

Bilim *ve* Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi Mayıs 2026 Yıl 59 Sayı 702 - 39 TL

5G

Yeni nesil haberleşme altyapısından
akıllı sistemlere uzanan bir dijital dönüşüm

TEKNOLOJİSİ

Kalbin Mini Beyni

Nadir Hastalıkların Tıptaki Önemi

Sayı Kuramcısına Abel Ödülü

Fizik Kanunlarını Zorlayan

Dörtlü Axel Hareketi



**Özel Ek: Liseli Gençlerden
Popüler Bilim Yazısı
Denemeleri**

Nesiller Büyüten Dergi ile

Keşfetmenin Sonu Yok!



Yıllık Abonelik

468 TL

yerine

390 TL

#BilimOkuyanBilir



Abonelik avantajları için:
yayinlar.tubitak.gov.tr

Ön Kapak Görseli: spawns / iStock



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

Bilim ve Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi
Yıl 59 Sayı 702
Mayıs 2026

İmtiyaz Sahibi
TÜBİTAK Adına Başkan
Prof. Dr. Orhan Aydın

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

Dergiler Müdürü
Kübra Bal Çetinkaya

Yayın Yönetmeni
Dr. Özlem Kılıç Ekici

Editör
Dr. Tuba Sarıgül

Yayın Danışma Kurulu
Ömer Kökçam
Fatma Başar
Kübra Bal Çetinkaya
Dr. E. Sümeyra Turalı Emre
Prof. Dr. Ersin Göğüş
Dr. Yeşim İmamoğlu
Prof. Dr. Y. Eren Kalay
Prof. Dr. Raif Kandemir

Araştırma ve Yazı Grubu
Dr. Özlem Ak
Dr. Mahir E. Ocak
Dr. Tuba Sarıgül
İlay Çelik Sezer
Hayriye Yetiş Avcı

Redaksiyon
Berranur Beşir
Mehmet Sığırıcı

Grafik Tasarım
Hüseyin Diker

Web-Mobil Uygulama-Sosyal Medya
Rıza Berkay Ayçebe
İlkin Eda Şahin
Ebru Kars

Mali Yönetmen
Adem Polat

Mali ve İdari Hizmetler
Pınar Kaya

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

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

Baskı
Özgün Matbaacılık Sanayi ve Ticaret A.Ş.
Mega Basım Yayın Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Baskı Tarihi 20.04.2026

Dağıtım Turkvaz 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 Egt. Krs. Ş. sayı Ngr.83] tarafından
Silahlı Kuvvetler personeline tavsiye edilmiştir.

ISSN 977-1300-3380
Fiyatı 39 TL (KDV Dahil)

Her ayın 1'inde çıkar.



“Ben Türk gençliğinin spor yaparak güçlü olmasını isterim.
Spor, yalnız bedensel yeteneklerin üstünlüğü sayılmaz. Kavrayış ve
ahlâk da bu işe yardım eder. Ben sporcunun zeki, çevik ve
aynı zamanda ahlâklısını severim.”

Mustafa Kemal Atatürk

**Herkesin 19 Mayıs Atatürk'ü Anma, Gençlik ve Spor Bayramı'nı en içten
dileklerimizle kutluyoruz.**

Merakla ve heyecanla beklenen 5G teknolojisi ülkemizde 1 Nisan itibarıyla kullanıma açıldı. Peki bu ne anlama geliyor? Kullanıcı olarak bizler 5G'nin farkını nasıl hissedeceğiz? İnternet kullanımımızda ve hayatımızda ne gibi yenilikler ve kolaylıklar olacak? 5G'yi sadece daha hızlı internet erişimi olarak mı düşünmeliyiz yoksa bu haberleşme teknolojisinin altında çok daha kapsamlı bir altyapısal dijital dönüşüm mü yattıyor? İletişim teknolojilerinin ve haberleşme sistemlerinin ülkemizdeki gelişimine büyük katkılar sunan Prof. Dr. Sinem Çöleri ve Prof. Dr. Erdal Arıkan, geleceğimizi şekillendirecek 5G teknolojisinin tüm özelliklerini, en önemli etkilerini, haberleşmeden veri aktarımına, otomasyondan akıllı sistemlere kadar iletişim teknolojisindeki dijital dönüşümün nasıl sağlanacağını ve gelecekte bizleri nelerin beklediğini detaylıca ele alıyor.

Özlem Ak, nadir hastalıklar alanında başarılı çalışmalar yapan Prof. Dr. Ahmet Oğuzhan Özen'in ilham veren bilim yolculuğunu anlatıyor. Tuba Sarıgül, kalbin kendi mini beyni olduğundan bahsediyor. Hayriye Yetiş Avcı, ülkemizden bilim insanları liderliğinde gerçekleştirilen biyomedikal ile mikro ve nano ölçekli üretim teknolojileri alanlarındaki yenilikleri ele alıyor. Mahir Ocak Artemis II görevinde elde edilen en yeni Ay fotoğraflarını bizlerle paylaşıyor. Bir diğer yazısında Einstein'ın düşünce deneyinin nasıl gerçeğe dönüştürüldüğünü açıklıyor. İlay Çelik Sezer ise matematiğin Nobel'i sayılan Abel Ödülü'ne layık görülen sayı kuramcısının çalışmalarını özetliyor.

Bu ayki özel dergi ekinde ise lise eğitimine devam eden gençlerimizin hazırladığı “popüler bilim yazısı denemeleri”nin ikinci kitapçığını veriyoruz. Haziran sayımızda da üçüncüsünü yayımlayacağız. *Bilim ve Teknik* dergisinin hem liseli hem de üniversiteli “genç bilim muhabirleri” süreci ilerleyen aylarda da devam edecek. Konu ile ilgili detaylı bilgiyi sizlerle ayrıca paylaşacağız.

“Fizik Kanunlarını Zorlayan Dörtlü Axel Hareketi”, “Sanat Ruhumuzu Beslemekle Kalmıyor Sağlığımızı da Destekliyor” ve “Asfaltın Yeni Bileşeni: Algler” yazılarımız ile farklı ilgi alanlarına hitap eden *Bilim ve Teknik* ile Büyüdüm, Büyüyorum, Bilim Haberleri, Bilim Çizgi, Tekno-Yaşam, Merak Ettikleriniz, Bilim Tarihinden Notlar, Doğa, Gökyüzü, Düşünme Kulesi, Satranç, Ayın Sorusu, Zekâ Oyunları ve Yayın Dünyası başlıklı köşelerimizi de beğenerek okuyacağınızı umuyoruz.

Bilim ve Teknik elektronik dergi arşivi (son dört sayı hariç) ücretsiz olarak herkesin erişimine açıktır (bilimteknik.tubitak.gov.tr/e-arsiv). 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 edebilirsiniz. Dergimizin yenilenen internet sayfasını (bilimteknik.tubitak.gov.tr), podcast kanallarını 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

Bu sayımızı değerlendirmek için kare
kodu cihazınıza okutabilirsiniz.



İçindekiler

4

**Bilim ve Teknik ile
Büyüdüm, Büyüyorum...**

Özlem Ak

6

Haberler

14

**Prof. Dr. Metin Sitti ve
Ekibinden Mikro Ölçekli İki
Yeni Üretim Teknolojisi**

Hayriye Yetiş Avcı

22

**Kutupsal Kodlamayı
Geliştiren
Prof. Dr. Erdal Arıkan
ile 5G Teknolojisi Üzerine**

Bilim ve Teknik Podcast

28

**Bilim Çizgi
El-Battâni**

Sinançan Kara

30

**Artemis II'den Ay
Fotoğrafları**

Mahir E. Ocak

40

Tekno-Yaşam

Gürkan Caner Birer

44

**"Matematiğin Nobel'i"
Abel Ödülü Sayı Kuramcısı
Gerd Faltings'in**

İlay Çelik Sezer

52

Merak Ettikleriniz

İlay Çelik Sezer

54

**CHAPLE'dan TÜBİTAK
Bilim Ödülü'ne: Prof. Dr.
Ahmet Oğuzhan Özen'in
Nadir Hastalıklarla
Şekillenen Bilim Yolculuğu**

Özlem Ak

64

**Einstein'ın Düşünce Deneyi
Yüz Yıl Sonra Gerçeğe
Dönüştürüldü**

Mahir E. Ocak

68

**Asfaltın Yeni Bileşeni:
Algler**

Özlem Ak

70

**Arşimet Palimpsestinin
Kayıp Sayfası Bulundu**

Mahir E. Ocak

74

**Sanat Ruhumuzu
Beslemekle Kalmıyor
Sağlığımızı da Destekliyor**

İlay Çelik Sezer

78

**Bilim Tarihinden Notlar
Orta Çağlarda Hareket IV**

Hüseyin Gazi Topdemir

82

**Doğa - Jeoloji
Dünya'nın Zaman Kapsülü:
Zirkon**

Raif Kandemir

84

Gökyüzü

Tuba Sarıgül

88

Düşünme Kulesi

Ferhat Çalapkulu

90

Satranç

Kıvanç Çefle

93

Ayın Sorusu

Azer Kerimov

18

Türkiye 5G'ye Geçti! Haberleşmeden Akıllı Sistemlere Yeni Bir Dönem

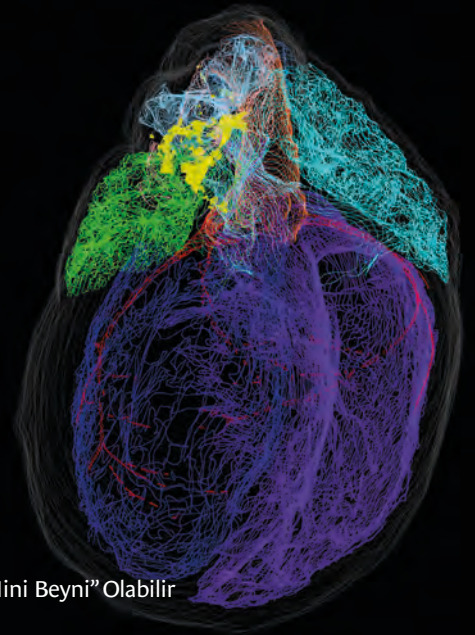
Sinem Çöleri

5G'ye geçiş yalnızca bir haberleşme teknolojisinin güncellenmesi değil, daha kapsamlı bir dijital dönüşümün de başlangıcı. Hız artışının yanı sıra bağlantılar daha güvenilir, daha esnek ve gerçek zamanlı hâle gelecek.





Bilim ve Teknik dergisinin internet sitesi, okurlarımızın içeriklerimize daha kolay ulaşmasını sağlayan ve okuma deneyimini geliştiren kullanıcı dostu altyapısı ve modern görünümüyle tamamen yenilendi. Ziyaret etmeyi ve abone olmayı unutmayın!



36

Tuba Sarıgül
Kalbin Kendi "Mini Beyni" Olabilir

48

Özlem Kılıç Ekici
Fizik Kanunlarını Zorlayan Hareket:
Dörtlü Axel Atlayışının Arkasındaki Bilim



94

Zekâ Oyunları

Emrehan Halıcı

96

Yayın Dünyası

Özlem Kılıç Ekici

ÖZEL EK

**Liselî Gençlerden
Popüler Bilim Yazısı
Denemeleri**



Bilim ve Teknik



tubitakbiltek



tubitakbilimteknik



TÜBİTAK Bilim ve Teknik



bilimteknik.tubitak.gov.tr

Dergimizin içeriğinden seçerek hazırladığımız bilimsel ve teknolojik bilgileri *Bilim ve Teknik* dergisinin internet sitesi ve sosyal medya hesapları aracılığıyla takip edebilirsiniz.



Elektronik dergi arşivimiz (son dört sayı hariç) herkesin erişimine açıktır. Son dört aya ait sayılara sadece abonelerimiz erişim sağlayabilir.



TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları sitesinden dergilerimize abone olabilir, hem yeni hem de eski sayılarımızı satın alabilirsiniz.



Bilim ve Teknik podcast kanalları ile kulağınız her daim bilimde olsun! Podcast içeriklerimizi Spotify, YouTube, Apple Podcast ve SoundCloud'dan dinleyebilirsiniz.



Bilim ve Teknik ile

Büyüdüm, Büyüyorum...

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 mektuplarını dergimizin yeni web sitesi üzerinden ya da bteknik@tubitak.gov.tr adresine e-posta göndererek iletebileceklerini hatırlatıyoruz.



***Bilim ve Teknik*’in hayatınızdaki yerini paylaşın, *Bilim ve Teknik* ile büyüyecek yeni kuşaklara ilham verin!**



“Bilimin bende anlam kazandığı yer”

Merhaba,

Benim *Bilim ve Teknik* dergisiyle tanışmam, ilkokuldayken fen bilgisi öğretmenimizin bütün sınıfımızı dergiye abone yapmasıyla başladı. Her ay derginin o ayki sayısını sınıfça okur, inceler hatta üzerine konuşurduk. Öncelikle buradan öğretmenime çok teşekkür etmek isterim. *Bilim ve Teknik*’le büyümek galiba Türkiye’de pek çok kişi için tanıdık bir hikâye. Daha 8-10 yaşlarındayken bilimin bende anlam kazanmasını sağlayan tohumları *Bilim ve Teknik* dergisinin attığını söyleyebilirim. Yıllar geçse de her fırsat bulduğumda dergiyi alıp incelemeyi, okumayı, bilimdeki gelişmeleri bu sade ve okuyucunun kolayca anlayabileceği anlatım tarzıyla takip etmeyi seviyor, bunu hevesle sürdürüyorum.

Emre Aklan



“Gençler için güvenilir bir kaynak”

Merhaba,

Bilim ve Teknik dergisinin sıkı bir takipçisiyim. Aynı zamanda rehberlik ettiğim öğrencilerim var. Onlara dergideki yazıları örnek gösteriyorum: “Çalışmanızı böyle kurgulayabilirsiniz, tasarımını bu şekilde şekillendirebilirsiniz.” diye yönlendiriyorum. Bununla da kalmayıp ilkokuldan ortaokula, liseden üniversiteye kadar farklı yaş gruplarındaki öğrencilere özellikle bilim ve teknoloji konularında *Bilim ve Teknik* dergisini öneriyorum. Onlar için güvenilir ve yol gösterici bir kaynak olduğunu düşünüyorum.

Gülseren Sakarya



“Bilimi ulaşılabilir kılan en değerli kaynak”

Merhaba,

Çocukken TÜBİTAK *Bilim Çocuk*’un yeni sayısı çıksın diye her ay dört gözle beklerdim.

Evimizde annem ve babamın yıllarca biriktirdiği *Bilim ve Teknik* dergileri vardı ve ben şimdi aynı dergiyi okuyarak bilime olan sevdamı daha da büyütüyorum. *Bilim ve Teknik*, Türkiye’de bilimi ulaşılabilir kılan en değerli kaynaklardan biri.

Taha Arben Vurgun



“Öğretmenimden bana geçen bilim sevgisi”

Merhaba,

Bilime ve özellikle biyolojiye olan ilgim çok küçük yaşlarda başladı. Canlılardaki süreçlerin nasıl işlediğini, hücrelerin içindeki gözle görülemeyen ama hayranlık uyandırıcı düzeni hep merak ettim. Zamanla bu merak yalnızca öğrenmekle yetinmeyen; bilimi anlamayı, sorgulamayı ve bir gün ona katkıda bulunmayı hedefleyen bir hayale dönüştü.

