Merkezinden araştırmacılar, karbon bakımından zengin kaynaklar kullanarak elde ettikleri nano malzemenin insanda yüksek hidrojen sülfür (H_2S) seviyeleri ile ilişkili hastalıkların tedavisinde kullanılabileceğini keşfetti.

Hidrojen sülfür organik maddenin anaerobik ayrışması sonucu ortaya çıkan zararlı bir gazdır. Canlı organizmalarda da sentezlenen bu bileşik; kemik, beyin, karaciğer ve böbrekler dâhil olmak üzere birçok organ sistemindeki biyolojik işlevlerde önemli rol oynuyor. Ayrıca, kan damarlarının genişlemesini düzenliyor ve elektron taşıma sisteminde de aktif rol oynuyor. Ancak yüksek seviyelerde maruz kalan hidrojen sülfür ölüme yol açabiliyor, ölümcül olmayan seviyelere uzun süre maruz kalmak da zehirli etki gösterebiliyor.

Yüksek hidrojen sülfür seviyeleri ile ilişkili en yaygın bilinen durumlardan biri de Down sendromu. Bu genetik bozukluk, kas-iskelet ve sinir sistemleri de dâhil olmak üzere zaman içinde birçok sistemin işlevinde azalmaya yol açıyor. Down sendromu ile bozulmuş mitokondriyal fonksiyon, vücutta H_2S üretiminin artmasına yol açıyor.



Thomas A. Kent ve arkadaşları, fazla üretilen H_2S 'nin kararlı bir oksit bileşiğe dönüştürülerek vücuttan uzaklaştırılmasının Down sendromundan muzdarip hastalardaki zararlı ve zehirli etkileri azaltmaya yönelik uygun bir yaklaşım olacağını düşünerek yaptıkları çalışmada umut vadeden sonuçlara ulaştılar. Elde ettikleri sonuçları *Advanced Materials* dergisinde yayımlayan Kent ve ekibi, Down sendromu ve diğer bazı hastalıklarda zehirli seviyelerde seyreden hidrojen sülfür seviyesine

dayalı bozuklukların tedavisinde yeni bir yaklaşım ortaya koydu. Normal biyolojik işlevler için gerekli olan hidrojen sülfürün sentezinin direkt olarak engellenmesinin zararlı sonuçları kaçınılmaz. Bu nedenle hidrojen sülfürün sentezlenmesini önlemek yerine, onu başka faydalı kimyasallara dönüştürmeye yarayan bu gelişme sayesinde vücuttaki önemli biyolojik işlevler de desteklenebiliyor.

Araştırmacılar karbon bakımından zengin çeşitli kaynaklardan ürettikleri nano boyutlu karbon malzemeyi kullanarak geliştirdikleri yöntem ile birçok rahatsızlığı tedavi edebilmenin yolunu açtı. Down sendromu örneğindeki gibi yüksek hidrojen sülfüre dayalı işlevsel bozuklukları, bu bileşiği faydalı metabolitlere dönüştürerek iyileştirmenin mümkün olduğunu gösterdiler. Bu yolla çeşitli hastalıklarda önemli biyolojik işlevleri desteklemenin önemini ortaya koyan yeni bir yaklaşım da sunmuş oldular. ■

Ebeveynler ve Çocukları Arasında Kurulan Güçlü Bağ Nelere Kadir

Özlem Ak

Yeni bir çalışma, erken dönemde ebeveyn ve çocuk arasında kurulan bağı çocukların gelecekte başkalarına yardım etmek, nezaket, empati kurmak ya da topluma fayda sağlayan sosyal davranışlar (prososyal davranışlar) sergilemeleri ile ilişkilendiriyor.

Cambridge Üniversitesinde yapılan ve *International Journal of Behavioral Development* dergisinde yayımlanan çalışmayla, ebeveynlerimizle erken dönem ilişkilerimizin prososyallik ve ruh sağlığı arasındaki uzun vadeli etkileşimi nasıl etkilediği araştırıldı. 2000 ve 2002 yılları arasında Birleşik Krallık'ta doğan büyük bir grubun gelişimini izleyen Milenyum Kohort Araştırmasındaki 10.700 katılımcıdan elde edilen verilerin kullanıldığı bu çalışma; katılımcıların prososyallikleri, depresyon ve anksiyete gibi ruh sağlığı semptomları ile saldırganlık gibi

semptomları hakkında ankete dayalı bilgilere dayanıyor. Diğer anket verileri ise katılımcıların üç yaşındayken ebeveynleriyle olan ilişkilerinin ne kadarının duygusal çatışma, fiziksel ve sözlü istismar gibi kötü davranışlara ya da yakınlık, güven ve bakım gibi davranışlarla karşılaştıklarına dair bilgi sağlıyor. Çalışmada etnik köken ve sosyo-ekonomik durum gibi diğer faktörler de dikkate alınmış. Buna göre, ruh sağlığı sorunları ile sosyalleşme arasında bir bağlantı olduğuna dair bazı kanıtlar bulunmuş. Özellikle, daha küçük yaşlarda ruh sağlığı semptomlarını ortalamanın üzerinde dışsallaştıran yani baş kaldıran, yıkıcı ve saldırgan davranışlar sergileyen çocukların daha sonra normalden daha az prososyal davrandıkları gözlenmiş.

Ayrıca Cambridge Üniversitesi Eğitim Fakültesinden Ioannis Katsantonis ve Dr. Ros McLellan ruh sağlığı ve sosyal davranışın gençlerde ne kadar sabit özellikler olduğunu ve okuldaki veya kişisel ilişkilerdeki değişikliklere göre ne kadar farklılık



Eleonora_os / iStock



Georgijevic / iStock

gösterdiğini araştırmışlar. Bu özellikleri şekillendiren dinamikler ve bunların nasıl etkileşime girdiğine dair kapsamlı bilgi edinmek için katılımcıların 5, 7, 11, 14 ve 17 yaşlarında hem ruh sağlığı hem de prososyal durumları incelenmiş.

Katsantonis yaptıkları analizin belli bir yaşta sonra, zihinsel olarak iyi ya da kötü olma eğiliminde ve makul ölçüde sabit bir esneklik seviyesine sahip olduğumuzu gösterdiğini söylüyor. Ayrıca prososyal davranış, çevremize bağlı olarak daha fazla ve daha uzun süre değişkenlik gösterebiliyor. Katsantonis bunda ebeveynlerimizle olan erken dönem ilişkimizin büyük bir etkisi olduğunu vurguluyor ve çocukken, ebeveynlerimizle olan ilişkilerimizin duygu, ilgi ve

sıcaklıkla karakterize edilen yönlerini içselleştirdiğimizi, dolayısıyla bunun da gelecekte başkalarına karşı nazik ve yardımsever olma eğilimimizi etkilediğini belirtiyor.

Üç yaşındayken ebeveynleriyle daha yakın ilişkileri olan çocuklar, daha prososyal olmalarının yanı sıra daha sonraki çocukluk ve ergenlik dönemlerinde daha az kötü ruh sağlığı belirtilerine sahip olma eğiliminde oluyor. Katsantonis, bulguların ebeveynler ve çocuklar arasında erken dönemde güçlü ilişkiler geliştirmenin önemini vurguladığını ve bunun çocukların diğer alanlardaki sağlıklı gelişimlerini desteklemek için hâlihazırda da kritik olarak görüldüğünü söylüyor. ■

Güneş Sisteminin Sınırlarında Dünya Büyüklüğünde Bir Gezegen Olabilir

Mahir E. Ocak

Yörüngesi Neptün'ünün dışında kalan gök cisimleri (TNO'lar) ile ilgili açıklanamayan bulgular var. Örneğin Güneş sistemindeki gezegenlerin kütle çekiminden neredeyse hiç etkilenmeyen, kütle çekimiyle Güneş'e bağlı olmasının dışında sistemin geri kalanından tamamen ayrılmış gibi gözüken çok sayıda cisim bulunuyor. Bazı TNO'ların yörüngeleri ise aşırı derecede basık.

TNO'lar ile ilgili verileri açıklamak için üzerinde durulan hipotezlerden biri, Güneş sisteminin dış kısımlarında henüz keşfedilememiş bir gezegenin olması. Örneğin 2010'larda bir grup gök bilimci "Gezegen 9" olarak adlandırılan, kütlesi Dünya'nunkinin yaklaşık altı katı olan bir gezegenin yaklaşık 500 AU (AU-Dünya ile Güneş arasındaki ortalama

mesafe. 1 AU yaklaşık 150 milyon kilometredir.) mesafede Güneş'in etrafında dolandığını öne sürmüştü. Ancak bugüne kadar Gezegen 9'un varlığı gözlemlerle doğrulanamadı.

Patryk Sofia Lykawka ve Takashi Ito, The Astronomical Journal'de yayımladıkları bir makalede yeni bir iddia ortaya attı. Araştırmacıların yaptığı bilgisayar benzetimlerinin sonuçlarına göre, TNO'larla ilgili veriler Güneş'e yaklaşık 200 AU mesafede dolanan, kütlesi Dünya'nunkinin 1,5-3 katı kadar olan bir gezegenin varlığıyla açıklanabilir. Yani sonuçlar, Güneş sisteminin sınırlarında Dünya ile karşılaştırılabilir büyüklükte bir gezegen olabileceğine işaret ediyor.

Eğer iddia edildiği gibi bir gezegen gerçekten de varsa yüzey sıcaklığı muhtemelen hiçbir zaman -240 °C'nin üzerine çıkmayacaktır. Ancak böyle bir gezegenin yüzeyinin altında okyanuslar olması da ihtimal dâhilinde.

Hem Dünya'dan çok uzakta olması hem de araştırmacıların yaptığı tahminlerin gezegenin



konumu hakkında bilgi sağlamaması nedeniyle ortaya atılan iddianın gözlemlerle doğrulanması zor. Yine de yeryüzündeki çeşitli teleskoplarla böyle bir gezegeni keşfetmek mümkün. ■

Türkiye'deki Antik Kalıntılarda Yeni Bir Dil Keşfedildi

Özlem Ak

Çorum il merkezinin 82 km güneybatısındaki Boğazkale ilçesinde

bulunan bir arkeolojik alan olan ve bir zamanlar Hitit İmparatorluğu'na başkentlik yapmış Hattuşaş'taki bazı antik kalıntılar arasında çivi yazılı kil tabletler üzerinde daha önce bilinmeyen bir dil keşfedildi. Bölge, etkileyici kentsel mimarisi ve yüzyıllar boyunca oldukça iyi korunmuş olan çarpıcı sanat eserleri sayesinde 1986 yılında UNESCO Dünya Mirası Listesi'ne girmeye hak kazanmıştı. Savaşçılıktaki becerileriyle tanınan Hititler, savaşlarını ve yasalarını kil tabletlere yazarak kayıt tutmalarıyla tanınıyordu. 1980'lerden bu yana arkeologlar Boğazköy-Hattuşaş bölgesinde çivi yazılı yaklaşık 30.000 kil tablet ortaya çıkarmıştı ve metinlerin çoğunun Hititçe yazıldığı anlaşılmıştı, ancak son araştırmalarla bazı tabletlerin günümüze

dek bilinmeyen bir dilde yazıldığı tespit edildi. Bu, yeni keşfedilmiş bir dil olduğu için araştırmacılar henüz çoğunun ne anlama geldiğini çözmemişler. Bununla birlikte, büyük olasılıkla Hitit merkez bölgesinin kuzeybatı ucunda, bugünkü Bolu veya Gerede civarındaki bir bölge olan Kalaşma halkının bu dili konuştuğu tahmin ediliyor. Dilin özellikleri Hitit İmparatorluğu'nda kullanılan ve iyi bilinen bir dil olan Luvice ile de belirgin benzerlikler taşıyor.

Tabletin Kalaşma'da gerçekleştirilen eski bir kült ritüelinden bahsettiği düşünülüyor. Almanya, Würzburg Üniversitesinden antik Yakın Doğu uzmanı Profesör Daniel Schwemer yaptığı açıklamada, Hititler'in ritüelleri yabancı dillerde kaydetmekle benzersiz bir şekilde ilgilendiklerini belirtiyor. Yeni keşfedilen dil alışılmadık olsa da bugün hâlâ Avrupa'nın büyük çoğunluğunun yanı sıra İran platosu ve kuzey Hindistan alt kıtasında konuşulan bir dil ailesi olan Hint-Avrupa dilleriyle açıkça ilişkili olduğu düşünülüyor. ■

Daha Güçlü Beton İçin Kahve Telvesi

Özlem Ak

Avustralya'daki mühendisler, atık kahve telvesiyle daha güçlü beton yapmanın bir yolunu buldu. Royal Melbourne Teknoloji Enstitüsü (RMIT) Üniversitesi mühendislik fakültesinden Dr. Rajeev Roychand, ekibin 350 °C'ta, oksijen bulunmayan düşük enerjili bir süreç kullanarak atık kahve telvesini biyokömüre dönüştürdüklerini ve böylece betonu %30 daha güçlü hâle getirecek bir teknik geliştirdiğini belirtiyor. *Journal of Cleaner Production* dergisinde yayınlanan çalışma, atık kahve telvesinin betonu iyileştirmek için kullanılabileceğini kanıtlayan ilk eser olma özelliğini taşıyor. Avustralya'da her yıl 75 milyon kilogram öğütülmüş kahve atığı,



dünya genelinde ise yılda 10 milyar kilogram kahve atığı ortaya çıkıyor. Bu atıkların büyük bir kısmı da çöp alanlarına gidiyor.

Roychand'a göre, organik atıkların bertarafı, iklim değişikliğinde rol oynayan metan ve karbondioksit gibi sera gazlarını büyük miktarlarda yaydığı için çevresel bir sorun oluşturuyor. Araştırma ekibi lideri Profesör Jie Li'ye göre ise kahve biyokömürü, beton yapımında kullanılan kumun bir kısmının yerini alabilir. İnşaat sektörünün hızla artan taleplerini karşılamak için dünya çapında doğal kumun genellikle nehir yataklarından ve kıyılarından sürekli olarak çıkarılmasının çevre üzerinde büyük bir etkisi olduğunun altı çiziliyor.

İnşaat sektörünün sürdürülebilirliğini sağlamak için alternatif hammaddeler keşfedilmesi gerektiğini söyleyen araştırma ekibinden Dr. Mohammad Saberian; beton uygulamaları için odun biyokömürü, gıda atığı biyokömürü, tarımsal atık biyokömürü ve kentsel katı atık biyokömürü dâhil olmak üzere farklı organik atıklardan yüksek

düzeyde optimize edilmiş biyokömürler geliştirme konusunda kapsamlı deneyim kazandıklarını söylüyor.

Döngüsel ekonomi yaklaşımıyla organik atıkları çöp sahalarından uzak tutmayı ve kum gibi doğal kaynakları daha iyi korumayı hedefleyen ekibe göre, bu heyecan verici bulguları, düzenli depolama sahalarına bırakılan organik atık miktarını büyük ölçüde azaltmak için yenilikçi bir yol sunuyor. Bu nedenle ekip gelecekte pratik uygulama stratejileri geliştirmeyi ve saha denemeleri için çalışmayı planlıyor. ■

Kronik Stres ve Depresyon Alzheimer Riskini Artırıyor mu?

Özlem Ak

İsveç, Karolinska Enstitüsünden araştırmacılar *Alzheimer's Research & Therapy* dergisinde kronik stres, hafif bilişsel bozukluk ve Alzheimer hastalığı arasındaki olası ilişkileri ele alan bir çalışma yayımladı. Çalışma, daha



Makhtubakhon Ismatova / iStock

önce kronik stres ve depresyon teşhisi konmuş 18 ila 65 yaş arasındaki kişilerin hafif bilişsel bozukluk veya Alzheimer hastalığı teşhisi konma olasılığının diğer insanlara göre nasıl daha yüksek olduğunu gösteriyor.

Önceki çalışmalarda kronik stres, depresyon ve demans arasında olası bir ilişki tespit edilmişti. Mevcut çalışmada ise kronik stres ya da depresyon teşhisi konan kişilerde Alzheimer hastalığı görülme olasılığının daha yüksek olduğu gösteriliyor. Çalışmanın bulgularına göre, kronik stresi ve depresyonu olan hastalarda Alzheimer hastalığı riski, her iki durumu da olmayan hastalara kıyasla iki kattan daha fazla; hem kronik stresi hem de depresyonu olan hastalarda ise dört kata kadar daha yüksek olabilir.

Araştırmacılar 2012 ve 2013 yılları arasında, yaşları 18 ila 65 arasındaki hastalara odaklandı. Kronik stres ve/veya depresyon teşhisi konan 44.447 kişiyi tespit ettikten sonra bu kişileri sekiz yıl boyunca takip ederek kaçına daha sonra hafif bilişsel bozukluk veya Alzheimer hastalığı teşhisi konulduğunu araştırdılar. Bu yaş grubunda teşhis konulmamış 1.362.548 kişiyle yapılan karşılaştırma, kronik stres ya da depresyonu olan daha fazla kişiye hafif bilişsel bozukluk ya da Alzheimer hastalığı teşhisi konulduğunu gösterdi. Araştırmacılar çalışmalarına devam edecek ve demans riski taşıyan kişilerin erken teşhisine yardımcı olmak için anketler ve bilişsel testler geliştirecekler. ■



COVID-19'a Yönelik mRNA Aşılarının Temelini Atan İki Bilim İnsanına 2023 Nobel Tıp veya Fizyoloji Ödülü



Çeviri ve Uyarlama: İlay Çelik Sezer [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Her yıl olduğu gibi bu yıl da merakla beklenen, hatta bilim çevrelerinde ve bilim meraklıları arasında zaman zaman tahmin yarışlarına konu olan Nobel ödüllerinin sahipleri geçtiğimiz ay açıklandı. İlk açıklanan Nobel Tıp veya Fizyoloji Ödülü, 2020 yılında başlayıp tüm dünyada büyük korku ve kaygıya neden olan COVID-19 pandemisi sırasında etkin mRNA aşıları geliştirilebilmesini mümkün kılan çok önemli temel bilimsel keşiflerinden dolayı Katalin Karikó and Drew

Weissman adlı iki bilim insanına verilecek. Karikó ve Weissman'ın mRNA'nın bağışıklık sistemimizle nasıl etkileştiğine ilişkin çığır açıcı keşifleri, daha önce görülmemiş bir hızla aşılar geliştirilebilmesine ve dolayısıyla modern zamanların en önemli küresel sağlık krizlerinden biri olan COVID-19 pandemisine vakitlice yanıt verilebilmesine imkân tanıdı. Bu ödül, temel bilimsel keşifler olmadan teknoloji geliştirmenin mümkün olamayacağını sergilemesi açısından da önem taşıyor.



2019 sonlarında SARS-CoV-2 virüsü ortaya çıkıp hızla tüm dünyaya yayıldığında çoğu kimse bu virüse karşı etkili aşıların vakitlice geliştirilerek bu küresel sağlık tehdidinin kontrol altına alınabileceğine inanmıyordu. Ancak neyse ki bilim insanları rekor süreler içinde birkaç aşı geliştirmeyi başardı. Bu aşıların en çabuk onay alan ve en etkili olanlarından ikisi ise yeni mRNA teknolojisi ile geliştirilmişti. mRNA'nın aşılama ve tedavi edici proteinlerin vücuda verilmesi amaçlarıyla kullanılması kavramı 30 yıldan uzun bir süre önce ortaya atılmıştı. Ancak bu fikrin gerçekliğe dönüşebilmesi için bazı engellerin aşılması gerekti. Başlarda yapılan deneylerde *in vitro* olarak (laboratuvar ortamında vücut dışında) sentezlenen mRNA'nın hücrelerde ve dokularda istenmeyen bağışıklık tepkilerini tetiklediği ve protein üretimi açısından düşük etkinlik gösterdiği görülmüştü. Karikó ve Weissman'ın kimyasal değişikliğe uğratılmış nükleositlerle (DNA ve RNA'nın yapıtaşı olan birim moleküller) üretilen mRNA'nın bağışıklık sistemi tarafından tanınmamayı başardığını ve protein sentezini artırdığını gösteren keşifleri ise önemli bir dönüm noktası oldu. Bu bulgular, mRNA'nın *in vivo* olarak (vücut içinde) etkin şekilde hücrelere ulaşmasını sağlayan sistemlerin geliştirilmesi, SARS-CoV-2 diken antijeninin stabilize edilmesi ve hem endüstriden hem

de hükümetlerden gelen, daha önce benzeri görülmemiş yatırımlarla bir araya gelerek COVID-19'a karşı etkili mRNA temelli iki aşının 2020 sonlarında onay almasının yolunu açtı. Karikó ve Weissman'ın keşfi, mRNA aş platformunun tam da en ihtiyaç duyulduğu anda klinik uygulamalara uygun hâlde olmasını sağladığı için kritik bir öneme sahipti. Bu açıdan keşif, hem günümüz tıbbına olağanüstü bir katkı sunmuş hem de geleceğin tıbbı için mRNA uygulamalarının yolunu açmış oldu.

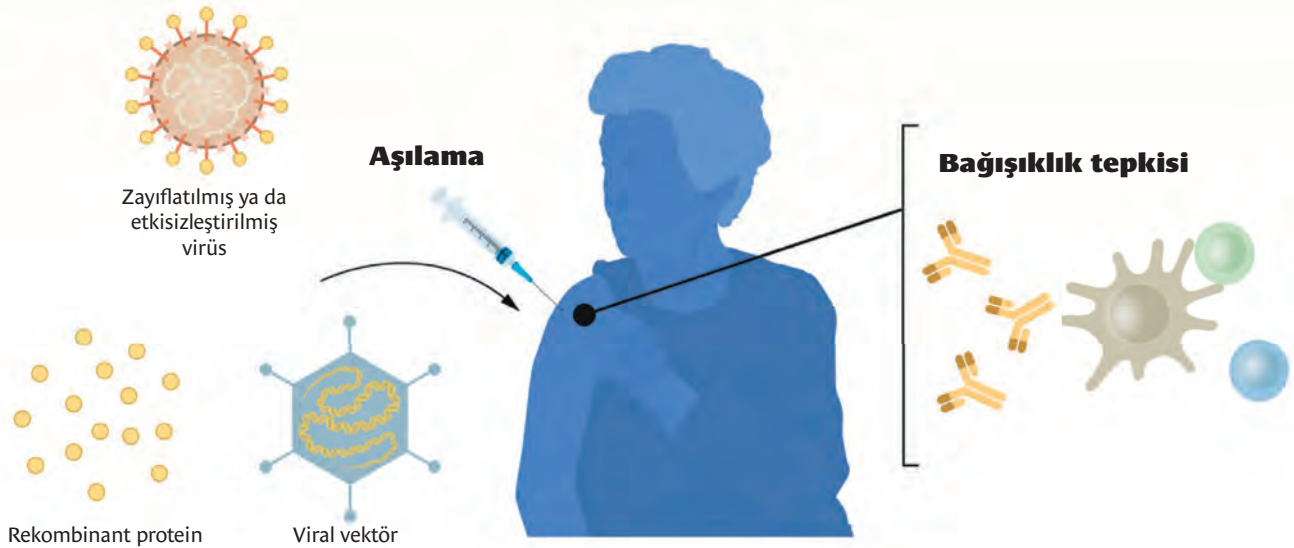
Tüm dünyada insanların birbiriyle çeşitli şekillerde bağlantılı olduğu günümüz toplumunda yeni pandemilerin ortaya çıkma riski her zamankinden daha büyük. Pandemiler genellikle zoonotik, yani omurgalı hayvanlarda bulunan virüslerin türler arası bariyeri aşarak insanlara geçmesi sonucu ortaya çıkıyor ve havadaki aerosol adı verilen damlacıklar aracılığıyla bulaşarak solunum yolu enfeksiyonlarına neden oluyor. Sürmekte olan bir pandemiyi durdurmak üzere gerekli aşıların geliştirilip kullanılması, COVID-19 pandemisine kadar başarılamamış bir şeydi. SARS-CoV-2 genom diziliminin hızlı bir şekilde paylaşılmasının yanı sıra COVID-19 pandemisinden önceki 20-30 yıllık süre zarfında moleküler biyolojide, aşı araştırmalarında ve ilaç taşıma sistemlerinde sağlanan kapsamlı gelişmeler

2020’de aşı araştırmacıları arasında benzersiz bir seferberlik oluşmasına imkân tanıdı. Bu süreçte yeni mRNA aşı platformu en ilginç seçeneklerden biri olarak görünüyordu ancak mRNA temelli bir aşının yeni virüse karşı ne kadar etkili olacağı bilinmiyordu. Zira o zamana kadar mRNA temelli hiçbir aşı insan kullanımı için onay almamıştı.

Pandemi Öncesinde Aşılar COVID-19 Öncesindeki Virüs Aşısı Platformları

Aşılama belirli bir patojene karşı bağışıklık tepkisi oluşumunu tetikleyen bir işlem. Bu işlem, daha sonra patojene maruz kalınması durumunda hastalıkla savaş için vücuda bir başlangıç avantajı sağlıyor. Günümüzde lisans almış çoğu virüs aşısının temelinde zayıflatılmış ya da etkisizleştirilmiş bütün hâldeki virüsler bulunuyor. Zayıflatılmış canlı virüs aşıları, örneğin kızamık-kızamıkçık-kabakulak karma aşısı ile sarı humma virüsü aşısı, kararlı ve uzun ömürlü nitelikte

antikor ve T hücresi aracılı bağışıklık oluşturuyor. 1951 yılında Max Theiler sarı humma virüsüne karşı bir aşı geliştirmesinden ötürü Nobel Fizyoloji veya Tıp Ödülü’nü kazanmıştı. Kene kaynaklı ensefalit ve hepatit A aşıları gibi etkisizleştirilmiş virüs temelli aşılar ise hatırlatma dozlarını gerekli kılan daha kısa süreli bağışıklık tepkileri oluşturuyor. Moleküler biyolojideki çığır açıcı gelişmeler ve rekombinant (farklı özelliklerin yapay olarak bir araya getirildiği) protein üretimi teknolojilerinin gelişmesi daha hedefe yönelik aşı yaklaşımlarının ortaya çıkmasına imkân tanıdı. Bu yaklaşımla üretilen ilk aşı, 1986’da onay alan hepatit B (HBV) aşısıydı. Bunu 2006’da onay alan ilk insan papillomavirüs (HPV) aşısı izledi. HBV ve HPV aşıları, ilgili virüslere ait tek bir protein bileşenini içeriyor ve alt birim aşıları olarak adlandırılıyor. Bu aşılar virüslerin tetiklediği kanserlere karşı koruyucu etki gösteriyor ve hayat kurtarma açısından birer başarı hikâyesi niteliği taşıyor. Moleküler biyolojideki gelişmeler ayrıca hedef virüslere karşı bağışıklık oluşturan bileşenleri (örn. antijenler) üretme özelliğine sahip taşıyıcı virüsler oluşturulmasına da imkân sağladı. Moleküler biyolojide viral vektör diye



COVID-19 pandemisi öncesindeki aşı üretim yöntemleri

Günümüzde kullanılmakta olan aşılar zayıflatılmış ya da etkisizleştirilmiş bütün haldeki virüsler, rekombinant viral protein bileşenleri (altbirim aşıları) ya da ilgili antijenleri hücrelere ulaştıran viral vektörler (vektör aşıları) kullanılarak yapılıyor. Aşılama işlemi antijene özel bağışıklık tepkilerini tetikliyor, bu da aşılanan kişinin daha sonra canlı patojene maruz kalması durumunda hastalıktan korunmasını sağlıyor.



Katalin Karikó 1955'te Macaristan'ın Szolnok kentinde dünyaya geldi. Doktorasını Szeged Üniversitesi'nde 1982 yılında tamamladı ve yine Szeged'de bulunan Macar Bilimler Akademisi'nde doktora sonrası araştırmalar yaptı. Doktora sonrası araştırmalarına önce Temple University (ABD) , Philadelphia ve daha sonra da the University of Health Science, Bethesda'da (ABD) devam etti. 1989'da University of Pennsylvania'da (ABD) 2013 yılına kadar sürdürdüğü öğretim üyeliği görevine başladı. Daha sonra BioNTech RNA Pharmaceuticals şirketinde yönetim kurulu başkan yardımcılığı ve kıdemli başkan yardımcılığı görevlerinde bulundu. 2021'den bu yana da Szeged Üniversitesi'nde profesör ve Perelman School of Medicine at the University of Pennsylvania'da (ABD) misafir öğretim üyesi olarak görev yapıyor.

adlandırılan bu tür taşıyıcı virüsler etkin biçimde hücrelerin içine giriyor ve taşıdıkları antijen genleri, içine girdikleri hücrenin protein sentez mekanizmaları tarafından kullanılarak ilgili antijen üretiliyor. Bu antijen de hedeflenen bağışıklık tepkisini oluşturuyor. Viral vektör temelli aşılarda onay alan ilk örneği Ebola'ya karşı üretilen Vesicular stomatitis virüsü temelli aşıydı. 2019'da onaylanan bu aşığı kısa bir süre sonra adenovirüs temelli başka bir Ebola aşısı izledi.

Hem geleneksel virüs temelli aşılarda hem de viral vektör temelli aşılarda hücre kültürüne dayalı üretim tesisleri gerektiriyor. Bu da aşı üretimini yavaşlatan, zorlaştıran ve birim zamanda üretilen miktarı sınırlandıran bir sorun. Bu yüzden aşı araştırmacıları büyük ölçekli hücre kültürlerine ihtiyacı ortadan kaldıracak, nükleik asitlerin (DNA'nın ya da mRNA'nın) aşı alıcılarına doğrudan verileceği alt birim aşılarda geliştirmekle uzun zamandır ilgileniyordu. Bu tür platformların dünyadaki aşı üretme kapasitesini artırmakla kalmayıp pandemilere yanıt olarak daha hızlı ve daha düşük maliyetle aşılarda geliştirilmesine de imkân sağlayacağı yönünde güçlü bir kanı vardı.

Nükleik Asitler ve Viral Vektörlerle İlk Çalışmalar

Nükleik asit temelli aşılarda işe yarayabileceğine ilişkin ilk bulgular 1990'larda DNA ve mRNA aşılarının farelerde denenmesiyle elde edildi. Bu yaklaşımlar bir dizi avantaj sunuyordu. Nükleik asit temelli aşılarda üretmenin kolay olmasının yanı sıra nükleik asitlerin dizilimi kolayca değiştirilebildiği için farklı antijenleri kodlayan nükleik asitler hızlıca ve kolayca sınanabiliyordu. Üretim kolaylığı da işin içine girince bu avantaj aday aşılarda geliştirilirken yaşanan deneme yanılma süreçlerini ve mevcut aşılarda güncellenme süreçlerini hızlı ve etkin kılıyordu. Viral vektör ve nükleik asit temelli aşılarda bir başka önemli avantajı da diğer aşı türlerinin de tetiklediği majör histokompatibilite kompleksi (MHC) sınıf II ile sınırlı CD4+ T hücresi tepkisine ek olarak sitotoksik CD8+ T hücresi tepkisini tetikleme potansiyeline sahip olmaları. CD8+ T hücrelerinin tetiklenmesi, özellikle hedeflenen tümör hücrelerini öldürmeyi amaçlayan kanser aşılarda ve enfekte hücrelerin öldürülmesini hedefleyen antiviral aşılarda bağlamında önem arz ediyor.

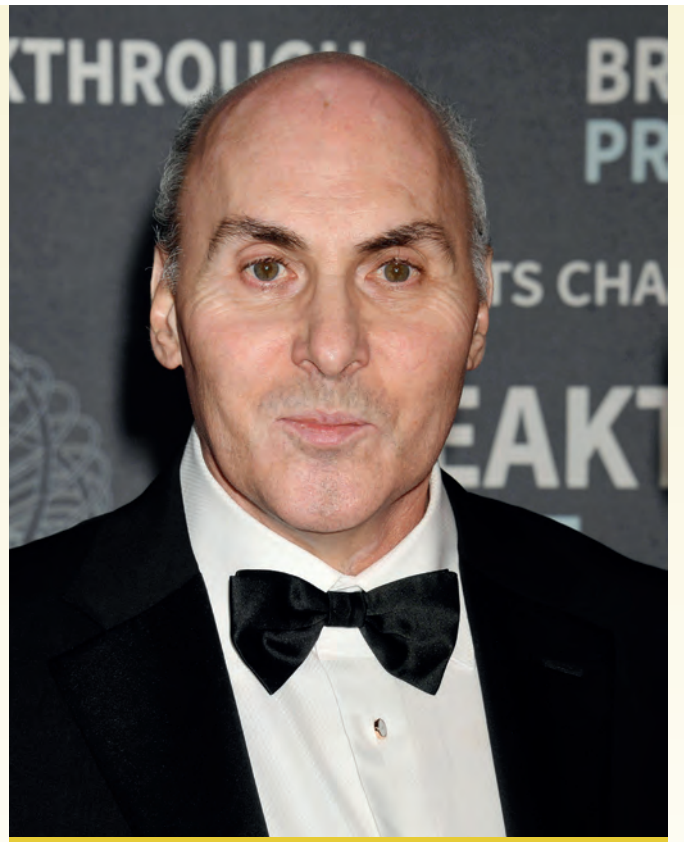
Ancak potansiyel avantajlarına rağmen nükleik asit temelli aşılarda insan vücudunda iyi bir şekilde tolere edilmek ve yeterince kararlı bir bağışıklık tepkisi ortaya çıkarmak suretiyle klinik aşılarda geliştirmeye yönelik hayata geçirilebilir bir alternatif oluşturup oluşturamayacağı pek de açık değildi.

Başlangıçta DNA aşılarının mRNA aşılardan daha ümit verici olduğu düşünülmüştü çünkü DNA daha kararlı bir moleküldü. Ancak bu konudaki ilerleme çok yavaş seyretti ve DNA aşılıyla ilgili ilk zamanlarda elde edilen cesaret verici sonuçların insanlarda tekrarlanma çabaları



Dr_Microbe / iStock

Çift zincirli yapıya sahip DNA'dan farklı olarak mRNA tek bir zincirden oluşur ve bu yüzden canlı doku içinde kolayca parçalanma özelliğine sahiptir, yani DNA'ya göre kararsız bir yapıdadır. Bu yüzden DNaya üstün gelen çeşitli avantajlarına rağmen klinik uygulamalarda kullanım potansiyeline uzunca bir süre şüphe ile yaklaşıldı. Ancak hem mRNA'nın hücrelerin içine "sağ salım" ulaşmasını sağlayan gelişmiş moleküler taşıma ve iletim teknolojilerinin gelişmesi hem de hücre içine gönderilen mRNA'dan protein üretilmesini sağlayan moleküler "püf noktalarının" keşfedilmesi ve uygulanması sayesinde mRNA gerçek potansiyeline kavuşma yoluna girebildi.



Jeffrey Mayer / Alamy

Drew Weissman ABD'nin Massachusetts eyaletinin Lexington kentinde 1959 yılında dünyaya geldi. Tıpta uzmanlık (MD) ve doktora derecelerini (PhD) 1987'de Boston Üniversitesi'nde aldı. Klinik eğitimini Harvard Medical School (ABD) bünyesindeki Beth Israel Deaconess Medical Center'da aldı. 1997'de Perelman School of Medicine at the University of Pennsylvania'da (ABD) kendi araştırma grubunu kuran Weissman Roberts Family Professor in Vaccine Research kürsüsü sahibi ve Penn Institute for RNA Innovations'ın yöneticisi konumunda.

başarısız oldu. Olası nedenlerden biri enjekte edilen DNA'nın, transkripsiyonun (DNA'daki genetik bilgi doğrultusunda mRNA'nın sentezlenme işlemi) gerçekleştiği yer olan hücre bölmesine ulaşmak için iki bariyeri, plazma zarını ve çekirdek zarını aşmasının gerekmesiydi. Buna karşılık mRNA temelli aşılarda translasyonun (mRNA'daki genetik bilgi doğrultusunda proteinin sentezlenmesi süreci) gerçekleştiği hücre sitoplazmasına ulaşması yeterlidir. Bu da bu aşılarda hedefe daha kolay ulaşması anlamına geliyor. mRNA aşılı ile ilgili bir başka avantaj da mRNA'nın, içine gönderildiği hücrenin genomuna

entegre olamaması. Bu özellik mRNA temelli aşı platformları için önemli bir güvenlik unsuru. Bu avantajlara rağmen yaklaşımın uygulanabilirliğine ilişkin kuşklar devam etti çünkü mRNA tıbbi uygulamalar için fazla kararsız bir molekül olarak kabul ediliyordu.