Bilim ve Teknik dergisiyle tanışmam ise eski biyoloji öğretmenim sayesinde oldu. Kendisi dergiyi her ay düzenli olarak okur, derslerde sık sık içindeki yazılardan bahsederdi. Onun bu heyecanı bana da geçti ve ben de *Bilim ve Teknik*’i takip etmeye başladım. Zamanla dergi, benim için sadece bir yayın değil, bilimi sevmemi, sorgulamamı ve daha derin düşünmemi sağlayan bir yol arkadaşı hâline geldi. *Bilim ve Teknik* konuları anlaşılır ve ilgi çekici bir şekilde sunarak merakımı sürekli canlı tuttu, beni yeni keşifler yapmaya teşvik etti ve bilim dünyasına dair ufkumu genişletti.

Öğretmenimin bilime olan yaklaşımı, biyolojiyi benim için ders kitaplarının ötesine taşıdı. Derslerde paylaştığı örnekler ve dergiden bahsedii, bilimin günlük hayatla nasıl iç içe olduğunu anlamamı sağladı. Bu bakış açısı bana araştırmayı ve keşfetmeyi sevdirdi, moleküler biyoloji alanında ilerleme isteğimi güçlendirdi. Onun yaklaşımı bana sadece bilimi sevmeyi öğretmekle kalmadı aynı zamanda sabırlı ve disiplinli olmanın başarıya nasıl katkıda bulunduğunu da gösterdi. *Bilim ve Teknik*’te karşılaştığım farklı konular, yeni bakış açıları ve güncel gelişmeler ise merakımı her zaman besledi, beni bilimin heyecan verici dünyasına daha da yakınlaştırdı.

Bilim ve Teknik dergisi, bilimi anlaşılır ve ilgi çekici bir şekilde sunarak bu merakımı besleyen önemli bir kaynak oldu. Her yeni sayıda canlıların gizemli dünyasına dair yeni şeyler öğrenmek, hem beni heyecanlandırdı hem de gelecekte bilim insanı olma hayalimi pekiştirdi. Bu dergi sayesinde bilim sadece bir ders konusu değil aynı zamanda yaşam boyu sürececek bir keşif yolculuğu hâline geldi.

Bu mektup aracılığıyla hem *Bilim ve Teknik* dergisine hem de bilime olan ilgimi şekillendiren, merakımı ve öğrenme isteğimi büyüten öğretmenime içtenlikle teşekkür ederim. Onun sayesinde bilime duyduğum tutku bugün hâlâ benimle ve her gün yeni şeyler öğrenirken içimde o çocukluk heyecanı uyanıyor.

Asmin Nehir Uruk

Haberler

5.000 Yıllık Küllüoba Ekmeğinin Tarifi Çözüldü

Hayriye Yetiş Avcı

Eskişehir'in güneydoğusunda bulunan Küllüoba

Höyüğü'nde 2024 yılında yapılan kazılarda kömürleşmiş bir ekmek kalıntısı bulunmuştu. İlk Tunç Çağı'na (MÖ 3200-3000 yılları arası) tarihlenen bu ekmek kalıntısı, dönemin günlük hayat alışkanlıklarına ışık tutuyor.

Yaklaşık 5.000 yıl öncesine tarihlenen bu kalıntı yalnızca bugüne kadar korunmuş olmasıyla değil, keşfedildiği yerin kapı eşiğinin hemen yanı olmasıyla da dikkat çekiyor. Arkeolojik kanıtlara göre kenarından bir parça koparılmış ekmeğin buraya kasıtlı olarak bırakıldığı düşünülüyor. Yapılan analizler ekmeğin kazara fırında yanmış bir yiyecek kalıntısı olmadığını, bir ritüelin parçası olarak gerçekleştirilen bir "adak" niteliği taşıdığını ortaya koyuyor. Üzerine örtülen bozulmaya karşı koruyucu kırmızı toprak sayesinde ekmek, günümüze kadar gelmeyi başarmış.



Çapı 12 cm ve kalınlığı 2,5 cm olan Küllüoba ekmeği kalıntıları

Ülkemizdeki farklı üniversitelerde görev yapan araştırmacılar ekmek buluntusunu daha ayrıntılı inceleyerek içeriğinde neler olduğuna, hamurunun yoğurulma ve dönemin pişirme tekniklerine ilişkin sonuçlara ulaştı. Çalışmanın sonuçları *PLOS One* dergisinde yayımlandı. Ekmeğin ana malzemelerini kavlca buğdayı olarak da bilinen gernik buğdayı (*Triticum dicoccum*) ve besin değerini artırmak için az miktarda eklendiği düşünülen mercimek oluşturuyor. Ekmekte ayrıca başakçıkların üzerine dizildiği başak eksenli parçalarına da rastlandı. Bu da tahılların hamur hâline getirilmeden önce tamamen elenmeden basit bir

teknikle işlendiğine işaret ediyor. Analiz sonuçları aynı zamanda ekmek hamurunun çok az miktarda su ile hazırlandığını ve tuz içeriyor olabileceğini gösteriyor.

Ekmeğin içinde farklı büyüklüklerde hava boşlukları tespit edilmesi, hamurun yoğurulduğunu ve büyük ihtimalle mayalandığını düşündürüyor. Bugüne kadar korunması ise içeriğindeki karbonhidratların yapısal bütünlüğünün pişirme sonrasında bozulmadığı anlamına geliyor. Bu durumda ekmek yüksek sıcaklıkta kısa bir süre pişirilmiş olabilir.

Ekmeğin radyokarbon tarihlendirme yöntemiyle yaşının belirlenmesi işlemi, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezindeki Hızlandırıcı Kütle Spektroskopisi (AMS) laboratuvarında gerçekleştirildi. Küllüoba Höyüğü'nde bulunan ekmek kalıntıları Eskişehir Eti Arkeoloji Müzesinde korunuyor.

Araştırmanın sonuçları bir yandan ekmek yapımının ve ekmekle ilgili kültürel uygulamaların tarihine ışık tutarken bir yandan binlerce yıllık Anadolu mutfağının temellerini anlamaya yönelik önemli bilgiler sunuyor. ■

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0344705>

Okyanuslardaki Cıva Kirliliğinin Küresel İzleri Deniz Kuşlarında Saklı

Özlem Ak

Okyanuslardaki cıva, deniz ekosistemlerini küresel ölçekte etkiliyor. İnsan faaliyetleri sonucu atmosfere karışan cıva, rüzgârlarla taşıyıp yağış yoluyla okyanuslara ulaşıyor. Burada, daha toksik olan metilcıva formuna dönüşerek besin zincirinde birikiyor ve sonunda deniz kuşlarının dokularındaki yoğunluğu artıyor. Ancak bu

kirleticinin okyanuslardaki dağılımı bugüne kadar çoğunlukla bilgisayar modellerine dayanılarak tahmin ediliyordu.

Nagoya Üniversitesi öncülüğünde Japonya Balıkçılık Araştırma ve Eğitim Kurumu ile farklı ülkelerden araştırmacıların katılımıyla yürütülen uluslararası bir çalışma, cıva kirliliğinin küresel dağılımının belirlenmesine yönelik farklı bir yaklaşım getirdi. Şubat ayında *Science of The Total Environment* dergisinde yayımlanan araştırmada bilim insanları, 108 türden 11 binden fazla deniz kuşunun kanındaki cıva düzeylerini analiz ederek okyanuslardaki cıva kirliliğinin dağılımını belirledi. Sonuçlar, cıva düzeyinin kuşların beslenme biçimine, ne kadar derine dalarak avlandığına ve

vücut büyüklüğüne bağlı olarak değiştiğini gösteriyor. Özellikle besin zincirinin üst basamaklarında yer alan, vücut kütlesi daha büyük olan ve derin sularda beslenen kuşlarda cıva birikiminin daha yüksek olduğu belirlendi.

Araştırma, okyanuslardaki cıva kirliliğinin dünya genelinde eşit dağılmadığını da ortaya koydu. Kuzey Atlantik ve Kuzey Pasifik gibi bazı bölgelerde cıva seviyesi daha yüksek ölçülürken Güney Okyanusu gibi bölgelerde ortalamanın altında değerler gözlemlendi.

Bu çalışmada deniz kuşlarının tercih edilmesinin önemli nedenlerinden biri, kan örneklerinin üreme için karaya geldikleri dönemde kolayca toplanabilmesi. Deniz kuşlarının



kanındaki cıva seviyesi, örneklerin alınmasından önceki birkaç ayda beslendikleri deniz bölgelerindeki cıva düzeylerini doğrudan yansıttıyor.

Elde edilen bulgular, deniz kuşlarının okyanus sağlığını değerlendirmede güçlü birer biyolojik gösterge olabileceğini ortaya koyuyor. Bu yaklaşımın, küresel ölçekte cıva kirliliğini izlemek ve azaltmaya yönelik çalışmaların etkinliğini ölçmede güvenilir bir yöntem sunduğu belirtiliyor. ■

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.181317>

Ay'da Devasa Büyüklükte Bir Krater Oluştı

Mahir E. Ocak

Gözlemler Nisan ya da Mayıs 2024'te Ay'da devasa yeni bir krater oluştuğunu gösteriyor. Ay'ın etrafında dolanan NASA'ya ait Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) uydusunun çektiği fotoğrafların taranmasıyla fark edilen krater 225 metre genişliğinde. Ay yüzeyinde geçmişte oluşmuş izler göz önüne alındığında bu büyüklükte bir kraterin ortalama her 139 yılda bir ortaya çıktığı tahmin ediliyor. Keşif Woodlands, Texas'ta düzenlenen Ay ve Gezegen Bilimleri Toplantısı'nda Mark Robinson tarafından duyuruldu.

Yeni keşfedilen krater sarp, kayalık, dağlık bir araziyle sıvı magmanın soğumasıyla oluşmuş geniş düzlük bir arazinin sınırında yer alıyor. Kraterin derinliği ortalama olarak 43 metre. Kraterin kenarlarının dik olması, katılmış lav gibi sert bir malzemenin içinde oluştuğunu gösteriyor. Ancak kraterin şeklinin ince uzun olması, aynı zamanda kraterin altındaki toprakların tek tür olmadığına işaret ediyor. Kraterin etrafı çarpışma sonucu etrafa saçılmış parlak toz ve kaya parçalarıyla dolu. Hatta bazı parçaların çarpışma noktasının 120 kilometre uzağına kadar ulaştığı anlaşıyor.

Kraterden etrafa saçılan parçaların çok uzaklara ulaşabilmesi, gelecekte Ay'da yapılması planlanan görevler açısından kötü bir haber olarak görülüyor. Ay'da insanları koruyacak yapıların saniyede 1 kilometreye varan hızlarla hareket eden taş parçalarına dayanabilecek bir biçimde inşa edilmesi gerekecek. ■

<https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/turk-bilim-insanlari-ay-ve-mars-regolitleri-benzerinde-domates-yetistirdi/3837525>



Babak Tafreshi / SPL

Nanoplastiklerin Salmonella Bakterisi Üzerindeki Etkisi

Özlem Ak

Plastik ürünler gıda zincirinin neredeyse her halkasında yer alıyor, ancak parçalandıkça insan bedeninden okyanuslara kadar gezegenin dört bir yanına dağılıyor. Zamanla aşınan mikropplastikler, nanoplastik adı verilen daha da küçük parçalara ayrılıyor. Bu son derece küçük parçacıkların biyolojik moleküllerle kurduğu etkileşimlerin kapsamı ve olası sonuçları ise henüz tam

olarak bilinmiyor. Illinois Urbana-Champaign Üniversitesindeki araştırmacılar tarafından yürütülen yeni bir çalışma, nanoplastiklerin *Salmonella* bakterisi ile etkileşime girdiğinde ortaya çıkan etkileri ve bunun gıda güvenliği ile insan sağlığı açısından ne anlama gelebileceğini inceliyor.

Salmonella enterica; kırmızı et, kümes hayvanları ve tüketime hazır gıdalarda sıklıkla bulunan önemli bir gıda kaynaklı patojen. Illinois Üniversitesi Tarım, Tüketici ve Çevre Bilimleri Fakültesi Gıda Bilimi ve İnsan Beslenmesi Bölümünden Doç. Dr. Pratik Banerjee, laboratuvarlarda yürüttükleri gıda güvenliği çalışması kapsamında marketlerden temin edilen hindi kıyması örneklerini test ettiklerini ve bu örneklerde sıkça *Salmonella* tespit ettiklerini belirtiyor. Et uygun şekilde pişirildiğinde genellikle bir sorun yaşanmadığını vurgulayan Banerjee, hindi kıymasının paketlenmesinde çoğunlukla plastik ambalajların kullanıldığına dikkat çekerek *Salmonella*'nın plastik polimerlerle temas ettiğinde nasıl etkileşim kurduğunu araştırmak istediklerini ifade ediyor.

Banerjee'nin ekibi daha önce nanoplastiklerin şiddetli mide ve bağırsak enfeksiyonlarına (gastroenterit) yol açan bir bakteri türü olan *E. coli* O157:H7 ile etkileşimini incelemişti. Bu çalışmada ise araştırmacılar,

Salmonella enterica bakterisinin gıda ambalajlarında ve tek kullanımlık ürünlerde yaygın olarak kullanılan bir plastik türü olan polistiren ile ilişkisine odaklandı.

Salmonella enterica'nın nanoplastiklere verdiği fizyolojik yanıtın incelendiği çalışmada bakterilerin hastalık yapma gücüyle ilişkili bazı genlerin daha aktif hâle geldiği saptandı. Araştırma ekibinden doktora öğrencisi Jayita De bakterilerin daha kalın bir biyofilm tabakası oluşturduğunu ve bunun da hastalık yapma potansiyelini arttırdığına işaret ettiğini söylüyor. De, bakterilerin nanoplastik parçacıklarla ilk karşılaştıklarında "saldırı moduna" geçerek hastalık yapma potansiyellerinin yükseldiğini belirtiyor. Ancak bir süre sonra enerji ve kaynak kaybı yaşamaya başladıklarını, bunun da bakterileri "savunma moduna" yönelttiğini ifade ediyor. Bu geçişin bakterilerin daha uzun süre hayatta kalmalarını sağladığını aktaran De, nanoplastik yoğunluğu arttığında bakterilerin hastalık yapma potansiyellerinin yeniden yükseldiğini söylüyor. Ona göre bu süreç, saldırı ile hayatta kalma stratejileri arasında bir dengeye dayanıyor.

Araştırmanın genel sonucu, nanoplastiklerle etkileşimin *Salmonella enterica*'da davranışsal değişikliklere yol açtığı yönünde. Ancak bu değişikliklerin bakterinin özelliklerini nasıl şekillendirdiği ve



uzun vadeli etkileri konusunda net sonuçlara ulaşmak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç var. Banerjee'ye göre bir diğer kaygı verici olasılık ise nanoplastiklerin, *Salmonella enterica* bakterilerinin antibiyotiklere karşı direnç geliştirmesine neden olması.

Banerjee, bakteriler üzerinde fizyolojik stres oluşturan her türlü etkenin antimikrobiyal direnci tetikleyebileceğini belirtiyor. Nanoplastiklerin doğrudan antimikrobiyal bir etkisi olmadığını vurgulayan Banerjee, sadece bu parçacıklara maruz kalmanın bile bir bakterinin daha önce dirençli olmadığı bir antibiyotiğe "çapraz direnç" olarak adlandırılan bir süreçle direnç kazanmasına yol açabileceğini ifade ediyor. Bu konu hâlen devam eden bir araştırmanın parçası. İlk bulgular, polistiren nanoplastiklerin *Salmonella enterica* bakterilerinde antimikrobiyal direnç genlerinin ifadesini artırabildiğini gösteriyor. ■

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2026.141264>

İmparator Penguen IUCN Kırmızı Listesinde “Tehlikede” Statüsünde

İlay Çelik Sezer

Antarktika'nın en ikonik türlerinden olan imparator penguen (*Aptenodytes forsteri*) ve Antarktika deniz ayısı (*Arctocephalus gazella*), Uluslararası Doğa Koruma Birliği (IUCN) tarafından yapılan güncellemeyle Tehdit Altındaki Türler Kırmızı Listesi'nde “Tehlikede” (EN) statüsüne alındı. Antarktika'da yaşayan bir diğer tür olan Güney deniz filinin (*Mirounga leonina*) “Asgari Endişe” (LC) olan statüsü ise “Hassas” (VU) olarak güncellendi. IUCN Tehdit Altındaki Türler Kırmızı Listesi hayvan, mantar ve bitki türlerinin küresel korunma statülerine ilişkin en kapsamlı liste olarak kabul ediliyor.

IUCN'in açıklamasına göre imparator penguen popülasyonunun 2009 ile 2018 arasında %10 azaldığı uydu görüntüleriyle tespit edildi. Antarktika deniz ayısı popülasyonunda ise 1999'dan 2025'e kadar %50'nin üzerinde düşüş görüldü. Bunlara ek olarak

Güney deniz fili popülasyonları, 2023'ten beri yaşanan kuş gribi salgınları sonucu yavruların %90'ından fazlasının ölmesi nedeniyle ciddi şekilde etkilenmiş durumda.

IUCN Türleri Koruma Komisyonu ve Britanya Antarktika Araştırma Ekibi üyesi Philip Trathan, olası başka tehditleri de değerlendirdiklerinde insan kaynaklı iklim değişiminin imparator penguenler üzerindeki en önemli tehdit olduğu sonucuna vardıklarını belirtiyor. İlkbaharda deniz buzunun normalden daha erken erimesi, imparator pengueni kolonilerinin yaşam alanlarını daraltarak ve yavru penguenlerin buzullardaki zamansız kırılmalar nedeniyle suya düşüp boğulmasına sebep olarak popülasyonu tehdit ediyor. IUCN'in bulguları, son yıllarda imparator penguen popülasyonları üzerindeki tehlide dikkat çeken başka araştırmalarla da uyumlu. Bu sonuçlar, deniz buzunun giderek daha da erken eriyip parçalanması ve üreme alanlarının daralmasıyla birlikte bu türün gelecekte çok daha hızlı bir nüfus kaybı riskiyle karşı karşıya olduğunu ortaya koyuyor. ■

<https://www.newscientist.com/article/2522508-emperor-penguins-added-to-endangered-list-after-rapid-decline/>



Coldimages / iStock

On Bin Kübit İnternet Güvenliğini Ortadan Kaldırabilir

Mahir E. Ocak

Son bilimsel çalışmalar, kuantum bilgisayarların internet güvenliğini ortadan kaldırmasının geçmişte tahmin edilenden çok daha az sayıda kübitle mümkün olabileceğini gösteriyor.

Güçlü kuantum bilgisayarların klasik bilgisayarlardan çok daha kısa süre içinde çözebileceği matematik problemlerinin bazılarında günümüzde internet güvenliğini sağlamak için yararlanıyor. Geçmişte kuantum bilgisayarların internet güvenliğini tehdit etmeye başlamasının ancak milyonlarca kuantum bit (kübit) içeren sistemlerin geliştirilmesiyle mümkün olabileceği düşünülüyordu. Ancak son araştırmalar özellikle kuantum hata düzeltme konusunda yaşanan gelişmeler sebebiyle bu sayının on binlere kadar düşebileceğini gösteriyor.

Bir grup araştırmacının yaptığı hesaplara göre 9.988 kübit içeren bir sistem, eliptik eğri kriptografisiyle şifrelenmiş metinleri yaklaşık 1.000

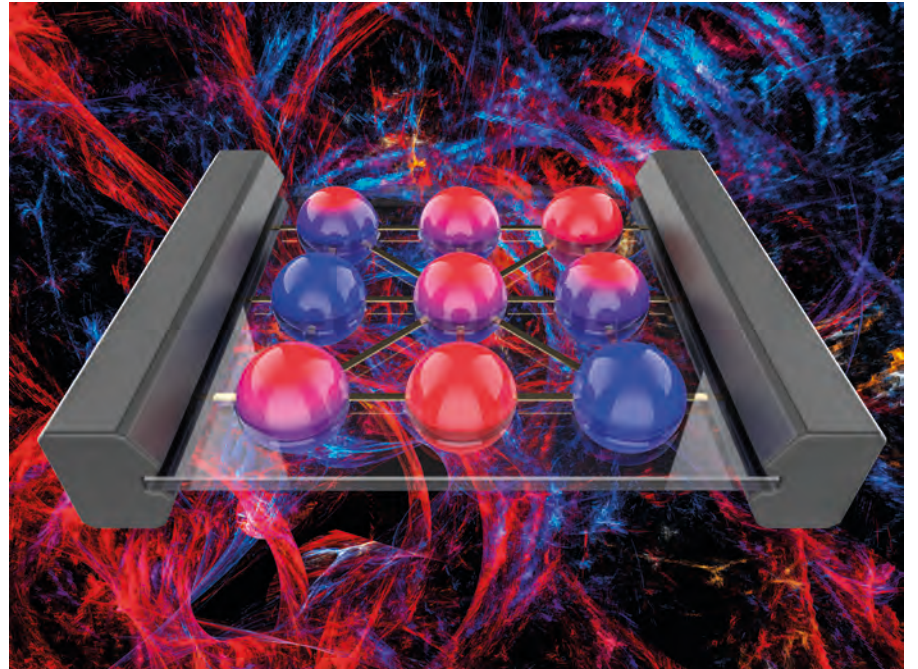
günde çözebilir. Kübitlerin sayısı 26.000'e çıktığındaysa bu süre bir güne kadar düşüyor. Söz konusu RSA-2048 algoritması olduğundaysa bir başka araştırma, bilgileri 10 günde deşifre etmek için gereken kübitlerin sayısının yaklaşık 100.000 olduğunu gösteriyor. Google Quantum AI araştırmacılarının yaptığı çalışmalar ise 500.000 fiziksel kübite sahip bir kuantum bilgisayarın birkaç dakika içinde kriptoparaların güvenliğini tehdit edebileceğini gösteriyor.

Son çalışmalardaki daha düşük tahminler, kuantum hata düzeltmesi konusunda yaşanan gelişmelerden kaynaklanıyor. Kuantum bilgisayarları meydana getiren kübitler hataya açıktır. İşlemleri hatalardan arındırmak için, genellikle, çok sayıda hataya

açık “fiziksel kübit” bir araya getirilerek hatasız işlem yapabilen “mantık kübitleri” oluşturulur. Bir kuantum bilgisayarın ne kadar az sayıda kübitle ne kadar çok işlem yapabileceği, bir mantık kübiti elde etmek için gereken fiziksel kübitlerin sayısına bağlı olarak değişir.

Geçmişte tahmin edilenden çok daha az sayıda kübit ile internet güvenliğinin ortadan kaldırılabilceğini gösteren son çalışmalar doğal olarak internet güvenliğini sağlayan algoritmaların güncellenmesine olan ihtiyacın zannedilenden daha acil olduğuna da işaret ediyor. ■

<https://arxiv.org/abs/2603.28627v1>
<https://arxiv.org/abs/2602.11457>
<https://quantumai.google/static/site-assets/downloads/cryptocurrency-whitepaper.pdf>



Laguna Design / SPL

Depresyonun Kaynağı Hücrede Saklı Olabilir

Hayriye Yetiş Avcı

Klinik depresyon olarak da bilinen majör depresyonun en yıpratıcı ve tedavisi en zor belirtilerinden biri yorgunluk olarak kabul edilir. Yeni bir araştırmaya göre bu durum, vücudun tüm hücrel faaliyetler için gerekli olan adenosin trifosfat (ATP) molekülünü kullanma şeklinde meydana gelen bir bozukluktan kaynaklanıyor olabilir. Çalışmanın sonuçları *Translational Psychiatry* dergisinde yayımlandı.

Majör depresyon, geçici moral bozukluğundan farklı olarak kişinin kendini sürekli üzgün

hissetmesi, günlük aktiviteleri yerine getirmekte zorlanması ve yaptıklarından keyif alamaması gibi belirtilerle ortaya çıkan bir ruh sağlığı bozukluğudur. Queensland ve Minnesota üniversitelerinden araştırmacıların yürüttüğü çalışmada majör depresyon bozukluğu teşhisi konulmuş 18 ila 24 yaş arası yirmi beş kişiden kan örnekleri alındı ve eş zamanlı olarak beyin görüntüleme teknikleriyle bu kişilerin beynindeki ATP seviyesi izlendi. Elde edilen veriler depresyon teşhisi almamış katılımcıların verileriyle karşılaştırıldı. Sonuçta majör depresyon tanısı olan genç yetişkinlerin sağlıklı olan yaşlılarına kıyasla dinlenme hâlindeyken beyin ve kan hücrelerinin ATP molekülünü sentezleme hızının daha yüksek olduğu tespit edildi. Enerji ihtiyacı arttığında ise bu hücrelerdeki ATP molekülü derişimi azaldı. Bu durumdan yola çıkan

araştırmacılar, majör depresyonun erken evrelerinde hücrelerin aşırı çalışıyor olabileceğini, vücudun daha fazla enerjiye ihtiyaç duyması durumunda ise mitokondrinin (ATP üreten organel) enerji talebini karşılama kapasitesinin azaldığını ifade ediyor. Bunun sonucunda ise yoğun bir fiziksel yorgunluk ortaya çıkıyor. Depresyonla ilişkili moral bozukluğu, motivasyonda azalma, bilişsel işlevlerin yavaşlaması gibi sorunların ise bu duruma bağlı olarak geliştiği düşünülüyor.

Depresyonun ortaya çıkma nedenleri ve ilerleyişi kişiden kişiye değişiklik gösterebilir ve biyolojik farklılıklar nedeniyle bu bozukluk herkeste aynı etkilere yol açmayabilir. Nedenleri kesin olarak bilinmemekle birlikte beyin kimyasında meydana gelen bozulmalar, kronik stres, kullanılan bazı ilaçlar gibi farklı etkenlerin depresyona yol açabileceği düşünülüyor. Bununla birlikte depresyon, tedavi edilebilir bir ruh sağlığı bozukluğu olarak kabul ediliyor. Tanısını koymak ve şiddetini ölçmek için ise çeşitli testler mevcut. Gerçekleştirilen yeni çalışma sayesinde tüm bu süreçlerin biyolojik bulgulara dayandırılması daha nesnel sonuçlar elde etmeyi mümkün kılabilir. Ayrıca elde edilen bilgiler majör depresyonun erken aşamada teşhis edilmesini kolaylaştırabilir ve kişiye özel tedavilerin geliştirilmesinin önünü açabilir. ■



Djelics / iStock

<https://www.nature.com/articles/s41398-026-03904-y>

Türkiye'nin İlk Özgün İlaç Adayının Faz I Başarısı

Hayriye Yetiş Avcı

Ülkemizin ilk özgün ilaç adayı RS-0139'un faz I klinik araştırması başarıyla tamamlandı. Nanoteknoloji tabanlı ilaç, kanserle mücadelede klasik tedavilere kıyasla daha güvenli ve etkili çözümler sunmayı hedefliyor.

Boğaziçi Üniversitesi Kimya Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Rana Sanyal ve Dr. Sena Nomak tarafından kurulan biyoteknoloji girişimi RS Research'un geliştirdiği RS-0139, Türkiye'nin klinik araştırmalar kapsamında hastalara uygulanan ilk ilaç adayı olma özelliği taşıyor. Keşfinden klinik araştırmalarına kadar tüm geliştirme süreçleri ülkemizde gerçekleştirilen ilaç adayı, doğrudan kanser hücrelerini hedef alıyor. Bu sayede ilacın yan etkileri azalırken tedavinin etkisi artıyor. RS-0139, Teknopark İstanbul'da kurulan İyi Üretim Uygulamaları standartlarına uygun GMP sertifikalı tesiste üretildi. İlaç adayının katı tümörlere yönelik faz I klinik araştırması ise Sağlık Bilimleri Üniversitesi Dr. Abdurrahman Yurtaslan Ankara Onkoloji Eğitim ve Araştırma Hastanesi ile Koç Üniversitesi Hastanesinde yürütüldü.



Prof. Dr. Rana Sanyal ve Dr. Sena Nomak
Prof. Dr. Rana Sanyal, 2024 yılında Avrupa Kadın Yenilikçiler Ödülü'nün Kadın Yenilikçiler kategorisinde birincilik ödülünü kazandı.

RS Research, ilaçların vücutta hedeflenen bölgelere ulaştırılmasını sağlayan ilaç taşıyıcı platform teknolojisi sayesinde farklı kanser türlerine yönelik akıllı nanoilaç adayları geliştiriyor. RS-0139'un faz I klinik araştırma aşamasını geçmesi, ilaç taşıyıcı platform teknolojisinin etkili olduğunu gösteriyor.

İlacın güvenliliğinin, yan etkilerinin ve uygun doz aralığının belirlendiği faz I, bir ilacın insanlar üzerinde gerçekleşen ilk test aşamasıdır. Faz I klinik araştırması başarıyla tamamlanan RS-0139 ilerleyen süreçlerde faz II klinik araştırma aşamasına geçecek. Daha sonra ilaç adayının etkinlik ve güvenliği faz III çalışmalarıyla daha geniş hasta gruplarında test edilecek.