Sonuçta aşı çalışmalarında genetik mühendisliği teknikleriyle elde edilen viral vektörlerin kullanımına ağırlık verildi çünkü bu vektörler, hücreye girmelerini ve taşıdıkları genetik yükü bırakmalarını sağlayan mekanizmalara doğuştan sahipti. 1990'lardan bu yana çeşitli patojenlere karşı viral vektör temelli çok sayıda farklı aşı klinik öncesi testlerde sınanmıştı. Bu testlerde bir yandan ümit verici sonuçlar alınırken bir yandan bazı aksaklıklar belirlendi. Viral vektör temelli aşılardan önemli bir kusuru ilgili antijene karşı oluşması istenen bağışıklık tepkisinin yanında vektörün paketlenmesinde kullanılan yapısal proteinlere karşı antikorların da tetiklenebilmesi. Bu durum eğer aynı vektör kullanılacaksa hatırlatma dozlarının uygulanmasını zorlaştıran bir durum. Yine de COVID-19 pandemisi sırasında geliştirilen bazı vektör aşılarda vektör olarak genetik müdahalelerle üzerinde değişiklikler yapılan farklı türlerde adenovirüsler kullanılarak viral vektör temelli aşılardan da büyük ölçekli uygulamalarda faydalı olabildiği, özellikle pandeminin erken dönemlerinde ortaya kondu.

Öte yandan 1990'lı yıllarda küçük bir araştırmacı topluluğu mRNA'nın potansiyel bir aşı platformu olarak kullanımı üzerinde çalışmaya devam etti. Bu çalışmalarda elde edilen olumlu sonuçlar alanı hareketlendirdi ve hayvan modellerinde de ümit verici sonuçların alındığı araştırmaları tetikledi. Ancak bir enfeksiyona karşı geliştirilen mRNA temelli bir aşının ilk kez insanlı klinik denemelerde sınanması için 20 yıldan uzun bir süre geçmesi gerekecekti.

libre de droit / iStock



mRNA'nın *in vitro* Üretimi ile Hücrelere ve Dokulara Taşınması Problemleri

mRNA temelli uygulamaların gerçek potansiyelinin anlaşılabilmesi için mRNA'nın laboratuvar ortamında üretilebilmesini ve üzerinde müdahaleler yapılabilmesini sağlayacak bir sistemin geliştirilmesi gerekiyordu. 1960'ların başında RNA polimeraz keşfedilerek hücrelerin DNA'dan nasıl RNA ürettiğinin anlaşılmasından sonraki 20-30 yıllık süre zarfında bakterilerde ve ökaryotik hücrelerde birkaç RNA polimeraz türü keşfedildi. Bu keşifler üzerine bilim insanları bu enzimleri kullanarak mRNA'yı *in vitro* olarak üretmeye yönelik çalışmalar yapmaya başladı. Bunlardan T7 *in vitro* transkripsiyon sistemi ileri düzeyde optimize edilip istenilen herhangi mRNA'nın büyük ölçekli üretimi için hücre dışında çalışan yüksek verimlilikte bir sistem olarak bilimsel çalışmalarda ve biyoteknolojide önemli bir etki oluşturdu.

mRNA'nın tıbbi kullanımının önündeki bir diğer önemli engel ise mRNA'nın hücrelere nasıl ulaştırılacağı sorunuuydu. Genel olarak nükleik asitleri hücrelere ulaştırmanın yollarını arayan

çok sayıda araştırma yapılyordu. İlk zamanlarda üzerinde çalışılan bir stratejide fosfolipidlerden ve kolesterolden oluşan hücre zarı benzeri kesecikler olan lipozomların kullanımı denendi. Nükleik asitlerin hücrelere ulaştırılmasıyla ilgili araştırma alanı Philip Felgner adlı araştırmacının Syntex Research'teki öncü çalışmaları sayesinde seviye atladı. Felgner ilk katyonik lipidi (DOTMA) sentezledi ve bunun nükleik asitlerle kararlı lipozomlar oluşturabildiğini gösterdi. Katyonik lipid temelli lipozomlar (lipofektin) o dönemde genetik mühendislik ürünü DNA ve RNA'ların hücrelere ulaştırılmasına yönelik uygulamalar için cesaretlendirici bir seçenek olarak kabul görmüş olsa da lipofektinin *in vivo* uygulamalarda istenmeyen yan etkiler göstermesi üzerine araştırmacılar daha gelişmiş sistemlerin arayışına girdi.

Bu alandaki ikinci önemli gelişme University of British Columbia'dan Peter Cullis'in laboratuvarında iyonlaştırılabilir katyonik lipidlerin geliştirilmesi oldu. Cullis ve ekibinin keşfi endüstriden de büyük ilgi ve yatırım gördü. Yıllar içinde geliştirilen ve optimize edilen, iyonlaştırılabilir katyonik lipidlerle oluşturulan lipid nanoparçacıkları (LNP'ler) bugün mRNA da dâhil olmak üzere nükleik asitlerin insan hücrelerine güvenli ve etkin bir şekilde ulaştırılmasına olanak sağlıyor. Bu gelişme nükleik asit temelli teknolojilerin klinik uygulamaları açısından büyük bir önem taşıyor.

mRNA'yı Tedavi Edici Proteinleri Taşımak İçin Kullanma Fikri

Yeni moleküler biyoloji tekniklerinin, mRNA temelli aşılar üretmeye, bozuk genlerin eksikliğini işlevsel olanlarla telafi etmek ya da tedavi edici bir proteini fazla miktarda üretirmek üzere hücrelere mRNA göndererek insanlardaki hastalıkları iyileştirmeye yönelik olarak kullanma potansiyeli bilim dünyasında büyük bir ilgi uyandırdı. Bu dönemde University of Pennsylvania'da görev yapan Macar bilim insanı



Tüm dünyayı kasıp kavuran, büyük bir korku ve dehşet kaynağı haline gelen, toplumların yaşama düzenini alt üst eden ve hiçbirimizin hatırlamak bile istemediği pandemi günleri aşılar sayesinde geride kaldı.

Katalin Karikó da tedavi edici proteinlerin vücut içinde üretimini optimize etmek için RNA'nın çeşitli formlarıyla deneyler yapıyordu. Karikó doktorasını Segedin'deki (Macarsitan) Biyolojik Araştırma Merkezinde, 1982 yılında tamamlamıştı. Sonraki yıllarda çeşitli araştırma merkezlerindeki çalışmalarının ardından 1997'de University of Pennsylvania'daki Nöroşirurji Bölümünde kendi araştırma grubunu kurdu. Karikó mRNA platformunu geliştirmeye yönelik güçlü bir motivasyona sahipti ve hücrelerde ve dokularda optimum protein üretimine yönelik gereklilikleri saptamak amacıyla *in vitro* olarak sentezlenmiş mRNA'nın çeşitli bileşenlerini sistematik olarak inceliyordu. Karikó başka bulguların yanı sıra lipofektinle karıştırılmış ve lusiferaz adlı haberci proteini kodlayan mRNA'nın sıçan beynine iletebildiğini ve mRNA'nın 3' ucuna daha uzun bir poly(A) kuyruğu eklenmesi durumunda protein üretiminin arttığını gösterdi. Bu sonuçlardan cesaret alan Karikó, mRNA platformunu klinik kullanım için uygun hâle getirmeye yönelik bir yöntem arayışına devam etti.

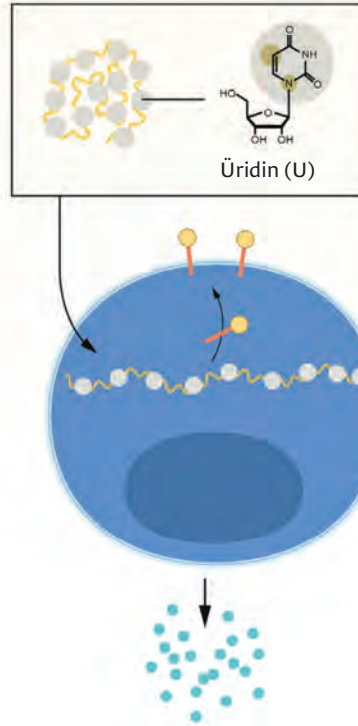
1990'ların sonlarında Karikó, temel immünoloji (bağışıklıkla ilgili tıp dalı) ve aşı geliştirme konularına ilgi duyan bir hekim ve bilim insanı olan Drew Weissman ile birlikte çalışmaya başladı. Tıpta uzmanlık ve doktora derecelerini Boston Üniversitesinde immünoloji ve mikrobiyoloji alanlarında 1987 yılında tamamlayan Weissman, 1997'de University of Pennsylvania'da göreve başlamıştı. Burada kendi araştırma grubunu oluşturduktan sonra giderek aşı araştırmalarına ve bağışıklık tepkisinin başlatılması için dendritik hücrelerin kullanımı konusuna odaklandı. Weissman'ın immünoloji alanındaki birikimi ve Karikó'nun RNA biyokimyası konusundaki uzmanlığı sayesinde iki bilim insanı birbirini çok iyi tamamladı ve mRNA'nın tıbbi uygulamalardaki kullanım potansiyelini gerçekleştirmeye yönelik ortak bir amaca odaklandılar.

Karikó ve Weissman dendritik hücrelerin *in vitro* olarak sentezlenen mRNA'yı yabancı bir madde olarak algıladığını fark etti. Bu durum hücreleri etkinleştiriyor ve yangıyla ilintili sinyalcı moleküllerin salgılanmasına neden oluyor. *In vitro* olarak sentezlenen mRNA yabancı gibi algılanırken memeli hücrelerinden gelen mRNA'nın neden aynı tepkiyi oluşturmadığını merak eden ikili farklı tipteki mRNA'ları birbirinden ayıran bazı kritik özellikler olması gerektiğini fark etti.

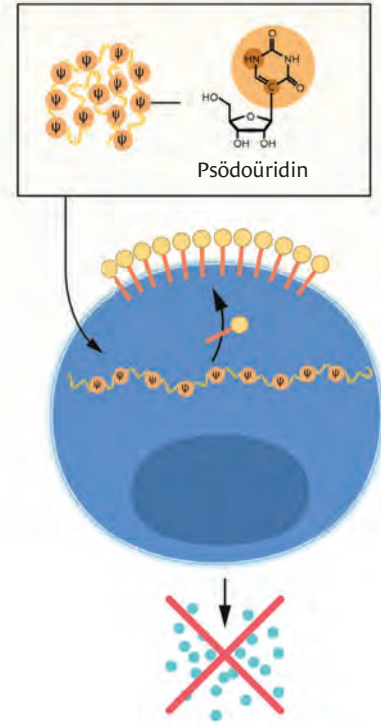
RNA'nın yapısında A, U, G ve C olarak kısaltılan, DNA'daki A, T, C ve G'ye (genetik kodun harfleri) karşılık gelen dört çeşit baz bulunur. Karikó ve Weissman memeli hücresi kaynaklı RNA'lardaki nükleosid bazlarının sıklıkla kimyasal değişikliğe uğramış hâlde olduğunu, buna karşılık *in vitro* olarak sentezlenen mRNA'daki

bazların ise bu tür değişiklikler taşımadığını biliyorlardı. İkili, *in vitro* olarak sentezlenen mRNA'da değişikliğe uğramış bazların bulunmamasının, *in vitro* sentezlenmiş mRNA temelli klinik denemelerde ortaya çıkan yangı biçimindeki istenmeyen bağışıklık tepkisini açıklayıp açıklayamayacağını merak etti. Bunu araştırmak amacıyla, her biri içerdiği bazlarda farklı kimyasal değişiklikler barındıran farklı mRNA çeşitleri ürettiriler ve bu mRNA'ları dendritik hücrelere gönderdiler. Sonuçlar çarpıcıydı: mRNA baz değişiklikleri içerdiği zaman bağışıklık tepkisi neredeyse ortadan kalkıyordu. Bu bulgu, hücrelerin mRNA'yı nasıl tanıdığı ve mRNA'nın farklı formlarına nasıl tepki verdiğine ilişkin anlayışımızda bir paradigma değişimini temsil ediyordu. Karikó ve Weissman keşiflerinin mRNA'nın tedavi amaçlı

Değişikliğe uğramamış mRNA



Bazlarında değişiklik yapılmış mRNA



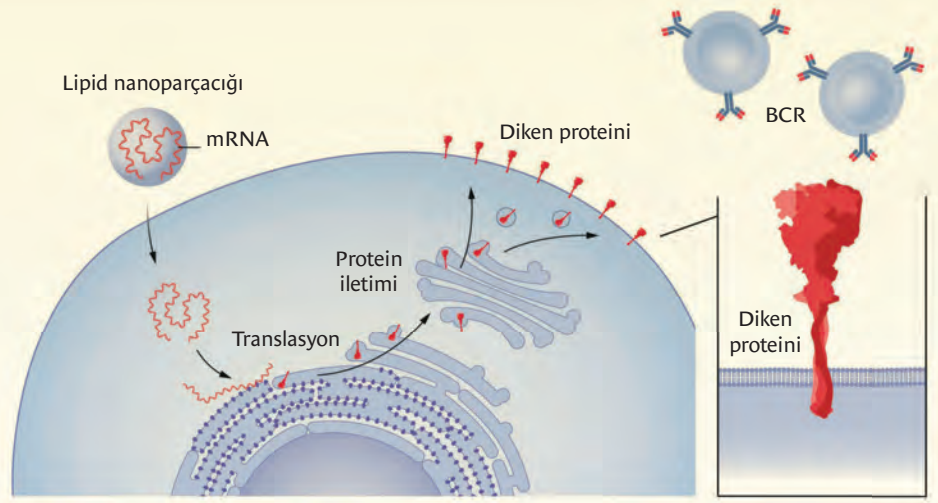
RNA'nın yapısında A, U, G ve C olarak kısaltılan dört çeşit baz bulunur. Karikó ve Weissman, nükleosidlerdeki bazlarda değişiklik yapılmış mRNA'ların -ilgili sinyalleşme moleküllerinin salgılanması yoluyla oluşan- yangısal bağışıklık tepkilerini engellediğini ve bu mRNA'lar hücrelere gönderildiğinde protein üretiminin değişikliğe uğramamış mRNA'lara göre arttığını keşfetti.

kullanımı için büyük bir önem taşıdığını hemen fark etti. Bu çığır açıcı bulgular COVID-19 pandemisinden on beş yıl önce, 2005 yılında yayımlandı.

Karikó ve Weissman, sonuçları 2008 ve 2010'da yayımlanan daha sonraki çalışmalarında da baz değişiklikleri ile üretilen mRNA'nın hücrelere gönderilmesinin protein üretimini, değişikliğe uğramamış mRNA'ya göre kayda değer ölçüde artırdığını gösterdi. Bu etkinin protein üretimini düzenleyen bir enzimin azalan etkinliğine bağlı olduğu anlaşıldı. Karikó ve Weissman, baz değişikliklerinin hem yangısal bağışıklık tepkisini azalttığını hem de protein üretimini artırdığını keşfetmek suretiyle mRNA'nın klinik uygulamalarının önündeki kritik engelleri ortadan kaldırdı.

... ve mRNA Aşılarının Potansiyeli Gerçekleşir!

mRNA teknolojisine yönelik ilgi zaman içinde artmaya başladı. 2010'a gelindiğinde yöntemi geliştirmek üzere çalışmakta olan birkaç şirket bulunuyordu. Zika virüsüne ve COVID-19'a neden olan SARS-CoV-2 virüsünün yakın akrabası olan MERS-CoV virüsüne karşı mRNA temelli aşılar geliştirildi. 2020 başlarında COVID-19 pandemisi patlak verdiğinde mRNA üzerinde çalışan şirketler COVID-19 aşıları geliştirmek üzere hızla eyleme geçti. BioNTech ve Moderna, Karikó ve Weissman'ın keşiflerinden yola çıkarak bazlarında değişiklik yapılmış mRNA'lar kullanmayı tercih etti. Uğur Şahin ve Özlem Türeci'nin liderliğindeki Biontech, aşının büyük ölçekte üretimi ve dağıtımı için Pfizer ile iş birliği yaptı. Moderna ise Barney Graham



mRNA aşısını takiben diken proteini üretimi ve diken proteininin B bağışıklık hücreleri tarafından tanınması.

mRNA'nın lipid nanoparçacıkları yardımıyla hücreye girmesini takiben mRNA, diken proteininin üretimi için kalıp vazifesi görür. Daha sonra diken proteini geçici olarak hücre yüzeyinde görünür ve B bağışıklık hücreleri sahip oldukları B hücresi almaçları (BCR) sayesinde diken proteinlerini tanıyıp diken proteinine özgü antikorların salgılanmasını tetiklerler.

liderliğindeki karma bir ekibin aşı değerlendirme sürecini yürüteceği, ABD Ulusal Sağlık Enstitüsü (National Institute of Health, NIH) bünyesindeki Aşı Araştırma Merkezi (Vaccine Research Center, VRC) ile yakın iş birliğine gitti. SARS-CoV-2 pandemisi hiç kuşkusuz mRNA aşı teknolojisine büyük ölçekli yatırımlar yapılması sonucunu doğuran belirleyici bir olay niteliğindedir. Örneğin bu tür yatırımlar sayesinde klinik denemelerin aşamaları normal aşı geliştirme süreçlerindeki gibi birbirini takiben değil, paralel olarak yürütüldü. Bu da diğer tüm gerekli aşamalar tamamlanırken klinik denemelerin süresini önemli ölçüde kısalttı. Hükümetlerden, uluslararası organizasyonlardan ve endüstriden el birliğiyle sağlanan fonlar, hem Pfizer/BioNTech'in hem de Moderna'nın mRNA aşılarının güvenlik ve etkinlik denemelerinin rekor sürelerde tamamlanmasını ve böylece bu aşıların pandeminin ortaya çıkışını takip eden bir yıl içinde onay almasını sağladı.

İki mRNA aşı dozunun uygulanmasından sonra elde edilen bulgulara dayanan Faz 3 denemeleri, her iki aşının da semptomatik COVID-19'a karşı koruma oranlarının hayli yüksek olduğunu gösterdi. Pfizer/BioNTech aşısı için %95, Moderna aşısı için %94

düzeyinde koruyuculuk oranı tespit edildi. Her iki aşı da güçlü antikor yanıtının yanı sıra bellek B ve T hücrelerine dayalı yanıtlar da oluşturarak şiddetli hastalığa ve ölüme karşı korunma sağladı. mRNA aşılardan piyasaya sürülmesi sonrasında yapılan araştırmalarda koruma sağlayan antikor düzeyinin zamanla düştüğü görüldü ve takviye aşılamaya dozlarının koruyuculuğu, özellikle de daha bulaşıcı olan Omicron varyantına karşı önemli ölçüde artırdığı gösterildi.

SARS-CoV-2'nin yeni varyantları iyi bir şekilde belgelenmiş durumda ve Omicron'un birkaç alt varyantının hâlâ dolaşımda olduğu biliniyor. Bilim camiası yeni varyantların ortaya çıkışını tespit edip aşılarla güncelleme gerekliliklerine karar verebilmek için virüsün değişimini sürekli izliyor. Geçtiğimiz yıl yaşananlar gösterdi ki mRNA platformu aşılarıdaki güncellemelerin başka hiçbir aşı platformuyla mümkün olmayan bir hızda yapılmasına olanak sağlıyor.

mRNA aşılarının etkileyici bir esneklik ve çabuklukla geliştirilebildiğinin gösterilmesi bu yeni platformun başka enfeksiyon hastalıkları için de kullanılabilmesinin yolunu açtı. Gelecekte bu teknoloji, tedavi edici proteinlerin hücrelere verilmesi ve bazı kanser türlerinin tedavi edilmesi gibi amaçlarla da kullanılabilir.

SARS-CoV-2'ye karşı farklı yöntemlerle başka aşılarda geliştirildi ve yine hızlı bir şekilde piyasaya sunuldu. mRNA temelli aşılarla birlikte tüm dünyada toplam 13 milyardan fazla aşı dozu uygulandı. Aşılar milyonlarca kişinin hayatını kurtarıp pek çok insanın da hastalığı hafif geçirmesini sağlayarak toplumların normal koşullara geri dönmesini mümkün kıldı. Bu yılın Nobel Tıp veya Fizyoloji Ödülü'ne layık görülen iki



Özlem Türeci ve Uğur Şahin, pandemiden önce BioNTech bünyesinde zaten belirli bir olgunluk düzeyine getirmiş oldukları mRNA teknolojisini kullanarak COVID-19'a karşı aşı geliştirmek üzere zamanla yarışarak rekor sürede onay alan mRNA aşılardan birini geliştirmeyi başardı. Böylece pandemiyi seyrini değiştirip insanlığın bu küresel sağlık krizini en az kayıp ve zararla atlatabilmesini sağlayan aktörler arasına girerek tarihe geçtiler. Bu başarının iki Türk bilim insanının imza atması milletimiz için büyük bir sevinç ve gurur kaynağı oldu. Nobel Ödülü alan ilk bilim insanımız Aziz Sancar'dan sonra Türeci ve Şahin ikilisinin bu başarısı da genç kuşaklara bilimsel kariyer yapma ve özellikle de zorluklar karşısında pes etmeden çalışma konusunda ilham verici oldu. Elbette bu iki bilim insanından birinin kadın olması kuşkusuz kız çocuklarımız için ayrıca rol model etkisi gösteriyor. Özlem Türeci ve Katalin Karikó'nun COVID-19'a yönelik mRNA aşılarının geliştirilmesindeki rolünü daha ayrıntılı olarak anlatan, yazarlarımızdan Özlem Ak'ın 8 Mart Kadınlar Günü vesilesiyle geçen yıl kaleme aldığı "mRNA Aşılarının Anneleri: Katalin Karikó ve Özlem Türeci" adlı yazıyı arşivimizde bulabilirsiniz.

bilim insanı, mRNA'daki bazı değişikliklerinin önemini ortaya koyan temel keşifleri sayesinde günümüzün en büyük sağlık krizlerinden biri olan COVID-19 pandemisi sırasında aşıların kısa sürede geliştirilmesini sağlayarak insanlığa en büyük katkılardan birini sundu. ■

Kaynak

Press release. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2023. Mon. 16 Oct 2023.

<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2023/press-release/>

Hedestam, G.K., Sandberg, R., "Scientific background 2023 - Discoveries concerning nucleoside base modifications that enabled the development of effective mRNA vaccines against COVID-19", The Nobel Assembly at Karolinska Institutet, 2023.

<https://www.nobelprize.org/uploads/2023/10/advanced-medicinprize2023-3.pdf>

Bilim Çizgi

Sinancan Kara [btciizgiroman@tubitak.gov.tr]

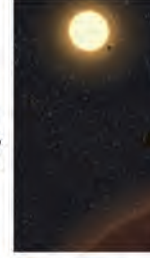
Vera Rubin



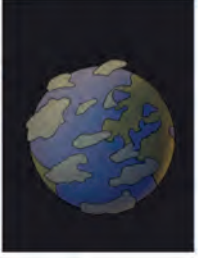
YEREL GRUP
ADI VERİLEN
GALAKSİ
GRUBUNDA,
SAMANYOLU
GALAKSİSİ
YER ALIR.



BU
GALAKSİNİN
DIŞ
KOLLARINDAN
BİR TANESİNDE,
GÜNEŞ ADINDA
BİR YILDIZ
BULUNUR.



BU YILDIZIN
YÖRÜNGESİNDE
DOLANAN DÜNYA
GEZEĞENİNDE
İŞE VERA RUBİN
İSİMLİ BİR
DOKTORA
ÖĞRENCİSİ
ÇOK
HEYECANLIDIR.



1953, ABD,
WASHINGTON.
GEORGE
WASHINGTON
ÜNİVERSİTESİ.

GALAKSİLER
BİR ARADA
ÖBEKLENİYOR!



KAPİYI
AÇIN,
PROFESÖR
GAMOW İLE
MUTLAKA
GÖRÜŞMEM
LAZIM!



BİNANIN BU
KISMINA
KADINLAR
GİREMİYOR!



1950'Lİ
YILLARA GELDİK,
ÜNİVERSİTEDEKİ
BELLİ BİNALARA
HÂLÂ SADECE
ERKEKLER
ALINIYORMUŞ!



İÇERİ GİREMEDİM. DOKTORA
DANIŞMANIM PROFESÖR
GAMOW'UN DIŞARI ÇIKIP BENİMLE
GÖRÜŞMESİ GEREKTİ.
HER NEYSE...



...GALAKSİLERİN
KÜMELER
HÂLİNDE
ÖBEKLENMESİ
İLE İLGİLİ
TEZİMİ
KABUL ETTİ.



TEZİNİ SUNDUKTAN
SONRA DA
ARAŞTIRMALARINA
DEVAM EDECEK MİSİN
VERA?

KARARLIYIM!
KARIYERİME
ELBETE
DEVAM
EDECEĞİM!



OKULDAN
TANIDIĞIM
BİRİ VAR.
ADI KENT FORD. YENİ
BİR
TELESKOP
GELİŞTİRİ-
YOR.



GALAKSİLERİ
MERKEZLERİNDEN
ETEKLERİNE
DETAYLICA
İNCELEME
İMKANI
SUNACAK.



VERA RUBİN VE KENT FORD,
EVRENİ DETAYLICA
İNCELEMeye İMKÂN TANIYAN
YENİ NESİL TELESKOBUNU
ARIZONA ÇÖLÜ'NDE BİR
GÖZLEM EVİNE
KURDU.

HOŞ
GELDİN!



KOLAY
GELSİN
VERA!



SAĞOL
KENT.



HER BİR GALAKSİDE,
YÜZ MİLYARLARCA
YILDIZ BULUNUR.



BU YILDIZLAR, GALAKSİ
MERKEZİ ETRAFINDA
DOLANIRLAR. TIPKI DÜNYA'NIN
GÜNEŞ ETRAFINDA
DOLANMASI GİBİ



ANNEN BAŞKA
GALAKSİLERDEKİ
YILDIZLARIN
DOLANMA
HIZLARINI
İNCELİYOR!

VERA RUBİN,
KENT FORD
İLE BERABER
YILDIZLARIN
DOLANMA
HIZLARINI
ARAŞTIRDI.

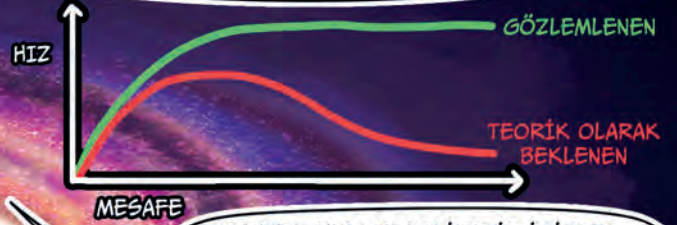
1975'TE
AÇIKLADIĞI
SONUÇLAR
FİZİKTE
BİR ÇİĞİR
AÇTI.



GALAKSİ
MERKEZİNDEN UZAK
YILDIZLARA, DAHA AZ
KÜTLE ÇEKİMİ ETKİ
EDER.



DOLAYISIYLA UZAKTAKİ YILDIZLARIN
DAHA YAVAŞ YÖRÜNGE HIZINA SAHİP OLMASINI BEKLERİZ.
GALAKSİ MERKEZİNDEN UZAKLAŞILDIKÇA YILDIZLARIN
DOLANMA HIZI AZALMALI. FAKAT GÖZLEMLERİMİZ BUNU
YANLIŞLADI! YILDIZLARIN HIZI AZALMIYOR.
NEREDEYSE SABİT.



DOLAYISIYLA GALAKSİLERİN İÇİNDE
GÖREMEDİĞİMİZ HÂLDE, YILDIZLARIN
DAHA HIZLI DOLANMASINA NEDEN OLAN
BİR TÜR MADDE OLMALI!



FRITZ ZWICKY'NİN
ÖNE SÜRDÜĞÜ
"KARANLIK MADDE"
BU!



1933 YILINDA GALAKSİ
KÜMELERİNİ İNCELEYEN
ZWICKY, GALAKSİLERDE
GÖZLEMLEYEBİLDİĞİMİZDEN
DAHA FAZLA KÜTLE OLDUĞU
SONUCUNA VARDI. BU KÜTLE
ÇEKİMİNE NEDEN OLAN
GÖRÜNMEZ MADDEYE
"KARANLIK MADDE"
ADINI VERDİ.

KARANLIK MADDENİN KENDİNİ
GÖREMESEK DE ORTAYA
ÇIKARDIĞI KÜTLE
ÇEKİMİNİN ETKİLERİNİ
GÖZLEMLEYEBİLİYORUZ.



IŞIK DA KARANLIK MADDENİN
KÜTLE ÇEKİMİNDEN
ETKİLENİYOR.

KARANLIK MADDE,
DOĞRUDAN GÖREMEDİĞİMİZ,
FAKAT KÜTLEÇEKİM ETKİLERİ
SAYESİNDE TESPİT EDEBİLDİĞİMİZ
MADDEYE VERİLEN ADDIR.
GALAKSİLERİ, BİR HALE
GİBİ SARIYIP SARMALAR. YOĞUNLUĞU
GALAKSİ MERKEZİNDE DAHA
YÜKSEKTİR. ANCAK BÜTÜN
GALAKSİYE YAYILMIŞ HÂLDEDİR.
KARANLIK MADDE HALESİNİN SINIRLARI,
GALAKSİNİN GÖRÜNÜR SINIRLARINI
DAHI AŞAR.

EVRENDEKİ TOPLAM KARANLIK MADDE KÜTLESİ,
SIRADAN (GÖRÜNÜR, GÖZLEMLEYEBİLDİĞİMİZ)
MADDENİN YAKLAŞIK 5 KATI KADARDIR.



KARANLIK MADDE
HALELERİ, EVRENİN
İLK ZAMANLARINDA
SIRADAN MADDEYİ
KÜTLE ÇEKİMİ İLE
KENDİ ETRAFINDA
TOPLADI. DAHA
SONRA, KARANLIK
MADDENİN ETRAFINDA
ÖBEKLENMİŞ SIRADAN
MADDE, GALAKSİLERİ
OLUŞTURDU.

VERA RUBİN
1928 - 2016
AMERİKALI ASTRONOM.

GALAKSİLERİN
MERKEZİNE UZAK
YILDIZLARIN
BEKLENENDEN DAHA
HIZLI DOLANDIĞINI BULDU.

KARANLIK MADDENİN
İLK GÖZLEMSEL
KANITLARINDAN BİRİNİ
BULAN RUBİN'İN KIZI
JUDITH YOUNG DA
ANNESİ GİBİ
GALAKSİLER ÜZERİNE
ÇALIŞAN BİR
ASTRONOM OLDU.

Lider Bir Türkiye İçin Araştırma Altyapılarının Desteklenmesinin Önemi

Dr. Tuncay Baydemir [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Ülkemizin Millî Teknoloji Hamlesi'ne uygun olarak bilim, teknoloji ve yenilik alanlarında atılan tüm adımlar büyük önem taşıyor. İçinde bulunduğumuz çağda bilginin üretilmesi kadar elde edilen bilgi birikiminin toplumsal faydaya ve katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi altyapısının da sağlanması gerekiyor.

Gelişmiş ülkelere bakıldığında üniversiteler, Ar-Ge Kuruluşları ve araştırma merkezleri gibi kurum ve kuruluşlar ile bilgi ve bu bilgiye sahip insan kaynağının geliştirildiği görülebilir. Bu noktada devreye giren çeşitli destek mekanizmaları sayesinde bu birikimlerin faydalı ürünlere ve hizmetlere dönüştürülmesi kolaylaştırılıyor ve böylece toplumsal faydanın en üst seviyede gerçekleşmesi hedefleniyor. Bu bağlamda; tüm ülkeler tarafından öncelikli görülen alanlarda nitelikli insan gücü yetiştirmek, bu insan gücü sayesinde alanda yeterli bilgi birikimine sahip olmak ve son olarak çeşitli politikalar geliştirerek bu alanlardaki hedeflere ulaşmak amacıyla gerekli yatırımların yapılması ve desteklerin sağlanması kaçınılmaz hâle geliyor.



Araştırma Altyapıları Nedir ve Neden Gereklidir?

Bilim insanları ve araştırmacıların faaliyet alanlarındaki ileri düzey araştırma ve çalışmaları için kullandıkları makine-teçhizat ve bu makine-teçhizatın içinde bulunduğu bina ve yapılar “araştırma altyapısı” olarak kabul ediliyor. Çeşitli araştırma topluluklarına kendi alanlarında araştırma yapmaları ve yeniliği teşvik etmeleri için kaynak ve hizmetler sağlayan tesisler olan altyapılar; tek bir merkezde veya fiziksel olarak çeşitli mekanlarda yerleşik araştırma birimleri olabildiği gibi (araştırma gemileri, teleskoplar, parçacık hızlandırıcılar vb.) sanal araştırma altyapıları da (yüksek başarılı hesaplama ve bilgi ağları vb.) bu kapsamda değerlendiriliyor.

2014-2018 yıllarını kapsayan Onuncu Kalkınma Planı kapsamında ülkemizin bilim, teknoloji ve yenilik odaklı gelişimi üzerine tasarlanan



Ar-Ge ve yenilik politikaları ile temel olarak teknoloji ve yenilik faaliyetlerinin artırılarak toplumsal faydaya dönüştürülmesi, yeniliğe dayalı bir ekosistem oluşturularak elde edilen sonuçlarla katma değeri yüksek ürünler geliştirilmesi ve böylece küresel ölçekte rekabetçi ülke konumuna gelme hedefi ortaya konuldu. Bunu başarmanın yolu ise tüm paydaşların birlikte çalıştığı bir Ar-Ge ekosisteminden geçiyor. Araştırma altyapılarının yenilik

ekosisteminde önemli faydalar sağlaması bekleniyor. Bunlar arasında bilgi ve teknoloji tabanının oluşturulması, akademik bilgi birikiminin özel sektörle paylaşarak katma değeri yüksek ürün ve hizmete dönüştürülmesi, iş birliklerinin kurulması, öncelikli alanlarda nitelikli insan gücünün yetiştirilmesi ve hem yurt içinde hem de yurt dışındaki araştırmacıların bu alanlarda çalışmalarının teşvik edilmesi sayılıyor.

Araştırma Altyapıları

Uluslararası Rekabetçi Çekim Merkezleri Kurulması

Nitelikli Araştırmacı Kapasitesinin Artırılması

Sektörler Arası İş Birliklerinin Kurulması

Bilgi/Teknoloji Transferi ve Sosyoekonomik Değer Oluşturulması

Bilgi ve Teknoloji Ekosistemi Oluşturulması



Bu ekosistemi kurmak ve geliştirmek içinse kamu destekleri önemli bir rol oynuyor. Gelişmiş ve gelişmekte olan ölkelerde Ar-Ge ve yenilik ekosistemini desteklemek amacıyla kullanılan enstrümanlardan belki de en önemlisi ise araştırma altyapılarının kurulması ve geliştirilmesinin desteklenmesi olarak karşımıza çıkıyor.

Üniversitelerde veya araştırma merkezlerinde yapılan çalışmaların toplumsal ya da ekonomik faydaya istenilen düzeyde dönüştürülememesinin altında paydaşlarla iş birliğinin istenilen düzeyde gerçekleştirilememesi, nitelikli araştırmacı ve personel eksikliği ile bunların istihdamındaki zorluklar, statü ve yönetimsel organizasyon yapısındaki belirsizlikler ve finansal sürdürülebilirliğin

sağlanamaması gibi nedenler yatıyor. Nitelikli insan gücü için çekim merkezi hâline gelme, öncelikli ve stratejik açıdan önemli alanlarda insan gücü ve altyapı olanakları sağlama, kamu-özel sektör-sanayi iş birlikleri gibi Ar-Ge ekosistemini oluşturacak iş birliklerini teşvik etme, teknoloji geliştirme ve yerli üretimi destekleyerek üretimde verimliliğin artırılması ve katma değerli üretim ve hizmetlerin dünya standartlarında sunulmasının sağlanması gibi hususlar ölkemiz Ar-Ge ve yenilik politika hedeflerimizin odağında yer alıyor.