RS-0139'un faz I araştırmasının farklı aşamaları T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın HAMLE Programı kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklendi. Türkiye'nin ilk özgün ilaç adayı RS-0139'un bu başarısı, Türkiye'de üniversite-sanayi iş birliğiyle geliştirilen yenilikçi tedavi teknolojilerinin klinik araştırma aşamasına taşınmasında önemli bir dönüm noktası niteliği taşıyor. Ülkemizde çalışmaları devam eden özgün ilaç adaylarının, dünyanın dört bir yanındaki hastalara ulaştırılması hedefleniyor. ■

<https://rsresearch.net/2026/rs-research-faz-1-klinik-arastirmasini-tamamladi/>

Prof. Dr. Metin Sitti ve Ekibinden **Mikro Ölçekli İki Yeni Üretim Teknolojisi**

Hayriye Yetiş Avcı [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

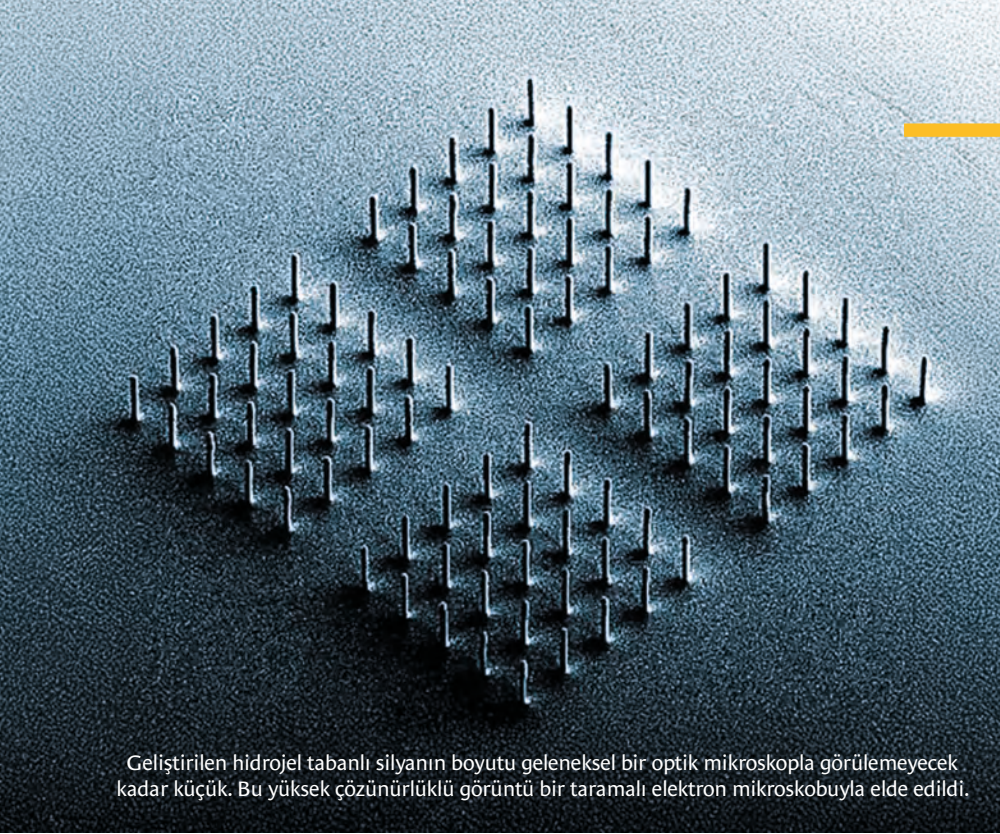
Bilimsel ve teknolojik araştırmaların sınırlarını daha ileriye taşıma çalışmaları tüm dünyada hızla devam ederken ülkemizden bilim insanlarının uluslararası araştırma ekosistemine önemli katkılar sağlayan çığır açıcı nitelikteki başarılarına şahit oluyoruz. Geçtiğimiz ocak ayında *Nature* dergisinde yayımlanan ve Koç Üniversitesi Rektörü Prof. Dr. Metin Sitti liderliğinde gerçekleştirilen iki araştırma, biyomedikal alanı ile mikro ve nano ölçekli üretim teknolojileri alanında yeni yaklaşımlar ortaya koyuyor. Gelin, bu çalışmaların detaylarına ve getireceği potansiyel yeniliklere birlikte göz atalım.

Biyolojik Silyanın Yapay İkizi Üretildi

Bazı hücrelerde bulunan silya (silyumun çoğulu) belirli işlevlere sahip, mikrometre (metrenin milyonda biri) ölçeğinde bir organdır. Saniyede 5 ila 40 kez hareket edebilen bu yapılar vücutta çok sayıda hayati işlevi yerine getirir. Bu hareket yetenekleri, beyinde nöronların gelişip işlevsel hâle gelmesinde, akciğerde solunum yollarının temizlenmesinde, üreme sisteminde ise üreme hücrelerinin taşınmasında önemli rol oynar. Hasar gördüğünde ise vücuttaki bazı sistemlerin işlevlerinde önemli aksaklıklar meydana gelebilir. Ayrıca pek çok tek hücreli mikroorganizma sahip olduğu silya sayesinde sıvı ortamda daha az enerji harcayarak yüzebilir.

Koç Üniversitesi rektörü Prof. Dr. Metin Sitti liderliğinde yürütülen bir araştırmada Max Planck Akıllı Sistemler Enstitüsü ve Hong Kong Bilim ve Teknoloji Üniversitesinden bilim insanları, biyolojik silyanın hareket ve işlevlerini taklit edebilen yapay silya geliştirdi. Her biri yaklaşık 2 mikrometre çapında ve 18 mikrometre uzunluğunda olan yapay silyanın boyutları, canlı hücrelerdeki kadar küçük. Hidrojel tabanlı bu yapılar tek tek veya gruplar hâlinde hareket ettirilebiliyor.

Araştırmacılar yüzlerce yapay silyumu, üzerinde mikroeletrotlar bulunan folyo benzeri esnek bir tabaka üzerine yerleştirdi. Hidrojelden üretilen silyanın her birinin etrafında dört adet mikroeletrot bulunuyordu.



Geliştirilen hidrojel tabanlı silyanın boyutu geleneksel bir optik mikroskopla görülemeyecek kadar küçük. Bu yüksek çözünürlüklü görüntü bir taramalı elektron mikroskobuyla elde edildi.

Matveev_Aleksandr / iStock

silyanın sadece hareketi gözlemlenebilirken geliştirdikleri teknoloji sayesinde bu yapıların nasıl hareket ettiğini, birlikte nasıl çalıştığını ve ne tür sıvılar taşıyabildiğini incelemenin mümkün hâle geldiğini belirtiyor. Araştırmadan elde edilen bulgular bir yandan da hasar görmüş silyanın yerini alabilecek ya da işlevini yeniden kazanmasını sağlayacak biyomedikal uygulamaların geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

3D Mikro Üretimde Malzeme Sınırı Sona Eriyor

Polimerler, monomer adı verilen küçük moleküllerin kimyasal bağlarla bir araya gelmesi sonucu oluşan uzun zincirli yapılardır. Hafif, korozyona karşı dayanıklı ve kolay işlenebilir olmaları nedeniyle günlük hayatta yaygın olarak kullanılırlar. Polimerlerin üretiminde kullanılan çok çeşitli teknikler vardır. Bunlardan biri de fotopolimerizasyondur. Bu yöntem endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılması ve istenilen özelliklere sahip malzemelerin kolay ve hızlı bir şekilde üretilmesine olanak sağlaması nedeniyle önemli bir araştırma alanı hâline gelerek son yıllarda hızlı bir ilerleme kaydetti.

Elektrotlara uygulanan potansiyel fark sonucu oluşan elektrik alan, hidrojel içindeki iyonların hareket etmesini sağladı ve belirli bölgelerde yoğunlaşmalarına yol açtı. Bu durum saf suda hidrojin büzülmesine ve silyumun katoda doğru eğilmesine, tuzlu ortamda ise hidrojin şişmesine ve silyumun anoda doğru bükülmesine neden oldu. Silyumun dönme hareketi yapmasını sağlamak içinse çevresindeki elektrot çiftleri sırayla çalıştırıldı. Böylece silyanın kontrollü bir şekilde hareket etmesi sağlandı.

Sonuçları geçtiğimiz ocak ayında *Nature* dergisinde yayımlanan makalenin başyazarı Zemin Liu, hidrojel tabanlı silyanın geliştirilmesinde insan vücudundaki kasların elektriksel uyarılarla çalışmasını sağlayan biyolojik süreçlerden ilham aldıklarını belirtiyor. Sinir sistemimiz kaslara elektrik sinyalleri gönderir. Bu sinyaller kas

dokusundaki iyonların dağılımını değiştirerek hareket etmemizi sağlar. Tıpkı vücudumuzdaki kaslar gibi hidrojel içindeki iyonlar da elektrik sinyalleriyle uyarıldığında hareket ediyor. Ayrıca çalışmada uygulanan potansiyel farkı sadece 1,5 volt. Bu da yapay silyanın insan vücudunda kullanılmasının tamamen güvenli olduğu anlamına geliyor.

Hidrojel tabanlı silya, iki fotonlu polimerizasyon adı verilen son derece hassas, lazer tabanlı, nano ve mikro ölçekli üretim yapabilen bir 3D baskı tekniğiyle üretildi. Araştırmacılar yapay silyayı 330.000'den fazla kez test etti. Bu değer, saniyede 5 kez hareket eden silyanın yaklaşık bir günlük hareket sayısı ile eş değer. Buna rağmen yapay silyada neredeyse hiç aşınma belirtisi gözlemlenmedi. Ayrıca yapay silyanın insan kan serumu ve fare plazması gibi biyolojik sıvılarda da çalışabildiği gösterildi. Prof. Dr. Metin Sitti, geçmişte

Fotopolimerizasyon temelli bir üretim yöntemi olan iki fotonlu polimerizasyon ise yüksek çözünürlükte, üç boyutlu, çok küçük ölçekli karmaşık yapılar basılmasına imkân tanıyor. Bu nedenle günümüzün en gelişmiş mikro ve nano üretim tekniklerinden biri olarak kabul ediliyor. İnsan saçından daha ince malzemeler üretmeyi mümkün kılan bu teknoloji tıp, mühendislik ve robotik gibi birçok alan için büyük önem taşıyor.

Son yirmi yılda gelişen bu tekniğin şimdiye kadar sınırlı kaldığı bazı noktalar mevcuttu. Çok küçük ölçekli üç boyutlu malzemeler genellikle aralarında polimerlerin de olduğu sınırlı sayıda malzemeden üretilabiliyordu. Prof. Dr. Metin Sitti'nin liderliğindeki araştırma ekibi, sonuçları geçtiğimiz ocak ayında *Nature* dergisinde yayımlanan çalışmada iki fotonlu polimerizasyon tekniğinin malzeme sınırlamasını açacak bir yöntem geliştirdi. Max Planck Akıllı Sistemler Enstitüsü ve

Singapur Ulusal Üniversitesinden bilim insanları metallere metal oksitlere, karbon temelli malzemelerden yarı iletkenlere kadar farklı malzemeleri, çok küçük ölçekli üç boyutlu yapıların üretiminde yapı taşı olarak kullanmanın mümkün olduğunu gösterdi.

İki fotonlu polimerizasyon yönteminde lazerle yönlendirilen sıvı akışı sayesinde, sıvı içindeki mikro veya nanoparçacıklar belirli bir alan içinde bir araya getirilebiliyor. Bu yöntemde öncelikle polimer malzemeden üç boyutlu bir mikro kalıp üretiliyor. Daha sonra yan tarafında küçük bir açıklık bulunan bu kalıp, içinde mikro veya nanoparçacıkların rastgele dağılmış olduğu bir sıvı ortama yerleştiriliyor. Femtosaniye (saniyenin 10^{-15} 'te biri) ölçeğinde atom üretebilen lazerle sıvının içindeki belirli bir bölgenin sıcaklığı hızla artırılıyor ve bu bölgede sıcak bir nokta oluşuyor. Sıcak nokta ile görece daha soğuk çevresi arasında

oluşan sıcaklık farkı nedeniyle sıvı hareket etmeye başlıyor. Bu yönlendirilmiş sıvı akışı sayesinde sıvı içinde dağılmış olan parçacıklar gelişigüzel hareket etmek yerine belirli bir yönde sürükleniyor. Bu parçacıklar polimer kalıbın yan tarafındaki açıklıktan geçerek kalıbın içinde birikmeye başlıyor ve zamanla bir araya gelerek kalıbın şeklini alıyor. Böylece üç boyutlu bir yapı oluşturuyorlar. Polimer kalıp çıkarıldıktan sonra ise istenilen şekil ve boyutta, tamamen hedeflenen parçacıklardan oluşan üç boyutlu bir mikroyapı elde edilmiş oluyor.

Prof. Dr. Metin Sitti geliştirilen bu yöntemin geleneksel iki fotonlu polimerizasyon tekniğini, malzeme sınırlamasını aşarak neredeyse her malzemeden üç boyutlu mikroyapılar üretmeyi mümkün hâle getiren bir teknolojiye dönüştüreceğini belirtiyor. Yeni yöntemle mikrorobotlar ve mikro ölçekli işlevsel yapıların geliştirilme çalışmaları devam ediyor. Birçok farklı malzemeden mikro ve nano ölçekte karmaşık yapılar üretmeye olanak sağlayan bu teknolojinin uygulama alanları mikroyapı sistemlerinden ileri robotik teknolojilerine kadar uzanıyor. Diğer yandan bu yenilik, malzeme bilimi ve nanoteknoloji araştırmaları açısından da yeni bir üretim yaklaşımı sunuyor. ■

Kaynaklar

<https://www.nature.com/articles/s41586-025-09944-6>
<https://www.nature.com/articles/s41586-025-10033-x#Sec6>



Silisyum dioksit (SiO_2) parçacıklarından oluşan 3D bir mikro yapının taramalı elektron mikroskobuyla elde edilmiş görüntüsü

Türkiye 5G'ye Geçti!

Prof. Dr. Sinem Çöleri [Koç Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

Haberleşmeden Akıllı Sistemlere Yeni Bir Dönem

Türkiye, 1 Nisan itibarıyla 5G teknolojisini kullanıma açtı. Peki bu ne anlama geliyor? 5G, gerçekten sadece daha hızlı internet mi, yoksa daha köklü bir değişimin başlangıcı mı? Bu sorunun yanıtı hız artışından çok daha derinde, haberleşme altyapısının nasıl yeniden tasarlandığında yatıyor.



4 G teknolojisi, mobil interneti günlük yaşamın ayrılmaz bir parçası hâline getirdi. Mobil cihazlar üzerinden video izlemek, sosyal medyada gezinmek, çevrim içi toplantılara katılmak ve mobil uygulamaları kullanmak büyük ölçüde 4G sayesinde mümkün oluyor. Ancak bu sistemin temel odağı insanlardı, veri trafiği büyük ölçüde kullanıcıların tüketim alışkanlıklarına göre şekilleniyordu. Günümüzde ise tablo değişmiş durumda. Artık yalnızca insanlar değil; makineler, sensörler ve otomasyon sistemleri de sürekli veri alışverişi yapıyor. Akıllı cihazlar, üretim hatları ve şehir altyapıları kendi aralarında iletişim kuruyor. 5G tam da bu yeni ihtiyaçlara yanıt vermek için geliştirildi. Daha yüksek veri hızları, milisaniyeler seviyesine düşen gecikme süreleri ve aynı anda çok sayıda cihazın bağlantı kurabilmesi 5G'yi klasik bir iletişim teknolojisinin ötesine taşıyor.

Bu yönüyle 5G yalnızca bağlantı sağlayan bir sistem değil, farklı uygulamaları mümkün kılan temel bir dijital altyapı hâline geliyor.

5G sistemleri genellikle üç ana kullanım alanı üzerinden sınıflandırılır. Gelişmiş mobil geniş bant uygulamaları, özellikle video akışı, bulut tabanlı hizmetler ve yüksek veri gerektiren uygulamalar için yüksek hız sunmayı hedefler. Ultra güvenilir ve düşük gecikmeli iletişim ise otonom araçlar, uzaktan kontrol sistemleri ve endüstriyel otomasyon gibi kritik uygulamalar için geliştirilmiştir. Bu tür sistemlerde milisaniyelik gecikmeler bile ciddi sonuçlar doğurabilir. Üçüncü kategori olan kitlesel makine tipi iletişim ise çok sayıda cihazın aynı anda ağa bağlanmasını mümkün kılar. Akıllı şehirlerdeki sensörler, çevresel ölçüm sistemleri ve bunlara bağlı

cihazlar bu kapsama girer. Bu üç farklı kullanım senaryosu birlikte düşünüldüğünde 5G'nin tek tip bir hizmet sunmadığı aksine farklı ihtiyaçlara göre şekillenebilen esnek bir yapı sunduğu anlaşılır.

Günlük hayatta 5G'nin etkileri ilk bakışta hız artışı olarak hissedilecektir. Daha hızlı veri aktarımı, yüksek çözünürlüklü videoların kesintisiz izlenmesini ve büyük dosyaların kısa sürede indirilebilmesini sağlar. Ancak asıl fark, gecikme süresindeki azalmayla ortaya çıkar. Bir işlemin gerçekleşmesi için geçen süre ne kadar kısa olursa sistemler o kadar hızlı tepki verir. Bu durum, görüntülü iletişimde daha doğal etkileşimler, çevrim içi oyunlarda daha akıcı deneyimler ve genel olarak daha hızlı çalışan dijital hizmetler anlamına gelir. Ayrıca aynı anda çok sayıda cihazın bağlantı kurabilmesi, akıllı şehir uygulamaları için kritik bir altyapı sunar. Trafik sistemlerinden enerji yönetimine kadar pek çok alan bu sayede daha verimli hâle gelebilir.

Bu performans artışının arkasında önemli teknik yenilikler bulunur. 5G, daha geniş frekans bantlarını kullanarak aynı anda daha fazla veri taşınmasını sağlar. Ancak bu frekanslar daha kısa mesafelerde etkili olduğu için daha sık yerleştirilmiş baz istasyonlarına ihtiyaç duyulur.



temizyurek / iStock

Bu da altyapının daha yoğun ve karmaşık hâle gelmesi anlamına gelir. Bunun yanında verinin uzak veri merkezlerine gönderilmesi yerine kullanıcıya yakın noktalarda işlenmesi yani işlemlerin “kenarda” gerçekleştirilmesi, gecikmeyi önemli ölçüde azaltır. Bu yaklaşım özellikle gerçek zamanlı uygulamalar için büyük avantaj sağlar. 5G’nin bir diğer önemli özelliği ise esnekliğidir. Ağ dilimleme olarak adlandırılan yöntem sayesinde aynı fiziksel ağ, farklı kullanım senaryolarına göre sanal olarak bölünebilir. Böylece kritik uygulamalar için daha güvenilir ve önceliklendirilmiş bağlantılar sağlanabilir.

Ancak 5G’nin sunduğu bu avantajlar bazı önemli zorlukları da beraberinde getirir. Yüksek frekans bantlarının sınırlı kapsama alanı, daha fazla sayıda baz istasyonu kurulmasını zorunlu kılar ve bu durum altyapı maliyetlerini artırır. Ayrıca artan veri trafiği ve yoğun ağ yapısı, enerji tüketimini yükseltir ve sürdürülebilirlik açısından yeni sorular ortaya çıkarır. Güvenlik de önemli bir konudur. Çok sayıda cihazın ağa bağlanması, özellikle nesnelerin interneti (IoT) uygulamalarında yeni güvenlik açıklarının ortaya çıkmasına neden olabilir. Bunun yanı sıra farklı teknolojilerin birlikte çalıştığı bu karmaşık yapı, ağların yönetimini daha zor hâle getirir ve yeni mühendislik çözümleri gerektirir.



lvandy / iStock

5G’nin en önemli etkilerinden biri, bireysel kullanıcı deneyiminin ötesinde endüstriyel ve kritik uygulamalarda ortaya çıkacaktır. Otonom araçlar, uzaktan kontrol edilen makineler, akıllı üretim sistemleri ve enerji altyapıları gibi alanlarda iletişimin kesintisiz ve güvenilir olması hayati önem taşır. Bu tür sistemlerde performans yalnızca hız ile değil, sistemin kararlılığı ve sürekliliği (kesintiye uğramadan çalışmaya devam edebilmesi) ile ölçülür. 5G, bu tür uygulamaların yaygınlaşması için gerekli teknik altyapıyı sağlar.

Öte yandan 5G henüz yaygınlaşma sürecindeyken araştırmalar bir sonraki nesil olan 6G üzerine yoğunlaşmış durumda. Bu yeni nesilde yapay zekâ destekli ağ yönetimi, çok daha yüksek frekanslarda veri iletimi, üç boyutlu iletişim ve küresel ölçekte kesintisiz bağlantı gibi hedefler öne çıkıyor. Uydu sistemleri ile karasal ağların birleştiği daha

bütünleşik bir iletişim yapısı hedefleniyor. Bu gelişmeler, iletişim teknolojilerinin yalnızca bilgi taşıyan sistemler olmaktan çıkarak fiziksel dünyayı doğrudan etkileyen yapılara dönüşeceğini gösteriyor.

Sonuç olarak Türkiye’nin 5G’ye geçişi yalnızca bir haberleşme teknolojisinin güncellenmesi değil, daha kapsamlı bir dijital dönüşümün başlangıcıdır. 4G, mobil interneti yaygınlaştırmıştı, 5G ise bu altyapıyı insanlar kadar makineler ve sistemler için de kullanılabilir hâle getiriyor. Bu yönüyle 5G, hız artışından çok daha fazlasını ifade ediyor: Bağlantının daha güvenilir, daha esnek ve gerçek zamanlı hâle gelmesi. Kısacası internet artık sadece bilgi taşıyan bir araç değil, gerçek dünyayı şekillendiren bir altyapı hâline geliyor. ■

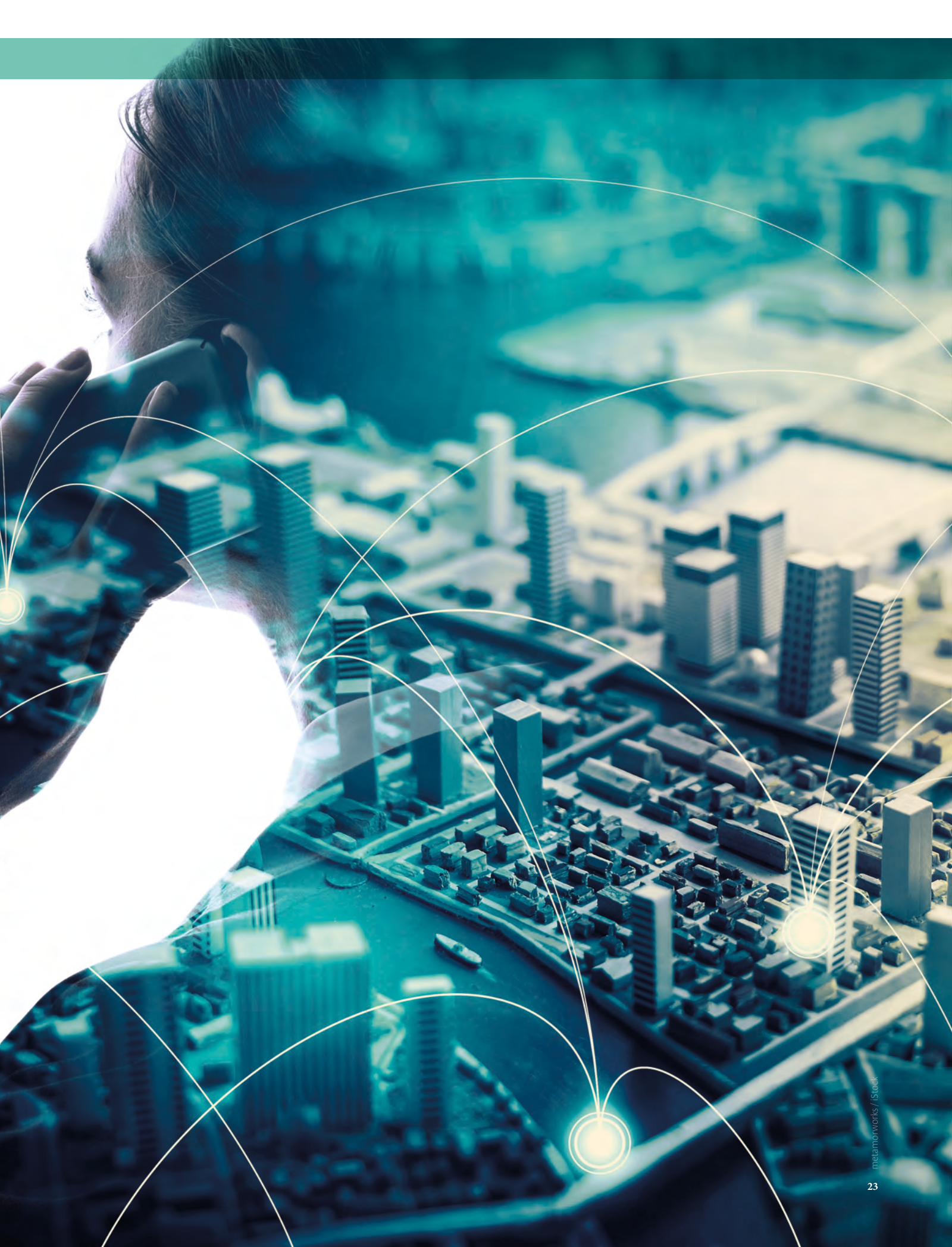
Kutupsal Kodlamayı Geliştiren **Prof. Dr. Erdal Arıkan** ile **5G Teknolojisi Üzerine**

Bilim ve Teknik podcast yayınından derlenmiştir.

Merakla ve heyecanla beklenen bir yandan da tam olarak ne işe yarayacağı çok da bilinmeyen 5G konusunu, bu teknolojinin gelişiminde pay sahibi olan bilim insanımız Prof. Dr. Erdal Arıkan ile konuştuk. Bilkent Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümünden Prof. Dr. Erdal Arıkan'ın, veri iletiminde hız ve güvenilirliği artırmak amacıyla geliştirdiği polar kodlama yönteminin Çinli Huawei firması tarafından 5G standardı olarak kullanılması, ülkemiz için büyük gurur kaynağı oldu. Prof. Dr. Arıkan, haberleşme sistemleri alanında uluslararası düzeyde üstün nitelikli çalışmaları sebebiyle 2019 yılında TÜBİTAK Bilim Ödülü'ne layık görülmüştü.

Bu yazımızda, kendisiyle gerçekleştirdiğimiz podcast yayınında öne çıkan önemli başlıkları sizler için derledik. Haydi gelin, geleceği şekillendirecek 5G iletişim teknolojisini daha yakından tanıyalım.





Telefon ekranlarımızın üst köşesinde gördüğümüz 3G, 4G, 4,5G, 5G simgelerindeki “G” harfleri neyi temsil ediyor?

Cep telefonu gibi kablosuz haberleşme sistemleri belirli uluslararası standartlara göre çalışır. Bu cihazlarda gördüğümüz “G” harfleri haberleşme standartlarının jenerasyonlarını temsil eder. Her yeni nesil haberleşme standardının kendisine göre bir numarası vardır. 5G, 1 Nisan’dan itibaren en güncel haberleşme teknolojisi olarak hayatımıza girdi. 2030’dan sonra da 6G devreye girecek.



3G’den 4G’ye geçildiğinde neler değişmişti?

4G gerçekten devrimsel nitelikte yeni bir haberleşme standardıydı ve bize geniş bant mobil internet erişimini mümkün kıldı. Masaüstü bilgisayarlar ya da kablolu bilgisayarlar yerine cep telefonu üzerinden kablosuz olarak internete erişim imkânı ortaya çıktı. Aslında 3G’de de mobil internet vardı ama geniş bant mobil internet 4G ile sağlandı. Bu sayede akıllı telefonlar ve tablet gibi akıllı cihazlar çok yaygınlaştı. Cep telefonu ekranından video izleyebilir, görüntülü haberlere erişebilir hâle geldik. Eğer geniş bant mobil internet olmasaydı video izleme, görüntülü konuşma gibi uygulamalara erişim pek mümkün olmazdı. Örneğin 2G’de internet erişimi yoktu ve SMS adlı kısa mesaj haberleşmesi bu standardın sunduğu tek veri iletişimi hizmetiydi. SMS kısa mesaj haberleşmesinden sonra 3G ile internet erişimi, 4G ile geniş bant internet erişimi mümkün hâle geldi.

5G teknolojisi hayatımızda tam olarak neyi değiştirecek?

4G hâlihazırda mobil geniş bant internet erişimi için yeterli bir sistemdi. Ancak kullanıcı sayısı arttıkça mobil iletişim altyapısını genişletmeniz, büyütmeniz gerekir. Örneğin 5G’yi yeni bir otoyol gibi düşünebiliriz. Cep telefonunun ve haberleşme uygulamasının kendisini bir yerden bir yere otomobille gitmek gibi düşünün. Fakat yol tıkalıysa gidemezsiniz. Daha geniş ve daha fazla şeride sahip yeni yollar yapmanız lazım. Altyapıyı büyütmeniz gerekir. Bunun haberleşme mühendisliğindeki karşılığı ise daha geniş frekans bantlarıdır. 5G bize 4G’de aldığımız sesli ve görüntülü haberleşme, internet erişimi gibi hizmetlerin aynılarını sunacak. Fakat 4G’de belli alanlarda frekans bantlarının yeterli olmaması nedeniyle bazı tıkanıklıklar, kesintiler yaşanıyordu. 5G ise bu darboğazları aşmamız için



bize yeni frekanslar sağlıyor. Yani otoyolları daha fazla şeride sahip ekspres yollara dönüştürdü de diyebiliriz.

5G teknolojisi daha önce kullandığımız 4G standardına göre daha hızlı veri aktarımı ve görüntülü haberleşme sağlayacak. Bu yüksek hız sayesinde sanal ve artırılmış gerçeklik uygulamaları haberleşme sistemlerinde daha yaygın olarak kullanılacak. 5G, makineler arası haberleşme, nesnelerin interneti, endüstriyel otomasyon, büyük veri ve yapay zekâ gibi teknolojilerin haberleşme altyapısı olacak. Kısacası 5G, siber-fiziksel sistemler adı verilen yeni nesil mühendislik sistemleri için gerekli olan internet altyapısı ihtiyacını karşılayacak.