Ar-Ge Ekosistemi İçin Yeni Bir Dönem

Uzun yıllar boyunca ilgili bakanlık, kamu kurumları, özel sektör temsilcileri, üniversiteler ve sivil toplum kuruluşları ile gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde altyapıların daha etkin kullanımının ve sürdürülebilirliğinin sağlanması yolu 6550 sayılı Araştırma Altyapılarının Desteklenmesine Dair Kanun'un 10.07.2014 tarihli Resmî Gazetede

Kanunla Sağlanan Başlıca Yenilik ve Faydalar

Nitelikli Personel İstihdamı

Profesyonel Ar-Ge Yönetim Birimleri

Kamu Tüzel Kişilik Statüsü

Performansa Dayalı Çalışma Sistemi

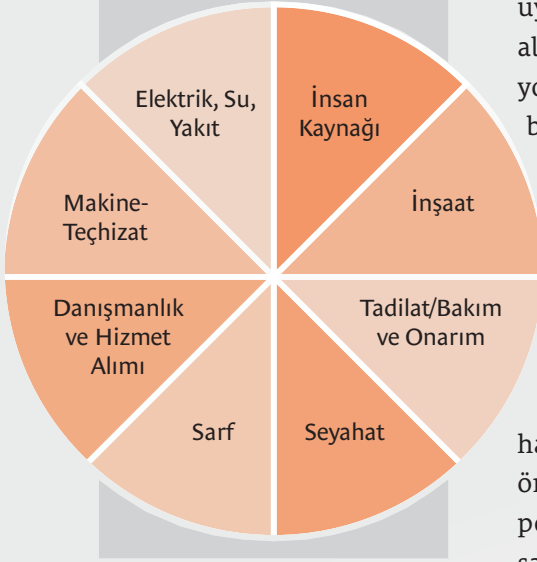
Kamu Kaynaklı Cari ve Yatırım Bütçesi

Vergi Muafiyetleri ve İstisnalar

Ortak Altyapı Kurma Olanağı

Şirket Kurma İmkânı

Kanun Kapsamında Verilen Destekler



yayınlanmasıyla açıldı. Böylece daha üstün nitelikli araştırma ve geliştirme ile elde edilecek bilgi birikiminin katma değeri yüksek ürün/hizmetlere dönüştürülmesinin önündeki engeller de kaldırılmış oldu.

Kanun sayesinde araştırma altyapılarının daha etkin kullanımının ve sürdürülebilirliğinin sağlanması için mevcut sorunlara önemli çözümler getirildi. Yönetim ve performans anlamında bu altyapılara kamu tüzel kişilik statüsü kazandırılmasının yanında özel sektör, üniversiteler ve kamu kurumları gibi paydaşların yönetim kurulunda yer alması sağlandı. Profesyonel yönetim konusundaki eksiklikler giderilerek performans izleme ve değerlendirmeye dayalı bir çalışma sistemi entegre edildi. İnsan kaynakları anlamında sözleşmeli personel çalıştırılabilmesi, esnek çalışma modellerinin

uygulanabilmesi, ihtiyaç duyulan alanlarda geçici görevlendirme yoluna gidilebilmesi, performansa bağlı yüksek ücretli personel istihdam edilebilmesi ve yabancı araştırmacıların da teşvik edilmesi gibi hususlarda kolaylaştırmalar hayata geçirildi. Desteklenen araştırma altyapılarının gelir elde etmelerinin ve harcama yapabilmelerinin önündeki engellerin kaldırılması, performansa dayalı sistem sayesinde merkezî bütçeden finanse edilebilmeleri ve çeşitli vergi muafiyetleri, istisnalar ve indirimler yoluyla araştırma altyapılarının sürdürülebilirliği

de koruma altına alındı. Ayrıca Kanun'la getirilen düzenlemeler sayesinde, paydaşlarla çok çeşitli iş birliği platformları kurulmasının önündeki engeller de kaldırıldı.

Başvurular, Yeterlik Değerlendirme ve İzleme

Araştırma Altyapıları Komisyonuna Sanayi ve Teknoloji Bakanı Başkanlık yaparken Millî Eğitim Bakanı, Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanı, YÖK Başkanı, Cumhurbaşkanlığı



ARAŞTIRMA ALTYAPILARI YETERLİK DEĞERLENDİRMESİ

1) ARAŞTIRMA YETKİNLİĞİ

Altyapı Büyüklüğü ve İnsan Kaynağı

- › Teknoloji Donanımı
- › Araştırmacı Niteliği

Bilimsel Üretim ve Akademik Cazibe

- › Ulusal ve Uluslararası Ödüller
- › Ulusal ve Uluslararası Yayınlar

İş Birliği ve Etkileşim

- › Ulusal ve uluslararası iş birlikleri

Teknolojik Üretim ve Ekonomik Katkı

- › Patentler
- › Teknolojik Ürünler
- › Hizmetler

Eğitim, Dış Kullanım ve Yayılım

- › Kongre, çalıştay ve sempozyumlar
- › Hizmet Kalitesi

2) YÖNETİM YETKİNLİĞİ

Liderlik ve Stratejik Yönetim

- › Vizyon ve Misyon
- › Teknolojik Yol Haritası
- › Paydaşlarla Bütünleşik ve Stratejik İş Birliği

İnsan Kaynakları Yönetimi

- › İnsan Kaynakları Planlaması
- › Performans Değerlendirme

Proje Yönetimi

Süreç ve Kalite Yönetimi

Kullanıcılara Dair Sonuçlar

Bilim Teknoloji ve Yenilik Politikaları Kurulu Başkanvekili ve Cumhurbaşkanlığı Eğitim ve Öğretim Politikaları Kurulu Başkanvekili komisyonun diğer üyelerini oluşturuyor. Kanun kapsamında araştırma altyapılarının yeterlik değerlendirmesi ile yeterlik alan altyapıların performanslarının izlenmesi ve değerlendirilmesi görevi TÜBİTAK tarafından gerçekleştiriliyor.

Yükseköğretim kurumları bünyesinde bulunan, yetmiş nitelikli insan gücü ile teknolojik makine-teçhizat, yazılım ve donanımına sahip ve araştırma-geliştirme faaliyetlerinin yapıldığı araştırma altyapılarının başvuruda bulunabildiği destekler sayesinde; ulusal ve uluslararası iş birlikleri kurularak ülkemiz için kritik öneme sahip teknoloji, bilgi birikimi ve ürün/hizmetlerin geliştirilmesi ve toplumsal fayda elde edilmesi, öncelikli alanlarda gelişme kaydedilerek kritik teknolojilerde dışarıya

olan bağımlılığın ortadan kaldırılması ve uluslararası platformlarda ülkemizin öncü konumda olmasının sağlanması hedefleniyor.

Türkiye’de Kanun Kapsamına Alınan Araştırma Altyapıları

2016 yılında yeterlik değerlendirmesine alınan altı araştırma altyapısından dört tanesi yeterlik almaya hak kazandı. Komisyon tarafından 2017 yılında yeterlikleri onaylanan bu ilk dört altyapının beş yıl süreli ilk dönemleri sonunda Komisyon tarafından yeterlikleri yenilenerek ikinci beş yıllık dönemleri başlatıldı. Araştırma altyapıları destek kapsamına yeni merkezler eklenmeye devam ediyor.

İZMİR BİYOTIP VE GENOM MERKEZİ (İBG)

Ocak 2018 tarihinde Türkiye'nin ilk tematik araştırma merkezi olarak faaliyete geçen merkezin amacı; yaşam bilimleri araştırmaları ile hastalıkların önlenmesi, hastalıkların tanı ve tedavisi ile ilgili yenilikçi teknolojiler ve ürünler geliştirmek. Yaşam bilimlerinde temel araştırmalardan biyoteknoloji ve biyomühendislik gibi disiplinler arası uygulamalara kadar uzanan geniş bir yelpazede araştırmalar gerçekleştirilen merkez, Türkiye'nin bu alandaki en büyük merkezi olma özelliği de taşıyor. Otuzdan fazla araştırma grubunun bulunduğu merkezde çok sayıda ulusal ve uluslararası proje gerçekleştiriliyor, çeşitli iş birlikleri ve desteklerle ülkemiz adına çok önemli çalışmalar yapılmaya devam ediyor.



DavidBCray / iStock

Misyon

Yaşam bilimleri alanında bilim, teknoloji ve sanayi odaklı ileri araştırmalar yaparak bilgi, ürün ve hizmet geliştirmek.

Vizyon

Yaşam bilimleri ve sağlık teknolojileri alanında önde gelen uluslararası araştırma merkezlerinden biri olmak.

Faaliyet Alanları

- Kanser
- Nadir hastalıklar
- Sinir bilimleri
- İmmünoloji
- Güncel viral hastalıklar
- Biyoteknolojik ürün (aşı, ilaç, antikor vb.) geliştirme

- Genetik ve epigenetik
- Doku mühendisliği ve hücresel tedaviler
- Biyoenformatik ve hesaplamalı biyoloji
- Biyomedikal mühendisliği
- GLP sertifikalı ilaç analiz ve kontrol laboratuvarları (OECD onaylı)
- Biyobanka ve biyomoleküler kaynaklar
- Kemirgen ve zebra balığı vivaryumu (bilimsel amaçlarla hayvanların doğal davranışlarını gözlemlemek ve araştırmak için doğal yaşam koşulları oluşturularak muhafaza edildikleri yer)

Odak Araştırma Alanları

- Biyofarmasotik ürün ve hizmetler
- Hücresel temelli ürün ve hizmetler
- Omiks ve hesaplamalı biyoloji temelli teknoloji ve hizmetler

ODTÜ MİKRO-ELEKTRO-MEKANİK SİSTEMLER MERKEZİ (ODTU-MEMS)

ODTÜ MEMS Merkezi, 6550 sayılı Araştırma Altyapılarının Desteklenmesine Dair Kanun kapsamında ileri araştırma laboratuvarı yeterlik almaya hak kazanan ilk dört ulusal araştırma merkezinden birisidir. Mikro-Elektro-Mekanik Sistemler (MEMS) konusunda uzun yıllardır sürdürülen çalışmalarla edinilen bilgi birikimi, uygulama deneyimi ve yetiştirilen iş gücü merkezin kuvvetli yönleri olarak öne çıkıyor.

Merkezin hedefleri arasında Mikro-Elektro-Mekanik sistemler alanında lider pozisyonda olan referans bir kurum olarak alanda nitelikli insan gücüne katkıda bulunmak ve gerçekleştirilecek iş birlikleri ile bilgiyi ürüne dönüştürerek katma değerli ve kritik teknoloji odaklı stratejik ürün ve hizmetler ile millî sanayimizin gelişmesine yardımcı olmak ve ekonomik değer oluşturmak sayılıyor.



Misyon

Mikro-Elektro-Mekanik Sistemler (MEMS) alanında ülkemize bilimsel ve ekonomik katma değer sağlayacak şekilde ileri teknoloji çözümler geliştirmek.

Vizyon

Mikro-Elektro-Mekanik Sistemler alanında ulusal ve uluslararası arenada geliştirdiğimiz teknolojiler ve meydana getirdiğimiz katma değer ile öncü olmak.

Faaliyet Alanları

- Özgün MMS yapılarının tasarım ve fabrikasyonu
- İleri teknoloji temiz alan altyapısı
- Görüntü algılayıcılar (kızılötesi algılayıcılar/ detektörler, fotonik aygıtlar)

- Eylemsizlik algılayıcılar (jiroskop, dönü ölçer, manyetometre ve ivme ölçer)
- RF MEMS (RF anahtarlar ve RF sönümleyiciler)
- Biyo MEMS (biyoalgılayıcılar, mikro akışkan cihazlar)
- Power MEMS (enerji üretimi, enerji hasadı, taşınabilir ve giyilebilir uygulamalar)
- Vakum paketleme
- Mikro fabrikasyon

Odak Araştırma Alanları

- MEMS alanında özgün fikir ve çözümlere dayanan araştırma çalışmaları ile yenilikçi teknolojiler
- Stratejik ve özgün konularda üretim
- Yurt içi ve/veya yurt dışı kuruluşlara MEMS fabrikasyon altyapısı kurulması hizmeti

SABANCI ÜNİVERSİTESİ NANOTEKNOLOJİ ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ (SUNUM)

Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (SUNUM) 2010 yılında kuruldu ve 2017 yılında Ulusal Araştırma Altyapısı olarak yeterlilik kazandı. İkinci beş yıllık yeterliği de almaya hak kazanan merkez, nanoteknoloji alanında ulusal ve uluslararası tüm paydaşlar tarafından tanınan ve tercih edilen bir hizmet sağlayıcı olmayı hedefliyor. SUNUM, nanomalzemeler ve nanoyapıların tasarımı, sentez ve karakterizasyonu ile nanoyapılardan geliştirilen mikro-nano sistemlerin tasarım ve üretimi gibi konularda yetkin bir konumda bulunuyor. “Nanoteknolojide küresel bilgi ve değer üreten Türkiye” vizyonu ile 2018 yılında yapılanmasını güçlendiren SUNUM’da çok sayıda aktif proje, yetkin araştırmacı ve teknik personel kadrosu ile başarılı bir şekilde yürütülerek katma değerli ürün ve hizmetlere dönüşüyor.



Misyon

Nanobilim ve nanoteknolojinin bütünleştirilmesini kolaylaştırarak değer yaratan küresel bir platform olmak.

Vizyon

Nanoteknolojide örnek referans merkezi olmak.

Faaliyet Alanları

- Yeşil nanomalzemeler
- Moleküler mekanizmalar
- Fonksiyonel yüzeyler
- Çok işlevli nanokompozitler
- Yumuşak malzemeler
- Kuantum noktalar
- Çoklu bileşenli mikro/nanoyapılar
- Etkileşimler ve yapı-işlev ilişkileri
- Çok fonksiyonlu akıllı malzemeler

- Nanoparçacıklar ve nanofiberli yapılar
- Kuantum teknolojileri
- Algılayıcılar ve ölçüm sistemleri
- Ekran teknolojileri
- Nanoelektronikler
- Aygıt sistemleri ve teknolojileri
- Aygıt paketlenme, karakterizasyon ve ölçümleme

Odak Araştırma Alanları

- Nanomalzemeler ve nanoyapıların tasarım, sentez ve karakterizasyonu
- Nanoyapılardan geliştirilen mikro nano sistemlerin tasarım ve üretimi ile sistemlere entegrasyonu
- Enerji ve nanobiyoteknoloji uygulamalarında araştırma sonuçlarının ticarileşmesi ile ürünleşme

BİLKENT ÜNİVERSİTESİ ULUSAL NANOTEKNOLOJİ ARAŞTIRMA MERKEZİ (UNAM)

2007 yılında kurulduktan sonra 6550 sayılı Kanun kapsamında, 16 Ağustos 2017 tarihinde yeterlik alarak ilk dört ulusal araştırma merkezinden biri olan UNAM, seçkin akademik kadrosu ve 400'ün üzerinde cihaza sahip birinci sınıf araştırma altyapısı ile ülke hedeflerimiz için büyük önem teşkil ediyor.

Bilkent Üniversitesi yerleşkesinde bulunan Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (UNAM) nanobilim/nanoteknoloji, biyoteknoloji/nanobiyoteknoloji, malzeme bilimi/mühendisliği ve ilgili faaliyet alanlarında uluslararası düzeyde Ar-Ge projeleri gerçekleştiriyor ve katma değeri yüksek teknoloji üretmek için çalışmalar yapıyor.



Misyon

Nitelikli insan kaynağı ile akıl ve bilgiye dayanan yönetimimizle, disiplinler üstü ekosistemimizde nanobilim, nanoteknoloji, biyoteknoloji/nanobiyoteknoloji, malzeme bilimi/mühendisliği ve ilgili faaliyet alanlarında, uluslararası düzeyde rekabetçi Ar-Ge kapasitesi ve eğitim kabiliyetini ülkemize kazandırmak.

Vizyon

İnsanlığın refahı ve gelişimi için ileri teknoloji altyapısı, yetkin üstyapısı, temel ve uygulamalı Ar-Ge'si, ileri düzey eğitimi ile nitelikli, özgün bilgi üretmek ve nitelikli insan kaynağı yetiştirmek, ulusal ve uluslararası ölçekte rekabetçi teknolojilerle yüksek katma değer ve yaygın etki ortaya koymak.

Aynı zamanda, benzersiz çoklu disiplinli açık laboratuvar modeli ile nitelikli bilim insanları için küresel bir cazibe merkezi olmak.

Faaliyet Alanları

- Yaşam bilimleri
- Nanokimya
- Nanomalzemeler
- Nanoaygıtlar

- Nanofotonik
- Nanoelektronik
- Nanomekanik
- Lazer ve spektroskopi
- Nanofabrikasyon, mikrofabrikasyon
- Nanogörüntüleme
- Malzeme karakterizasyonu

Odak Araştırma Alanları

- Plazmonik ve nanofotonik malzemeler
- Nanofotonik cihazlar
- Kuantum malzemeleri ve aygıtları
- Hesaplamalı nanobilim
- Mikro/nano akışkanlar
- Nanoelektromekanik sistemler
- Mekanokimya (Mekanik Kimya)
- Ultrahızlı fiber lazerler
- Biyoyüzey kimyası
- Kızılötesi fiberler
- İnsan genetiği ve genom
- Enerji, çevre, sürdürülebilirlik
- Sentetik biyoloji ve yaşayan ilaçlar
- Lazer malzeme işleme
- Karmaşık fotonik sistemler
- Akustik ve ultrasonik araştırmalar

ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ GÜNEŞ ENERJİSİ ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ (GÜNAM)

ODTÜ Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi güneş enerjisi bilim ve teknolojisi alanında çok disiplinli bir mükemmeliyet merkezi olarak zengin altyapı ve insan kaynağı ile fotovoltaik, konsantre güneş termal ve yüksek performanslı binalar, akıllı şebekeler ve akıllı şehirler gibi güneş enerjisi teknolojilerinin geliştirilmesinde lider ve en kapsamlı ulusal Ar-Ge merkezidir.

ODTÜ-GÜNAM 2009 yılında ODTÜ yerleşkesi içinde disiplinler arası bir araştırma merkezi olarak kuruldu ve 6550 sayılı Kanun kapsamında, Aralık 2020 tarihinde araştırma altyapı yeterliği onaylandı.



Misyon

Ulusal, Avrupa ve küresel düzeylerde güneş enerjisinde yeniliği destekleyen araştırmalar yoluyla temel bilgiler ortaya koymak, araştırmacılara ve endüstriye benzersiz bilimsel hizmetler ve bilimsel tesislere erişim sağlayarak Ulusal, AB ve küresel düzeylerde Ar-Ge temin etmek, uygun düzenleme ve politikaların oluşturulabilmesi için bakanlıklara bilimsel danışmanlık sağlayarak Türkiye’de güneş enerjisi teknoloji alanındaki pazar alımını desteklemek.

Vizyon

Türkiye’deki güneş enerjisi Ar-Ge’sinin ana itici sürücüsü ve Doğu Akdeniz Bölgesi’nin önde gelen kapsamlı güneş enerjisi mükemmeliyet merkezi olmak, özellikle Avrupa’da ve genel olarak dünya genelinde önde gelen mükemmeliyet merkezleri ile sinerjik iş birlikleri yoluyla AB ve küresel düzeyde güneş enerjisi Ar-Ge’sine katkıda bulunmak.

Faaliyet Alanları

- Güneş enerjisi
- Fotovoltaik teknolojiler
- Güneş hücresi
- Güneş modülü/paneli

Odak Araştırma Alanları

- Silisyum fotovoltaik teknolojileri
- Gelişen fotovoltaik teknolojileri
- Modül teknolojileri
- Güç elektroniği, şebeke ve sistem entegrasyonu
- Test ve karakterizasyon teknolojileri
- Odaklanmış ısı güneş enerjisi teknolojileri



ANKARA ÜNİVERSİTESİ DENİZ HUKUKU ULUSAL ARAŞTIRMA MERKEZİ (DEHUKAM)

Ülkemizin deniz hukuku ve siyaseti alanlarında yapılacak çalışmaların ihtiyacına yönelik olarak deniz hukuku alanında araştırmacı insan gücü kapasitesinin güçlendirilmesi ve istihdamı kapsamında, Türkiye’deki deniz hukuku ve siyasetiyle meşgul tüm akademisyenleri ve diğer ilgilileri bir araya getirmek hedefiyle Deniz Hukuku Uygulama ve Araştırma Merkezi (DEHUKAM) kuruldu. Merkezin işleyişine dair Yönetmelik, 7 Ocak 2015 tarihinde Resmî Gazete’de yayımlandı. Merkez, 7 Ekim 2020 tarihinde 6550 sayılı Araştırma Altyapılarının Desteklenmesine Dair Kanun kapsamında yeterlik onayı alıp deniz hukuku alanında “Ulusal Merkez” statüsüne kavuşturuldu ve Ankara Üniversitesi Deniz Hukuku Ulusal Araştırma Merkezi adıyla tüzel kişilik kazandı.

Misyon

Deniz hukuku ve siyaseti alanlarında bilimsel araştırmalar yapmak, bu alanlarda uzman personel yetiştirilmesini sağlamak, ilgili ulusal ve uluslararası kamu kurum ve kuruluşları ile gerçek ve tüzel kişilerle iş birliğine gitmek suretiyle Türk deniz hukukunun ve siyasetinin gelişmesine katkıda bulunmak.

Vizyon

Deniz hukuku ve siyaseti alanlarında yetkinlik, yeterlilik ve iş birliklerini üst düzeyde sağlamak, Türk Deniz Hukuku alanında politika üretmek ve ülke menfaatleri doğrultusunda Türk deniz hukuku ve siyaseti ile Türk dış politikasının gelişimine fayda sağlamak.

Faaliyet Alanları

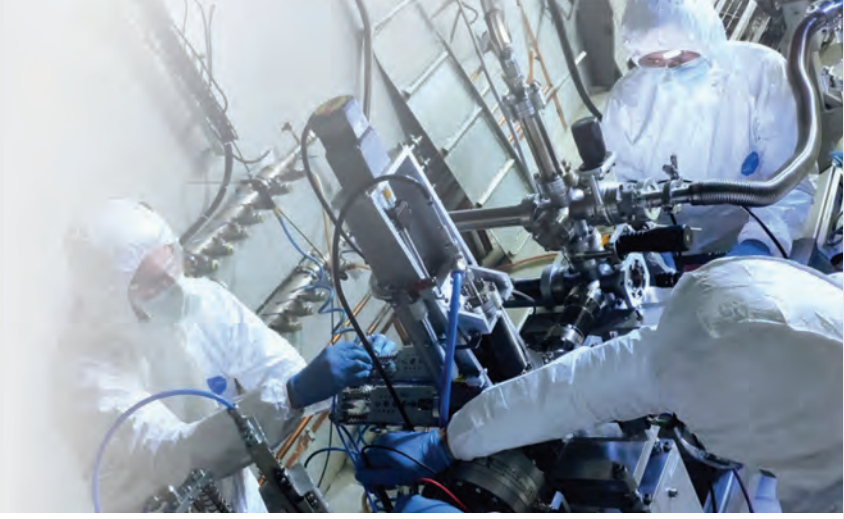
- Ulusal ve uluslararası deniz hukuku
- Ulusal ve uluslararası deniz ticareti

Odak Araştırma Alanları

- Mavi vatan
- İklim değişikliği
- Deniz tahkimi
- Deniz ticareti hukuku
- Deniz sigortası

TÜRK HIZLANDIRICI VE IŞINIM LABORATUVARI (TARLA)

Türk Hızlandırıcı ve Işınım Laboratuvarı (TARLA) 2006 yılında Türkiye Hızlandırıcı Merkezi (TAC) projesinin ilk hızlandırıcı tesisi seçildi. 2020 yılında ise Türkiye Araştırma Altyapıları Komitesi tarafından 6550 sayılı Kanun kapsamında “Ulusal Araştırma Altyapısı” olarak kabul edilen araştırma merkezi, Ankara Üniversitesi Gölbaşı Kampüsü’nde bulunuyor.



Misyon

TARLA’nın tam kapasite ile uluslararası standartlarda hızlandırıcı tabanlı ışıınım tesisi olarak çalışmasını sağlamak, hızlandırıcılara dayalı ışıınım kaynaklarının endüstri ve akademi ekosisteminde kullanımını teşvik ederek bilimsel ve teknolojik birikimi ekonomik faydaya dönüştürmek.

Sanayiye yönelik mühendislik çalışmalarına hızlandırıcı temelli analiz ve uygulamalar ile destek vermek, TARLA’nın sağlayacağı ileri araştırma ve analiz yöntemlerini endüstrinin kullanmasını sağlayarak ülkemizde yüksek teknolojlili ürünlerin geliştirilmesine katkıda bulunmak.

Vizyon

Bölgede lider uluslararası tanınır bir hızlandırıcı tabanlı araştırma altyapısını tam kapasite faaliyete geçirerek çok disiplinli bir araştırma ortamı kurmak, bölge akademi ve endüstrisinde hızlandırıcı ve hızlandırıcı tabanlı radyasyon kullanımını yaygınlaştırmak, küresel çaptaki uluslararası araştırma tesisleriyle stratejik ortaklıklar geliştirmek.

Faaliyet Alanları

- Hızlandırıcı bilimi ve teknolojisi
- İleri malzeme teknolojileri
- Nükleer teknoloji

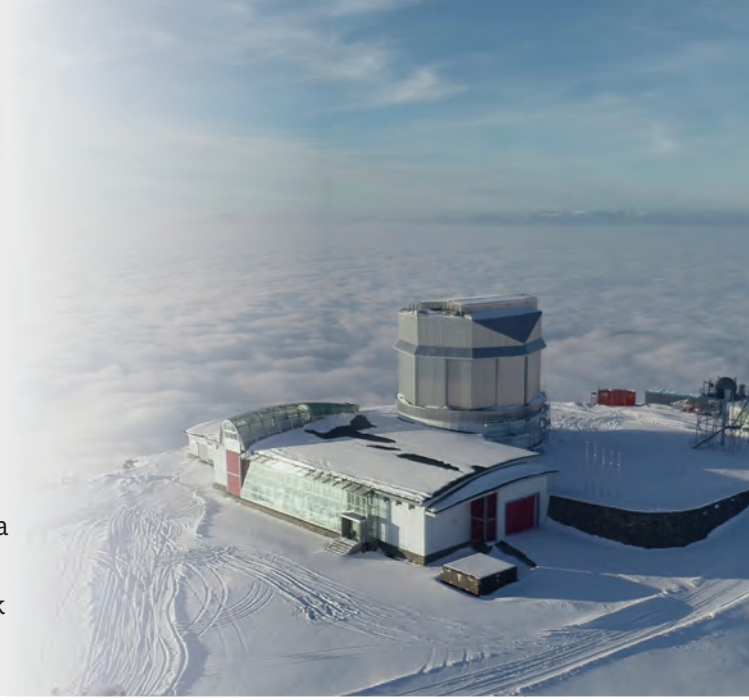
- Biyoteknoloji
- Sağlık teknolojileri
- İmalat teknolojileri
- Mikrodalga teknolojileri

Odak Araştırma Alanları

- Hızlandırıcı teknolojileri
- Parçacık fiziği
- Kriyojenik sistemler
- Vakum sistemleri/ekipmanları
- RF dalgaları (radyo frekans denetleyici boşlukları) sistemleri
- Katı hâl elektroniği
- Süper iletkenler
- Manyetizma
- Lazer sistemleri
- Hassas üretim teknolojileri
- Detektörler / Sensörler
- Malzeme üretimi
- Malzeme diyagnostiği/ analizi
- Nano ve mikro teknolojiler
- Uzay teknolojileri
- Makine imalatları
- Robotik sistemler
- Yüksek voltaj güç kaynakları
- Elektronik sistemler
- Yazılım ve kontrol sistemleri
- Otomasyon sistemleri ve yazılımları
- Gama radyasyonu

TÜRKİYE ULUSAL GÖZLEMEVLERİ TÜBİTAK (TUG) ve ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ (ATASAM/DAG) ORTAK ARAŞTIRMA ALTYAPISI

Atatürk Üniversitesi Astrofizik Araştırma ve Uygulama Merkezi- ATASAM'ın TÜBİTAK-TUG ile ortak araştırma altyapısı kurgusu altında başvuru dosyası hazırlanmasına yönelik çalışmalar neticesinde "Türkiye Ulusal Gözlemevleri" ortak araştırma altyapısının yeterliği 25.04.2023 tarihli komisyon kararı ile onaylandı. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı koordinasyonunda, TUG ile ATASAM bünyesinde yer alan Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG), 6550 Sayılı Kanun kapsamında "İleri Sınıf Ortak Araştırma Altyapısı" olarak kabul edildi. Bu araştırma altyapı desteğinin ülkemizin teknoloji hamlesine ve Millî Uzay Programı'na yönelik atılımlara katkıda bulunması hedefleniyor.



Misyon

Uluslararası düzeyde astrofizik, uzay bilimleri ve optik teknolojileri alanında rekabetçi araştırmalar için yenilikçi teknolojilere altyapı imkânları sunmak ve bunları yönetmek, güncel ve kaliteli bilimsel-teknolojik bilgi üretimi ve paylaşımı için eğitim ve iş birlikleri yapmak.

Vizyon

Ulusal ve uluslararası alanda saygın, yenilikçi, rekabetçi, paylaşımcı, tercih edilen, yön veren ve öncü bir araştırma ve uygulama merkezi olmak.

Faaliyet Alanları

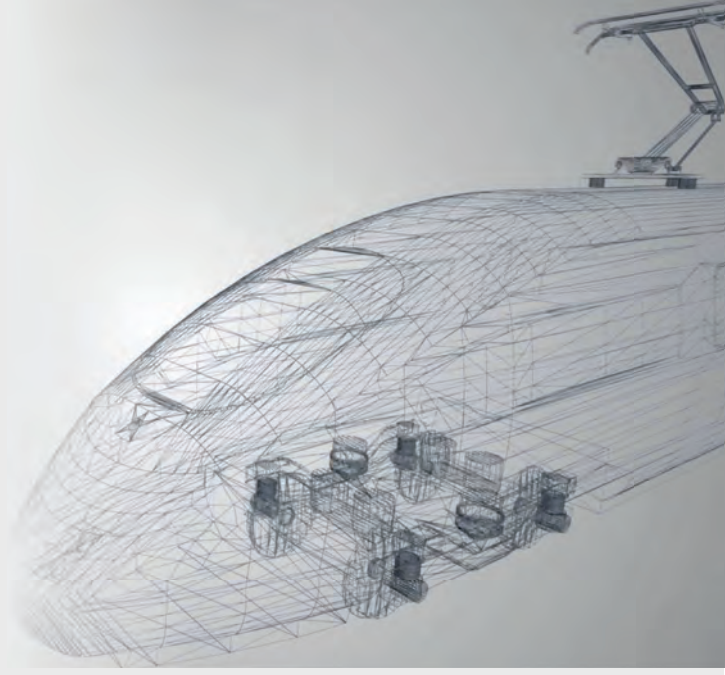
- Astronomi
- Astrofizik
- Optik teknolojiler
- Uzaktan algılama
- Uzay bilimleri
- Astrokimya
- Astrobiyoloji
- Kozmoloji
- Yazılım ve sistem mühendisliği
- Mekatronik/Otomasyon



TUG Bakırlıtepe Yerleşkesi

ANADOLU ÜNİVERSİTESİ ULUSAL RAYLI SİSTEMLER TEST VE ARAŞTIRMA MERKEZİ (URAYSİM)

Ulusal Raylı Sistemler Araştırma ve Test Merkezi (URAYSİM) Yeterlik Komitesi tarafından bu yıl 6550 Sayılı Araştırma Altyapılarının Desteklenmesine Dair Kanun kapsamına alındı. Ocak 2012’de Kalkınma Bakanlığı yatırım programlarında yer alan merkez tamamlandığında Yüksek Hızlı Tren (YHT) testlerinin yapılabileceği uzunlukta bir test yoluna sahip ilk ülke olacağız. Ülkemizde kısa vadede ihtiyaç duyulan raylı sistem araçlarının yurt dışı alımları ve kullanım süreçlerindeki bakım maliyetleri birlikte değerlendirildiğinde bu merkez ülkemiz için ekonomik kazanımlar da sağlayacak. Ayrıca URAYSİM’in ülkemizde demiryolu alanında bir Ar-Ge üssü niteliğinde olması yerli ve yenilikçi ürünler ile millî marka üretimini teşvik ederek ülkemizi uluslararası demiryolu endüstrisi pazarında daha rekabetçi bir konuma getirecek.



Misyon

Ülkemizde raylı sistemler alanında nitelikli insan gücü yetiştirmek, URAYSİM’i yerel ve küresel anlamda tüm raylı sistemlerin testlerinin gerçekleştirildiği ve sertifikasyonlandırıldığı otorite sahibi bir merkez hâline getirmek.

Vizyon

Küresel anlamda saygın ve sektöründe lider bir merkez hâline gelmek.

Faaliyet Alanları

- Test ve sertifikasyon
- Tasarım
- Teknoloji transferi
- Yerleştirme
- İnovasyon
- İyileştirme
- Uzmanlaşma
- Verim artırma

Odak Araştırma Alanları

- Laboratuvar testleri
- Test yolu üzerindeki testler

Bu yazıda 6550 Sayılı “Araştırma Altyapılarının Desteklenmesine Dair Kanun” kapsamında ve desteklenen merkezlerden kısaca bahsettik. Cumhuriyetimizin 100. yılında ülkemizin AR-GE ekosisteminde paradigma değişikliğine yol açan ve “Millî Teknoloji Hamlesi” kapsamında yüksek teknoloji ürünleri geliştirerek ülkemizin rekabet gücünü artırmayı hedefleyen altyapı araştırma merkezlerimizi tek tek detaylı bir şekilde ele almaya başlıyoruz. Yine bu sayımızda UNAM ile başladığımız detaylı bilgilendirme yazılarına ilerleyen sayılarda diğer altyapı araştırma merkezlerini sırasıyla tanıtarak devam edeceğiz.

Kaynaklar

- Özer, K.Ö., “10. Kalkınma Planında Ar-Ge ve Yenilik Politikaları”, 8. ÜSİMP Ulusal Kongresi, Konya, 2015.
- TÜBİTAK TÜSSİDE, “6550 Sayılı Kanun Kapsamına Alınan Araştırma Altyapılarının Etkinliğinin Değerlendirilmesi Projesi Sonuç Raporu”, Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Aralık 2021.
- Sosyal Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, “Araştırma Altyapıları Mevzuatı”, T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2016.
- “6550 Sayılı Araştırma Altyapılarının Desteklenmesine Dair Kanun ve Kanun Kapsamında Yürütülen Süreçler”, ARGES Araştırma Altyapıları Komisyonu Sekreteryası, TÜBİTAK, 2021.
- Araştırma Altyapılarının Desteklenmesine Dair Kanun, Resmî Gazete 29056 (10/7/2014), Kanun No.6550.
- Candan, D., “6550 Sayılı Araştırma Altyapılarının Desteklenmesine Dair Kanun ve Kanun Kapsamındaki Araştırma Altyapılarının Özel Sektör ile İlişkisi”, ARGES Sekreteryası, TÜBİTAK, 2023.



60
yaşında
Nesiller Büyüten Dergiler!