5G teknolojisine geçilmesiyle birlikte kablosuz internet erişimi de daha kolay hâle gelecek. 4G'deki fiber kablo hızındaki internet erişimini 5G, kablosuz olarak sağlayabilecek. Bu, özellikle kablo

döşenmesinin maliyetli olduğu ya da hiç mümkün olmadığı kırsal veya dağlık alanlar gibi bölgelerde internet servisini kablosuz olarak sağlamak için geliştirilmiş bir sistem. Wi-Fi erişim noktası gibi özel bir cihazı alıp evinize koyduğunuzda, operatörün baz istasyonu ile o modem arasında gigabit/saniye hızında veri transferini mümkün kılan kablosuz bir internet bağlantısı oluşturulabilecek. Bu aynı zamanda taşınabilir bir hizmet de olacağı için o kutuyu gideceğiniz her yere yanınızda götürebileceksiniz.

5G bildiğimiz haberleşme sistemlerinin ötesinde bilginin çok daha güvenilir bir şekilde, çok düşük gecikmeyle ulaştırılmasını garanti eden yani yüksek hassasiyette bir iletişim hizmeti sunacak. 4G'deki 30-50 milisaniye olan gecikmenin 5G ile yaklaşık 1 milisaniyeye düşürülmesi hedefleniyor. Sürücüsüz araçlar, otonom sistemler ve uzaktan kontrol teknolojilerinde gecikme büyük ölçüde azalacak.

Örneğin bir cerrah, binlerce kilometre uzaklıktaki bir hastayı robotlar aracılığı ile anlık olarak ameliyat edebilecek.

Yüksek hızda seyir hâlindeyken bile kesintisiz bağlantı avantajı olacak. Örneğin saatte 500 km hızla hareket edilse bile bağlantının kararlı kalması mümkün olabilecek. Stadyumlar, konser alanları veya alışveriş merkezleri gibi kalabalık ortamlarda çok daha fazla cihaz aynı anda ağa bağlanabilecek. Akıllı ulaşım ve lojistik hizmetleri açısından değerlendirildiğinde ise taşımacılık süreçlerinde araçların hız, konum ve yakıt tüketimi gibi verileri anlık olarak izlenebilecek. Böylece planlamalar daha verimli yapılabilecek, olası sorunlara anında müdahale edilerek alternatif rotalar oluşturulabilecek.

İletişim alanında devrimsel yenilikler getirecek 5G teknolojisi, ileri teknolojilerin geliştirilmesini sağlayacak yeni endüstriyel uygulamalara da imkân verecek. 5G, nesnelerin interneti aracılığıyla cihazlar arası iletişimi sağlayarak akıllı evlerin yaygınlaşmasına, akıllı şehirlerin kurulmasına, yeni nesil tarımsal uygulamaların ve yüksek kapasiteli otomasyonun geliştirilmesine olanak sağlayacak bir haberleşme sistemi.



prawest nujeen / iStock

Peki sizin çalışmalarınız 5G teknolojisine nasıl bir katkı sağladı?

Çalışmalarımı haberleşme mühendisliği alanında sürdürüyorum. Haberleşme sırasında “gürültü” nedeniyle oluşan hataların düzeltilmesi konusunda algoritmalar geliştiriyorum. Bu algoritmalara genel olarak “hata düzeltici kodlama algoritmaları” adı veriliyor. Güncel çalışma alanım ise kutupsal kodlama ve 5G gibi yeni nesil haberleşme sistemlerinin uygulamalarından oluşuyor. 5G teknolojisine geçerken mevcut nesilde kullanılan algoritmaların tamamı aslında yeniden gözden geçirildi. Öğrencilerimle birlikte yürüttüğüm ve TÜBİTAK tarafından da desteklenen projeler sayesinde geliştirdiğimiz kutupsal ya da polar kodlama yöntemi, 5G teknolojisinde kullanılmaya başlandı.

Kutupsal kodlama keşfinizden biraz daha bahseder misiniz?

Cep telefonu gibi haberleşme sistemlerinde ses, görüntü gibi veriler elektromanyetik dalgalar hâlinde havadan gönderilir. Havadaki diğer etkiler gönderilen sinyalin bozulmasına neden olabilir. Bu olay “gürültü” olarak adlandırılır. Haberleşme mühendisliğinde sinyali gürültüden arındırarak hatasız olarak iletmenin çeşitli yöntemleri vardır. Bunlara genel olarak hata düzeltici kodlama yöntemleri adı verilir. Kutupsal kodlama da böyle bir yöntemdir. Hata düzeltici kodlamaya günlük yaşamdan şöyle bir örnek verilebilir: Önemli bir sözcüğü karşı tarafa aktarırken sözcüğün harflerini şehir isimleri ile kodlayarak iletirseniz hata olasılığını en aza indirmiş olursunuz. Çoğu haberleşme sisteminde ileteler bu tür yöntemlerle kodlanarak gürültüye karşı korunur. Kutupsal kodlama, 5G teknolojisinde kullanılan iki ana hata düzeltici kodlama yönteminden biridir. Kutupsal kodlamanın ayırıcı özelliği “Shannon



Vertigo3d / iStock

kapasite sınırı” adı verilen kuramsal sınırlara ulaşabilmesidir. Shannon sınırı, bir iletinin gürültülü bir kanaldan en fazla hangi hızda iletilebileceğini belirleyen haberleşme mühendisliğinin temel yasalarından biridir. Shannon sınırının üzerinde hızla veri aktarmaya çalışırsanız veri iletimi sırasında hata kaçınılmaz olur. Shannon sınırının altında kalmaya razı olursanız hata düzeltici yöntemlerle veriyi gürültüye karşı korumanız mümkün hâle gelir yani hata olasılığı çok düşük seviyelere indirilebilir. Kutupsal kodlama, Shannon sınırının altında her hızda güvenli haberleşme sağlayan bir yöntemdir.

Gelecekte bizi neler bekliyor?

2030’da ilk versiyonu kullanılmaya başlanacak olan 6G gibi yeni nesil haberleşme teknolojileri özellikle yapay zekâ uygulamalarının yüksek kapasiteli altyapısını oluşturacak. Önümüzdeki on yıl içinde internet altyapısını kullananlar sadece insanlar olmayacak. Algoritmalar ve birçok sektörde görev alan yapay zekâ ajanları birbirleriyle haberleşmek ve bilgi alışverişi yapmak için bu altyapıyı kullanacak. Günümüzde insanların günlük ortalama mobil internet kullanım süresi yaklaşık 6,5 saat. Yani insanlar uyku haricinde kalan zamanın yarısını çevrim içi ortamda geçiriyor. Ancak gelecekte yapay

zekâ neredeyse tam kapasiteyle interneti kullanıyor olacak. Kullanıcı sayısı, kullanım süresi ve buna bağlı olarak internet trafiği arttıkça yepyeni bir internet altyapısının geliştirilmesi gerekecek. İletişim teknolojilerinin yanı sıra veri merkezlerinin ve bulut teknolojilerinin kapasitesinin artırılması gerekecek. Yapay zekânın her geçen gün yaygınlaştığı bir dönemde, iletişim altyapısı ister 5G olsun ister 6G, herhangi bir gecikme veya kesinti özellikle kritik uygulamalar için çok riskli olacak.

Geleceğin mobil iletişim teknolojilerini nasıl hayal ediyorsunuz?

İletişim sektörü ve haberleşme teknolojileri çok büyük ilerlemeler kaydetti. Önce insanları, sonrasında ise algılayıcıları ve robotları birbirine bağlamayı başardı. Haberleşmede hızın ve güvenilir bilgi aktarımının teorik sınırına henüz ulaşmadık ama o sınıra çok yaklaştık. Hayal edilen şey şu: Dünya’nın her yerinden tek bir cihazla iletişim kurulabilmesi ve her noktada internet erişiminin olabilmesi. Bu yönden 5G, karasal olmayan ağlar denen yani alçak yörünge uyduları ya da daha yüksek yörüngedeki uydularla haberleşme imkânı sunan bir mimariye sahip.

6G sayesinde mesela otonom araçlar birbirleriyle ya da yol kenarındaki sensörlerle iletişim kurup karayollarında çarpışmadan güvenli bir şekilde seyredebilecek. Çözülmesi gereken birçok problem var fakat çok büyük mesafeler kat edilmiş durumda. Haberleşme mühendisleri olarak bizler dijital çağın altyapısını oluşturan görünmez mimarları, servis sağlayıcılarıyız. Bu altyapıların hangi uygulamalara dönüşeceği ise bu altyapının kullanıcısı olacak tarafların hayal gücüne kalıyor.

Bilim ve Teknik podcast yayını kapsamında Prof. Dr. Erdal Arıkan ile gerçekleştirdiğimiz sohbetin tamamını dinlemek için kare kodu akıllı cihazınıza okutabilirsiniz. ■







GÜNEŞ'İN HAREKETLERİNİ İZLEYEN EL-BATTÂNİ, EKİNOKS VE GÜN DÖNÜMLERİNİ GÖZLEMLEYEREK BİR YILIN UZUNLUĞUNU YÜKSEK BİR DOĞRULUKLA HESAPLADI.



GÜNEŞ'İN ÖĞLE VAKTİNDEKİ YÜKSEKLİĞİNİ VE GÖLGE BOYUNU DİKKATLE NOT EDİN.

TAMAMDIR.



ANTİK YUNANLI PTOLEMAİOS ASTRONOMİK HESAPLAR İÇİN GEOMETRİ VE MATEMATİĞİ KULLANDI.

AMCAK YAPTIĞIMIZ GÖZLEMLER PTOLEMAİOS'UN SONUÇLARIYLA UYUMLU DEĞİL.

GÜNEŞ'İN KONUMUNU YÜKSEK HASSASIYETLE ÖLÇMEK İÇİN MEVCUT HESAPLAMA YÖNTEMLERİNİ GELİŞTİRMEK GEREKİYOR.



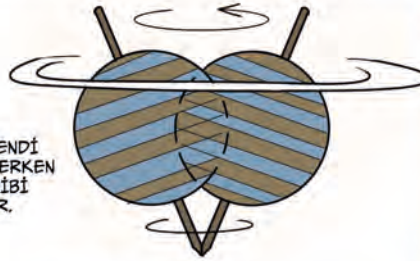
GÜNEŞ'İN TEPE AÇISI TAM 23 DERECE 35 DAKİKA!

KONTROL EDELİM, HATA OLMA SINI!



DETAYLI ÖLÇÜMLERİM BANA BİR SIRRI GÖSTERDİ: YILDIZLARIN KONUMU YÜZLERCE YIL İÇİNDE DEĞİŞİYOR.

YANI DÜNYA KENDİ ETRAFINDA DÖNERKEN BİR TOPAÇ GİBİ YALPALIYOR.



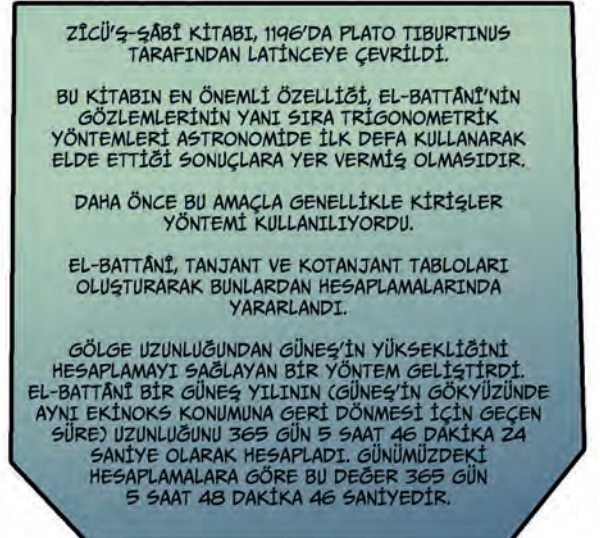
DÜNYA'NIN EKSEN EĞİKLİĞİ GÜNÜMÜZDE YAKLAŞIK 23,5 DERECE. EL-BATTÂNİ, BU DEĞERİN VE EKİNOKS DÖNEMİNDE GÜNEŞ'İN GÖKYÜZÜNDEKİ KONUMUNUN ZAMANLA DEĞİŞTİĞİNİ TESPİT ETTİ.



HESAPLAMALARINDA TRİGONOMETRİK YÖNTEMLERİ KULLANAN EL-BATTÂNİ, ELDE ETTİĞİ SONUÇLARI ZİCÜ'Ş-ŞABİ ADLI KİTAPINDA AÇIKLADI.



BATİ'DA ALBATEGNIUS OLARAK DA BİLİNE EL-BATTÂNİ'NİN ADI GÖK BİLİMİNE YAPTIĞI KATKILAR NEDENİYLE AY'DA BİR KRATERE VERİLDİ.



ZİCÜ'Ş-ŞABİ KİTABI, 1196'DA PLATO TIBURTINUS TARAFINDAN LATİNCESİNE ÇEVİRİLDİ.

BU KİTABIN EN ÖNEMLİ ÖZELLİĞİ, EL-BATTÂNİ'NİN GÖZLEMLERİNİN YANI SIRA TRİGONOMETRİK YÖNTEMLERİ ASTRONOMİDE İLK DEFA KULLANARAK ELDE ETTİĞİ SONUÇLARA YER VERMİŞ OLMASIDIR.

DAHA ÖNCE BU AMAÇLA GENELİKLE KİRİŞLER YÖNTEMİ KULLANILIYORDU.

EL-BATTÂNİ, TANJANT VE KOTANJANT TABLOLARI OLUŞTURARAK BUNLARDAN HESAPLAMALARINDA YARARLANDI.

GÖLGE UZUNLUĞUNDAN GÜNEŞ'İN YÜKSEKLİĞİNİ HESAPLAMAYI SAĞLAYAN BİR YÖNTEM GELİŞTİRDİ. EL-BATTÂNİ BİR GÜNEŞ YILININ (GÜNEŞ'İN GÖKYÜZÜNDE AYNI EKİNOKS KONUMUNA GERİ DÖNMESİ İÇİN GEÇEN SÜRE) UZUNLUĞUNU 365 GÜN 5 SAAT 46 DAKİKA 24 SANİYE OLARAK HESAPLADI. GÜNÜMÜZDEKİ HESAPLAMALARA GÖRE BU DEĞER 365 GÜN 5 SAAT 48 DAKİKA 46 SANİYEDİR.

Artemis II'den Ay Fotoğrafları

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

Artemis II projesinin amacı, gelecekte yapılacak insanlı Ay görevleri için tecrübe edinmek, uzayda insan sağlığı hakkında veri toplamak ve hâlihazırda Ay görevleri için gelişmiş çeşitli teknolojileri test etmektir. Her ne kadar Ay yüzeyine yumuşak iniş yapılmasa da projenin amaçlarından biri de Ay hakkında bilimsel veri toplamaktır. Dünya'dan ayrılmadan önce yoğun bir jeoloji eğitiminden geçen astronotlar, Ay'ın jeolojik geçmişinin anlaşılmasına yardımcı olacak çalışmalar yaptı. Ayrıca Ay'ın Dünya'ya uzak tarafındaki bazı bölgeleri çıplak gözle gören ilk insanlar oldular.

Proje sırasında çok sayıda fotoğraf da çekildi.

Bir kısmı astronotların kullandığı, bir kısmı uzay aracının dışına monte edilmiş kameralar tarafından çekilen fotoğraflar eşsiz manzaralarla dolu.



Artemis projesini dergimizin Mart 2026 sayısında kapsamlı bir şekilde ele almıştık.

Ay'da Dünya Batımı

Orion uzay aracı 6 Nisan'da Ay'ın yakınından geçerken çekilen bu fotoğrafta bir Dünya batımı görülüyor. Fotoğrafın çekildiği açıdan bir kısmı aydınlık, bir kısmı karanlık görünen mavi yerküre yavaş yavaş kraterli Ay yüzeyinin ötesinde ufkun altına batıyor. Dünya'nın aydınlık kısımlarında Avusturalya ve Okyanusya'nın üzerinde türbülanslı, parlak, beyaz bulutlar görülüyor. Fotoğrafın ön planında ise Ohm Krateri yer alıyor.

Ay'da Gün Doğarken Gölgeler

Fotoğrafta dar açıyla gelen Güneş ışığının Ay'ın gece ve gündüz kısımlarını birbirinden ayıran bölgede ortaya çıkardığı uzun gölgeler görülüyor. Yüzeyi sıyıran ışık, Ay'ın engebeli yüzeyini daha da ön plana çıkarıyor. Aydınlik ve karanlık bölgeleri ayıran hattın üzerinde Joule Krateri, Birkhoff Krateri, Stebbins Krateri göze çarpıyor. Fotoğrafın çekildiği açıdan ışık ve gölge arasındaki karşılıklı etkileşim, Ay yüzeyinin tam Güneş ışığı altında görülemeyen detaylarını öne çıkarıyor. Fotoğraf, Artemis II görevinin altıncı gününde mürettebat Ay'ın öte yüzünün etrafını dolanırken çekilmiş.

NASA

NASA

Ay'da Güneş Tutulması

Fotoğrafın çekildiği mesafeden Ay, Güneş'i tamamen kapatacak kadar büyük görünüyor. Üstelik tam Güneş tutulması, Dünya'dakilere kıyasla çok daha uzun sürüyor. Artemis II mürettebatının 6 Nisan'da gözlemlediği bu tam Güneş tutulması yaklaşık 54 dakika devam etti. Fotoğrafta Güneş'in taç küresi Ay diskinin etrafında ışıldayan bir hale olarak görülüyor. Tutulma, Güneş'in dış atmosferinin sıradan koşullar altında görülemeyen detaylarını ortaya çıkarıyor. Ayrıca fotoğrafta Ay'ın etrafında görülen yıldızlar da dikkat çekiyor. Ay'ın parlaklığı nedeniyle sıradan koşullar altında bu yıldızlar Ay fotoğraflarında gözlemlenemiyor. Fotoğrafta Ay'ın Dünya'ya yakın kısmında görülen kısmi aydınlanmanın nedeni, Dünya'dan yansiyarak Ay'a ulaşan Güneş ışınları.



Orion Aracı ve Ay

Fotoğrafın ön planında Güneş ışığı ile aydınlanan Orion uzay aracı, arka planında ise Ay görülüyor. Ay'ın alt orta kısmında etrafı dağlarla çevrili, yaklaşık 1.000 km genişliğindeki Orientale Havzası dikkat çekiyor. Orientale Havzası'nın sol kısmında Ay'ın Dünya'dan görülemeyen kısımları, sağ tarafında ise Dünya'dan görülebilen kısımları yer alıyor. Ay'ın yeryüzüne yakın kısmında görülen koyu renkli bölgeler, çok eski zamanlardaki lav akıntılarının soğumasıyla oluşmuş.

NASA



Ay, Satürn ve Mars

Orion'un Güneş paneli kanatlarından birine monte edilmiş bir kamera tarafından Güneş tutulması sırasında çekilen bu fotoğrafta Satürn de gözüküyor. Ay'ın sağ alt kısmındaki parlak benek, halkalı gezegen Satürn.

NASA

Ay'ın Güney Kutbunun Yakın Plan Görüntüsü

Fotoğrafta Ay'ın güney kutbu civarında yer alan Aitken Havzası'nın doğusu görülüyor. Bir kısmı karanlıkta kalmış havzanın yoğun kraterlerle dolu olduğu görülüyor. Aitken Havzası, Ay'daki en büyük ve en yaşlı havza olması sebebiyle özellikle Ay'ın jeolojik geçmişinin anlaşılması bakımından önem taşıyor.

NASA

Ay'daki Lav Kalıntıları

Artemis mürettebatı tarafından çekilen bu fotoğrafta Ay'ın Dünya'ya yakın kısmının yakın plan görüntüsü yer alıyor. Ay küresinin üçte birlik kısmında yer alan koyu gri renkli bölgeler çok eski zamanlardaki lav akıntılarının soğumasıyla oluşmuş. Koyu gri renkli lav kalıntılarının ortasındaki beyaz nokta ise Aristarchus Krateri.

NASA

Ay'da Güneş Tutulması Biterken

Orion uzay aracından çekilen bu fotoğrafta bir saate yakın süren tutulmanın ardından Güneş yeniden Ay'ın arkasından doğarken görülüyor. Güneş ışığı ve Ay'ın karanlık silüeti Ay'ın sıradan koşullar altında görülemeyen topoğrafyasını açığa çıkaran bir kontrast oluşturuyor.

Ay'dan Dünya Görüntüsü

Dünya gözden kaybolmadan 36 dakika önce çekilen bu fotoğrafta yerküre hilal evresinde gözüküyor.

Ön plandaki Ay'ın alttaki üçte birlik kısmında Orientale Havzası yer alıyor. Havzanın merkezindeki koyu renkli bölge lavların soğumasıyla oluşmuş, havzanın etrafında ise dağlar var. Havzadaki toprakların farklı renkleri havzanın bileşimi hakkında ipucu veriyor. Ay'ın aydınlık yüzünün kenarı, arkadan Güneş ışığı alan diğer fotoğrafların aksine çember biçimli bir yay gibi görünüyor.

NASA

Vavilov Kraterinde Gölgeler

Artemis mürettebatı tarafından çekilmiş Vavilov Krateri görüntüsü. Krater, kendisinden daha büyük ve daha yaşlı Hertzsprung Havzası'nın kenarında yer alıyor. Fotoğraf, uzay aracı Ay'ın öte yüzünün etrafını dolanırken odak mesafesi 400 mm olan ve elle tutulan bir kamerayla çekilmiş.

Vavilov Krateri

Hertzsprung Havzası

NASA

Ay'ı Fotoğraflamak

Astronot Jeremy Hansen, Orion uzay aracının 2 numaralı penceresinden Ay'ın fotoğraflarını çekiyor. Resimdeki mavi renkli kamera örtüsü, kabindeki ışığın uzay aracının camlarından yansıyarak objektife girmesini engelliyor.

NASA

Karanlık ve Aydınlık

Artemis II mürettebatı, Ay'ın aydınlık ve karanlık bölgeleri arasındaki sınırı düz bir çizgiden başka her şey diye tarif ediyor. Sınırdaki çıkıntı yapan kraterler karanlıkta kalmış "adalar" gibi gözüküyor. 3,7 milyar yıl yaşındaki Orientale Havzası'ndan çıkan krater dizileri neredeyse karanlık-aydınlık sınırına kadar ulaşıyor. Orientale Havzası'nın oluşmasına yol açan çarpışmanın sebep olduğu bu krater dizileri, fotoğrafın merkezinde yer alan görece düz yapıdaki Hertzsprung Havzası'nın yüzeyinde kusurlar olarak gözüküyor. Bu durum Hertzsprung Havzası'nın Orientale Havzası'ndan daha yaşlı olması gerektiği anlamına geliyor.

NASA



Kalbin Kendi “Mini Beyni” Olabilir

Dr. Tuba Sarıgül [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Sonuçları *Nature Communications*'da yayımlanan bir araştırma, kalpte bulunan sinir ağının düşünülenden daha karmaşık işlevlere sahip olduğunu ve bu sistemin kalp atımını düzenleyen mini bir beyin gibi görev yapıyor olabileceğini gösteriyor.

Oksijenin ve besinlerin damarlar aracılığıyla dokulara ve organlara ulaştırılmasını sağlayan kalbimiz, değişen iç ve dış koşullara karşı vücudun fonksiyonlarının dengeli bir şekilde devam ettirilmesini sağlar. Örneğin dinlenirken kalp atım hızımız düşer, koşturmayla başladığımız anda ise hızlanır ve vücuda pompalanan kan miktarı yükselir. Dolayısıyla kalp-

damar sisteminin dengesinin korunması insanlar için hayati öneme sahiptir.

Kalbin işlevleri temel olarak otonom sinir sistemi tarafından kontrol edilir. Otonom sinir sisteminin bir parçası olan sempatik sinir sistemi, norepinefrin (noradrenalin olarak da bilinir) adlı nörotransmitter aracılığı ile kalp atım hızını ve kasılma gücünü artırır. Parasempatik sinir sistemi ise asetilkolin adı verilen nörotransmitter aracılığı ile kalp atım hızını düşürür. Ancak kalbin içinde yer alan lokal sinir ağları da bu işlevlerin düzenlenmesinde görev yapar.

Kalp içi sinir ağı (ICNS) olarak isimlendirilen bu sistem, kalp duvarının yüzeye yakın katmanlarında yer



alır. Kalp içi sinir ağı her biri 200 ila 1.000 arasında nöron içeren kardiyak gangliyon isimli sinir düğümlerinden oluşur. Gangliyonlar birbirinden bağımsız yapılar değildir, aralarında yoğun sinirsel bağlantılar vardır. Bu sayede *ganglionated plexi* adlı sinir ağları oluşur. *Ganglionated plexi*'ler, kalbin yüzeyine yakın bölgelerinde yer alır ve büyük oranda kulakçıkların çevresinde yoğunlaşır. Geçmişte bu yapının parasempatik sinyalleri kalbe ileterek kalp atım hızını ve kasılma gücünü yavaşlatan motor nöronlar (merkezî sinir sisteminden çevresel sinir ağlarına sinyal ileten sinir hücreleri) içerdiği düşünülüyordu. Ancak güncel veriler kalp içi sinir ağının parasempatik ve sempatik nöronlar, duyu (afferent) nöronları, motor (efferent) nöronlar ve düzenleyici ara nöronlardan oluşan, nörokimyasal ve işlevsel açıdan son derece karmaşık bir yapı

olduğunu gösteriyor. Kalp içi sinir ağı kalp atım hızı, kasılma gücü ve iletim hızı gibi işlevlerini merkezî sinir sisteminden gelen bir girdi olmadan yerel olarak kontrol edebilir ve düzenleyebilirken kalp ritmini başlatabildiği ile ilgili kesin veriler bulunmuyor. Dolayısıyla bu ağ sadece merkezî sinir sisteminden gelen verileri ileten bir istasyon değil, duysal uyarınları algılayabilen, bu bilgileri işleyebilen ve yanıt üretebilen bir merkez olabilir.

Aralarında Türk bilim insanlarının da bulunduğu uluslararası bir araştırma grubu, kalp içi sinir ağını oluşturan nöron türlerinin yapısal ve işlevsel farklılıklarını ayrıntılı olarak ortaya koymak için kalp atım hızı ve genel kalp işlevleri insanınkine büyük ölçüde benzeyen zebra balıklarının model olarak kullandı. Tek hücre RNA dizileme yöntemi ile kalp içi sinir ağındaki nöronların hangi genleri ifade ettiğini belirleyen

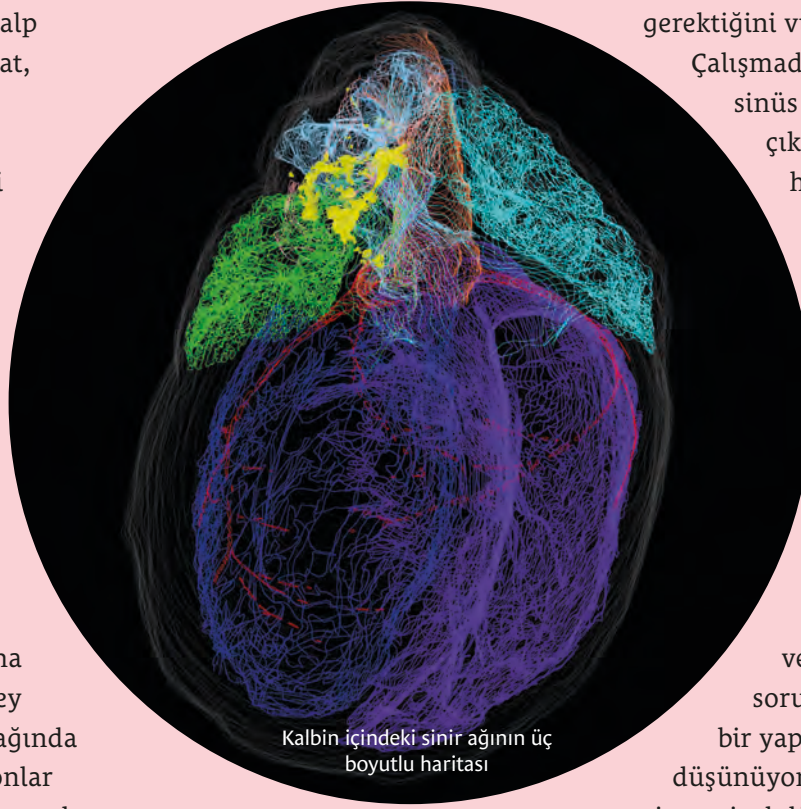
araştırmacılar böylece bu ağ oluşturan nöron türlerini tanımladı. Elektrofizyolojik teknikler sayesinde ise nöronların elektriksel davranışlarını inceleyerek işlevleri arasındaki farklılıkları ortaya koydu.

Memelilerin kalbinde ritmi başlatan ana yapı sinoatriyal düğümdür. Zebra balıklarında, sinoatriyal düğümle benzer işleve sahip daha basit yapı bulunur. Sinoatriyal düğümde ritmin ortaya çıkmasını sağlayan hücrelerin kalp kası hücreleri ve kalpteki nöronlarla benzerlikleri olsa da ayrı bir hücre tipidirler. Kalpte ritmin ortaya çıkmasından ve düzenlenmesinden sorumlu merkezler, parasempatik ve sempatik sinir sistemi tarafından asetilkolin ve noradrenalin adlı nörotransmitter maddeler aracılığıyla kontrol edilir.

Yeni araştırmada zebra balıklarında kalp içi sinir



ağındaki nöronların ve kalp kası hücrelerinin glutamat, GABA ve serotonin gibi nörotransmitterleri algılayabilen reseptörleri de üretebildiği belirlendi. Ayrıca kalpteki bu sinir ağında asetilkolin ve noradrenalin aracılığıyla sinyal ileten nöronların yanı sıra glutamat, GABA ve serotonin nörotransmitterlerini salgılayan nöronların bulunduğu anlaşıldı. Daha önceki çalışmalarda deney farelerinin kalp içi sinir ağında glutamat salgılayan nöronlar bulunduğu gösterilmişti ancak GABA ve serotonin üreten nöronlar tespit edilmemişti. Bu bulgular, zebra balığının kalp içi sinir ağının memelilere kıyasla daha zengin bir nörotransmitter çeşitliliğine sahip olabileceğini gösteriyor. Memelilerde ise sinoatriyal düğümdeki sinüs ritmini oluşturan hücrelerde glutamat reseptörleri bulunduğu biliniyor. Daha önce glutamat sinyalinin kaynağının glia hücreleri olduğu



düşünülse de yeni araştırma kalp içi sinir ağındaki nöronların da rolü olabileceğini gösteriyor. Araştırmacılar kalpteki farklı türdeki nöronların sinyal iletiminde hangi nörotransmitter maddeleri kullandığını belirlemenin, bu hücrelerin işlevlerini anlama konusunda önemli ipuçları sağlayabileceğini düşünüyor. Ancak bu öngörülerin doğrulanabilmesi için daha ileri çalışmalar

gerektiğini vurguluyorlar.