1967

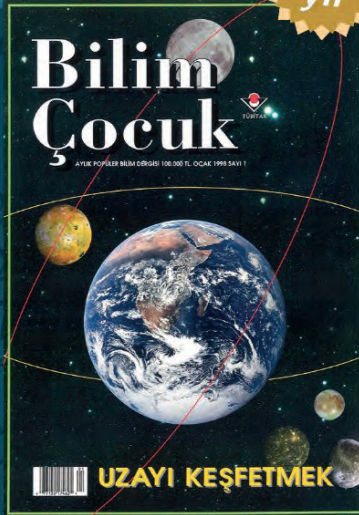
57.
yıl



Bilim ve Teknik

1998

25.
yıl



Bilim
Çocuk

2007

16.
yıl



Meraklı
Minik



• bilimteknik.tubitak.gov.tr
• bilimcocuk.tubitak.gov.tr
• merakliminik.tubitak.gov.tr

• tubitakbilimteknik
• tubitakbilimcocuk
• tubitakmerakliminik

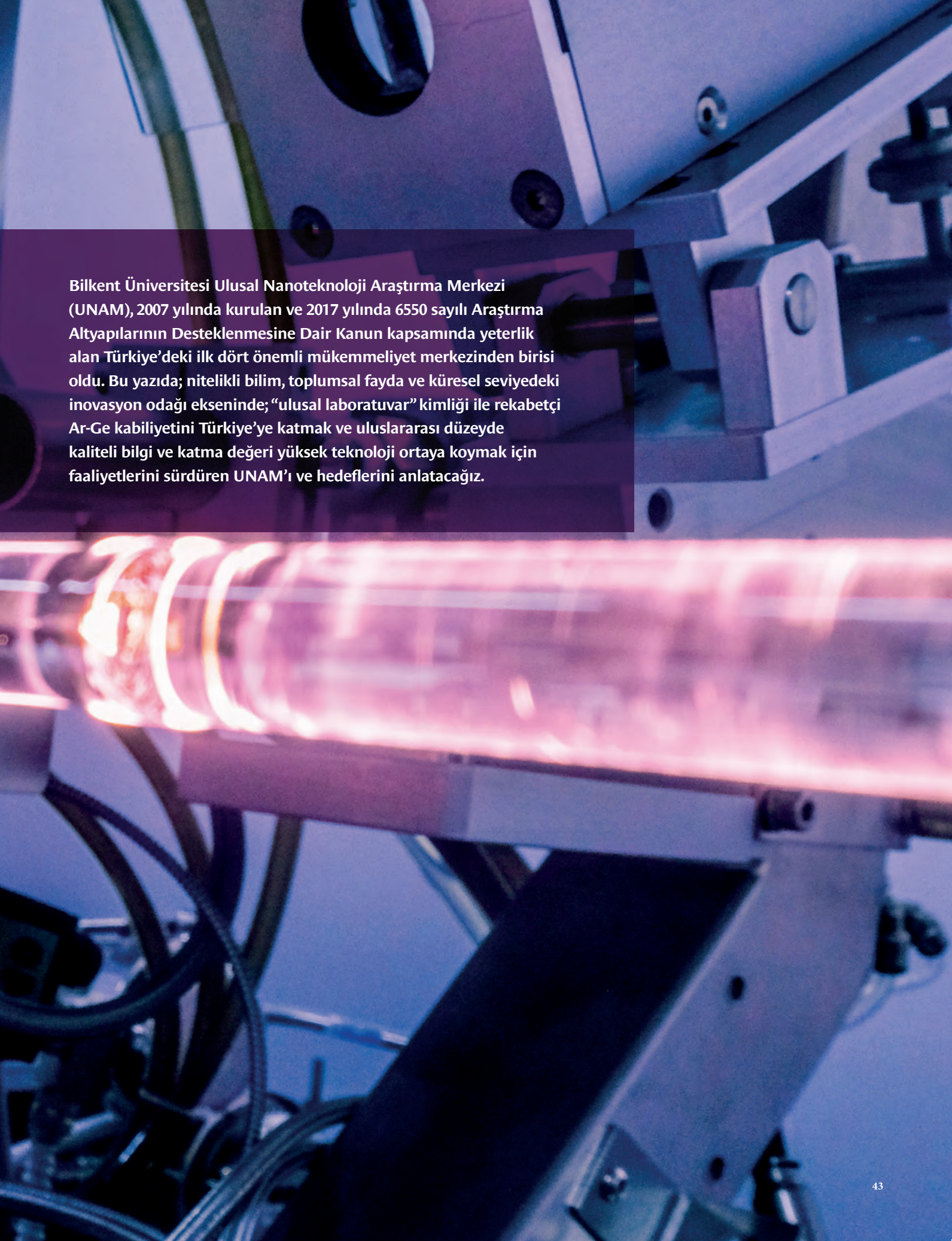
• tubitakbilimveteknik
• tubitakbilimcocuk
• tubitakmerakliminik

• tubitakbiltek
• #BilimOkuyanBilir
• yayinlar.tubitak.gov.tr



Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (UNAM)

Prof. Dr. Hilmi Volkan Demir [*Bilkent Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Enstitüsü Müdürü,
UNAM-Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi Direktörü*]



Bilkent Üniversitesi Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (UNAM), 2007 yılında kurulan ve 2017 yılında 6550 sayılı Araştırma Altyapılarının Desteklenmesine Dair Kanun kapsamında yeterli alan Türkiye'deki ilk dört önemli mükemmeliyet merkezinden birisi oldu. Bu yazıda; nitelikli bilim, toplumsal fayda ve küresel seviyedeki inovasyon odağı ekseninde; "ulusal laboratuvar" kimliği ile rekabetçi Ar-Ge kabiliyetini Türkiye'ye katmak ve uluslararası düzeyde kaliteli bilgi ve katma değeri yüksek teknoloji ortaya koymak için faaliyetlerini sürdüren UNAM'ı ve hedeflerini anlatacağız.



Ulusal Bir Merkez Olarak UNAM'ın Temel Amacı ve Faaliyet Alanları

Bilkent Üniversitesi Ulusal Nanoteknoloji ve Araştırma Merkezi, nanoteknoloji, biyoteknoloji ve malzeme bilimleri alanlarında yüksek etkili Ar-Ge projelerini yürütmeyi amaçlayan bir merkezdir. Merkezin öncelikli hedefleri arasında uluslararası düzeyde nitelikli bilimsel çalışmalar gerçekleştirmek, Türkiye'ye öncü teknolojiler kazandırmak ve geleceğin Ar-Ge liderlerini yetiştirmek yer alıyor.

UNAM'daki “Açık Laboratuvar” Yaklaşımı

Bilkent UNAM, 10.464 m² üzerine kurulmuş iki bina, laboratuvarlar ve temiz odalardan oluşuyor. 600'e yakın araştırmacı ve destek personelinin üst düzey bilimsel araştırmalar yürüttüğü bu merkez, 300'ün üzerinde araştırma cihazı ve benzersiz bir “açık laboratuvar” anlayışıyla disiplinlerüstü bir ekosistemde canlı bir Ar-Ge ortamı sağlıyor. Bu yaklaşım, farklı disiplinlerden gelen araştırmacılara iş birliği yapabilecekleri ve yenilikçi projeler üretebilecekleri bir platform sunuyor. Kurulduğu günden bu yana geçen 16 sene içerisinde, UNAM'da, 336 ileri Ar-Ge projesi gerçekleştirildi.

UNAM'ın altyapısı, 2017 yılında, 6550 sayılı Araştırma Altyapı Desteği Kanunu kapsamında yeterlik kazandı ve başarılı çalışmaları

sonucu bu yeterliği 2022 yılında yenilendi. Bu yeterlik kapsamında kamu bütçesinden işletme ve yatırım için aldığı destekler ile kazandığı dış kaynaklı rekabetçi Ar-Ge projeleri ile sürdürüyor. Bilkent UNAM, aldığı destekler sayesinde, şu anda endüstriden ve akademiden 2.500'den fazla kullanıcıya hizmet veren ulusal bir laboratuvar olarak görev yapıyor. Böylece, bilimsel çalışmaların ticarileştirilmesi, endüstriye uyarlanması ve ulusal ekonomiye doğrudan katkı sağlanması hedefleniyor. UNAM'ın çalışmaları sonucunda, ulusal ve uluslararası düzeyde 160'tan fazla patent tescili ve 200'den fazla patent başvurusu gerçekleştirildi; bu sayede 25'ten fazla filiz Ar-Ge şirketinin kurulmasına ve birçok yüksek teknoloji ürününün ticarileşmesine önemli katkılar sunuldu. Ayrıca, UNAM'ın 1.800'ün üzerinde bilimsel atıf indisli ve 350'nin üzerinde Nature indisli dergi makalesinin yayınlanması gibi etkileyici akademik başarıları da bulunuyor.

TÜBİTAK 1004 A1 Programı ve UNAM'ın Ulusal Sanayiye Katkısı

“Ulusal Araştırma Altyapısı” kimliği ile faaliyet gösteren UNAM, ulusal ve uluslararası düzeyde katma değeri yüksek bilgi ve teknoloji üretmeyi amaçlayarak, yüksek etkili

Ar-Ge projelerine liderlik ederek ve öncü sanayi kuruluşları ile iş birliği yaparak ülkemize katkı sağlıyor. Bu doğrultuda özellikle önem verilen çalışmalar arasında, TÜBİTAK tarafından desteklenen ve UNAM'ın yürütücülüğünü üstlendiği TÜBİTAK 1004 A1 Programı bulunuyor. TÜBİTAK'ın "birlikte geliştirme ve birlikte başarıma" anlayışıyla Türkiye'de kamu, sanayi ve üniversiteleri bir araya getiren bu program; ülkemize kritik ileri malzeme teknolojileri kazandırmayı amaçlıyor. Ülkemizin önde gelen lokomotif sanayi kuruluşlarından TUSAŞ, Vestel ve Şişecam ile alanında uzman akademik kurumlar arasında yer alan Bilkent Üniversitesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Abdullah Gül Üniversitesi ve TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesinin iş birliğiyle oluşturulan A1 Platformu çatısı altında, hâlihazırda on iki teknik proje yürütülüyor. Bu platform, özellikle savunma sanayi, dayanıklı tüketim ürünleri, elektronik ve cam gibi stratejik sektörlerde katma değerli yüksek teknoloji ürünleri geliştiriyor.

TÜBİTAK 1004 A1 Programı, 2021 yılında başlayarak dört yıl sürecek bir dönem içerisinde yerli ve millî kritik katma değerli yüksek teknolojilerin kazanımlarını amaçlıyor. Nanomalzemeler, şeffaflar, yapısallar, aviyonik ekranlar ve ileri teknoloji cam alanlarında 6, 7, 8 ve 9 hazırlık seviyelerine yükseltilecek teknolojiler hem ülkenin sanayisine kazandırılacak hem de katılımcı kurumların özgün ürün geliştirme

kabiliyetlerine katkı sağlayacak. Bu programın öncelikli amaçlarından biri de toplumsal fayda sağlamak. A1 1004 Programı ve TÜBİTAK'ın katkılarıyla çok sayıda birey, nitelikli yüksek eğitim imkânlarına erişme fırsatı buldu. Aynı zamanda, sanayiye kazandırılacak yüksek teknolojiler sayesinde on binlerce kişi için yeni istihdam olanakları sağlanacak. Tüm bunların yanı sıra, programın yerli ve millî teknoloji üretim hedefiyle Türkiye'nin bilimsel ve teknolojik bağımsızlığının güçlendirilmesine de doğrudan katkı sunuluyor.

UNAM'ın Öncü Teknoloji Altyapısı

Bilkent UNAM, Türkiye'nin tek optik fiber preform üretim altyapısına ve optik fiber çekim kulesine sahip. Türkiye'nin ilk kW seviyesinde millî aktif fiberi, on yıllık Ar-Ge çalışmalarının ürünü olarak 2020 yılında üretildi ve başarıyla test edilip kabul edildi. UNAM'ın altyapısında üretilen panda tipi polarizasyon korumalı (PM) optik fiberler de Türk savunma sanayisinde başarılı bir şekilde kullanılmaya başlandı. Bu fiberler, UNAM'ın öz kaynağı ve uzmanlığıyla ticarileştirilen ticari ürün olma özelliğine sahip. UNAM'ın gelişmiş altyapısında, savunma sanayi başta olmak üzere farklı endüstrilerin ihtiyaçlarına uygun olarak tasarlanmış ve tek seferde 100 kilometre üzeri

uzunlukta üretilebilen ticari kalitede özel PM fiberler imal edilebiliyor. Optik fiberlerin hammaddesi olan preformun da dâhil olduğu özellikli optik fiber üretimi gerçekleştirilerek sanayinin özel ihtiyaçlarını karşılamak amaçlanıyor. Böyle bir üretimi gerçekleştirebilmek UNAM'ın A1 1004 Programı kapsamındaki önemli hedeflerinden biri.



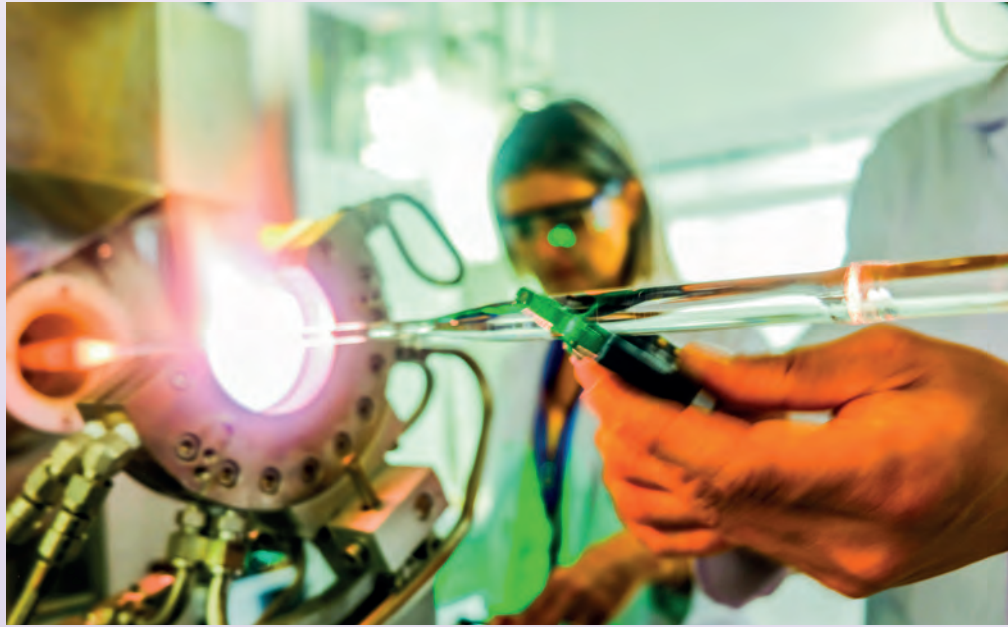
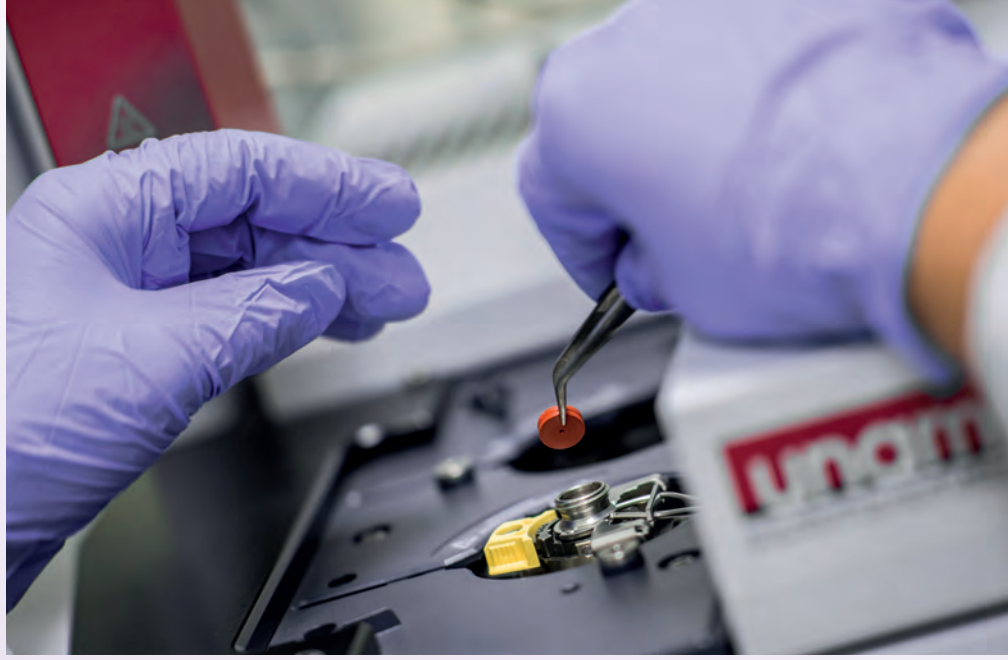
UNAM'ın Akademik Faaliyetleri

Türkiye'nin uluslararası bilim ve teknolojiadaki en önemli temsilcilerinden UNAM, her yıl gerçekleştirdiği NanoDay kapsamında uluslararası bilim dünyasının önde gelen isimlerini aralarında bilim insanları, araştırmacılar, öğrenciler ve sanayi temsilcilerinin olduğu üçyüzü aşkın katılımcı ile bir araya getiriyor. İlk on yıl önce gerçekleştirilen NanoDay, bilimin ve teknolojinin daha geniş kitlelere ulaşması,

uluslararası düzeydeki en güncel araştırmaların paylaşılması, bilgi akışının sağlanması ve sosyal etkileşimin artırılması gibi önemli amaçlara hizmet ediyor. Tüm bunlara ek olarak, UNAM'ın Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Lisansüstü ve Doktora programları da uluslararası standartlarda bir eğitim ve araştırma imkânı sunuyor.

UNAM 'da Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji (MSN) Lisansüstü Programı

Geleceğin Ar-Ge liderlerini ve bilim insanlarını yetiştirmeyi amaçlayan Bilkent Üniversitesi MSN Programı, özellikle Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Fizik, Kimya, Biyoloji, Moleküler Biyoloji ve Genetik, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği, Makine Mühendisliği gibi disiplinlerden mezun olan öğrencilere yönelik. Nanobiyoteknolojiden nanokristal LED'ler ve lazerlere, optik fiberlerden nanokompozitlere kadar kapsamlı araştırma ortamı sunulan bu programa dâhil olan MSN öğrencileri; UNAM'da farklı disiplinlerde yürütülen Ar-Ge projelerine doğrudan katılma ve uluslararası bilimsel yayınlarda yer alma fırsatına da sahip oluyor.



MSN Programı, genç bilim insanlarını nanobilim, nanoteknoloji, malzeme bilimi ve mühendislik alanlarında özgün, yenilikçi ve nitelikli Ar-Ge çalışmalarını başarıyla yürütebilecek uluslararası düzeyde bilim insanlarına ve araştırmacılara dönüştürmeyi amaçlıyor. Bu kapsamlı program, öğrencilere temel bilimlerden

uygulamalı ve yenilikçi araştırmalara kadar geniş bir yelpazede bilgi ve beceri sunmanın yanı sıra onların bilimi algılama yönündeki vizyonlarını da geliştiriyor. Öğrenciler, bu sayede sadece ülkemizde değil, aynı zamanda uluslararası arenada da öne çıkabilecekleri özgüveni ve problem çözme becerilerini kazanarak yetişiyor.

MSN Programı'ndan mezun olan öğrenciler, kariyerlerini dünyanın önde gelen üniversitelerinde sürdürmeyi tercih edebiliyor. Aynı zamanda, ileri teknoloji şirketlerinde çalışarak endüstriye değer katmayı da seçebilirler. Aralarında Stanford Üniversitesi, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü, Yale Üniversitesi, Cambridge Üniversitesi, Harvard Üniversitesi gibi dünyanın en prestijli üniversitelerinde doktora sonrası akademik kariyerlerine devam eden mezunlarımız bulunuyor. Ayrıca Aselsan, TUSAŞ, THY, Intel ve Apple gibi önde gelen sanayi kuruluşlarında da önemli roller üstlenen mezunları bulunuyor. MSN Programı mezunları yüksek teknoloji sektörlerinde ve akademiye başarılı profesyoneller olarak çalışmaya devam ediyorlar.

UNAM'ın Gelecekteki Bilim, Teknoloji ve İnovasyon Hedefleri

UNAM, ülkemizde lider bilim ve teknoloji merkezlerinden biri olma hedefi doğrultusunda dünya standartlarındaki altyapısı ile öncü rolünü sürdürmeyi ve uluslararası başarılarla sahip, ulusal seviyede "açık laboratuvar" modeli ile tüm faaliyetlerine devam etmeyi amaçlıyor.

Aynı zamanda geleceğin akademi ve teknoloji liderlerini yetiştirmek üzere, hem Bilkent Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji (MSN) programı ile yetenekli hem de sahip olduğu teknik bilgi ve cihaz donanımıyla nitelikli Ar-Ge iş gücünü yetiştirmeyi sürdürmeyi planlamaktadır. Bunun yanı sıra uluslararası standartlarda nitelikli bilgi üreten UNAM, temel ve uygulamalı Ar-Ge çalışmalarında özgün ve yenilikçi fikirlerin gelişmesini desteklemek ve yüksek teknoloji platformları ile sistematik inovasyon çalışmaları sayesinde ülkemizin başarılarını çoğaltmayı amaçlıyor.

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Millî Eğitim Bakanlığı, Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Yüksek Öğretim Kurumu, Cumhurbaşkanlığı Eğitim ve Öğretim Politikaları Kurulu, Cumhurbaşkanlığı Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Kurulu, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) ve Bilkent Üniversitesi, UNAM'ı kurulduğu ilk günden itibaren kesintisiz desteklediler. Bu sayede UNAM, geleceğin Ar-Ge liderlerini yetiştirme, uluslararası düzeyde bilgi üretme ve Türkiye'ye öncü teknolojiler kazandırma hedeflerini büyük bir gurur ve kararlılıkla sürdürmeye devam ediyor. ■



Bilkent UNAM Direktörü, Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Enstitüsü Müdürü, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü ve Fizik Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Hilmi Volkan Demir, "Yarı-iletken nanokristal optoelektronik ve koloidal nanofotonik alanında, aydınlatma ve ekran teknolojilerinde kullanılan LED'ler için koloidal kuantum sınırlamalı yapıların fiziği, optik özellikleri ve kullanımı ile bunlarla ilgili olarak LED'lerde nanokristal renk dönüşümü, ekran arka aydınlatmasında nanokristal renk zenginleştirici, nanokristaller arası enerji transferi ve nanokristallerle optik kazanç" konularındaki uluslararası düzeyde üstün nitelikli çalışmaları nedeniyle Mühendislik Bilimleri alanında 2020 yılı "TÜBİTAK Bilim Ödülü"ne layık görüldü.

Tekno-Yaşam

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

Dünyanın En Büyük Eğlence Küresi

Madison Square Garden Sports şirketi dünyanın en büyük küresel yapısı olan MSG Sphere binasını Las Vegas'ta inşa etti. Dünyanın en büyük LED ekranına, en gelişmiş konser ses sistemine ve atmosferik unsurlarına sahip bir eğlence merkezi olan bu küre, 29 Eylül'de U2 konseriyle açıldı.

MSG Sphere yakın gelecekte Formula 1 yarışları ve belgesel çekimleri gibi çeşitli etkinliklere ev sahipliği yapacak. İçi de dışı da LED ekranlarla kaplı olan bina devasa bir reklam panosu olarak da kullanılabilir. 111 m yüksekliğe ve 157 m genişliğe sahip dış cephesiyle dünyanın en yüksek çözünürlüklü LED ekranı hâline gelen küre, kilometrelerce öteden insanların dikkatini çekebiliyor. Farklı renkler, şekiller ve animasyonlarla sürekli değişen MSG Sphere âdeta 360 derecelik dijital bir tuval.

2,5 milyar dolarlık maliyetiyle dünyanın en pahalı eğlence merkezlerinden biri olan küreye film yapımcıları ve müzisyenler tarafından özel içerikler üretildi. Öyle ki bu içerikleri test edebilmek için bir film stüdyosunda kürenin 30 metre büyüklüğünde "mini" bir



modeli bile inşa edildi. Koltuk düzeni farklı etkinlikleri destekleyecek şekilde tasarlanan kürede, aynı anda iki farklı etkinlik birbirini etkilemeden devam edebiliyor. 3 boyutlu görüntüye ek olarak titreşimli koltuklar, rüzgâr makineleri, iklimlendirme ve koku üreteçleri ile izleyicilere dördüncü boyut deneyimi yaşatılıyor. 160 bin hoparlörden oluşan dünyanın en gelişmiş ses sistemi sayesinde tüm katılımcılara aynı kalitede ve netlikte ses ulaştırılabilir. Kürenin yapılışını anlatan bir videoyu izlemek için <https://youtu.be/lzxTI8GYLYE> adresini ziyaret edebilir veya aşağıdaki kare kodu akıllı cihazınızdaki barkod okuyucuya okutabilirsiniz.



<https://bit.ly/digi-kure>

3B Görüntülemeyle Mağara Resimleri Ortaya Çıkarıldı

1990'lı yıllarda, ABD'nin Alabama eyaletinde, bir mağaranın tavanına binlerce yıl önce çizilmiş duvar resimleri keşfedilmişti. Mağaranın alçak tavanına çizilmiş büyük boyutlu resimleri çıplak gözle mağara çatlaklarından ayırt etmek hayli zordu.

Antiquity dergisinde yayımlanan bir makaleye göre, Tennessee Üniversitesinden arkeolog Jan F. Simek liderliğindeki araştırmacılar, bu resimlerin tam olarak ortaya çıkarılması için fotogrametri adı verilen bir teknik kullandılar. Farklı açılardan çekilen çok sayıda fotoğrafın birleştirilmesiyle üç boyutlu (3B) modeller oluşturmayı sağlayan bu teknik, normalde insan yüzünün 3B modelini çıkarmak için kullanılıyor. 2 ay boyunca mağara tavanının 16.000 fotoğrafını çeken araştırmacılar fotogrametri yazılımlarıyla mağara resimlerinin detaylarını netleştirmeyi başardı. MÖ 1000 – MS 1000 arasına tarihlenen resimlerin 3B modelleri ressamlar yardımıyla yeniden çizildi. Mağara tavanının 3B animasyonunu ve ilgili resimleri gösteren bir videoyu izlemek için https://youtu.be/b32ONX5O_AI adresini ziyaret edebilir veya aşağıdaki kare kodu akıllı cihazınızdaki barkod okuyucuya okutabilirsiniz.



<https://bit.ly/3b-magara>

Terleyen Robot

Thermetrics adlı firmanın Arizon State Üniversitesinden araştırmacılarla birlikte geliştirdiği, ANDI adı verilen termal robot; insanlar gibi nefes alıyor, yürüyor, terliyor ve titriyor. Derisinde 35 bağımsız ter gözeneği bulunan ANDI'nın kullanım amacı insanları zorlayan aşırı sıcak veya soğuk ortamları test etmek, ayrıca belirli işlevleri bulunan kıyafetlerin insanlar üzerindeki olası etkilerini kayıt altına almak. Üstelik ANDI cinsiyet ve yaş farklarını yansıtacak şekilde de ayarlanabiliyor. İklim değişiklikleriyle birlikte son yılların en sıcak yazını geçirmişken bu tür araştırmaların önemini daha iyi kavırıyoruz.



Havai Fişekler Tarihe mi Karışacak?

Milli bayramların, düğünlerin ve sürpriz kutlamaların vazgeçilmezi olan havai fişekler için sayılı günler kalmış olabilir. Drone'ların yaygınlaşmasıyla birlikte başlayan ışıklı drone gösterileri her geçen gün daha da yaygınlaşıyor. Dünyanın birçok şehrinde kutlamalarda havai fişek yerine ışıklı drone gösterileri tercih edilmeye başlandı. Havai fişeklerin hem yaralanmalara ve yangınlara neden olduğu hem de çevre ve gürültü kirliliği oluşturduğu dikkate alındığında bu hayli anlaşılır bir durum. Öte yandan drone gösterileri havai fişeklere göre 4-5 kat daha pahalı. Önümüzdeki yıllarda drone gösterilerinin ucuzlaması ve daha da ilgi çekici hâle gelmesiyle havai fişekler tarihe karışabilir.



<https://bit.ly/duz-robot>

<https://bit.ly/fisek>

Bulut Tohumlama: Yağmuru Tetikleme Sanatı

İkinci Dünya Savaşı sırasında, uçaklarının buzlanmasını önlemekle görevli bilim insanları Vincent Schaefer ve Irving Langmuir bir soru üzerinde hayli kafa patlatmışlardı: Neden hava buz gibi soğuk olmasına rağmen bazen kar yağdığı hâlde bazen de yağmıyordu?

Cevabı bulmak için bir dondurucuyu düzenleyip içini gözlemleyebilecek hâle getirdiler. Çok geçmeden dondurucunun içindeki havaya kuru buzun eklenmesiyle havadaki nemin kristalleştiğini tespit ettiler. Kristalleşmeyi tetikleyen başka malzemeler de denediler ve en büyük etkiyi yapısal olarak buz kristallerine benzeyen gümüş iyodürün gösterdiğini keşfettiler. Üstelik bunun için çok az miktarda gümüş iyodür yeterli oluyordu. Öyle ki birkaç kilo gümüş iyodür, tüm ABD'ye yağmur yağdırmaya yetebilirdi. Bu keşif sonucunda, uygun derecede nemli bir buluta az miktarda gümüş iyodür parçacıkları ekleyerek yağmuru tetikleyebilecek bir sistem geliştirdiler. Eğer bulutun sıcaklığı biraz yüksekse gümüş iyodür yerine benzer şekilde çalışan higroskopik parçacıklar (yani tuz) kullanıyorlardı. Bu sürece bulut tohumlama adını verildi.

Yağmur bombası veya bulut yüzdürme gibi isimlerle de anılan bulut tohumlama artık laboratuvar ortamının dışına çıktı ve ticari bir faaliyet olarak yürütülür hâle geldi. Bulut tohumlama işlemi genellikle uçaklar veya yerden fırlatılan roketler aracılığıyla gerçekleştiriliyor. Bulut tohumlama için drone'lar da kullanılabilir.

Öte yandan bu yöntem ilk günden beri kuşkuyla karşılandı. Bilim insanları geniş ölçekte bulut tohumlamanın etkinliğini tartışırken kamuoyu da insan eliyle doğanın işleyişini değiştirmenin felaketlere neden olabileceği konusunda kaygılı. Yapılan araştırmalar dikkatli ve iyi planlanmış bir çalışmayla bulut tohumlamanın yağmur oranını %5 ila %15 arasında artırabileceğini ortaya koyuyor. Bir başka deyişle, bu yöntem kuraklığı sona erdirmez veya



bir çölü vahaya dönüştürmez. Yine de tuzdan arındırma tesislerinin maliyetiyle veya nehir akışının yeniden düzenlenmesiyle karşılaştırıldığında, bulut tohumlama çok ucuz bir yöntem olarak dikkat çekiyor. Meteorolojiden alınan bilgiye göre doğru zamanda kalkan bir uçak veya karadan atılan bir roketle birkaç bin dolara yağış miktarını artırmak fena bir fikir değil.

ABD, Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkeleri ile Avustralya gibi yerlerde bulut tohumlama kullanılsa da bu konuyu en çok sahiplenen ülke Çin. Bulut tohumlama konusunda Sky River gibi devasa projelere yatırım yapan ve yaklaşık 40 bin kişiyi istihdam eden ülke, 10 yılda 500 bin hava müdahalesi gerçekleştirdi. Hatta 2008 Beijing Olimpiyatları açılış töreninde yağmurun yağmasını engellemek için bulutlar alana yaklaşımadan onları gümüş iyodürle bombalayarak yağmura dönüştürdü. Buna rağmen bulut tohumlamanın yeterince etkili olmadığına dair Çinli bilim insanlarının bile eleştirilerinin artmasıyla Sky River projesi gözden düşmüş görünüyor.

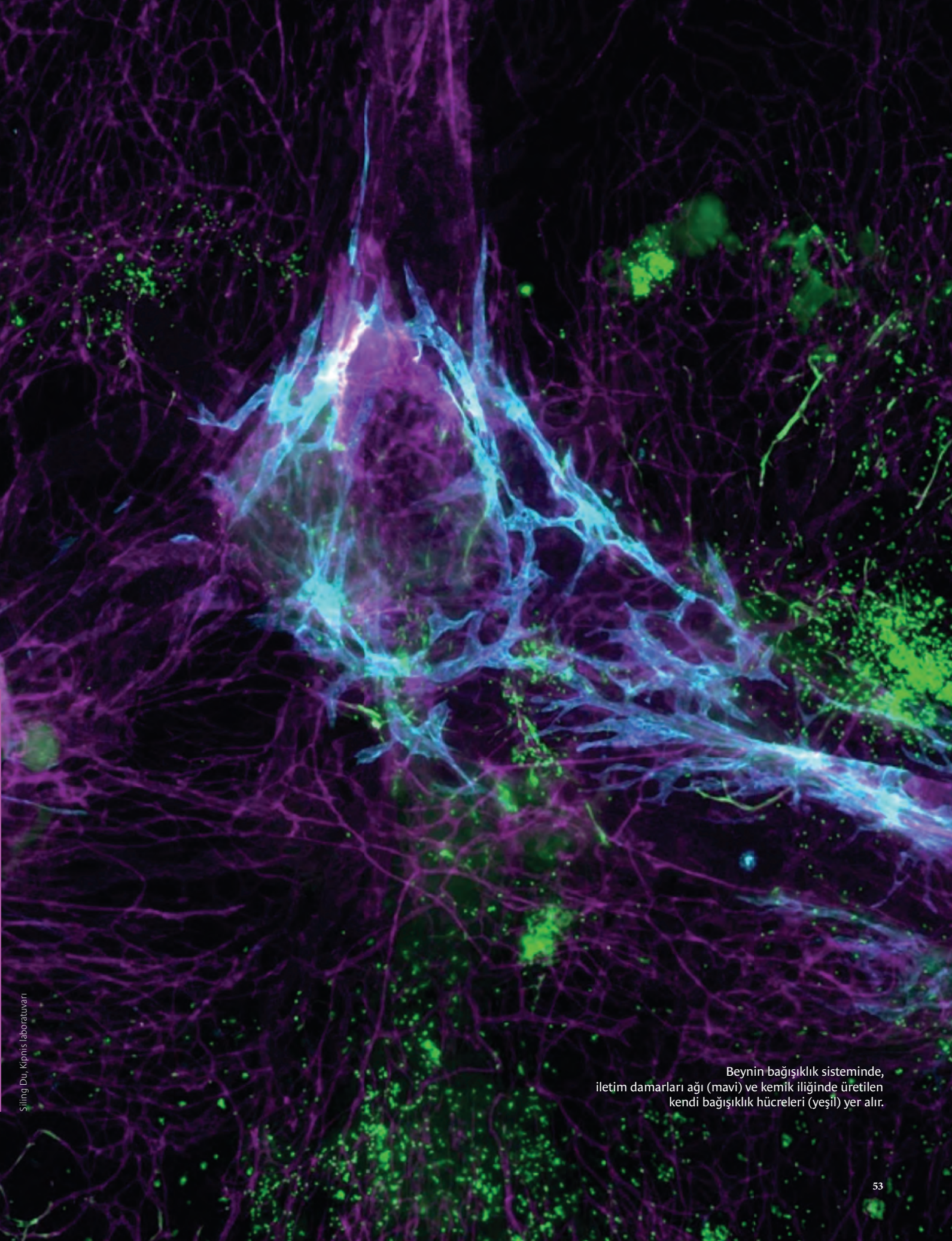
Özetle bulut tohumlama yöntemi, belirli koşullar altında yağmur oluşumunu artırabilir. Ancak bu yöntemin her zaman işe yarayacağını garantisi yok! İklim, hava koşulları ve bulutların yapısı gibi faktörler bulut tohumlamanın etkinliğini belirleyen asıl unsurlardır.

<https://bit.ly/bulutla>

Beyin Artık “Aşılamaz Bir Kale” Değil!

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Son yıllarda nöroimmünoloji alanında yaşanan büyük gelişmeler, teknolojik ilerlemelerin yanı sıra sinirbilimciler ve immünologlar arasında gün geçtikçe artan iş birliğine bağlanıyor. Bir zamanlar pek çok immünolog tarafından bir çeşit “yasak bölge” olarak görülen bu konu, artık biyolojik araştırmaların en heyecan verici alanlarından biri oldu. Nöroimmünoloji, ilk olarak 1980’lerin başında kendi başına bir disiplin olarak ortaya çıktı. Uzun yıllar bu alanda, sinir hücrelerinin etrafını çevreleyen miyelin kılıflarının hasar görmesi sonucu ortaya çıkan multipl skleroz ve hem sinirleri hem de kasları etkileyen myastenia gravis gibi otoimmün bozukluklarla ilgili çalışmalara odaklanıldı. O zamanlar hâkim olan düşünceye göre, kan beyin bariyeri, bağışıklık sisteminin sağlıklı olan merkezî sinir sistemine erişimini engelliyor, beyin “bağışıklık açısından ayrıcalıklı” bir bölge olarak görülüyordu. Hatta merkezî sinir sistemindeki bağışıklık aktivitesinin genellikle patolojik olduğu düşünülüyordu. Bağışıklık sistemi ile sinir sisteminin fizyolojik etkileşimini ele alan çalışmaların sayısı çok azdı. Buna rağmen, iki sistemin iki yönlü aktif bir etkileşimde olduğuna dair bazı ipuçları da vardı. Neredeyse 40 yıl sonra artık bilim insanları bağışıklık ve sinir sistemleri arasında gerçekleşen karmaşık ama karşılıklı etkileşim konusunda geçmişten çok farklı bir anlayışa sahipler: Beyin artık “aşılamaz bir kale” değil!



Karmaşık Ama Karşılıklı Etkileşim

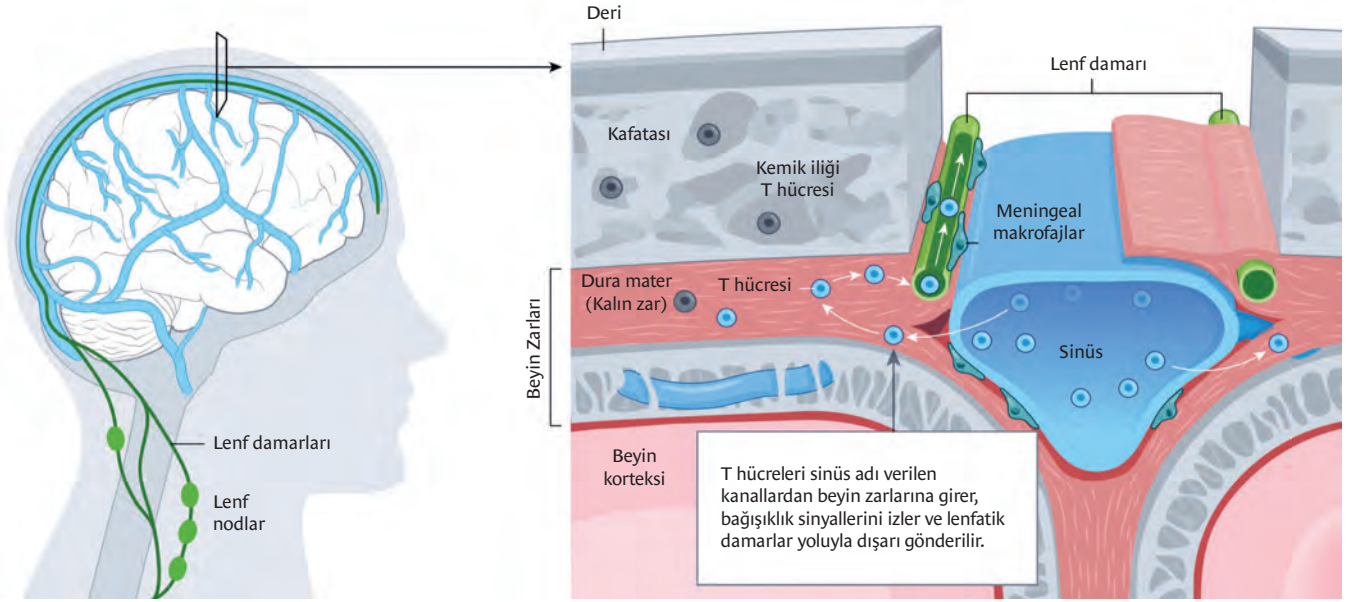
Vücudun en önemli organı olan beyin, önemine uygun bir şekilde kan beyin bariyeri ile korunuyor. Bilim insanları, uzun bir süre beyin vücudun geri kalanından özellikle de enfeksiyonlarla savaşan bağışıklık hücrelerinden tamamen ayrı bir dünya diye düşündüler. Ancak son on yıl içinde beyin enfeksiyonlardan korunmasının sandıkları kadar basit olmadığını keşfettiler. Beyni koruyan yapıda geçitler ile boşlukların, sınırlarında ise aktif bağışıklık hücrelerinin yer aldığını öğrendiler. Artık çok sayıda kanıt, beyin ve bağışıklık sisteminin sıkı bir şekilde birbiriyle ilişki içinde olduğunu gösteriyor.

Bilim insanları, beyin mikrogliya adı verilen kendi bağışıklık hücrelerine sahip olduğunu zaten biliyordu. Ancak yapılan son keşifler, mikrogliya hücrelerinin işlevlerinin detaylarını ve beyin etrafındaki bölgelerde bulunan diğer bağışıklık hücrelerinin özellikleri hakkında bilinmeyenleri ortaya çıkardı ve çıkarmaya devam ediyor. Bu hücrelerin bazıları vücudun başka yerlerinden gelirken diğerleri kafatasının kemik iliğinde üretiliyor. Araştırmacılar bu bağışıklık hücrelerini inceleyip beyinle nasıl etkileşimde bulunduklarını haritalandırıyor. Böylece hem sağlıklı hem de hastalıklı veya hasarlı beyindeki rolleri araştırılıyor.



Beynin Başıklık Savunması

Uzun yıllardır beyin ve başıklık sisteminin birbiriyle ilişkili olmadığı düşünülüyordu. Beynin artık kendi başıklık hücrelerine ev sahipliği yaptığı ve sıvı sınırları olan beyin zarlarında dolaşıma izin verdiği biliniyor. Başıklık hücre tipleri arasında beyin içinde mikroglia, kenarlarda T hücreleri ve makrofajlar bulunuyor. Bu hücreler birlikte sağlıklı beyin çalışmasına ve hastalıklardan korunmasına yardımcı oluyor.

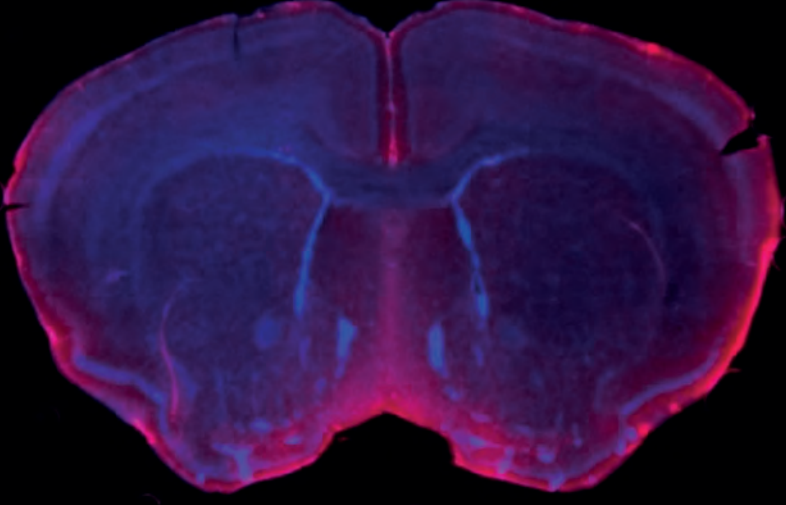


Bu araştırmalara duyulan ilgi özellikle son yıllarda büyük oranda arttı. Örneğin 2010'da konuyla ilgili yılda 2.000'den az makale yayımlanırken, 2021'de bu sayı yılda 10.000'in üzerine çıktı. Böylelikle araştırmacılar son birkaç yılda birçok önemli bulguya imza attılar. Bu bulgular ışığında bilim insanları artık beyni özel ve kapalı bir bölge olarak görmüyor. Brüksel Vrije Üniversitesinden nöroimmünolog Kiavash Movahedi'nin verdiği bilgilere göre, aslında kan beyin bariyeri başıklık hücrelerinin beyne ulaşması önünde bir engel olsa da beyin ve başıklık sistemi sürekli etkileşim hâlinde.

Yirmi yıldan uzun bir süre önce, İsrail'in Rehovot kentindeki Weizmann Bilim Enstitüsündeki

laboratuvarını yeni kurduğunda, beyin başıklık sisteminden yararlanmaması nöroimmünolog Michal Schwartz'e hiç mantıklı gelmiyordu. Dolayısıyla bu bilginin doğruluğunu sorgulamaya başladı. 1920'lerde Japon bilim insanı Y. Shirai, tümör hücreleri bir sıçanın vücuduna yerleştirildiğinde başıklık tepkisinin onları yok ettiğini, ancak aynı türde hücreleri beyne yerleştirdiğinde onlara bir şey olmadığını bildirmişti. Bu da beyinde ya çok zayıf bir başıklık tepkisi olduğu ya da hiç başıklık tepkisi olmadığı anlamına geliyordu. Ardından 1940'larda da benzer bulgular elde edildi. Ayrıca çoğu bilim insanı, beyinde başıklık moleküllerini içeri ve dışarı taşıyan bir sistemin (vücudun başka yerlerinde

bulunan lenfatik drenaj sistemi) bulunmadığı konusunda da hemfikir. O zamanlar hâkim olan görüşe göre, beyin ve başıklık sistemi arasındaki ilişki, sadece multipl skleroz gibi otoimmün hastalıklarda, başıklık hücrelerinin vücudun kendi hücrelerine saldırdığı "düşmanca" koşullar altında geçerliydi. Bu nedenle, 1990'ların sonunda Schwartz ve ekibi merkezî sinir sisteminde akut bir hasarın ardından makrofajlar ve T hücreleri olmak üzere iki tür başıklık hücresinin nöronları hasardan koruduğunu ve iyileşmelerini desteklediğini açıkladığında, birçok bilim insanı buna şüpheyle yaklaştı. Sözünü ettiğimiz bu ilk deneylerden beri Schwartz'ın ekibi ve bu konuyla ilgili çalışan diğer bilim insanları,



Beyin omurilik sıvısı (kırmızı), beynin koruyucu katmanları boyunca uzanan kan damarlarındaki küçük boşluklardan beyin dokusuna (mavi) sızar.

otoimmün hastalık olmasa bile bağışıklık hücrelerinin gerçekten de beyinde önemli bir rolü olduğunu gösteren çok sayıda kanıt topladı. Örneğin bağışıklık sistemi baskılanan farelerde bir motor nöron hastalığı olan amyotrofik lateral skleroz ve Alzheimer gibi nörodejeneratif hastalıkların daha hızlı ilerlediği, buna karşın bağışıklık sistemi etkin olduğunda bu hastalıkların ilerlemesinin yavaşladığı gösterildi. Bilim insanları ayrıca Alzheimer hastalığında mikroglianin potansiyel bir etmen olduğunu da ortaya koydu.

Yakın zamanda bilim insanları, beynin çevresindeki bağışıklık hücrelerinin nörodejeneratif hastalıklarda aktif olduğunu

gösterdi. California'daki Stanford Üniversitesinden nöroimmünolog Tony Wyss-Coray ve meslektaşları, Alzheimer hastalarına ait beyin omurilik sıvısını inceledikten sonra, beyin sıvı dolu sınırlarında T hücrelerinin sayısında artış yaşandığına dair kanıtlar buldu. Wyss-Coray bu artış hastalıkla ilişkilendirdi. Ancak bağışıklık hücrelerinin beyne zarar mı verdiği, yoksa yardımcı mı olduğu hâlâ aydınlatılmamıştı. Wyss-Coray ve meslektaşları, Alzheimer ve diğer nörodejeneratif hastalıklar üzerine yaptıkları çalışmalarda, bağışıklık sisteminin iltihaplanmayı artıran ve hücre ölümünü tetikleyen moleküller salgılayarak nöronlara zarar

veriyor olabileceğini de göz önünde bulunduruyor. Bazı bilim insanları ise T hücrelerinin ve diğer bağışıklık hücrelerinin koruyucu olabileceğini öne sürüyor. Örneğin, Alzheimer fare modellerinde Schwartz'ın grubu tarafından elde edilen bulgulara göre, bağışıklık tepkisinin artırılması, hastalığın patolojik bir özelliği olan amiloid plaklarının temizlenmesine neden oluyor ve bilişsel performansı artırıyor.

Beynin Sınırlarında Yaşananlar

Vücuttaki hemen her tür bağışıklık hücresi beyni çevreleyen bölgede de bulunabiliyor. Çalışmalarında beyin sınırlarındaki makrofajlara odaklanan Free University of Brussels'dan Kravash Movahedi'ye göre, beyin saran sıvı dolu beyin omurilik zarı, bir çeşit "immünolojik bir harikalar diyarı"! Missouri'deki Washington Üniversitesinde nöroimmünolog olan Jonathan Kipnis ve meslektaşları, 2021 yılında kafatası kemik iliğinin yerel bir bağışıklık hücresi kaynağı olduğunu söylemişti. Kemik iliğinin bu hücreleri nasıl harekete geçirdiğini araştıran Kipnis ve meslektaşları, merkezî sinir sisteminde bir yaralanma gerçekleştiğinde veya bir patojen

tespit edildiğinde, bu durumlara yanıt olarak, beyin omurilik sıvısında taşınan sinyallerin kafatası kemik iliğine iletildiğini ve bunun bağışıklık hücrelerinin üretilip salınmasını sağladığını göstermişti.

Yerel çapta üretilen bu bağışıklık hücrelerinin nasıl bir rolü olduğu henüz bilinmiyor ancak Kipnis'in çalışma grubu bunların vücudun başka yerlerinden gelen bağışıklık hücrelerine göre daha farklı bir role sahip olabileceğini ve görevlerinin savaşmaya hazırlanmak yerine, bağışıklık tepkisini düzenlemek olduğunu düşünüyor. Eğer bu doğru ise özellikle multipl skleroz gibi otoimmün hastalıklarda, vücudun diğer bölgelerinden bağışıklık hücrelerinin beyne gelmesi

engellenerek semptomların iyileştirilme ihtimali umutlarını yeşertiyor. Diğer yandan, beyin tümörü söz konusu olduğunda, Kipnis bu bağışıklık hücrelerine de ihtiyaç duyulabileceğini göz ardı etmiyor. Bununla birlikte, Kipnis'in ekibi beynin yüzeyinde kıvrılıp dallanan ve beynin kendi lenfatik sistemini oluşturan, bağışıklık hücreleriyle dolu bir kanal ağı da tespit etti. Beyin omurilik zarının en dış kısmında yer alan bu damarlar, bağışıklık hücrelerine beynin yakınında konuşlanacakları bir bölge sağlayarak, herhangi bir enfeksiyon veya yaralanma belirtisini izleyebilecekleri bir bakış açısı temin ediyor.

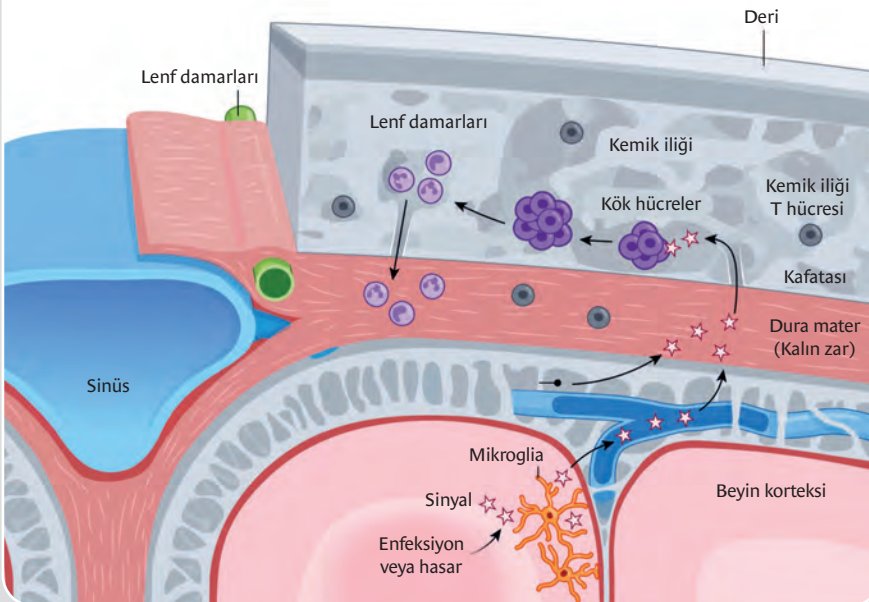
Araştırmalar sonucunda bu sınır bağışıklık hücrelerine sağlıklı beyinlerde de ihtiyaç olduğu

gösterilmişti. Örneğin Kipnis, Schwartz ve meslektaşları, bu hücrelerin bazılarında yoksun farelerin öğrenme ve sosyal davranışlarında sorunlar olduğunu tespit etmişti. Aynı ekip daha önce de 2020'de hem beyinde hem de vücudun geri kalanında belirli bir T hücresi popülasyonuna sahip olmadan gelişen farelerin kusurlu mikroglialara sahip olduğunu bildirmişti. Bu kusurlu mikrogli hücresi gelişim sırasında sinir

Bağışıklık hücrelerinin beyin hasarı ve hastalıkları sırasında rol oynadığına dair kanıtlar arttıkça, araştırmacılarda bu hücrelerin sağlıklı beyinlerdeki işlevlerini öğrenme motivasyonu da yükseliyor. Massachusetts'teki Boston Çocuk Hastanesinden nörobilimci Beth Stevens'e göre, nöroimmünolojinin en heyecan verici yanı, hem pek çok farklı sorunla ve durumla hem de normal fizyolojiyle ilgili olması. Stevens'in kendi ekibi de dâhil olmak üzere bu konuda çalışan birçok araştırmacı mikrogliaların beynin gelişimi açısından önemli olduğunu hâlihazırda biliyordu. Mikroglialar sinir hücrelerindeki bağlantıların "budanmasında", yani gereksiz nöral yapıların beyinden çıkarılmasında rol oynuyor ve çalışmalar budama sürecinin nörogelişimsel koşullara katkıda bulunabileceğini düşündürüyor.

Özel Koruyucular

Beyin dokusunda enfeksiyon veya yaralanma olduğunu gösteren beyin omurilik sıvısından gelen sinyallere yanıt olarak kemik iliğindeki kök hücreler tarafından üretilen beyin bağışıklık hücreleri





hücre bağlantılarını budamakta zorlandığından aşırı sayıda sinapsa ve anormal davranışlara yol açmıştı. Bu nedenle bilim insanları, bu kritik dönemde T hücrelerinin beyne göç ettiğini ve mikrogliaların olgunlaşmasına yardımcı olduğunu öne sürüyor.

Bağışıklık hücrelerinin -özellikle de sınır bölgenin etrafındakilerin- beyinle tam olarak nasıl iletişim kurduğu da büyük bir gizem olmaya devam ediyor. Zaman zaman beyne geçebildiklerine dair bazı kanıtlar olsa da şimdiye kadar yapılan çalışmaların çoğu, bu hücrelerin sitokin diye bilinen moleküler haberciler göndererek beyinle iletişim kurduğunu gösteriyor.

Araştırmacılar onlarca yıldır sitokinlerin davranışları nasıl etkilediğini inceliyor.

Örneğin, enfeksiyon sırasında bağışıklık hücreleri tarafından gönderilen sitokinlerin artan uyku ve yorgunluk gibi hastalık belirtilerini başlatabileceği bilimsel çalışmalarla tespit edildi. Ayrıca hayvan modellerinde, sitokinlerin vücutta yok edilmesi veya nöronlar üzerindeki belirli sitokin reseptörlerinin devre dışı bırakılmasıyla ortaya çıkan değişikliklerin hafıza, öğrenme ve sosyal davranışlarda değişikliklere yol açabileceği de bulgularla desteklendi. Sitokinlerin beyne nasıl ulaştığı ve etkilerini nasıl gösterdiği hâlâ aktif bir çalışma alanı olmaya devam ediyor. Sitokinlerin ayrıca bağışıklık sistemi ile otizm gibi nörogelişimsel durumlar arasındaki bir bağlantıyla da ilgili olabileceği düşünülüyor. Cambridge'deki Massachusetts Teknoloji Enstitüsünde

nöroimmünolog olan Gloria Choi ve meslektaşları, hamile farelerde sitokin seviyelerini artırdıklarında, yavrularda beyin değişiklikleri ve otizm benzeri davranışlar tespit etmiş. Bu bilgiler her ne kadar heyecan verici olsa da Kipnis'e göre, bağışıklık hücrelerinin, özellikle de sınırdakilerin beyinde nasıl çalıştığına dair çalışmaların çoğu henüz emekleme aşamasında. Dahası, Kipnis sağlıklı beyinlerde neler olduğunu anlamaktan henüz çok uzak olduklarını da düşünüyor.

Diğer yandan, beyin bağışıklık sistemini nasıl kontrol ettiği de araştırılıyor. Choi'nin ekibi, bağışıklık tepkisini etkileyen belirli nöronların ve devrelerin izini sürüyor. Bir gün, beyin ve bağışıklık sistemi arasındaki etkileşimlerin kapsamlı bir

haritasını oluşturabilmeyi; her iki yöndeki iletişimden sorumlu hücreleri, devreleri ve moleküler habercileri ana hatlarıyla belirleyebilmeyi ve bunları davranışsal veya fizyolojik sonuçlara bağlayabilmeyi umuyor. Şu anda bu konuda karşılaşılan en büyük zorluklardan biri, bu denli çeşitli işlevleri gerçekleştirmek için hangi hücre gruplarının rol oynadığını ayırt etmek. Bunun üstesinden gelmek için bazı araştırmacılar, gen dizilimi yaparak bu hücrelerin moleküler düzeyde nasıl farklılık gösterdiğini araştırıyor. Böyle bir araştırma, örneğin nörodejeneratif hastalıklarla ilişkili bir mikrogliya alt kümesini ortaya çıkardı. Stevens'a göre, bu mikrogliaların sağlıklı muadillerinden nasıl farklı işlediğini anlamak, çeşitli tedavilerin geliştirilmesinde faydalı olabilir. Ayrıca, bir hastalığın ilerleyişini veya tedavilerin etkinliğini izlemek için belirteç olarak da kullanılabilirler. Aslında araştırmacılar beyin içindeki ve çevresindeki bağışıklık sistemine ilişkin bu bilgileri şimdiden kullanmaya başladılar. Örneğin Schwartz'ın ekibi, Alzheimer hastalığıyla mücadele umuduyla bağışıklık sistemini gençleştiriyor. Schwartz, bu çalışmanın özellikle nörodejeneratif hastalıklar ve rahatsızlıklar için yeni tedavi yolları açtığını söylüyor.

Beyin Bağışıklık Sistemini Yönlendiriyor

Bağışıklık sistemi ile beyin arasındaki iletişimin diğer bir yönü ise beyin bağışıklık sistemini yönlendirmesi. Dünya çapında yüzlerce bilim insanı kalp krizini tedavi etmenin yollarını arıyor. İsrail Teknoloji Enstitüsünde (Technion) doktora öğrencisi olan Hedya Haykin de bu araştırmacılardan biri. Ancak diğerlerinden farkı beyin olumlu duygular ve motivasyonla ilgili bir bölgesini uyarmanın kalbin iyileşmesini etkileyip etkilemeyeceğini merak etmesi ve araştırmasına beyinden başlaması. Yaptığı çalışmada kalp krizi geçirmiş farelerin kalplerinden alınmış örnekleri mikroskopla incelediğinde bazı örneklerde kalp krizinin ardından kalan yara izlerini gördü. Diğerlerinde ise sağlıklı hücreler arasında sadece belirli belirsiz lekeler görünüyordu. Haykin'a göre örneklerdeki görünüm farklılığı beyinden kaynaklanıyordu. Daha sağlıklı görünen örnekler, olumlu duygular ve motivasyonla ilgili bir beyin bölgesinin uyarıldığı farelerden alınmıştı. Yara izi belirgin olanlar ise bu bölgenin uyarılmadığı farelere aitti. Haykin, Technion'daki danışmanları nöroimmünolog Asya Rolls ve

kardiyolog Lior Gepstein ile birlikte bunun tam olarak nasıl gerçekleştiğini bulmaya çalışıyor. Asya Rolls, beyin vücudun bağışıklık tepkileri üzerindeki kontrolünün haritasını çıkaran ve sayısı giderek artan bilim insanlarından biri. Ekibin şimdiye kadar yaptıkları deneylere dayanarak vardıkları sonuç, beyin ventral tegmental alan (VTA) adı verilen bu ödül merkezinin uyarılmasının yara dokusunun azalmasına katkıda bulunan bağışıklık tepkilerini tetikliyor gibi görüldüğü.





Aslında bu çalışma kişinin psikolojik durumunun kalp sağlığına etkisini araştıran onlarca yıllık çalışmalara dayanıyor. Söz konusu çalışmalarda aşırı stresli bir olayın kalp krizi semptomlarına ve nadiren de ölüme neden olduğu durum “kırık kalp sendromu” diye adlandırılmıştı. Araştırmalar aynı zamanda olumlu düşünmenin kardiyovasküler hastalığı olanlarda daha iyi sonuçlara yol açabileceğini de öne sürmüşlerdi. Ancak bu bağlantıların arkasındaki mekanizmalar hâlâ tam olarak anlaşılmış değil. Bu gizem çözüldüğünde hekimlerin zihnin beden üzerindeki gücünden yararlanması da mümkün olabilecek.

Sinir sistemi ve bağışıklık sistemi arasında otoimmüniteden kansere kadar çok çeşitli hastalıklarda rol oynayan çok sayıda iletişim hattı bulunuyor.

Vücudu beyne bağlayan devasa sinir liflerinin oluşturduğu vagus siniri gibi sistemin bazı kısımları, şu anda klinik deneylerde test edilen çeşitli otoimmün hastalıklar için tedavilere ilham kaynağı oluyor.

Bu gelişmeler araştırmacılar için cesaret verici olsa da pek çok şey hâlâ gizemini koruyor. Bilim insanları yüz yılı aşkın bir süredir sinir ve bağışıklık sistemleri arasında derin bir ilişki olduğuna dair ipuçları buluyor. Örneğin, on dokuzuncu yüzyılın sonlarında ve yirminci yüzyılın başlarında bilim insanları deriye giden sinirlerin kesilmesinin bazı iltihaplanma belirtilerini engelleyebileceğini göstermişti.

1990’ların sonlarına kadar bu alandaki araştırmacılar vücut orkestrasının şefi olan beyinle bağlantı kurmamıştı. O zamanlar New York, Manhasset’teki North Shore Üniversitesi Hastanesinde

çalışan beyin cerrahı Kevin Tracey ve meslektaşları, deneysel bir anti-enflamatuar (yangı önleyici) ilacın inmenin yol açtığı beyin enflamasyonunu kontrol altına almaya yardımcı olup olmayacağını araştırırken beklenmedik bir şey keşfettiler. Felç geçirmiş kemirgenlerin beyinlerine verildiğinde, ilaç beklenen etkiyi gösterdi ve yangıyı azalttı. Ekip kontrol grubunda, ilacın sadece beyinde işe yarayacağını düşünerek, ilacı vücutlarının tamamında iltihap bulunan hayvanların beyinlerine enjekte etti. Şaşırtıcı bir şekilde, ilaç vücutta da işe yaradı. Şu anda Manhasset’teki Feinstein Tıbbi Araştırma Enstitüsü başkanı olan Tracey ve ekibi, aylarca ilacın beyinden vücuda nasıl gittiğini belirlemeye çalıştı. Bunu tespit etmek için beyinden kalbe, akciğerlere, gastrointestinal sisteme ve diğer ana organlara giden yaklaşık 100.000 sinir lifinden oluşan bir demet olan vagus sinirini kesmeye karar verdiler. Vagus siniri kesildiğinde, beyinden verilen ilacın vücut üzerindeki yangı önleyici etkisi ortadan kalktı. Bu keşiften ilham alan Tracey’nin grubu, vagus sinirinin ve sinir sisteminin geri kalanının bağışıklık tepkilerini yönlendirdiği diğer yolları da keşfetmeye devam ettiler.

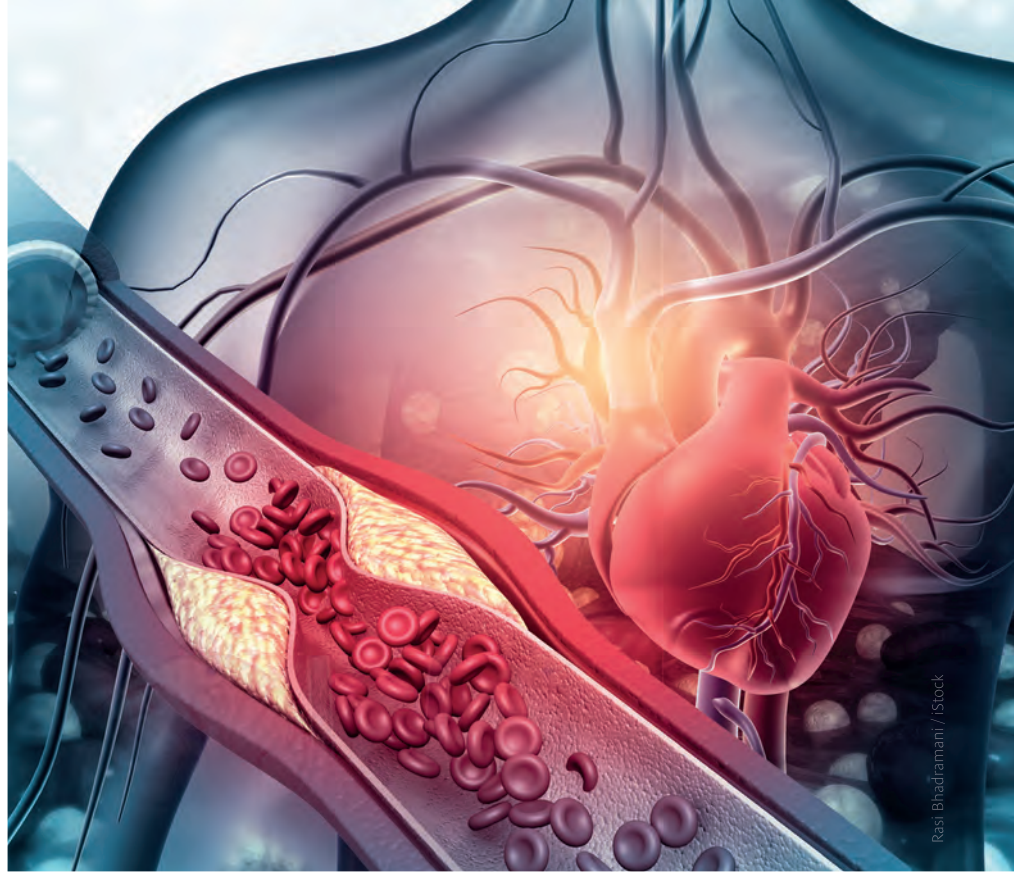
Diğer yandan, bazı bilim insanları araştırmalarında belirli vücut sistemlerine odaklanıyor.

Örneğin, Almanya'daki Ludwig Maximilian Üniversitesinden kardiyolog Andreas Habenicht liderliğindeki bir ekip, geçen yıl bağışıklık hücreleri ile damar duvarlarının en dış katmanındaki sinirler arasındaki etkileşimden kaynaklanan bir mekanizmayı keşfetti. Bulgularına göre, bu etkileşim, damarların kolesterol ve diğer maddelerle tıkanıp iltihaplı bir hastalık olan aterosklerozun ilerlemesinde rol oynuyor. Bu arada Lizbon'daki Champalimaud Foundaton'da çalışan bir nöroimmünolog olan Henrique Veiga-Fernandes ve grubu, çeşitli dokulardaki nöron ve bağışıklık hücreleri kümelerini tespit etmekle kalmadı; hasarı algılamak ve bağışıklık tepkisini harekete geçirmek için nasıl birlikte çalıştıklarını da keşfetti. Ekip şimdi bu kümelerin beyin tarafından nasıl kontrol edilebileceğini araştırıyor.

Beyinle ilgili bir başka sırrı ise Cambridge, Massachusetts'teki Harvard Üniversitesinden sinirbilimci Catherine Dulac ve ekibi ortaya çıkardı. Araştırmacılar enfeksiyona yanıt olarak ateş ve iştah kaybı gibi semptomları kontrol eden beynin hipotalamus bölgesindeki nöronları tespit etti. Çoğu insan muhtemelen kendini hasta hissettiğinde bunun sebebinin bakteri ya da virüsler olduğunu düşünür. Ancak Dulac ve ekibi, bu nöronların aktive edilmesinin patojen yokluğunda bile hastalık

belirtileri ortaya çıkmasına yol açabileceğini tespit etti. Dulac, hipotalamustaki bu nöronların kronik yangı gibi sorunlar söz konusu olduğunda patojenler dışındaki tetikleyiciler tarafından aktive edilip edilemeyeceğinin önemli bir sorun olduğunu belirtiyor.

Nöroimmünoloji alanında yapılan son çalışmalar ışığında, sinir sistemi ve bağışıklık sistemi tarafından paylaşılan olağanüstü çeşitlilik ve özgünlükteki ilişkiler, bu iki sistem arasında ortak bir moleküler mekanizmanın bulunabileceğini düşündürüyor. ■



Bağışıklık hücreleri ile damar duvarlarının en dış katmanındaki sinirler arasındaki etkileşim, damarların kolesterol ve diğer maddelerle tıkanıp iltihaplı bir hastalık olan aterosklerozun ilerlemesinde rol oynuyor.

Kaynaklar

- Rolls ve ark., "Neuronal regulation of immunity: why, how and where?", *Nature*, cilt 21, 2021
Louveau ve ark., "Structural and functional features of central nervous system lymphatic vessels", *Nature*, cilt 533, sayı 7602, s.337-341, 2016.
<https://www.nature.com/articles/d41586-022-01502-8>
<https://www.nature.com/articles/d41586-023-00509-z>

Merak Ettikleriniz

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

Havaalanı Girişinde Neden **Dizüstü Bilgisayarlar** Çantadan Çıkarılır?

Hava yolu ile seyahat edenler havaalanına olabildiğince erken ulaşsalar dahi iki aşamalı güvenlik taramasında geçen süre nedeniyle uçuşa yetiştirebilmek için stresli dakikalar yaşayabiliyor. Kemer, cüzdan, dış giyim eşyaları ve belirli bir hacmin üzerindeki sıvıların güvenlik taraması süresini uzatmasına ek olarak fotoğraf makinesi, tablet ve dizüstü bilgisayar gibi aygıtların çantadan çıkarılarak ayrıca taranmaları ve çalıştırılmaları da yolcuların uçağa biniş öncesi süreçlerini zorlaştırabiliyor.

Dizüstü bilgisayarların ayrıca taranması, ABD’de 11 Eylül 2001’de yaşanan saldırılar sonrası tüm dünyada sıkılaştırılan havaalanı güvenlik prosedürleri kapsamında, yolcuların yanlarında taşıyabileceği eşyalar konusunda getirilen katı sınırlamaların bir sonucu.

Bu aygıtların batarya ve bazı mekanik bileşenleri yüksek yoğunlukta materyaller içerdiği için, taramayı yapan X ışını cihazlarının gönderdiği yüksek enerjili ışınların dahi içlerinden geçmesi güçleşir. Bu nedenle, taranan eşyaların diğer tarafında bulunan algılayıcılara yeterince ışın ulaşamaz ve eşya içeriği ayrıntılı biçimde görüntülenemez.

Dizüstü bilgisayar çanta içindeyken, taranmış görüntüde tehlikeli olabilecek bazı eşyaları gizleyebileceği için yeterince veri sunmayabilir. Bu nedenle güvenlik görevlilerinin bir risk olup olmadığını belirlemek adına çantayı fiziksel arama için işaretlemeleri gerekebilir. Bu da tarama sürecini

fazladan yavaşlatabileceği için tüm aygıtların tarama öncesi çantadan çıkarılması sürecin daha hızlı ve sağlıklı biçimde ilerlemesi için gereklidir. Bilgisayar ayrıca tarandığında, X ışını cihazı ekranında tüm bileşenler daha ayrıntılı biçimde görüntülenebilir.

Bazı havaalanlarında kullanılan çoklu görüntü özelliğine sahip tarama cihazları sayesinde farklı açılardan görüntü alınıyor ve gizlenmeye ya da tarama ekranında başka bir eşyaymış gibi gösterilmeye çalışılan nesneler kolayca saptanabiliyor. Yeni geliştirilen, üç boyutlu tarama yapabilen cihazlar ise yolcuların dizüstü bilgisayarlarını çantalarından çıkarmak zorunda kalmadan güvenlik taramasından geçirmelerine olanak sunuyor.

Her alanda karşımıza çıkan yapay zekâ teknolojileri de yakın gelecekte havaalanı güvenliğine yön verecek gibi görünüyor. Hâlihazırda bazı havaalanlarında görebildiğimiz üç boyutlu görüntü alabilen bilgisayarlı tomografi tarayıcıların önümüzdeki yıllarda yapay zekâ ile destekleneceği ve yolcuların çantalarını taşıırken bir vücut tarayıcısından geçmelerine olanak sağlayabileceği tahmin ediliyor.

Kaynaklar

mentalfloss.com/posts/reason-you-take-laptop-out-airport-security
theconversation.com/why-do-i-have-to-take-my-laptop-out-of-the-bag-at-airport-security-209041

Yaşlandıkça Zaman Neden Daha Hızlı Geçer?

Bir saatin zamanı ölçmesi ile insan beyninin zamanın nasıl geçtiğini anlaması birbirinden oldukça farklı biçimde çalışır. Bu nedenle zaman algısını laboratuvar ortamında test etmek güçtür. İnsanların yaşlandıkça öznel zaman algılarında zamanın giderek daha hızlı geçtiğini hissetmeleri psikologlar tarafından belgelenmiş olsa da bunun nedeni konusunda henüz bir fikir birliğine varılmış değil.

Bir hipoteze göre zaman algımız, belleğimizden ve ne kadar yeni deneyim yaşadığımızdan etkilenir. Örneğin, erken yaşlardaki ilk basketbol maçını yapma ya da okuma yazma öğrenmenin verdiği heyecan gibi yeni deneyimler beyinde çok sayıda kalıcı veri kaydedilmesini tetikler. Yani bu yaşlarda geriye dönüp bakıldığında hatırlanacak çok olay vardır. Günlerini, haftalarını, aylarını benzer biçimde yaşayan yaşlı bir kişinin beyinde ise daha az veri kaydedilir; yani hatırlanacak daha az anı bulunur. Bu da yaşlılıkta beynin benzer veriler içeren zaman dilimlerini bir araya toplamasıyla ve zamanın hızla geçip gitmiş gibi hissedilmesiyle sonuçlanır.

Diğer bir hipotez, yaşlandıkça zamanın hızla geçmesi ile vücut kimyasının değişmesi arasında bir bağlantı kuruyor. Yaş ilerledikçe insan beyni motivasyon ve ödül gibi durumlarla ilişkilendirilen bir nörotransmitter olan dopamini daha az üretir. Farelerle yapılan deneyler, dopamin miktarının zaman algısını da etkileyebileceğini gösteriyor. Bir deneyde dopamin üreten hücreleri baskılanan farelerin duydukları iki ses arasındaki süreyi daha hızlı akmış gibi algıladıkları tespit edildi. Düşük dopamin düzeyine sahip Parkinson hastalarıyla yürütülen çalışmalar, bu nörotransmitterin insanlarda da benzer bir etkiye yol açabileceğini gösteriyor.



Beyindeki sinyal işleme fiziğine dayanan güncel ve daha kapsamlı bir yaklaşım ise yaşlandıkça zamanın hızlanmasını, görsel bilgiyi işleme hızımızın yavaşlamasıyla ilişkilendiriyor. Bu yaklaşıma göre, yaşlandıkça beyindeki nöron ağlarının boyutu ve karmaşıklığı artıyor, dolayısıyla elektrik sinyallerinin daha uzun mesafeler katetmesi gerekiyor. Bu da sinyal işlemenin daha fazla zaman almasıyla sonuçlanıyor. Dahası, yaşlanan beyinde nöronlar arasında biriken ve elektrik sinyallerinin akışına direnç gösteren maddeler nedeniyle işlem hızı daha da yavaşlıyor. Görsel algı özelinde düşünüldüğünde, bu durum birim zamanda zihinde oluşturulabilen görüntü sayısının yaş ilerledikçe azaldığına işaret ediyor. Her yeni zihinsel görüntünün algılanması arasında daha fazla gerçek zaman geçmesi gerektiği için de zaman daha hızlı akıyormuş gibi hissediliyor.

Kaynaklar

Bejan, A. (2019). Why the Days Seem Shorter as We Get Older. *European Review*, 27(2), 187-194.

sciencefocus.com/science/why-does-time-speed-up-when-you-get-older

scientificamerican.com/article/why-does-time-seem-to-speed-up-with-age

Oktaniyonlar:

Tüm Fiziği Birleştirmeye Aday Hiperkompleks Sayılar

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

Herhangi bir fiziksel gerçekliğe karşılık gelmeseler de karmaşık sayılar fiziksel kuramlarda önemli bir yer tutuyor. Hatta tüm fiziksel etkileşimleri bir araya getirecek bir büyük birleşik kuram geliştirmenin yolu da çok boyutlu hiperkompleks sayılardan geçiyor olabilir.

$$\omega = 2\pi f$$

$$H_{\lambda} = \left[\frac{\Delta M_e}{\Delta \lambda} \right]$$

$$R_m = \frac{C}{T}$$

$$E = mc^2$$

$$\phi = m c \Delta t$$

Parçacık fiziğinin standart modeli; güçlü kuvvet, zayıf kuvvet ve elektromanyetik kuvvetin kuantum kuramlarını bir araya getiriyor. Her ne kadar çok başarılı bir kuram olsa da standart modelin çeşitli eksiklikleri var. Öncelikle standart model kullanarak tahmin yapabilmek için yaklaşık 20 parametrenin deneylerle ölçülüp kurama dışarıdan eklenmesi gerekiyor. Ayrıca standart model uzayzaman hakkında da herhangi bir şey söylemiyor. Onlarca yıldır pek çok fizikçi standart modeldeki üç etkileşimi tek bir matematiksel çerçevede bir araya getiren bir “büyük birleşik kuram”, hatta kütle çekimi de dâhil tüm fiziksel etkileşimleri açıklayan bir “her şeyin teorisi” geliştirmeye çalışıyor. Ancak bugüne kadar bu hedefe ulaşamadı. Deneylerin doğru kabul edilen kuramlarda eksiklikler ortaya çıkarması ve bu eksiklikleri gidererek bir büyük birleşik kurama ulaşılması bekleniyordu ancak bu durum gerçekleşmedi. Eğer bir büyük birleşik kuram geliştirmek gerçekten de mümkünse, bu amaca ulaşmak için belki de fiziksel kuramları ifade etmek için kullanılan matematiksel dilin değiştirilmesi gerekiyor.

Hiperkompleks Sayılar

Karmaşık sayılar genel olarak $a+ib$ olarak ifade edilir. Burada a ve b herhangi iki gerçel sayı, i ise $i^2 = -1$ eşitliğini sağlayan bir sanal sayıyı gösterir.

Karesi -1'e eşit bir sayı fiziksel bir gerçekliğe karşılık gelmez. Benzer biçimde hiperkompleks sayılarda da özellikleri gerçel sayılara benzemeyen, fiziksel bir karşılığı olmayan bileşenler bulunur.

Bir sayı kümesinde cebirsel işlemler yapılabilmesi ya da sayı kümesinin cebirsel bir yapıya sahip olması için o sayı kümesindeki elemanlar üzerinde tanımlı iki işlem olması gerekir. Bu işlemler genellikle toplama ve çarpma olarak adlandırılır. Tanımlanan toplama ve çarpma işlemlerinin sonucu, yine aynı sayı kümesi içindeki bir eleman olmalı; yani küme “cebirsel olarak kapalı” olmalıdır.

Hiperkompleks terimi daha çok birden fazla sanal bileşen içeren sayıları ve cebirleri nitelendirmek için kullanılır. Ancak gerçel sayılar ve karmaşık sayılar ile yapılan işlemleri de hiperkompleks sayılarla yapılan cebirsel işlemler gibi düşünmek, başka bir deyişle gerçel sayı ve karmaşık sayı cebirlerini de hiperkompleks cebirler olarak nitelendirmek mümkündür. Hiperkompleks sayıları ve cebirleri anlamak için bu yaklaşımı takip edelim.

Gerçel Sayılar

Gerçel sayıları ae_0 olarak ifade edelim. Burada a herhangi bir gerçel sayı e_0 ise, tıpkı 1 sayısı gibi, $e_0^2 = e_0$ eşitliğini sağlayan bir “birim sayı” olsun. Gerçel sayılarla ilgili tüm işlemleri bu şekilde ifade edilmiş sayılarla da yapabiliriz. Örneğin ae_0 ve be_0 sayılarını toplarken a ve b katsayılarını toplayarak sonucu $(a+b)e_0$ olarak buluruz. Bu iki sayıyı çarptığımızda ise $e_0^2 = e_0$ olduğu için $(ae_0)(be_0) = abe_0^2 = abe_0$ sonucunu elde ederiz.

Gerçel sayılarla yapılan toplama ve çarpma işlemlerine hiçbir işlemi etkilemeyen bir e_0 sayısı eklemek gereksiz görülebilir. Ancak daha karmaşık cebirsel sistemleri tanımlarken de aynı birim sayı mantığını kullanacağız.

Karmaşık Sayılar

Karmaşık sayıları $ae_0 + be_1$ olarak ifade edelim. Bu ifadede a ve b herhangi iki gerçel sayı, e_0 ve e_1 ise aşağıdaki tablodaki çarpım koşullarını sağlayan iki birim sayı olsun:

e_i, e_j		e_j	
		e_0	e_1
e_i	e_0	e_0	e_1
	e_1	e_1	$-e_0$

Karmaşık sayılarda çarpım kuralları

$e_i e_j$		e_j			
		e_0	e_1	e_2	e_3
e_i	e_0	e_0	e_1	e_2	e_3
	e_1	e_1	$-e_0$	e_3	$-e_2$
	e_2	e_2	$-e_3$	$-e_0$	e_1
	e_3	e_3	e_2	$-e_1$	$-e_0$

Kuaterniyonlarda çarpım kuralları

Kuaterniyonlar

Kuaterniyonlar, dört ayrı birim sayının lineer kombinasyonu olarak ifade edilir. Bu birim sayılardan e_0 , “1” gerçel sayısına benzer: Karesi kendisine eşittir ve çarpım işlemlerinde diğer birim sayıları etkilemez (bkz. aşağıdaki tablo). Kuaterniyonlardaki sanal sayılar e_1, e_2, e_3 ise biraz karmaşık sayılardaki “ i ”ye (e_1 ’e) biraz da vektörlerdeki sanal sayılara benzer. Bu sayıların karesi, vektörlerdeki sanal sayıların karesi gibi sıfıra değil, “ i ”nin karesi gibi “-1”e ($-e_0$ ’a) eşittir. Bu sanal sayıların kendi aralarındaki çarpım kuralları ise vektörlerdeki sanal sayıların kendi aralarındaki çarpım kurallarının aynısıdır.

Kuaterniyonların toplanması ve çarpılması, karmaşık sayılar ve vektörlere benzer biçimde yapılır. Örneğin $a = e_1 - 2e_3$ ve $b = e_0 + e_3$ iki kuaterniyon olsun. Bu iki kuaterniyonu topladığımızda ve çarptığımızda şu sonuçları

buluruz: $a+b=b+a = e_0 + e_1 - e_3$, $axb = e_1 e_0 + e_1 e_3 - 2e_3 e_0 - 2e_3 e_3 = e_1 e_2 - 2e_3 + 2e_0$, $bxa = e_0 e_1 - 2e_0 e_3 + e_3 e_1 - 2e_3 e_3 = e_1 - 2e_3 + e_2 + 2e_0$. Çarpma işleminin ne gerçel sayılar ve karmaşık sayılardaki gibi simetrik ne de vektörlerdeki gibi antisimetrik olduğuna dikkat ediniz.

Oktaniyonlar

Oktaniyonlar, sekiz ayrı birim sayının lineer kombinasyonu olarak ifade edilen hiperkompleks sayılardır. Oktaniyonları oluşturan birim sayılardan e_0 , kuaterniyonlardaki ve karmaşık sayılardaki e_0 sayısı gibi çarpma işleminin etkisiz elemanıdır (bkz. aşağıdaki tablo). Diğer birim sayılar ise kuaterniyonlardaki sanal sayılara benzer. Hepsinin

karesi $-e_0$ ’a eşittir. Farklı iki sanal sayının birbiriyle çarpımının sonucu, sayıların sırası değiştiğinde işaret değiştirir.

Oktaniyonlar toplanırken aynı tür birim sayıların katsayıları toplanır. Oktaniyonlar çarpılırken de yukarıdaki tabloda verilen birim sayıların birbirleriyle çarpılması ile ilgili kurallar uygulanır. Çarpım kuralları ile ilgili tablo dikkatli incelendiğinde, çeşitli kısımlarının kuaterniyonların çarpımı ile ilgili tabloyla benzerlikler taşıdığı görülür. Örneğin sadece e_0, e_1, e_2 ve e_3 ile ilgili kurallara bakıldığında kuaterniyonların çarpım tablosunun aynısı olduğu görülür. Sadece e_0, e_2, e_4 ve e_6 ile ilgili kurallara ya da sadece e_0, e_3, e_4 ve e_7 ile ilgili kurallara bakıldığında ise kuaterniyonların çarpım tablosuyla “aynı yapıda” olduğu dikkat çeker. Bunlara benzer toplam yedi ayrı alt küme bulabilirsiniz.

$e_i e_j$		e_j							
		e_0	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6	e_7
e_i	e_0	e_0	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6	e_7
	e_1	e_1	$-e_0$	e_3	$-e_2$	e_5	$-e_4$	$-e_7$	e_6
	e_2	e_2	$-e_3$	$-e_0$	e_1	e_6	e_7	$-e_4$	$-e_5$
	e_3	e_3	e_2	$-e_1$	$-e_0$	e_7	$-e_6$	e_5	$-e_4$
	e_4	e_4	$-e_5$	$-e_6$	$-e_7$	$-e_0$	e_1	e_2	e_3
	e_5	e_5	e_4	$-e_7$	e_6	$-e_1$	$-e_0$	$-e_3$	e_2
	e_6	e_6	e_7	e_4	$-e_5$	$-e_2$	e_3	$-e_0$	$-e_1$
	e_7	e_7	$-e_6$	e_5	e_4	$-e_3$	$-e_2$	e_1	$-e_0$

Farklı Boyutlar

Gerçel sayıların bir boyutlu, karmaşık sayıların iki boyutlu, vektörlerin üç boyutlu, kuaterniyonların dört boyutlu, oktanionların sekiz boyutlu hiperkompleks sayılar olduğu söylenebilir. Hiperkompleks sayılar ve cebirler sadece 1, 2, 3, 4, ve 8 boyutla sınırlı değil. Herhangi bir sayıda birim sayı içeren hiperkompleks cebirler oluşturulabilir. Ayrıca belirli bir sayıda birim sayı içeren birbirinden farklı sistemler oluşturmak da mümkündür. Yapılması gereken yukarıdaki tablolardaki gibi birim sayılar arasındaki çarpım kurallarını, kapalı cebirsel bir yapı ortaya çıkacak biçimde tanımlamaktır.

Bölme işlemi

Toplama ve çarpma işlemleri bir cebirsel sistemi tanımlamak için yeterli. Ancak iki yardımcı işlemten daha bahsedebiliriz: çıkarma ve bölme. Hiperkompleks sayılarla çıkarma yapmak görece kolaydır ve her zaman mümkündür. Çıkartılacak sayıdaki tüm katsayıların işaretini değiştirir

ve toplama yaparsınız. Bölme ise her zaman mümkün değildir. Örneğin vektörleri ele alalım. $4e_1 / 2e_1$ işleminin sonucu hangi “vektör” olabilir? İlk bakışta bu bölme işleminin sonucunun “2” olduğunu düşündüyseniz, “2” sayısının bir vektör olmadığını unutmayın.

Muhtemel cevabı $a e_1 + b e_2 + c e_3$ olarak ifade edip $(a e_1 + b e_2 + c e_3) \times 2e_1 = 4e_1$ eşitliğini çözerek sonucu bulmaya çalışın. Vektörlerin çarpımı ile ilgili kuralları uyguladığınızda, bu eşitliğin herhangi bir çözümünün olmadığını göreceksiniz. $2e_1$ vektörünü hangi vektörle çarparsanız çarpın sonuç hiçbir zaman $4e_1$ olmaz.

Toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemlerinin tümünün yapılabildiği sayı kümeleri gerçel sayılar, karmaşık sayılar, kuaterniyonlar ve oktanionlarla sınırlıdır.



Sakmeisterke / SPL

Fizik ve Hiperkompleks Sayılar

Fiziksel kuramlar doğal süreçlerle ilgili tahminler yapmaya yarar. Kuramların verdiği sayısal sonuçların tamamının gerçeklikle ilişkili olması gerekir. Ancak sanal sayılar da fiziksel kuramlarda önemli bir yer tutar. Kuantum mekaniğinin temeli olan Schrödinger denkleminde “i” yer alır. Bu denklemin çözümleri olan dalga fonksiyonlarının değerleri de karmaşık sayılardır. Dalga fonksiyonun kendisi bir fiziksel gerçekliğe karşılık gelmez. Ancak bu karmaşık değerli fonksiyon kullanılarak bir sistemin belirli bir andaki özellikleri hakkında bilgi edinilebilir. Her ne kadar kendisi karmaşık değerli olsa da dalga fonksiyonu kullanılarak yapılan tahminlerin sonuçları gerçektir. Vektörler de modern fizikte önemli bir yer tutar. Bu üç boyutlu hiperkompleks sayılar, üç boyutlu uzaydaki yönlü büyüklükleri ifade etmek



için kullanılır. Örneğin klasik fizikte konumu, hızı ve ivmeyi ifade etmek için vektörlerden yararlanılır. Kuaterniyonların günümüzde temel fizik eğitiminin önemli bir parçası olduğu söylenemez. Ancak James Clerk Maxwell, 1800'lerin sonlarında elektromanyetik teoremin ilk matematiksel formülasyonunu yaptığında, tüm eşitlikleri kuaterniyonlarla yazmıştı. Dört işlem yapılabilen cebirsel sistemler arasında, bugüne kadar önemli bir uygulama alanı bulmayan sadece oktanionlardır. Ancak gelecekte bu durum da değişebilir.

Oktanionların Muhtemel Uygulamaları

Pek çok fizikçi, parçacık fiziğinin standart modelindeki üç kuramın tek bir çatı altında birleştirilebileceğini düşünüyor. Bu amaca ulaşmak için odaklanılan konulardan biri de fiziksel kuramlardaki simetrilerdir. Standart modeldeki her bir kuramın kendi iç simetrileri vardır. Matematiksel eşitliklere çeşitli simetri işlemleri uyguladığınızda değişmeden kaldıklarını

görürsünüz. Elektromanyetik kuvvet, güçlü kuvvet ve zayıf kuvveti bir araya getirecek bir büyük birleşik kuramın bu üç kuramdan çok daha simetrik olması, bu üç kuramdaki tüm simetrilerin yanı sıra başka simetriler de içermesi beklenir. Bu kuramın evrenin ilk zamanlarda, enerji yoğunluğunun çok daha yüksekken doğada var olan simetrileri içerdiği düşünülüyor. Zamanla evrenin enerji yoğunluğu düştükçe çeşitli “simetri kırılmaları” yaşandı. Her bir simetri kırılması doğal süreçlerin daha düşük simetrilere sahip kuramlarla açıklanabilecek hâle gelmesiyle sonuçlandı. Büyük birleşik kuramın adaylarından biri spin(10) modeli olarak adlandırılan 45 simetrikli bir model. Spin(10) modeli, 21 simetrikli Pati-Salam modelini; Pati-Salam modeli, 15 simetrikli sağ-sol simetrik modeli; sağ-sol simetrik model de 12 simetrikli standart modeli kapsıyor. Her bir aşamada hangi simetrilerin kırıldığını belirleyen şeyin ne olduğu bilinmiyor. Ancak Humboldt Üniversitesinden Nichol Furey ve Imperial College London'dan Mia Hughes tarafından yapılan

çalışmalar oktanionların bu soruya bir cevap verebileceğine işaret ediyor. Hatta elde edilecek sonuçlar deneylerle test edilebilecek tahminler yapılmasını sağlayabilir.

Oktanionların muhtemel uygulama alanlarından biri de bir kuantum kütle çekimi teorisi geliştirilmesi. Pascual Jordan, 1930'larda Eugene Wigner ve John von Neumann ile yaptığı çalışmalar sırasında kuantum mekaniğinin matematiksel özelliklerinde oktanionlar ile yakından ilişkili cebirsel yapılar keşfetmişti. “İstisnai Jordan cebiri” diye adlandırılan bu cebir, dört boyutlu uzayzamanı tanımlamak için kullanılan matematiksel yapıyı da kapsıyor. Dolayısıyla oktanionlar kuantum mekaniği ile kütleçekimini bir araya getirecek yolu açabilir.

Sonuç

Bir büyük birleşik kuramın ve hatta bir her şeyin teorisinin geliştirilmesinde oktanionların yararlı olabileceğini gösteren araştırmalar var. Bu sekiz boyutlu hiperkompleks sayıların kuramsal fizikte ne ölçüde yararlı olacağını zaman gösterecek. ■

Kaynak

Brooks, M., “Octonions: The strange maths that could unite the laws of nature”, *New Scientist*, <https://www.newscientist.com/article/0-octonions-the-strange-maths-that-could-unite-the-laws-of-nature/>, 2022.

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:

Element Kartları



Çözümü ile birlikte gönderilmeyen cevaplar değerlendirilmeye alınmayacaktır.

Doğru çözüm ve çekiliş sonuçları dergimizin sosyal medya hesaplarından (facebook ve twitter) önümüzdeki ayın ilk haftasında duyurulacak (bilimteknik.tubitak.gov.tr).

Torbalardaki Altın Sikkelerin Ağırlıklarının Belirlenmesi



Ali Baba haramiler tarafından mağarada alıkonulur. Haramiler mağaradan saliverilmesi için öncelikle Ali Baba'ya çözmesi gereken bir ödev verir. Ödevin kurallarına göre haramiler Ali Baba'ya her birinde yeterince çok sayıda altın sikke bulunan yedi tane torba sunar. Bu torbalardan bir tanesi beyaz, kalan altı tanesi ise siyah renktedir. Haramiler Ali Baba'ya bu torbalardan bir tanesindeki altın sikkelerin ağırlıklarının 11'er gram, diğer bir torbadaki altın sikkelerin ağırlıklarının 12'ser gram, bir başka torbadaki altın sikkelerin ağırlıklarının 13'er gram, diğerindeki altın sikkelerin ağırlıklarının 14'er gram, başka bir torbadaki altın sikkelerin ağırlıklarının 15'er gram, öteki bir torbadaki altın sikkelerin ağırlıklarının 16'sar gram ve son olarak kalan torbadaki altın sikkelerin ağırlıklarının 17'ser gram olduğunu söylüyorlar fakat hangi torbada hangi ağırlıkta altın sikkelerin bulunduğu bilgisini vermiyorlar. Torbalardaki tüm altınlar birbirlerine benziyor ve herhangi iki altından hangisinin daha ağır olduğuna gözle bakılarak ya da elle tartarak karar verilemiyor. Haramiler Ali Baba'dan beyaz torbadaki altın sikkelerin kaç gramlık olduğunu bulmasını istiyorlar.

Bunun için haramiler Ali Baba'ya eşit kollu bir terazi veriyorlar. Ali Baba her tartma işleminde, terazi kefelerinden her birine kendisinin belirlediği bir ya da birkaç torbadan istediği sayıda altın sikke alıp yerleştiriyor. Bu durumda; bir torbadan altın sikke almayabilir ya da birden fazla altın sikke alabilir, farklı torbalardan eşit ya da farklı sayıda altın sikke alabilir. Ali Baba her tartma işlemi sonucunda hangi kefenin daha ağır olduğunu ya da iki kefedeki altın sikkelerin toplam ağırlıklarının birbirine eşit olduğunu öğreniyor. Kurallara göre, Ali Baba mağarada geçirdiği her gün tartıyı sadece bir kez kullanabilecektir.

Ali Baba en iyi stratejiyi tasarlayıp beyaz torbadaki altın sikkelerin ağırlığını belirleyerek mağaradan en az kaç günde kurtulmayı garantileyebilir? Ali Baba'nın bulduğunuz sayıda gün sonucunda kurtulmasını nasıl garantileyeceğini gösteriniz ve neden bulduğunuz sayının daha az olamayacağını da kanıtlayınız.

Antarktika Seferindeki Yeni Keşif! Türk Bilim Kampı'ndaki İmparator Penguenler

Kpt. Yük. Müh. Sinan Yirmibeşoğlu [TÜBİTAK MAM Kutup Araştırmaları Enstitüsü

Prof. Dr. Burcu Özsoy [TÜBİTAK MAM Kutup Araştırmaları Enstitüsü



Antarktika denince aklımıza ilk penguenler gelse de on sekiz penguen türünden sadece beş tanesi bu dondurucu kıtada yaşıyor. Diğer penguenler ise güney yarım kürede yer alan Güney Amerika, Afrika, Avustralya, Yeni Zelanda ve Madagaskar gibi bölgelerde bulunuyor.

Günümüzde yaşayan penguen türleri arasında en büyüğü ve uzunlu imparator penguendir (*Aptenodytes forsteri*). İmparator penguenler karanlık kış aylarında bile Antarktika'da, yani dünyanın en soğuk ve kurak bölgesinde yumurtlar, yavrularını büyütür, avlanır ve yaşam döngüsünü devam ettirir.

İmparator penguenler güçlü ve çevik canlılardır. Su altında hızlı hareket ederek orka ve leopar foku gibi avcılardan kaçabilirler. Balinalara oranla çok küçük olmalarına rağmen, su altında 565 metre derinliğe dalma rekoru da onlara aittir.

İmparator penguenler ilk olarak Kaptan James Cook'un 1773 ila 1775 yıllarında gerçekleştirdiği gemi seferleri sırasında gözlemlenmiş ve kayıt altına alınmıştır. Yine de imparatorların yeni bir tür olduğu ancak 1844 yılında anlaşılmıştır. Günümüzde ise imparator penguenler nesli tehlike altında olan türler arasında kabul ediliyor ve ne yazık ki sayıları gün geçtikçe azalıyor. İklim değişikliği ve doğal etkenler sonucunda penguen kolonileri yok oluyor.

İmparator penguenler, neredeyse dümdüz zeminler oluşturan kalın deniz buzları üzerinde üreyip koloni hâlinde yaşar. Ömürlerinin çoğunu denizde göç ederek ve avlanarak geçirirler. Penguenlerin yavrularını deniz buzları yerine kara parçası üzerinde yetiştirmesi az rastlanan bir durumken günümüzde deniz buzlarının hızla erimesi sebebiyle bunun örnekleri gittikçe artıyor. Denizde ve buz üzerinde onları soğuktan koruyan kalın tüyler, penguenleri kara parçası üzerindeyken zorlayabiliyor. Bu yüzden soğuk ve buzlu alanlar imparator penguenler için hayati öneme sahip.

Birinci Keşif

Yedinci Ulusal Antarktika Bilim Seferi sırasında Türk araştırmacılar oldukça ilginç bir keşfe imza attı. 18 Şubat 2023 tarihinde, geçici modüllerden oluşan Türk Bilim İstasyonu'nun bulunduğu bölge olan Horseshoe Adası'nda saha çalışması yapan Dr. Burak Karacık ve Dr. Atilla Yılmaz kayaların arasında bir penguen fark ederek onu telefonlarıyla fotoğrafladı. Daha sonra Türk Bilim Kampı'na gelerek fotoğrafları Kpt. Yük. Müh. Sinan Yirmibeşoğlu'na gösterdiler. Bunun üzerine Yirmibeşoğlu, kamera ekipmanlarıyla bölgeye dikkatlice giderek görüntüleme, inceleme ve kayıt işlemleri gerçekleştirdi. Uluslararası kurallar ve hayvanların davranışları hakkında yapılan araştırmalar sonucu ortaya konan bilgiler doğrultusunda Yirmibeşoğlu, penguene en az 15 – 20 metre mesafesini koruyacak şekilde yaklaşarak onu saatlerce görüntüledi.

Birçok uluslararası çalışmaya göre penguenler, 23 metre mesafenin altında insanları rahatlıkla fark edebiliyor ve davranışlarını değiştiriyor. 23-30 metre arası mesafede ise davranış değişikliği göstermeseler de kalp ritimlerinde farklılık yaşanabileceği keşfedilmiş. Ayrıca penguenlerin bulunduğu yerlerde insansız hava araçları ile görüntü almak da en az 50 metre

İmparatora fark ettirmeden görüntüleri çekilirken

Sinan Yirmibeşoğlu

yüksekliğe kadar yasaklanmış durumda. Bu yüzden Türk bilim ekibi penguenlerin ve diğer canlıların olduğu bölgelerde bilimsel amaçlı kullandıkları insansız hava araçlarını oldukça yüksekten uçuruyor. Penguenleri doğal ortamlarında rahatsız etmemek ve onlara karşı çok dikkatli davranmak bilim insanlarının en önemli etik kurallarından biri sayılıyor. Bununla birlikte bu konuda uluslararası yazılı kurallar da mevcut.

Antarktika Yarımadası'nın batı kıyısındaki deniz buzları gözle görülür

bir şekilde her yıl daha fazla eriyor. Bu da penguenlerin bazı dönemlerde kara parçalarına hapsolmesi anlamına geliyor. Dolayısıyla tespit edilen söz konusu imparator penguenin kış ayında deniz buzu üzerinde yürüyerek bu bölgeye gelmiş olabileceği tahmin ediliyor. Çünkü yavru boyutunu aşmış tüy dökme dönemine giren imparator penguenler 1.000 km'ye varan mesafeler katedebiliyor.

Horseshoe Adası'nda görülen ilk imparator penguen araştırmacıları hem şaşırttı hem de gelecek çalışmalar için bölgenin önemini artırdı.

Tüy Dökme Dönemi

18 Şubat 2023 tarihindeki gözlemlere göre; tespit edilen imparator penguen, erişkin büyüklüğünde olmasına rağmen tüy dökme dönemi devam eden bir bireydi. Penguenler, tüy dökme dönemini karada veya deniz buzu üzerinde tamamlamak zorundadır çünkü kalın tüyleri yüzmelerini engeller ve suya girer girmez boğulmalarına sebep olabilir. Yavru penguenler büyüdüktan sonra bu tüyleri dökerek okyanusa adapte olur. Bu dönem genellikle 13 ila 40 gün sürebilir ve genellikle Antarktika'nın yazına denk gelen şubat ve mart aylarında gerçekleşir. Bu dönemde hava sıcaklığı 0 ila 1 derece santigrat civarında seyreder. Tüy değişimi penguenlerin yaşamındaki en önemli dönemlerden biridir. Bu süreçte metabolizmaları çok hızlı olduğu için ürettikleri enerji ile ısınurlar. Hatta vücut ısıları normalin üzerine çıkar ve bu durum penguenleri strese sokar. Tüy dökümü tamamlanıp yeni tüyleri çıktığında doğrudan okyanusun sularında özgürlüğe dalarlar. Yeni çıkan tüyleri sayesinde yaşamlarının son evresine kadar suya ve aşırı soğuklara karşı dirençli hâle gelirler.



Horseshoe Adası'nda ilk kez görüntülenen imparator penguen

İkinci Keşif

22 Şubat 2023 tarihinde Yirmibeşoğlu, ilk imparator penguenin görüldüğü bölgenin güney tarafında ancak daha yüksekte olan bir bölgeye turmandı. Shoesmith Buzulu'na yakın olan bu bölgede gördüğü manzara karşısında şaşırıldı çünkü burada başka bir imparator penguen ile karşılaştı. Horseshoe Adası'nın bu bölgesinde daha önce çalışılmadığı için bu penguen fark edilememişti. Yirmibeşoğlu ikinci pengueni de gözlemleyip kayıt altına aldı. İkinci penguen ilkinde göre daha rüzgârlı ve çok daha yüksek bir bölgede bulunuyordu. Ayrıca tüy dökme miktarı diğeriyle hemen hemen aynı seviyedeydi. Bu penguenin daha uzun boylu olduğu düşünülse de uzaktan gözlem yapıldığı için ikisinin de boyu ölçülemedi.

Bu süreçte, Horseshoe Adası üzerinde, güney kutbu korsan martısı gibi penguen yavrularını avlayan kuşlar da dikkat çekti. Bu kuşlar, besin ihtiyacını penguen yavrularını avlayarak gideriyor. Çok saldırgan olan korsan martılar araştırmacıları sahada hiç yalnız bırakmıyor ve sürekli bir tehlike teşkil ediyor. Bu yüzden araştırmacılar kuşlara karşı daima dikkatli olmak zorunda.

Ulusal Antarktika Bilim Seferlerinden İlk İmparator Penguen Yayını

Kıtadan geri döner dönmez elimizdeki veriler ile imparator penguenlerin güncel durumunu araştırmaya başladık. Kıta üzerindeki koloniler tek tek incelendikten sonra Horseshoe Adası'na bu penguenlerin nasıl gelmiş olacağı konusu detaylıca irdelendi ve bulgular ayrıntılı bir şekilde bilimsel bir makale hâline getirilerek Norveç Kutup Enstitüsü tarafından yönetilen Polar Research isimli dergide yayımlandı.

Yayında vurgulanan literatürdeki çalışmalara göre imparator penguen kolonileri günümüzde Antarktika kıtasının neredeyse tüm kıyı şeritlerinde toplam 62

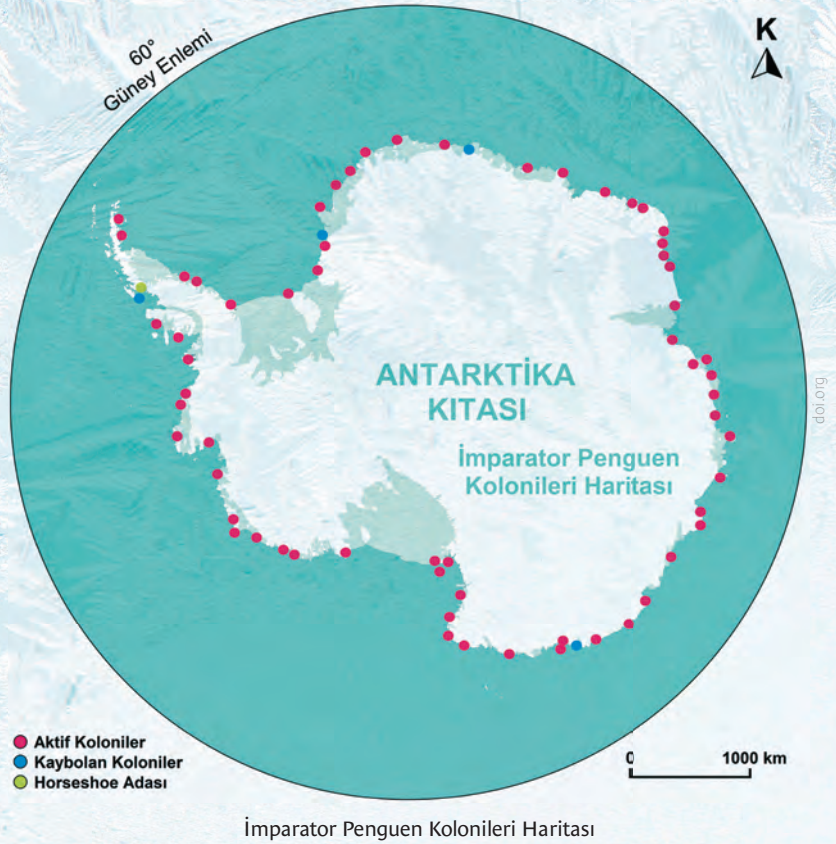
Horseshoe Adası'nda görüntülenen ikinci imparator penguen



Horseshoe Adası'ndaki korsan martılar

farklı konumda yer alıyor. Türk ekip tarafından fark edilen iki imparator penguenin tüy dökme döneminde Antarktika Yarımadası'nın batı sahillerinde en kuzey lokasyonda tespit edilmesi yayımlanan makale ile kayıtlara geçti. Bu bölgenin ortalama sıcaklığı diğer bölgelere oranla daha yüksek. Bu durum imparator penguenlerin göç yolları üzerinde yapılabilecek yeni araştırmalara kapı aralıyor. Söz konusu iki penguenin tüy dökme dönemine girerken daha güneydeki bir bölgeden Horseshoe Adası'na deniz buzu üzerinden yürüyerek geldikleri düşünülüyor. Buraya en yakın imparator penguen kolonisi 400 kilometre uzaklıktaki Rothschild Adası'nda yer alıyor. Kış aylarında, Antarktika'nın tüm kıyılarında deniz suyunun donmasıyla deniz buzu oluşuyor; böylece canlıların bunların üzerinde yürüyerek göç etmesi mümkün hâle geliyor.

International Journal of Environment and Geoinformatics dergisinde 2022 yılında yayımlanan makalede, ülkemizin Antarktika'da yaptığı çalışmaların geniş özeti yer almıştı. Bu makalede, Horseshoe Adası'na yaklaşık 60 kilometre uzaklıktaki Dion Takımadaları'nda bulunan İmparator Adası'nda 2001 yılına kadar bir imparator penguen kolonisinin yaşam sürdürdüğü



belirtilmişti. Fakat bu koloninin çeşitli nedenler sonucu daha güneye göç etmiş olabileceği ileri sürülmüştü. Yeni yayımlanan çalışma ile yine aynı bölgede imparator penguenlerin göçlerine devam ettiği gösterilmiş oldu.

İlerleyen yıllarda Ulusal Antarktika Bilim Seferleri kapsamında yapılacak çalışmalarda, bilim insanlarımız imparator penguenlere daha fazla odaklanabilir. Bu bölgeye gelen ve ilk kez görüntülenen imparator penguenler, iklim değişikliği sonucu hayvanların üreme ve göç yollarının değişebileceğini gösteriyor. Ülkemiz

kutuplarda canlı yaşamını korumak başta olmak üzere canlı bilimleri alanında birçok bilimsel proje yürütüyor ve destekliyor.

Sizler de bu bilimsel araştırma projelerinin bir parçası olmak ve yapılan çalışmaların çıktılarını görmek için TÜBİTAK web sayfalarını ve yayınlarını takip edebilirsiniz.

Konuyla ilgili kısa bir belgeye <https://youtu.be/UQK9oQcSvGw> adresinden ulaşabilir veya kare kodu akıllı cihazınıza okutabilirsiniz. ■



Kaynaklar

<https://kare.mam.tubitak.gov.tr/>
Yirmibesoglu S., & Ozsoy B. First observations of emperor penguins on Horseshoe Island, Antarctica. *Polar Research*, 42, 2023. <https://doi.org/10.33265/polarv42.9556>
<https://polarresearch.net/index.php/polar/article/view/9556/15860>
Yirmibesoglu, S., Oktar, Ö., & Ozsoy, B. Review of Scientific Research Conducted in Horseshoe Island Where Potential Place for Turkish Antarctic Base. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 9(4), 11-23, 2022

BİLİM TARİHİNDEN NOTLAR

Prof. Dr. Hüseyin Gazi Topdemir

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



Michelson - Morley Deneyinin Sonuçları

Işığın dalga biçiminde yayıldığına kabulü dalgaları taşıyan ortam arayışını başlattı ve nihayetinde esir adı verilen ama mahiyeti hakkında hiçbir bilgi bulunmayan bir maddenin var olduğu üzerinde uzlaşıldı. Ancak bilimde kaynağı olgular olmayan varsayımlarla çalışmanın ve bu yoldan çıkarımlara gitmenin itibar görmediği göz önüne alınınca, bütün uzayı doldurduğu düşünülen bu maddenin gerçekten var olup olmadığının deneylerle kesinleştirilmesi gerekti.

Çünkü bilimde olgusal ispatın aracı gözlem ve deneydir. Esir gözlemle belirlenemediğine göre, var olup olmadığı deney yoluyla ortaya konulmalıydı. Diğer taraftan, konuyu esasında önemli kılan esirin var olup olmadığı, yani hayali bir madde mi yoksa saf fiziksel bir madde mi olduğunun açıklığa kavuşturulması değildi. Diyelim ki esir vardı; o hâlde bütün uzayı kapladığı ve durağan bir madde olduğu kabul

edildiğine göre, ışığın sahip olduğu olağanüstü hızı aktarabilecek özellikte olup olmadığının da ayrıca belirlenmesi gerekiyordu. Bütün bu soruların cevaplanması için Albert Michelson ve Edward Morley çok detaylı bir biçimde düşünülmüş ve dile getirilmiş bütün sorulara cevap verecek şekilde düzenlenmiş önemli bir deney tasarladılar. Tasarladıkları deneyin temelindeki varsayım şuydu: Esir bütün uzayı doldurmaktadır. Kendisi durağandır. Yer'in ve bütün gök nesnelerinin hareketi esir içerisinde gerçekleşmektedir. Yer hareket ettiğine göre, etrafında sürekli olarak saptanabilir bir "esir rüzgârı" oluşturacağı açıktır. Öte yandan bütün hareketler Yer'e göre belirlendiyse Yer'in esir içerisinde yol açtığı hareket, dönüş yönüne bağlı olarak ışığın hızını etkilemeli, yani dönüş yönünde ışık hızlanmalı, tersi yönde ise yavaşlamalıdır.

Michelson bu varsayımları sınayabilecekleri bir girişim ölçme aygıtı [interferometer] geliştirdi. Daha sonra Morley ile deniz seviyesinde bir binanın zemininde bilim tarihine Michelson-Morley deneyi diye geçen ünlü deneyi gerçekleştirdiler. Deney düzeneğini etkileyecek bütün olasılıkları ve durumları gözeterek şekilde defalarca ölçüm yaptılar. Ancak ne yaparlarsa yapsınlar, ışığın hızında Yer'in esire göre hareketinden



Albert Michelson ve geliştirdiği girişim ölçme aygıtı

kaynaklanan en küçük bir değişim dahi bulamadılar. Kısacası deney kesin olarak esir diye bir maddenin var olmadığını ortaya koymuştu. Şimdi yeni bir açıklamaya gereksinim duyulduğu anlaşılıyordu. Arzu edilmese de yeni bir kriz yine kapıdaydı.

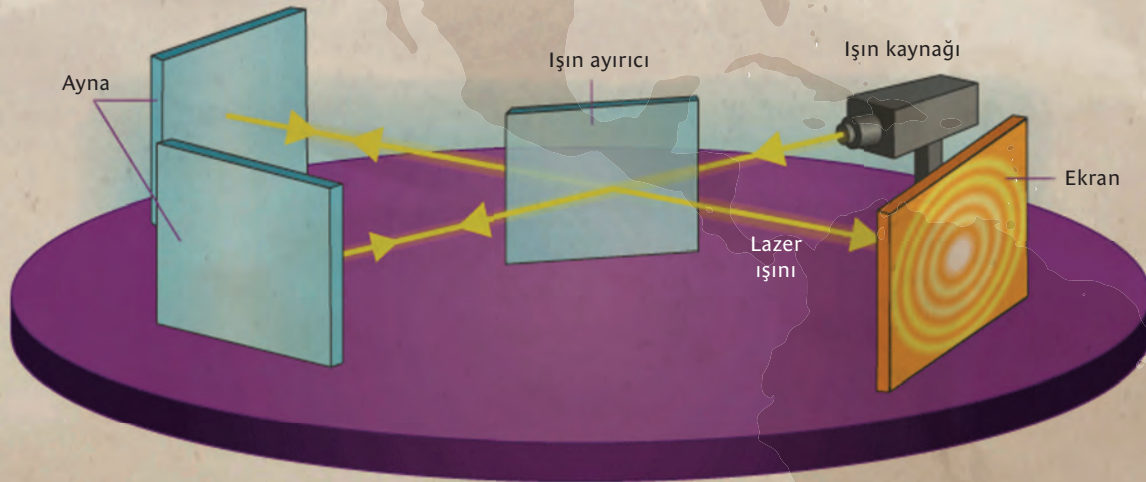
Bu ünlü deneyin sonuçlarını tam olarak açıklayabilmek ve fizikte neden bir krize yol açtığını anlayabilmek için öncelikle on yedinci yüzyıldan on dokuzuncu yüzyıla kadar bilim insanlarının bir bilimsellik ölçütü olarak üzerinde uzlaştıkları, "Doğada meydana gelen fenomenler ancak mekanik ilke ve kurallara bağlı olarak açıklanabilir." diye ifade edebileceğimiz yaygın kanaati bilmekte yarar var. Bu ön koşulu dikkate almak kaydıyla şimdi bilim insanlarının gündeminde oluşan krizi anlamaya çalışabiliriz. İlk olarak, ışığa ilişkin geliştirilmiş olan

parçacık modeli bütün fenomenleri mekanik yoldan açıklayabiliyordu. Dolayısıyla sorun yoktu. Sorun olmadığına göre mekanik yaklaşıma güvenmemek için bir neden de yoktu. İkinci olarak, parçacık özelliği göstermediği açıkça anlaşılmış olan kırınım ve girişim gibi iki ışık fenomeninin açıklanmasına yönelik gerçekleştirilen bütün deneysel incelemeler ışığın dalga nitelikli olduğunu göstermekteydi. Mademki bilimsellik ölçütü mekanik açıklamaydı, o zaman ışığın dalga şeklinde yayıldığının da mekanik olarak açıklanması gerekirdi. Bunun için de ışık dalgalarından söz edebilmek ve dalgaların meydana geldiği ve boyunca yayıldığı bir ortama ihtiyaç vardı. Ancak sözü edilen deney sonucuna göre böyle bir ortamın mevcut olmadığı kesin bir doğrulukla ortaya çıkmıştı. Işığın niteliğinin dalga olduğu olgusal ve matematiksel olarak kesinleştiğine göre, şimdi ışığın dalga modeli adıyla düşünce tarihine geçen açıklamalara dayalı bütün birikimin yeni duruma uygun bir şekilde ve mekanik olarak yeniden değerlendirilmesi gerekiyordu. Üçüncü ve son olarak, tüm bunlar yetmezmiş gibi elektromanyetik kuram da ortam düşüncesine dayanıyordu. Ortada göz ardı edilemeyecek doğrulukta fenomenler mevcuttu ama açıklamanın

dayandırıldığı esir ortalıkta görünmüyordu! Dolayısıyla Maxwell denklemlerinin esire dayalı mekanik açıklamalarının temeli de sarsılmış oluyordu. Bu durum açıkça bir krize yol açmıştı. Bu krizi çözebilecek bir bilim insanı da henüz ortada yoktu. O hâlde yapılacak iş, deneyin sonuçlarının detaylı bir şekilde analiz edilmesinden ibaretmiş gibi görünüyordu. Bu analiz süreci aslında yirminci yüzyılın başlarında ortaya çıkacak kuantum ve görelilik kuramlarına giden yolun başlangıcıydı. Şimdi bu sürecin ana çizgilerini görmeye çalışalım.

Deney Sonuçlarının Analizi

Bilim insanları kriz karşısında ilk başta kendilerini açmaza sokan durumu yok saydılar. Yani aslında esirin var olduğunu ancak girişim aygıtının algılama yeteneği yetersiz olduğu için tespit edilemediğini savundular. Hatta yağmur, yüksek sıcaklık vb. doğal etkenlerden etkilenmiş olabileceğini ileri sürenler dahi oldu. Ancak bu iddiaların geçersiz olduğu kısa sürede anlaşıldı. Çünkü girişim ölçer farklı maddelerden yapılan parçalarla yeniden



üretilecek deney tekrarlandı ama yine de esir bulunamadı. Demek ki girişim ölçerde bir sorun yoktu. Peki, bu durumda doğal fenomenlerin mekanik olarak açıklanmasını olmazsa olmaz bir bilimsellik koşulu olarak görmekten vazgeçmek çözüm olabilir miydi? Örneğin fenomenleri organik bir bakış açısıyla, yani doğadaki her bir unsurun bir diğeriyle organik bir bütün olduğunu kabul eden yaklaşımla açıklamak krize çare olabilir miydi? Belki olabilir ancak bu yaklaşımı esas alan açıklama girişimleri zaten bütün Orta Çağ boyunca denenmişti ve hiçbir ilerleme kaydedilemediği için mekanik açıklama şartı geliştirilmişti. Bu durumda mekanik açıklamadan vazgeçmek hem yerine yeni bir açıklama biçimi geliştirilmemiş olduğundan hem de organik açıklamayı kabul etmek aslında eskiye dönmek olacağından kabul edilemezdi.

Bu çaresizlik yetmezmiş gibi, Newton'un geliştirdiği mekanik yaklaşımın atom altı dünyada ve ışık hızı gibi büyük hızlarda gerçekleşen hareketlerin açıklanmasında işlevsiz olduğunun ortaya çıkması ise işleri hepten çıkmaza soktu. Kriz büyüdükçe büyüyordu. Doğa, bilim insanlarını ciddi şekilde uyarıyordu: Olup bitenlere veya olağan gibi görünen her şeye farklı şekilde bakmalısınız!

İki bilim insanı doğanın sesini duymakta gecikmedi. Max Planck (1858-1947) ve Albert Einstein (1879-1955). Bu bilim insanlarıyla birlikte, fenomenleri duyu organlarıyla anlamaya ve açıklamaya çalışmak yerine soyutlamaya ve idealleştirmeye dayanan açıklama biçimi kabul görmeye başladı. Bu yaklaşım artık yeni tarzda



Max Planck ve Albert Einstein

bilim yapma döneminin geldiğini gösteriyordu. Bu dönem, iki büyük kuramın ileri sürülmesiyle sonuçlandı. Dolayısıyla bu gelişmeler yeni yaklaşımın doğruluğunun kanıtı olarak kabul gördü. Kuramlardan birisi madde ve enerjinin temel birimlerini ele alan kuantum kuramı, diğeri de başta uzay ve zaman olmak üzere tüm evrenin yapısını ele alan görelilik kuramıdır. Kendi problem alanlarındaki fenomenleri uygun matematiksel denklemlerle anlatan bu kuramların açıklamalarını salt düşünsel yoldan ve büyük ölçüde düşünce deneyleriyle gerçekleştirmeleri, artık mekanik açıklamanın gereksinim duyduğu esir gibi varsayımsal maddi ortamlara gereksinim duymuyordu. Esir birdenbire ortadan yok olmuştu.

Gelecek sayıda kara cisim ışıması konusunu ele alacağız. ■

Kaynaklar

Barnet, L., *Evren ve Einstein*, Çeviren: Nail Bezel, Varlık Yayınları, İstanbul 1982.

Topdemir, H. G., *Işığın Öyküsü Mitolojiden Kuantum Elektrodinamiğine Işık Kuramlarının Tarihsel Gelişimi*, (4. Baskı), Ankara: TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 2019.

Doğa Fauna

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

Tibet Kum Tilkisi



Hindistan'ın Tibet platosu ile Çin ve Nepal'in bazı bölgelerinde yüksekliği 2.500 ile 5.200 metre arasında değişen kurak arazilerde zorlu şartlara uyum sağlamış bir tilki türü yaşar: Tibet kum tilkisi. Bu tilki türü genellikle çorak yamaçlarda, dere yataklarında ve çalılık yerlerde bulunur. Kaya yığınlarının yarıklarında veya kayaların altına kazdıkları yuvalarda barınırlar.

Boyları 55-70 cm, kuyruk uzunlukları 40-47 cm arasındadır. Tibet kum tilkilerinin rengi siyahtan kahverengiye, alacalı kızıl kahverengiden sarımsı turuncuya kadar değişir. Sırt bölgesinde sarımsı kahverengi bir şerit, kuyruk, ağız ve karın bölgesi üzerinde beyaz bir şerit bulunur. Çoğunlukla kemirgenleri, tavşanları ve küçük kuşları avlayarak beslenir.

Tibet kum tilkileri avladıkları kemirgen gibi küçük canlı popülasyonunun kontrolünde önemli rol oynar. Ayrıca yuvalarını kazarak toprağın havalandırılmasına da yardımcı olurlar. Tibet ve Nepal'in yüksek bölgelerinde yaşayan insanlar, bu tilkileri avlayarak kürklerinden rüzgâra ve soğuğa karşı korunmak için şapka yapar. Bundan dolayı soyları tehlike altına girme riskiyle karşı karşıyadır.

Gökyüzü

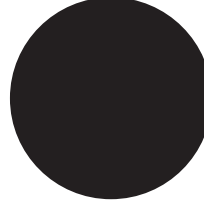
Prof. Dr. Faruk Soyduğan

[fsoydugan@comu.edu.tr]

05 Kasım
Son dördün



13 Kasım
Yeni ay



20 Kasım
İlk dördün



27 Kasım
Dolunay



Yıldızların Renkleri

Evrenin enerji reaktörleri olan yıldızları gözlemek, onların bilinmeyenlerini çözmek için kapılar aralıyor. İnsanlığın var olmasından bu yana doğal teleskoplar olan gözlerle ve 400 yıldan uzun süredir teleskoplarla yapılan gözlemler, yıldızların doğasını çözmemiz için veriler elde etmemizi sağlıyor. Son 40-50 yıllık zaman aralığında, her geçen gün daha etkin kullanılan uzay teleskopları da yıldızların hikâyesini çözmek için önemli katkılar sunuyor. Bir yıldızla beraber yaşadığımızı, gök adamız ve hatta gök adalarla dolu evrenin yapı taşının yıldızlar olduğunu bilmek; yıldızların doğasını anlamamızın ne kadar önemli olduğunu gösteriyor. Yıldızların izinden giderek önce bulundukları gök adaların yapılarına sonra da evrenin doğasına ilişkin ipuçları elde ediyoruz. Yıldız ışığı, kendisinden ayrıldıktan sonra yolda uğradığı veya geçtiği mekanların bilgilerini taşıyarak ve zenginleştirerek yola devam ediyor. Böylece kendi doğası ve oluştuğu ortamın özellikleri dışında bilgiler de barındırıyor. Yıldızları gözleyen gök bilimcilerin amacı teleskoplar ve bağlı alıcı sistemlerle bu ışığı kaydedip sonrasında bu saklı bilgiyi ortaya çıkarmak için çözümlemek oluyor.

Gece gökyüzüne baktığımızda gördüğümüz gök cisimlerinin çok büyük bir bölümü yıldızlardır. Büyük şehirlerin yapay ve bazen yanlış aydınlatılmasının neden olduğu örtü nedeniyle gördüğümüz yıldız sayısı çok az olsa da bu ışık kirliliğinden uzaklaşıp karanlık bir yerden gözlem yaparsak birkaç bin yıldız görebiliriz. Dikkatle bakanlar yıldızların farklı renklerde parladığını da ayırt edebilir. Maviden kırmızıya doğru renklerde ışıldayan binlerce yıldız... Peki yıldızlar gerçekten farklı renklerde mi? Bu sorunun cevabı için yıldızların yüzey sıcaklıkları ve dolayısıyla uzaya yaydıkları enerji konusunda bilgi sahibi olmamız gerekiyor. Profesyonel gök bilimciler, yıldızların renklerinden çok, onların yüzey veya atmosfer sıcaklıkları üzerinde dururlar. Bazen de renk indisleri (iki enerji bandı aralığında ölçülen parlaklıklar farkıyla belirlenir) denilen ölçümler, yıldızların renk veya sıcaklıkları için belirteç olarak kullanılır.

Yıldızların yüzey sıcaklıkları yaklaşık olarak 2.500 °C ile 40.000 °C aralığında değişir. Bu sıcaklıklara göre yıldızlar farklı dalga boyu aralıklarında farklı miktarda enerjiyi uzaya yayar. Planck enerji dağılımıyla temsil edilebilen sıcaklığa göre salınan



enerjinin dalga boyu veya frekansa göre değişimi, yıldızların rengi hakkında bilgi verir. Başka bir deyişle, yıldız hangi dalga boyu aralıklarında yoğun enerji yayıyorsa rengi buna göre farklılık gösterir. Örneğin, yüzey sıcaklığı 3.000 °C olan bir yıldız enerjisinin önemli bölümünü, düşük enerji bölgesinde yani görsel bölgenin kırmızı tarafı ve kızılötesi bölgede yayacağından kırmızı renkte görünür. Yüzey sıcaklığı 20.000 °C olan bir yıldızın ise daha yüksek enerji bölgesinde enerji yayması nedeniyle mavi renkte gözlenmesi beklenir.

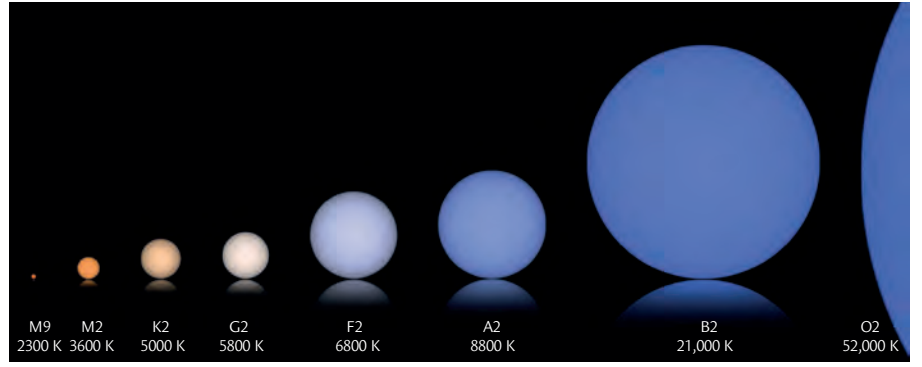
Yıldızların gözlenen rengi, onların doğasını doğru olarak yansıtır mı? Bu soru, yıldızları amatör veya profesyonel olarak gözleyip çözmeye çalışırken önemlidir. Bulutsuz bir gecede, ışık kirliliğinin olmadığı bir konumda gökyüzüne bakarsanız farklı

NASA

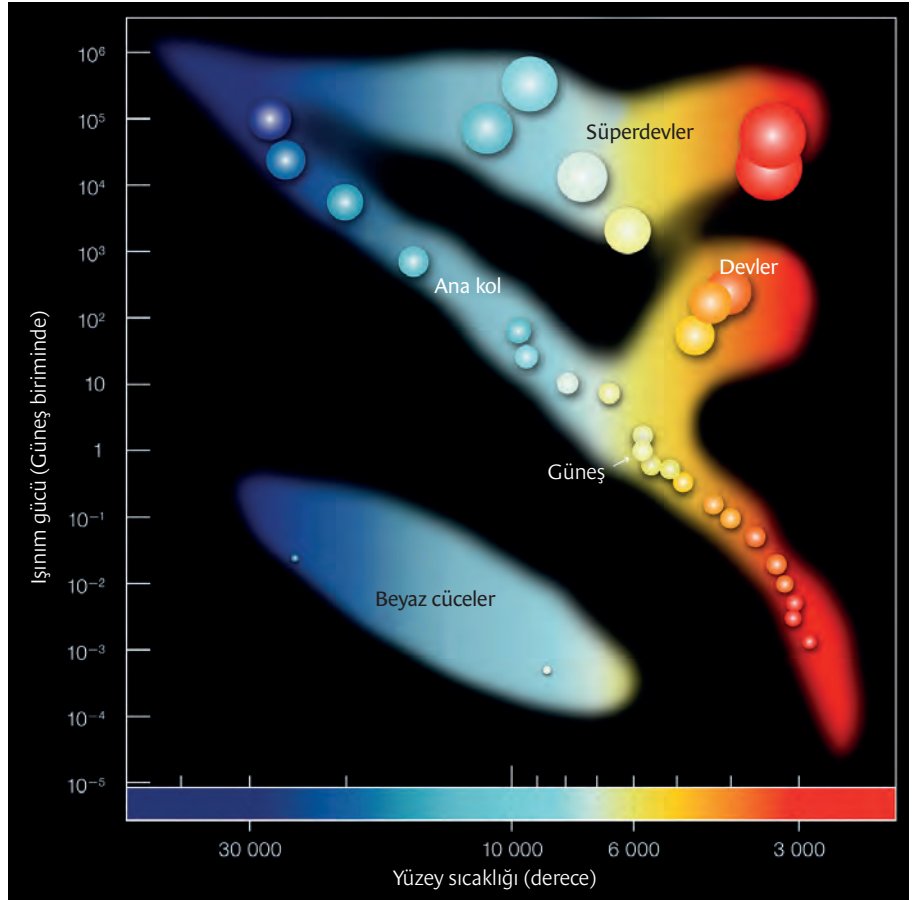
renklerde yıldızları gözleyebilirsiniz. Gözlemeye devam ederseniz bazı yıldızların renkten renge girdiğini de fark edebilirsiniz. Dünya atmosferinin yıldız ışığını saçması ve soğurması onların farklı renklerde titrer gibi görünmesine neden olur.

Bugünlerde, akşamın ilerleyen saatlerinde, doğu ufkuyla yükselmeye başlayan Avcı Takımyıldızı'ndaki Betelgeuse, tüm gece gökyüzünde görebileceğiniz Boğa'daki Aldebaran ve yaz aylarının dikkat çeken devi, Akrep'in kalbi Antares, kırmızıya çalan renkleriyle dikkat çeker. Çoban Takımyıldızı'ndaki altın görünümlü Arcturus, Arabacı'daki sarımsı Capella ve yine Avcı bölgesindeki mavi Rigel renk cümbüşüne katkı sunar. Bu renkler onların doğası ve özellikle yüzey sıcaklıkları hakkında önemli ipuçları sunar. Renk değerlendirmelerinde Dünya atmosferinin etkisiyle beraber gözlerimizin renk algısı ve Güneş'in yaydığı en yoğun enerji bandı birlikte göz önünde bulundurulmalıdır.

Atmosferin geçirgen olduğu ve Güneş'in en yoğun enerji yaydığı bölgelerden biri olan görsel bölge, yaklaşık 3.500 Å ile 7.000 Å dalga boyu aralığını kapsar. Yıldızların tamamı da görsel bölgede sıcaklığına göre az veya çok ışıma yapar. Ancak bu noktada gözün ışık kaynağının rengini algılayabilmesi için göz konisine yeterli miktarda ışık ulaşmalıdır. Bu nedenle, gökyüzünde parlak yıldızların (Vega, Sirius, Betelgeuse, Rigel, Antares vb.) renkleri ayırt edilebilirken sönük yıldızların renklerini ayırt etmekte zorlanırsınız ve onları beyaza yakın tonlarda görürsünüz. Bu saydığımız etkiler dışında yıldızları farklı renklerde görmemizi etkileyen birkaç etmen vardır.



Farklı sıcaklıklardaki (veya tayf türlerindeki) yıldızların renkleri (Harre ve Heller, 2021)

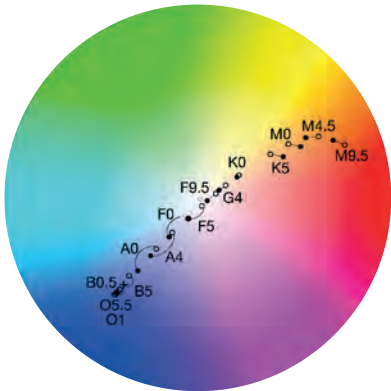


Farklı sıcaklıklardaki yıldızların Hertzsprung-Russell diyagramında renklerine göre konumları (ESA)

Özellikle çıplak gözle yapılan gözlemlerde, yıldız yılın hangi zamanında gözlediğimiz renk konusunda önem taşır. Kuzey yarıkürede, kış gökyüzünde, doğal renk tonlarını yansıtan daha fazla parlak yıldız gözlenebilir. Ayrıca, kışın eğer gökyüzü bulutsuzsa havanın daha soğuk olması nedeniyle çok daha temiz

(yıldız ışığını daha az etkileyen) bir gökyüzüyle karşılaşabiliriz. Dürbün ve mümkünse teleskop kullanarak yıldızlardan daha fazla ışık toplayabilir ve daha sönük yıldızların renklerini ortaya çıkarabiliriz. Profesyonel gök bilimciler, teleskoplara bağladıkları alıcı kameralar ve belirli dalga boyu aralıklarındaki ışığı kaydetmelerine olanak sağlayan filtreler

kullanarak, yıldızların renk indislerini elde ederler ve rengi bilimsel araştırmalarda kullanmak üzere sayısallaştırıp sıcaklığa dönüştürürler. Dünya atmosferindeki saçılma ve soğurma etkisine benzer süreçler yıldızlararası ortamdaki atom ve moleküller tarafından da ortaya çıkabilir ve bu nedenle yıldız rengi bir miktar kırmızı tona doğru kaymış gözlenebilir. Yıldızların gök ada içindeki hareketlerinde bize yaklaşma ve uzaklaşma hızları da (Doppler etkisi) onların farklı renklerde görünmesine neden olabilir. Yüksek hızla bizden uzaklaşan bir yıldızın ışığı, tayfin kırmızı bölgesine doğru; yaklaşan yıldızın ışığı ise tayfin mavi bölgesine doğru kayacaktır. Yıldızların sahip oldukları kimyasal içerik de onların renklerinin farklı gözlenmesine neden olur. Bunu yanan metallerin rengarenk alevler sergilemesine de benzetebiliriz. Bir yıldızın yaşam süresi onun kütlesine bağlı olarak değişir. Bu süreler, birkaç milyon ile milyarlarca yıl arasındadır. Yıldızların yaşamında, enerji üretim süreçlerindeki değişimler onların renklerinin de değişmesine neden olur. Örneğin Güneş, çekirdeğindeki hidrojeni bitirdiğinde genişleyerek kırmızı dev yıldız dönüşecektir.



Farklı tayf türlerindeki anakol yıldızlarının (2500 K-50.000 K sıcaklık aralığında) karacisim yaklaşımıyla elde edilmiş renkleri (Harre ve Heller, 2021)

Leonid (Aslan) Gök Taşı Yağmuru

Leonid gök taşı yağmuru, 55P/Tempel-Tuttle Kuyruklu Yıldızı'nın artıklarından oluşuyor. Bu kuyruklu yıldız, yaklaşık 3,6 kilometreye yayılmış bir çekirdek boyutuna sahip ve Güneş etrafındaki bir turunu 33 yılda tamamlıyor. Bu yılki Leonid yağmurunun kesin gerçekleşeceği tahmin edilse de tarihte yoğun yağmur dönemleri de yaşanmış. Örneğin, 1966 yılındaki Leonid yağmuru âdeta bir fırtınaya dönmüş ve 15 dakika içinde atmosferimize binlerce meteorun girdiği gözlenmişti. 3 Kasım - 2 Aralık tarihleri arasında yağmuru hatırlatacak bazı Leonid üyelerini (saatte yaklaşık 10 kadar gök taşı) gökyüzünde izleyeceğiz. Leonidlerin 17-18 Kasım gecesinde maksimuma ulaşması bekleniyor. Bu gece Ay akşam saatlerinde batmış olacak. Meteorların çıkış noktası Leo (Aslan) Takımyıldızı sınırları içinde yer alıyor (çıkış noktası koordinatları: sağ açıklık = 152° ve dik açıklık = +22°). Leonidlerin Dünya'ya giriş hızları saniyede yaklaşık 71 km olacak. Yağmurun çıkış noktasının Aslan Takımyıldızı bölgesi olduğu da dikkate alınırsa Leonid gözlemi için gece yarısından itibaren bir gözlem programı yapmak gerekiyor.

Bizim yıldızımız Güneş'e dönerek yıldızların rengini bizim için en parlak görünen gök cismi üzerinden tekrar değerlendirelim ve yıldızların neden farklı renklerde görüldüğünü her gün gözleyebildiğimiz Güneş'e bakarak gözden geçirelim. Dünya atmosferinin yıldız renklerindeki etkisini Güneş açık şekilde gösterir. Güneş bazen sarı bazen turuncu ve bazen de kırmızı renklerde gözlenir. Aslında yıldızımız beyazdır. Hâlbuki Güneş, elektromanyetik tayfin görünür bölgesindeki tüm renklerde ışınım yayar. Ancak enerji dağılımının maksimum olduğu dalga boyu görünür bölgede yeşil renge karşılık gelir. Peki Güneş'i neden yeşil görmüyoruz? Güneş'in yeşil görünmesi için ondan sadece yeşil renkte ışınım almamız gerekir. Güneş görünür bölgenin tüm renklerinde ışınım gönderir ve bu nedenle görünür rengi tüm renklerin kombinasyonu olan beyaz olmalıdır. Tabii ki Dünya atmosferinin etkisi olduğundan, onu çoğunlukla sarıya yakın bir renkte gözleriz. Benzer bir nedenden dolayı yeşil dışında mor tonlarında da

yıldız gözleyemeyiz çünkü atmosfer bu bölgede büyük ölçüde geçirgen değildir ve gözümüz bu renkte olabilecek çok sıcak yıldızları mavi olarak algılar.

Sonuç olarak, gökyüzündeki yıldızların sıcaklıklarına bağlı olarak ortaya çıkan enerji yayımları veya tayfları onların doğal renkleri hakkındaki en önemli veri kaynaklarıdır. Bunun yanında, farklı dalga boyu aralıklarında ölçülen parlaklık farklarından elde edilen renk indisleri de renkler hakkında önemli bilgi verir. Ancak Dünya atmosferinin geçirgen olduğu enerji aralığı, gözümüzün renk duyarlılığı, kullanılan optik aletler, gözlediğimiz yıldızın gökyüzünde ufuktan ne kadar yüksekte olduğu, yıldızın gök ada hareketi sırasında bizden uzaklaşma veya yaklaşma hızı ve benzeri çok sayıda değişken yıldızların gözlenen rengi üzerinde etkilidir. Özetle, yıldızların gözlenen renkleri genellikle onların doğal renkleri değildir ve doğal renge ulaşmak için profesyonel olarak planlanmış bilimsel araştırmalara ihtiyaç duyulur.

Ayın Önemli Gök Olayları

- 07 Kasım** Ay Dünya'ya en uzak konumunda (404.569 km)
- 09 Kasım** Ay ve Venüs gün doğumundan önce doğuda birbirlerine çok yakın görünümde
- 20 Kasım** Ay ve Satürn birbirlerine yakın görünümde
- 22 Kasım** Ay Dünya'ya en uzak konumunda (369.819 km)
- 25 Kasım** Ay ve Jüpiter birbirlerine yakın görünümde



25 Kasım gün batımında doğu gökyüzü

1 Kasım 23.00
15 Kasım 22.00
30 Kasım 21.00



Gezegenler

Merkür: Gökyüzünde Güneş'in doğusunda bulunan gezegen artık gün batımında batı gökyüzünde. Fakat gezegen ufuktan fazla yükselemediği için ancak ayın son haftası ve iyi gözlem koşullarında ufka yakın olarak görülebilecek. Gezegenin parlaklığı önceki aylara göre hafifçe artmış durumda.

Venüs: Son derece parlak bir şekilde gün doğumundan yaklaşık dört saat önce doğudan yükselen gezegen, ay boyunca doğuda uzun sürelerle gözlenebilecek. Gezegeni TÜRSAT 4A uydusu ile yan yana görüntülemek isteyen astrofotoğrafçılar 25 Kasım

sabaha karşı 05.55 - 06.05 arasında teleskoplarını ve kameralarını doğu ufkuza doğrultabilirler.

Mars: Gökyüzünde batıya doğru günden güne Güneş'e daha yakın konuma gelen gezegen ayın sonuna doğru Güneş'in batısına geçmeye başlıyor. Sabahları gün doğumundan önce gözlenebilir olması için gelecek ayın sonunu beklemek gerekiyor.

Jüpiter: Ayın başında gün batımında doğudan yükselen gezegen tüm gece hayli parlak bir şekilde gökyüzünde. Günler ilerledikçe gökyüzünde yıldızlara göre konumu batıya doğru

ilerleyecek. Kasım sonuna gelindiğinde artık gün batımında doğudan yükselmiş olacak ve ancak gün doğumundan üç saat öncesine kadar gökyüzünde kalacak.

Satürn: Ayın başında gün batımında gökyüzünün güneydoğu bölgesinde yükselmiş olan gezegenin gözlem süresi yavaş yavaş azalmaya devam edecek. Parlaklığı bu ay değişmeyecek. Kasımın son günlerinde ise gecenin ilk yarısında gözlenebilecek ve gece yarısına varmadan batacak.

Düşünme Kulesi

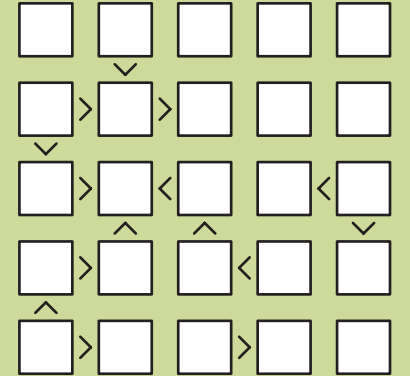
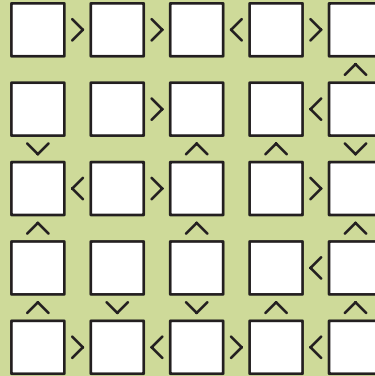
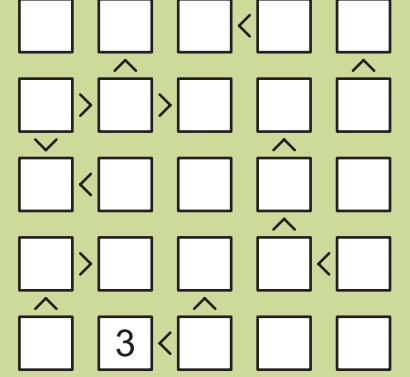
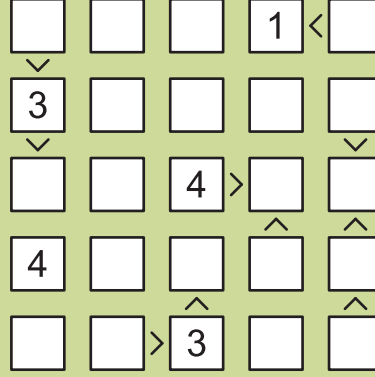
Ferhat Çalapkulu [dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr]

Ayın Oyunu: Futoşiki

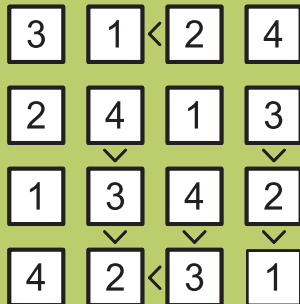
Futoşiki Oyununun Kuralları

Her satırda ve sütunda
1'den 5'e (örnek için 1'den 4'e)
rakamlar tam olarak birer kez
yer alacak şekilde diyagramı
doldurun.

Hücrelerdeki rakamlar
arasındaki ilişki
büyük > ve küçük < işaretleri
ile belirtilmiştir.

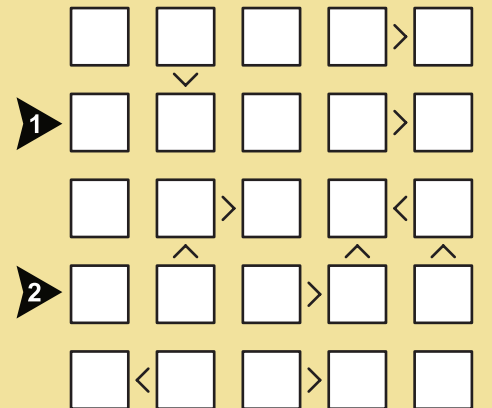


Futoşiki - Örnek Çözüm



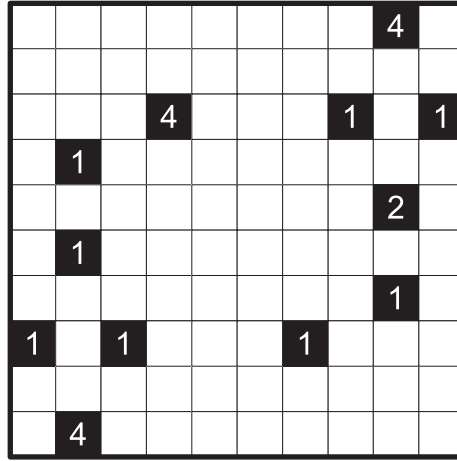
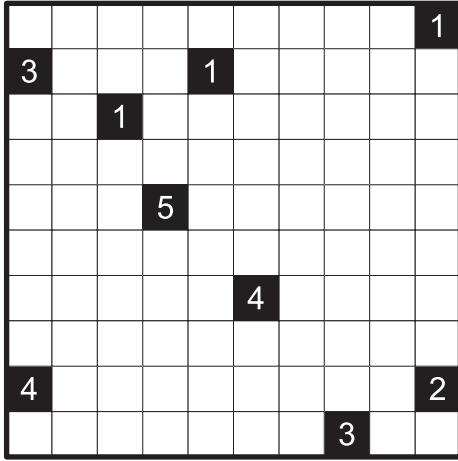
Ödüllü soru

▼ Futoşiki 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
Göç başlıklı kitap hediye edilecek. Çekiliş
sonuçları dergimizin Facebook ve
Twitter hesaplarından önümüzdeki ayın
ilk haftasında duyurulacak. Geçen ayın
ödüllü Ardışık Sudoku sorusunu doğru
yanıtlayan ve kitap ödülü kazanan
okurlarımızın listesi Facebook ve Twitter
hesaplarımız üzerinden duyuruldu.
bilimteknik.tubitak.gov.tr



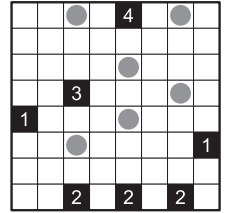
Ok doğrultusundaki içeriği yazın.
Örnek çözümün ilk satırı 3124 şeklinde
yazılmalıdır.

Deniz Feneri: İçlerinde sayı yazan kareler deniz fenerlerini ifade etmektedir. Her fener dikey ve yatayda gördüğü gemilerin sayısını göstermektedir. Gemiler 1x1 boyutunda yer kaplamaktadır ve hiçbir gemi diğerinin aydınlanmasını engellememektedir. Gemiler birbirlerine ve fenerlere çaprazdan dahi komşu değildir. Gemilerin yerlerini bulunuz.

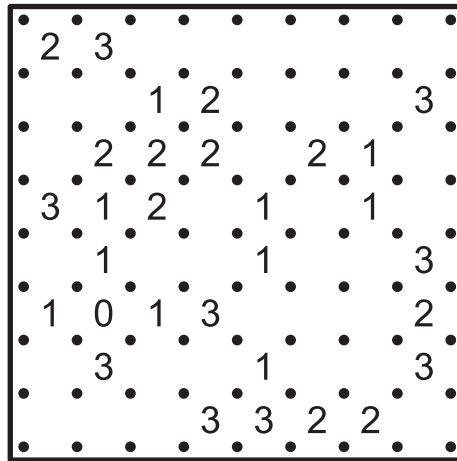
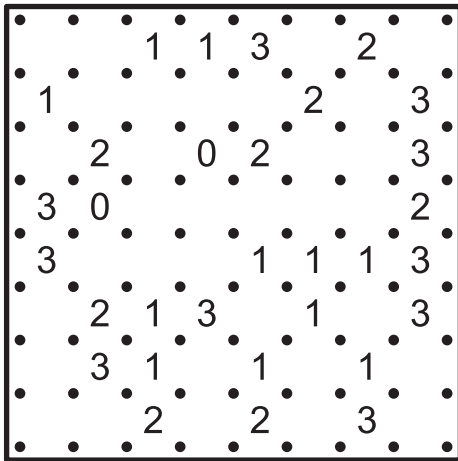


Deniz Feneri

Örnek Çözüm

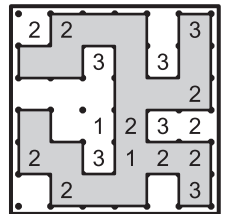


Çit: Noktaları yatay veya dikey çizgilerle birleştirerek kapalı tek bir çit oluşturun. Rakamlar bulundukları hücrenin kaç kenarında çit parçası olduğunu göstermektedir.

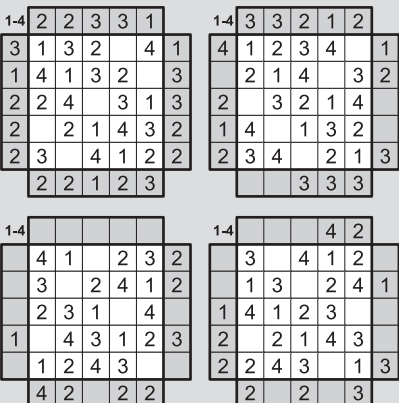


Çit

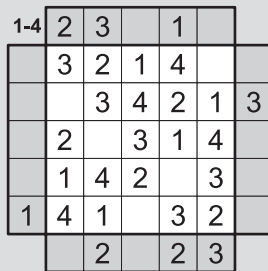
Örnek Çözüm



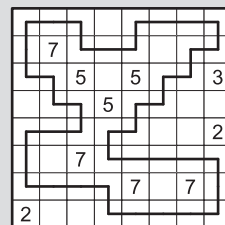
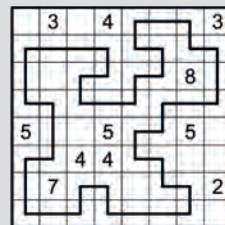
Geçen Sayının Çözümleri



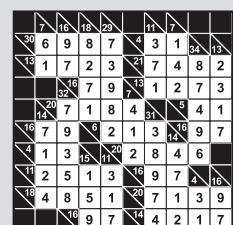
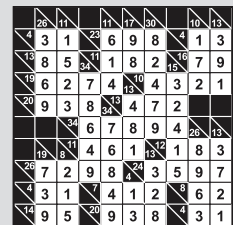
Boşluklu Apartmanlar



Ödüllü Soru: Boşluklu Apartmanlar



Yol Oluşturma



Kakuro

Satranç

Kıvanç Çefle [bsatranc@tubitak.gov.tr]

Oyunsonu Veri Tabanları

Satrançla ilgilenen hemen herkesin aklına gelen ama cevabı henüz bilinmeyen bir soru vardır:

Satranç oyunundaki standart başlangıç pozisyonundan itibaren, iki taraf da sürekli en mükemmel hamleyi oynarsa oyun nasıl sonuçlanır? Yani beyaz da siyah da her hamleyi mutlak bir doğrulukla oynarsa kim kazanır? İnsanın zihinsel sınırlılıkları düşünüldüğünde (varyantları kesin olarak hesaplayamamak, dalgınlıkla yapılan hatalar vs.) bilgisayar yardımı olmaksızın bu soruyu yanıtlamak imkânsız. Ama satrançtaki olasılıklar

o kadar çok ki bilgisayarların da hesaplama gücünün yetersiz kalabildiğini, örneğin “hisar formasyonlarını” yanlış değerlendirdiklerini biliyoruz. Ancak ileride bilgisayarlar çok daha da güçlendiğinde, mutlak doğrulukla oynanan bir oyunun sonucunun ne olduğunu öğrenebileceğiz. İşte ancak o zaman “satranç oyunu çözüldü” diyebileceğiz. Aslında, bir başka kadim strateji oyununda, muhtemel pozisyonların sayısının satranca göre çok daha az ama yine de çok yüksek (5×10^{20}) olduğu İngiliz damasında mutlak doğrulukla oynanan bir oyunun beraberlikle

biteceği henüz 2007 yılında bilgisayar analizleri sayesinde belli olmuştu (dama değişik ülkelerde farklı kurallarla oynanıyor, İngiliz daması bildiğimiz Türk damasından farklı). Ama satranç ve hele ki (19x19 boyutunda bir tahtada oynanan) Uzak Doğu strateji oyunu Go için hâlâ çok uzun bir yol var gibi görünüyor.

Peki bu konuda hiç mi bir şey bilmiyoruz? İşte bu noktada oyun sonu veri tabanları (endgame tablebases) sınırlı da olsa bize yardımcı olabiliyor. “Sınırlı” dedik, çünkü bugün için ancak belirli sayıda taş içeren pozisyonlar sonuna kadar analiz edilmiş

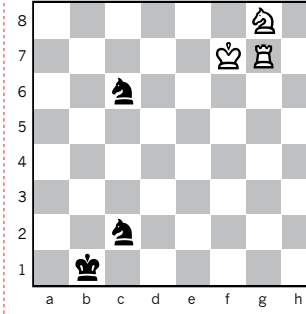
ve hangi pozisyonda kimin kazanacağı ya da maçın beraberlikle sonuçlanacağı ve hangi hamlelerin oynanacağı biliniyor. O sayı da şimdilik yedi. Yani günümüzde yedi ya da daha az sayıda taş içeren bütün pozisyonlar için, mutlak doğrulukla oynanan bir oyunun nasıl biteceği bilgisine sahibiz. İyi bir haber olarak, bu veri tabanlarından bazılarının internet ortamında genel erişime açık olduğunu da belirtelim. Örneğin yedi taş kadar olan pozisyonları kapsayan “Syzygy endgame tablebases” (<https://syzygy-tables.info/>) ve altı taş kadar olanları kapsayan

“Shredder Chess Endgame Database” (<https://www.shredderchess.com/online/endgame-database.html>) web sayfaları gibi. Bu sayfalara bağlanıp da belirli bir pozisyonu girdiğinizde, en doğru hamlelerle oyunu kimin kazanacağı ya da oyunun beraberlikle mi biteceği anında karşınızda belirir. Yalnız bu da değil, kazanç için matı en çabuk sağlayan hamle (ya da hamleler) de görülebilir. Bu mutlak doğru hamleler, daha önce yapılan analizler sonucunda elde edilmiş olup uzaktaki bir bilgisayarın belleğine yüklenmiştir. İşte bu yüklü hâlde hazır olan bilgiye de “oyun sonu veri tabanı” diyoruz.

Veri tabanları çok ilginç bazı bilgileri gün ışığına çıkarıyor. Örneğin, 19. yüzyılda yaşamış ünlü oyun sonu teorisyenleri Bernard Horwitz ve Josef Kling Şah + iki fil/Şah + at finallerinde savunan tarafın bir hisar oluşturarak beraberliği savunabileceğini iddia etmişlerdi ve o zamandan beri bunun doğru olduğuna inanılıyordu. Oysa ki oyun sonu veri tabanları bu finallerin hemen her zaman kazançla sonuçlanacağını ve üstün tarafın en geç 78 hamlede mat edebileceğini ortaya koydu. Diğer yandan, ünlü etütçü Aleksey Troitzki Şah + iki at / Şah + piyon finallerinin, piyonun “Troitsky çizgisini” geçmemiş olması koşuluyla kazançla sonuçlanacağını ayrıntılı analizlerle ortaya koymuştu. Bu kez veri tabanları Troitzky’yi doğruladı ama pozisyona bağlı olarak mat etmek 115 hamleyi bulabiliyordu.

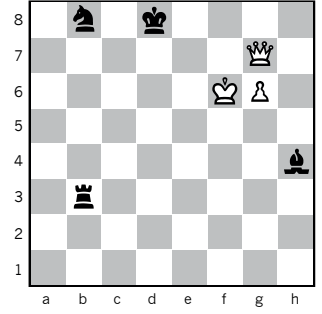
Altı taş içeren ve hamle sırasının beyazda olduğu aşağıdaki pozisyon (Diyagram 1) ise bir diğer ilginç örnek.

Diyagram 1



Amerikalı bilgisayar bilimci Lewis Stiller tarafından “keşfedilen” ve 1991 yılında doktora tezinde yayınlanan bu pozisyon için veri tabanları beyazın en geç 262 hamlede mat edeceğini söylüyor! Üstelik bu pozisyonda kazandıran tek bir hamle var, o da 1. Şe6!. Neden başka bir hamle değil de 1. Şe6? İnsan zihninin cevaplamakta aciz kaldığı bir soru. Belki de bu nedenle veri tabanlarındaki hamlelere “Tanrı’nın hamleleri” diyenler var. Stiller’in pozisyonu “mata olan mesafe” (MOM) açısından o dönemde bir rekordu. Ancak ABD’li fizikçi Marc Bourzutschyk ve Rus bilgisayar programcısı Yakov Konoval’ın beraberce oluşturdukları yedi taşlı veri tabanında MOM’un 549 hamle olduğu aşağıdaki pozisyonu keşfetmeleriyle bu rekor yenilendi (Diyagram 2):

Diyagram 2



Diyagram 2’de beyaz şah çekilmiş olduğunu görüyoruz. Beyazın tek doğru yanıtı 1. Şf5. Beyaz ancak bu hamleyle kazanabiliyor, hatta 1. Şf7 oynarsa yeniliyor çünkü 1...Kb7+ var! Sonradan bu rekor da kırıldı: Henüz oluşturulma aşamasındaki sekiz taşlı veri tabanında şimdiden MOM’un en az 584 hamle olduğu bir pozisyon bulundu.

Bu gelişmelerden bazılarının pratik oyun açısından kullanılabilirliği sınırlı olsa da oyun sonu teorisi açısından önemli, ayrıca bu tespitler satrancın ne kadar karmaşık ve gizemli bir oyun olduğunu da gösteriyor.

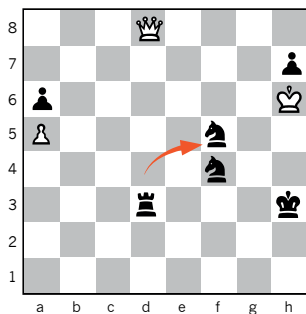
Tahmin edilebileceği gibi, veri tabanlarının en önemli kullanım alanlarından biri etütlerin doğruluğunu test etmek. Bilindiği üzere, etütlerin de tıpkı problemler gibi tek bir çözümü olması gerekir. Diyelim ki,

“beyaz kazanır” şeklindeki bir etütte etütçünün tasarladığının dışında, beyazın ikinci bir yolla da kazandığı bir devam yolu bulundu ya da siyahın beraberliği sağlayan gözden kaçmış bir hamlesi olduğu anlaşıldı. İşte böyle bir etüt için İngilizce literatürde “cooked” deniliyor. Türkçe karşılığı “pişirildi” olan bu sözcüğün satranç terminolojisine neden ve nasıl girdiği kesinlikle bilinmiyor ama kesin olan bir şey var ki onca emek verdiği etüdün “cooked” olduğunun anlaşılması etütçülerin en büyük kâbusu. Veri tabanlarının kullanıma girmesiyle geçmişte kurulan birçok güzel etüdün de akıbeti ne yazık ki “pişirildi”. Aşağıdaki pozisyonda (Diyagram 3) bunlardan birinin final sahnesini görüyoruz:

Diyagram 3

J. van den Ende

Tijdschrift v. d. KNSB, 1938



Beyaz oynar ve berabere kalır.

Diyagram 4’te siyahın d4’te duran atını f5’e getirerek şah çekmiş olduğunu, bir yandan da kalesiyle beyaz veziri tehdit ettiğini görüyoruz. Etüdün giriş bölümünden sonra ortaya çıkan bu pozisyonda kurgucunun tasarladığı bitiş şöyle: **9. Şxh7 Kxd8 pat.**

Burada 9. . .Kxd8 hamlesi o kadar doğal ve zorunlu görünüyor ki arada geçen bunca yılda (etüdün yayınlanış tarihi 1938!) kimse siyahın başka bir seçeneği olup olmadığını değerlendirmemiş. İşte Bourzutschyk bu pozisyonu sekiz taşlı veri tabanında araştırmış ve siyahın **9...Kd6!!** ya da **9...Kg3!!** hamleleriyle oyunu kazanabildiğini görmüş. Örneğin **9...Kd6!!** hamlesinden sonra bir devam yolu şöyle olabilir: **10. Vc8 Şg4 11. Vd8 Ad5 12. Vg8+ Şh5 13. Ve8+ Şg5 14. Vg8+ Şh4 15. Vg1 Kd7+ 16. Şg8 Kg7+ 17. Şf8 Kg7+** ve siyah kazanır.

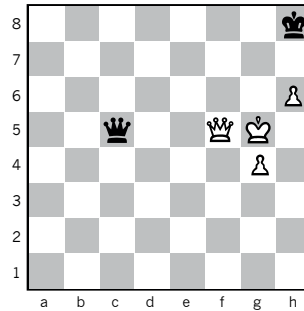
Veri tabanları gerçek oyunların analizinde de yol gösterebiliyor. Örneğin, Magnus Carlsen ve Georg Meier arasında 2022 yılında oynanmış bir oyunda ortaya çıkan altı taşlı bir oyun sonunda siyahın kesin bir beraberlik fırsatını kaçırdığını veri tabanları söylüyor:

Diyagram 4

Carlsen-Meier

44. Açık Satranç

Olimpiyatı, 2022



Meier bu pozisyonda **78...Ve3+** oynadı ve kaybetti: **79. Vf4 Vc5+** (79. . .Va7 80. Şg6 Vh7+ 81. Şf6 Va7 82. Ve5 Şh7 83. Ve7+ Vxe7+ 84. Şxe7 Şxh6 85. Şf6+-) **80. Şg6** ve siyah terk etti. Şahın köşeye sıkışmış hâli beraberlik şansı tanımıyor. Buna rağmen siyah yarım puanla eve dönebilir miydi? Evet! Sessiz 78. . .Vc7!! hamlesi siyahı kurtarırdı:

79. Vf6+ (79. Şg6 Vf7+ 80. Şg5 Vc7=) 79. . .Şh7 80. Şh5 (80. Vg7+ Vxg7 81. hxg7 Şxg7) 80. . .Vh2+ 81. Şg5 Vd2+ 82. Vf4 Vd8+ 83. Şh5

Ve8+ 84. Şh4 Ve1+ 85. Şg5 Ve7+ 86. Vf6 Ve3+ 87. Vf4 Ve7+ 88. Şh5 Ve8+ 89. Şh4 Ve1+ beraberlik.

Elbette, zamanın sınırlı olduğu gerçek bir pozisyonda Meier’in bu devam yolunu görememesini doğal karşılamak gerek. Oyun sonu veri tabanları ile ilgili “şimdilik” yazacaklarımız bu kadar. Sekiz taşlı veri tabanının tamamlanmasıyla birlikte mutlaka yeni ve şaşırtıcı bilgilere ulaşacağız. İleride bunları da sizlerle paylaşmak dileğiyle. . .

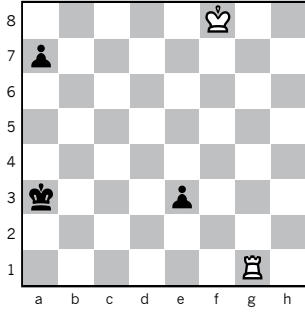
Ayın Etütleri

Aşağıdaki etütleri yukarıda adreslerini verdiğimiz veri tabanları yardımıyla çözmeye çalışın. Ama unutmayın, veri tabanları size hangi hamlenin en iyi hamle olduğunu söyler, neden bunun en iyi hamle olduğunu bulmak yine size kalacak.



Diyagram 5

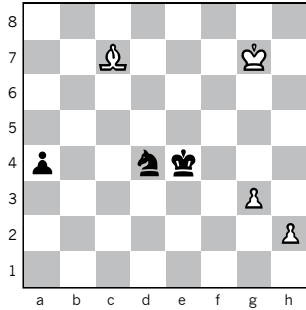
V. Sokov
Schachmatny, 1940



Beyaz oynar ve kazanır.

Diyagram 6

Vitold Yakimchik, 1958



Diyagram 6'da görülen pozisyonu Yakimchik bir beraberlik etüdü olarak kurmuş. Yani onun çözümünün ana varyantında beyaz şu şekilde berabere kalabiliyor: **1. Fa5 Şd3! 2. Fb4 Şc4 3. Fa3 Şb3 4. Fc1**

Ae2 5. Fg5 a3 6. Ff6!

Ac3 7. h4! a2 8. h5

a1=V 9. h6 Va7+ 10.

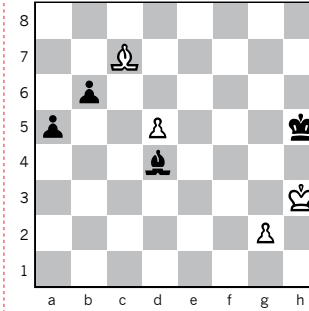
Şg6 Vc7 11. h7 ve beraberlik. Ancak bu çözüm hatalı; çünkü siyah, kurgucunun hesaba katmadığı bir hamle ile kazanabilir. Sizden istediğimiz kurgucunun göremediği bu hamleyi bulmanız. Veri tabanı kullanmak serbest! Ama bunun için yedi taş kadar olan pozisyonları kapsayan Syzygy veri tabanına ulaşmanız gerekiyor.

Geçen Ay Sorulan Etütlerin Çözümleri

Geçen ay size Avusturyalı ünlü etütçü Alois Wotawa'yı tanıtmış ve çözmeniz için size onun iki etüdünü sunmuştuk. Şimdi bunların çözümlerini veriyoruz.

Diyagram 7

Schach Magazine,
1951



Beyaz oynar ve kazanır.

Taraflar materyal olarak eşit gözükse de beyazın d5'teki geçer piyonu önemli bir koz. Ancak bunu kazanca dönüştürmek için beyaz taktik olanaklardan ustaca yararlanmak zorunda.

Çözüm:

1. d6 Fe5! 2. Fb8!

Beyaz 3. d7 oynamakla tehdit ediyor.

2...Ff6 3. d7 Fd8

3...a4 4. Fc7 a3 5. d8=V Fxd8 6. Fxd8 a2 7. Ff6 +.

4. Fg3!

Güzel bir bekleme hamlesi: 4. g4+? yanlış olurdu: 4...Şg6 5. Fg3 Şf7! 6. Fh4 Fxh4 7. Şxh4 Şe7 8. g5 Şxd7 ve beraberlik.

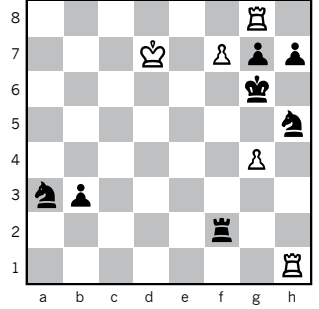
4...a4 5. Fh4! Fxh4 6.

g4+ Şg5 7. d8=V+

ve beyaz kazanır.

Diyagram 8

Deutsche Schachzeitung, 1960



Beyaz oynar ve kazanır.

Çözüm: **1. f8=V**

1. gxh5+? Şxf7 2. Ka8 b2 3. Kxa3 Kd2+ 4. Şc6 Kc2+ 5. Şb5 Kc1=

1...Kxf8

1...Af6+ 2. Şc8 Kc2+ Şb7+; 1... Kf7+ 2. Vxf7 Şxf7 3. Kb8 Af6+ 4. Şd8 Axd4 5. Kxb3 Ac4 6. Kxh7 +.

2. gxh5+

2. Kxf8? Af6+ 3. Şc8 b2=.

2...Şf7 3. Kh8!!

Çok ilginç bir hamle! Beyaz 4. Kf1# ile mat tehdidinde bulunuyor ama kalesini de ölü bir noktada (h8) feda ediyor. Diğer yandan 3. Kxf8+ yalnızca beraberlik getirir: 3...Şxf8 4. Kf1+ Şg8 5. h6 gxh6 6. Şe7 h5 7. Kg1+ Şh8 8. Şf7 h6 9. Şg6 b2=.

3...Kxh8

3...b2 4. Kf1#.

4. Kf1+ Şg8 5. h6! gxh6

5...g6 6. Şe7 ve sonraki hamlede mat.

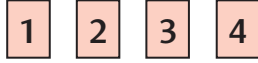
6. Şe7 Şg7 7. Kg1#. Gerçek bir oyunda ortaya çıkması çok zor bir mat pozisyonu!

Böylece 3. Kh8!! hamlesinin nedeni de ortaya çıktı: h8 karesinin bloke olmasını sağlayarak bu ilginç mat pozisyonunu hazırlamak.

Zekâ Oyunları

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

SAYILI KUTULAR



Bir bilgisayar oyununda ekranda 1'den 4'e kadar olan sayıların yazıldığı kutular bulunmaktadır. Göreviniz kutulardaki sayıları "1-2-3-4" konumundan "4-3-2-1" konumuna getirmek.

- Her adımda ekrandaki kutulardan herhangi birine dokunabilirsiniz.
- Bir kutuya dokunduğunuzda o kutudaki ve bitişiğinde bulunan kutulardaki sayılar birer sayı artıyor. (Eğer kutudaki sayı 4 ise, arttığında başa dönüyor ve 1 oluyor.)

Bu işlemi en az kaç adımda gerçekleştirebilirsiniz?

Eğer soru üç kutu için benzer biçimde sorulsaydı olası bir çözüm aşağıdaki gibi olacaktı ve cevap 3 olacaktı.

Başlangıç	1	2	3
1. adım	1	2	3
2. adım	2	3	3
3. adım	3	1	3
bitiş	3	2	1

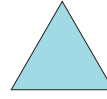
10 RAKAM

Bir toplama işlemi oluşturacaksınız. Koşulumuz, toplayacağınız iki sayıda ve elde edeceğiniz sonuçta 0 ile 9 arasındaki 10 rakamın tam olarak birer kez kullanılmış olması.

Örnek: $269+784=1053$, Fark=515

Bu koşula göre oluşturulabilecek işlemler arasında toplanan iki sayının farkının (büyük sayı-küçük sayı) en küçük olduğu toplama işlemini bulunuz.

DÜZGÜN BEŞGEN



Beş adet eşkenar üçgen kullanarak bir düzgün beşgen elde ediniz. Koşulumuz elde edeceğiniz beşgenin çevresinin bir üçgenin çevresine eşit olması.

SKOR

Tuttuğunuz futbol takımının maçını izlerken gol atıldıkça skorları bir kâğıda yazıyorsunuz. 4-2 sonuçlanan bir maçın skorları kaç farklı biçimde yazılabilir?

Soru 2-1 biten bir maç için sorulsaydı cevap 3 olacaktı. (0-0, 1-0, 2-0, 2-1) (0-0, 1-0, 1-1, 2-1) (0-0, 0-1, 1-1, 2-1)

DÖRT FUTBOLCU

Her biri farklı sayıda gol atan dört futbolcunun toplam gol sayısı 25'tir. Hiçbir futbolcu çiftinin attıkları gol sayılarının farkı 4'ten büyük olmadığına göre her futbolcunun kaç gol attığını bulunuz.

SAYI OLUŞTUR

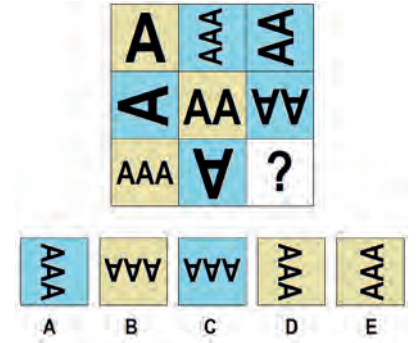
Her rakamı farklı olan bir sayı oluşturacaksınız. Yan yana bulunan her iki rakam için şu kurallar geçerli olacak:

- İki birden tek ya da ikisi birden çift olamaz.
- Yazılışlarındaki baş harfleri dikkate alındığında ikisi birden sesli ya da ikisi birden sessiz harf olamaz.
- Yazılışlarındaki harf sayısı aynı olamaz.

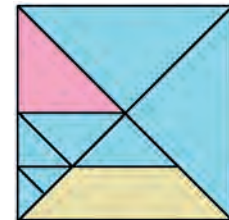
Bu kurallara uyan en büyük sayıyı bulunuz.

SORU İŞARETİ

Soru işaretinin yerine aşağıdakilerden hangisi gelecek?



ALANLAR



Şekildeki tüm üçgenler dik üçgendir. Pembe renkli alan 2 birim kare olduğuna göre sarı renkli alanı hesaplayınız.

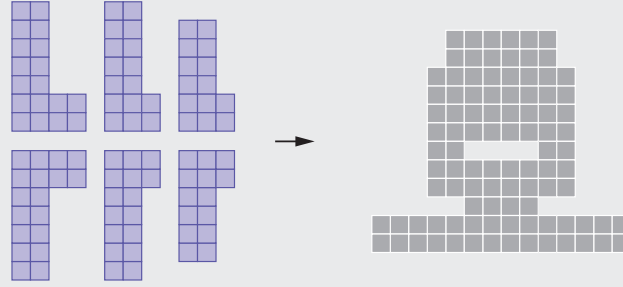
YİRMİ BEŞ TOP YEDİ KUTU

25 topu 7 kutuya dilediğiniz gibi yerleştireceksiniz ve kutularda bulunan top sayılarını birbirleriyle çarpacaksınız. Elde edeceğiniz sonuç en fazla kaç olabilir?

Top konulmamış olan kutular çarpıma dahil edilmeyecektir.

ALTI "L"

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



GEÇEN SAYININ ÇÖZÜMLERİ

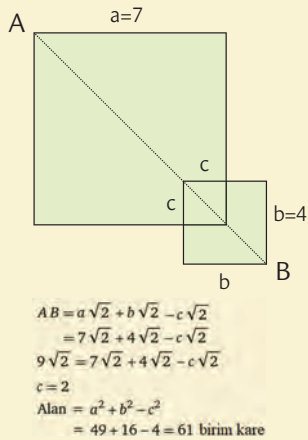
HATALI SAYI

Hatalı olan sayı 12'dir.
Doğrusu 14 olmalıdır.
Kural: Bir önceki terimi 3 ile çarpıp 1 çıkar.

1	2	5	14	41	122	...
---	---	---	----	----	-----	-----

ÇAKIŞIK DİYAGONALLER

Toplam alan 61 birim karedir.

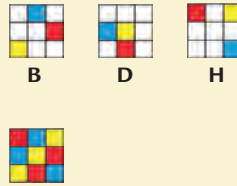


İKİ EŞİTLİK

a=5, b=3, c=2

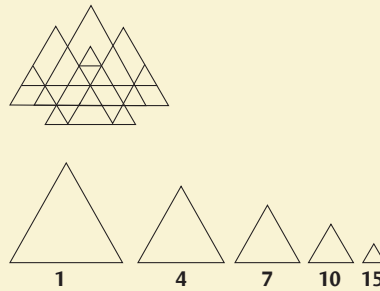
RENKLİ SUDOKU

BDH



ÜÇGENLERİ SAY

37 üçgen var.



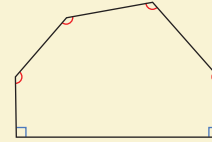
TAM KARE SAYI

1681
1681=41x41
81=9x9
16=4x4

DIŞBÜKEY ÇOKGEN

En çok 6 kenarlı olabilir.

Örnek



SORU İŞARETİ

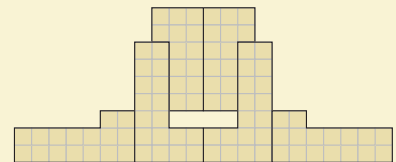
E gelecek.



GOL ATMAMA OLASILIĞI

İkisinin de gol atmama olasılığı 1/6'dır.
(1-1/3)x(1-3/4)=1/6

ALTI "L"



Yayın Dünyası

İlay Çelik Sezer [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Matematiğin Aydınlık Dünyası

Ali Sinan Sertöz

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
Yetişkin Kitaplığı, 2023 (35. Basım)

Matematik, hayatı dolu dolu yaşamış insanların sevinç, üzüntü, başarı ve yenilgileriyle oluşturdukları bir insanlık macerasıdır. Bu kitapta, bir kısmı topraklarımızda geçen bu büyük insanlık macerasının öyküsünü bulacaksınız. Ali Sinan Sertöz, “Matematiğin Aydınlık Dünyası”nı eşi Zehra Tülin Sertöz ile birlikte TRT için hazırladığı aynı adlı belgesele dayanarak kaleme almıştır.



Adım Adım Bilgisayar Bilimi - Bilgisayar, Kodlama ve İletişim Hakkında Açıklayıcı ve Benzersiz Bir Rehber

Editör: Steven Carton
Çeviri: Celâl Demirel

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

Teknolojik yeniliklerin baş döndüren hızına yetişin! Kodlama ve programlama şimdi çok daha anlaşılır ve kolay! Artık yepyeni ve heyecan verici bir dijital dünyada yaşıyoruz. Teknoloji, olağanüstü imkânlarla birlikte karmaşık ve endişe verici gelişmeleri de beraberinde getiriyor. Bu kitap; hem çocuklara hem de ebeveynlere donanım, yazılım, kodlama dilleri, sosyal medya ve çok daha fazlası hakkında bilgi ve öneriler sunuyor.



Şaşırtıcı Gerçekler - Mühendislik

Noodle Fuel
Çeviri: Dilek İşler Hayırlı
Çizer: Luke Newell

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

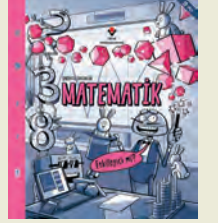


Evrendeki en tuhaf ve en heyecan verici mühendislik okulu GigaSmartZ BrainBot Academy'ye hoş geldin! Bu akademinin içinde mühendislerin dünyamızı daha iyi bir yer hâline getirmek için deney yaptığı, tasarladığı ve inşa ettiği farklı yollarda sana baş döndürücü insansı robotlar rehberlik edecek. Bir yandan da robotların birbirine yaptığı komik şakaları göreceksin! Gökdelenlerin nasıl ayakta durduğunu, robotların bütün gün nasıl çalıştığını, uçakların yerden nasıl havalandığını ve insanların uzayda nasıl iletişim kurduğunu keşfedeceksin. Çünkü harika robotlar harika beyinlerin gelişimini destekler.

Şaşırtıcı Gerçekler - Matematik

Noodle Fuel
Çeviri: Hira Doğrul
Çizer: Luke Newell

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



Bu kitapta robotlarımız size rakamların, denklemlerin, kesirlerin ve geometrinin harika dünyasında rehberlik edecek. Ayrıca, asal sayıların ne kadar şaşırtıcı olabileceği, googol'un ne olduğu ve Ay'a ulaşmak için bir kâğıdı kaç kez katlamak gerektiği gibi ilginç bilgiler de bulacaksınız.

Şu Matematik Dedikleri...

Ali Sinan Sertöz

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
Yetişkin Kitaplığı, 2023 (2. Basım)

Doğa kanunlarının matematik diliyle yazıldığı söylenir. Bu dili okuyabilenler yalnızca bilim insanları mı? Günlük yaşamımızın yol ayrımlarına konmuş işaretlerdeki matematiği çözebilsek daha doğru kararlar vermez miyiz? Ali Sinan Sertöz'ün *Bilim ve Teknik* dergisinde yayımlanan yazılarından derlenen bu kitapla hayatın içindeki matematik dilini okuyabilen insanların serüvenlerine eşlik edeceksiniz. Matematikçilerden kâşiflere, Antik Çağ'dan günümüze, hayatın akışında matematiği görebilmiş insanları takip edip yaşadıkları maceralara ortak olacaksınız.