Çalışmada ayrıca kalpte, sinüs ritminin ortaya çıkmasını sağlayan hücrelere benzer fizyolojik özellikler gösteren bir nöron grubunun bulunduğu anlaşıldı.

Araştırmacılar elde ettikleri sonuçlara dayanarak kalpte ritim üretiminden ve kontrolünden sorumlu iki katmanlı bir yapı bulunabileceğini

düşünüyor. Buna göre sinoatriyal düğüm herhangi bir dış uyaran olmadan kendiliğinden etkinleşerek kalpte sinüs ritmini oluştururken kalbin içindeki sinir ağı, merkezî ve çevresel sinir sisteminden gelen bilgileri işleyerek kalp ritmini ayarlayan düzenleyici bir modül olabilir. Yani kalp içi sinir ağı “kalbin mini beyni” olarak tanımlanabilir. ■

Kaynaklar

- Pedroni, A., Yılmaz, E., Del Vecchio, L. ve ark., “Decoding the molecular, cellular, and functional heterogeneity of zebrafish intracardiac nervous system.” *Nature Communications*, Cilt 15, Makale no: 10483, 2024.
- Giannino, G., Braia, V., Griffith Brookles, C., ve ark., “The Intrinsic Cardiac Nervous System: From Pathophysiology to Therapeutic Implications”, *Biology*, Cilt 13, Sayı, 2, 105, 2024.
- Durães Campos, I., Pinto, V., Sousa, N., Pereira, V. H., “A brain within the heart: A review on the intracardiac nervous system”, *Journal of Molecular and Cellular Cardiology*, Cilt 119, s. 1-9, 2018.
- Li, J., Zheng, L., “The Mechanism of Cardiac Sympathetic Activity Assessment Methods: Current Knowledge”, *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, Cilt 9, Makale no: 931219, 2022.
- <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.760405>
- <https://columbiasurgery.org/news/your-heart-has-brain-its-own>
- <https://news.ki.se/the-heart-has-its-own-brain>

Tekno Yaşam

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

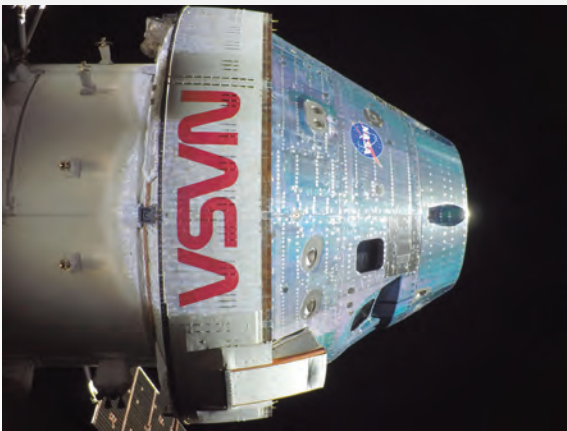


matijmo / iStock

Ay'dan 4K Videolar

NASA'nın Artemis II görevi kapsamında 50 yıldan fazla bir süre sonra ilk kez insanlar Ay'a ulaştı. Görevin en dikkat çekici teknolojik yeniliklerinden biri O2O adlı lazer iletişim sistemi. Geçmişteki uzay görevlerinde kullanılan geleneksel iletişim yöntemi olan radyo sinyalleri yerine lazer ışınlarıyla veri aktaran bu sistem, saniyede 260 megabit hıza ulaşıyor. Orion uzay aracındaki 28 kameradan çekilen 4K görüntüler bu sayede canlı olarak Dünya'ya iletilebiliyor. Bu, uzay iletişiminde önemli bir gelişme olarak öne çıkıyor.

nasa.gov/mission/artemis-ii



Kendini Geliştiren Yapay Zekâ

Yapay zekâ sistemleri artık kendi performanslarını artıracak iyileştirme testleri gerçekleştirebiliyor. Bu alanda öne çıkan projelerden AutoResearch, bir dil modelinin eğitim sürecinde küçük değişiklikler yapıp etkisini ayrı ayrı test ediyor. Performansı artıran değişiklikleri koruyor, başarısız olanları eliyor. Böylece insanlar tarafından uzun sürede yapılabilecek iyileştirmeler çok sayıda denemeye hızlı ve otomatik biçimde gerçekleştirilebiliyor.

Benzer şekilde yakın zamanda geliştirilen Meta-Harness yaklaşımında modelin kendisini değil, modelin hangi kurallara göre çalıştığını belirleyen sistemin iyileştirilmesine odaklanılıyor. Yani yapay zekâ, sonuçların nasıl üretildiğini etkileyen altyapıyı da iyileştirmeye başlıyor. Bu gelişmeler yapay zekâ araştırmalarında yeni bir yaklaşımın ortaya çıkışına işaret ediyor. İnsanlar yapay zekâ modellerinde yapılacak değişikliklerin yönünü ve sınırları belirliyor, yapay zekâ ise çok sayıdaki rutin denemeyi gerçekleştirerek iyileştirme sürecini hızlandırıyor.

<https://github.com/karpathy/autoresearch>

Yapay Zekâ Reçete Yazmaya Başladı

ABD'nin Utah eyaletinde Doctrone adlı teknoloji şirketi tarafından geliştirilen yapay zekâ sistemine reçete yenileme yetkisi veren bir pilot uygulama hayata geçirildi. Sistem; hipertansiyon, diyabet ve depresyon gibi kronik hastalıkların tedavisinde kullanılan 190 farklı ilacın reçetesini yenileyebiliyor ancak ağrı kesiciler, dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu ilaçları ve bağımlılık riski nedeniyle sıkı şekilde denetlenen maddeler kapsam dışında. Karmaşık durumlarda ise sistem hastayı otomatik olarak bir doktora yönlendiriyor.



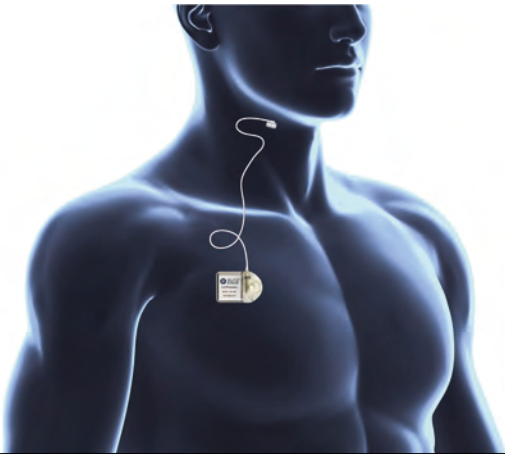
Başlangıçta yapay zekâ tarafından üretilen çıktılar hekimler tarafından incelenecek olsa da pilot programın kısa sürede otonom sistemlerin tıp alanında geniş ölçekte kullanıldığı örneklerden biri olacağı düşünülüyor.

<https://tinyurl.com/yz-recete>

Uyku Apnesine Alternatif Çözümler

Dünya genelinde bir milyardan fazla kişiyi etkileyen uyku apnesi sorununun tedavisinde bugüne kadar kullanılan standart yöntem, yüze takılan CPAP maskesiydi. Ancak cihazın hantal yapısı ve uyku sırasında yol açtığı rahatsızlık nedeniyle hastaların yaklaşık yarısı tedaviyi yarıda bırakıyor. Günümüzde ise birden fazla alternatif yaklaşım aynı anda geliştirilme aşamasında.

Apnimed'in geliştirdiği AD109 adlı günlük hap, uyku sırasında boğaz kaslarının gevşemesini engelleyerek hava yolunu açık tutuyor. Şirket bu yıl ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) onayına başvurmaya planlıyor. İngiltere'de geliştirilen ZeusOSA ise çene altına takılan bir cihaz. Elektriksel uyarılarla, dil hareketlerini kontrol eden hipoglossal siniri uyararak hava yolunu açık tutuyor. Pilot çalışmalarda kullanıcıların %85'inin tedaviye devam ettiği görüldü.



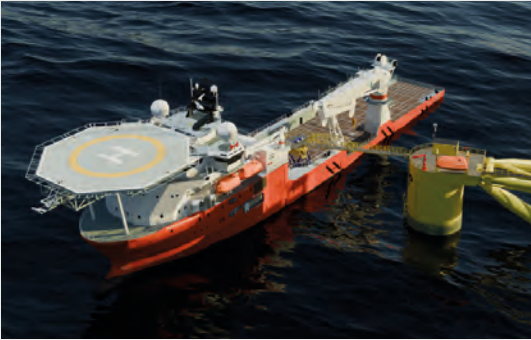
LivaNova'nın geliştirdiği aura6000 ise basit bir cerrahi müdahaleyle vücuda yerleştirilen bir sistem. Mart 2026'da FDA tarafından ön onay verilen teknoloji, sinirlere yerleştirilen altı elektrotla çalışıyor. 12 aylık klinik kullanım sonuçlarına göre hastaların %65'inde belirgin bir iyileşme görüldü.

<https://tinyurl.com/uyku-apne>

Veri Merkezleri Denize Açılıyor

San Francisco merkezli Aikido Technologies, veri merkezlerini açık denizde yüzen rüzgâr türbinlerinin içine yerleştirmeyi planlıyor. Platform, 15-18 megawatt kapasiteli bir rüzgâr türbinine ve 10-12 megawattlık bilgi işlem gücüne sahip olacak. Yedek güç kaynağı olarak ise bataryalar barındırarak. Soğutma için okyanus suyu kullanılacak sistemin ilk prototipi bu yıl sonunda Norveç açıklarında Kuzey Denizi'ne indirilecek. Ticari kullanım ise 2028'de İngiltere'de başlayacak. Proje, veri işleme altyapısının geleceğine dair ilginç bir vizyon sunuyor.

<https://tcrn.ch/4scrzpP>



Biyonik Destekle Yürüyüş

İngiltere'de serebral palsili çocuklar için Agilik adında motor destekli yürüme cihazı geliştirildi. Diz hareketini destekleyen bu giyilebilir sistem, kullanıcının hareket etmesini sağlamıyor, hareketini destekleyerek daha dengeli bir şekilde yürütmesine yardımcı oluyor. Geleneksel ortezler sabit destek sağlarken Agilik kullanıcının hareket biçimine uyum sağlayarak gerçek zamanlı tepki veriyor. Maliyetinin yüksek olması nedeniyle geniş kitleler için henüz erişilebilir olmasa da bu tür teknolojiler, özellikle serebral palsy gibi hareket kısıtlılığı oluşturan durumlarda çocukların yürüme kabiliyetini artırma potansiyeli taşıyor.



<https://tinyurl.com/bi-yuruyus>

Herkesin Hikâyesi Farklı

Güney Koreli bir şirketin geliştirdiği Crack (Japonya'da Kyarapu olarak biliniyor), kullanıcıların kendisinin baş kahraman olduğu bir hikâye yazma platformu. Yapay zekâ, romanın devamını kullanıcının kararlarına göre gerçek zamanlı olarak yazıyor, görseller oluşturuyor ve sesler üretiyor. Birden fazla karakter aynı sahnede etkileşime girebiliyor. Beş milyondan fazla aylık aktif kullanıcıya ulaşan platform, yalnızlığın önemli bir halk sağlığı sorunu olduğu günümüzde insanların boş zamanlarını değerlendirme ve sosyal etkileşim ihtiyaçlarına teknolojik bir çözüm sunuyor.

<https://tinyurl.com/benim-hikayem>



Otonom Çöpçü Tekne

California merkezli Clean Earth Rovers, Los Angeles limanında otonom deniz araçları ile su yüzeyindeki çöpleri topluyor. Şirketin AVPro modelinin uzunluğu yaklaşık 150 cm, kütlesi ise 180 kilogram. Tamamen elektrikle çalışan araç 10 saatte şarj oluyor ve tek şarjla yaklaşık 20 saat kesintisiz görev yapabiliyor. 45 kilogram çöp kapasiteli sistem, dakikada 7,5 litre petrol türevi kirleticiyi ortamdan uzaklaştırabiliyor. AVPro topladığı veriler sayesinde rotasını sürekli iyileştiriliyor.



<https://www.cleanearthrovers.com/rover>

Sohbet Robotları Araçlara Geliyor

OpenAI, ChatGPT'nin sesli sohbet özelliğini Apple CarPlay üzerinden kullanıma açtı. iOS 26.4 güncellemesiyle birlikte sürücüler, araç ekranından ChatGPT ile sesli konuşma başlatabiliyor. Yalnızca sesle çalışan sistemle ekrana dokunmaya gerek kalmadan soru sorulabiliyor, özet bilgiler istenebiliyor ya da sohbet edilebiliyor. Şimdilik ChatGPT araç fonksiyonlarını kontrol etmiyor ve navigasyon uygulamasına da erişimi yok.



<https://tinyurl.com/chat-araba>

Gmail Adres Değiştirmeye İzin Veriyor

Google, 2004'te kullanıma açılmasından bu yana ilk kez Gmail kullanıcılarına e-posta adreslerini değiştirme imkânı sunuyor. Yeni güncellemeyle birlikte kullanıcılar veri kaybı olmadan veya hesap erişimi sorunu yaşamadan adreslerini güncelleyebilecek. Bu, yıllardır öğrencilik döneminde oluşturdukları adresleriyle profesyonel hayatlarını sürdürmek zorunda kalan milyonlarca kullanıcı için beklenen bir değişiklik.



E-posta adreslerini değiştirmek isteyen kullanıcılar için Google hesap ayarlarında "Kişisel Bilgiler" bölümüne girip "E-posta" seçeneğine ardından Google hesabı e-postası satırındaki "Değiştir" düğmesine tıklamak yeterli. Eski adres otomatik olarak alternatif adres olarak kalıyor dolayısıyla eski adrese gelen e-postalar kaybolmuyor. Değişiklik 12 ayda bir yapılabilir ve toplamda üç kez kullanılabilir. Özellik şimdilik yalnızca ABD'de etkin, diğer ülkelerde ne zaman kullanıma açılacağı ise henüz net değil. ■

<https://tinyurl.com/gmail-degistir>



“Matematiğin Nobel’i” Abel Ödülü Sayı Kuramcısı Gerd Faltings’in

İlay Çelik Sezer [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Sıklıkla “matematiğin Nobel’i” olarak nitelendirilen ve dört yılda bir verilen Abel Ödülü’ne bu yıl sayı kuramcısı Gerd Faltings layık görüldü. Abel Komitesi’nin açıklamasına göre Faltings, bu ödülü aritmetik geometriye güçlü araçlar kazandırması ve Mordell ve Lang’ın Diophantine denklemlerine ilişkin uzun süredir kanıtlanmayı bekleyen varsayımlarını ispatlaması dolayısıyla alacak.



2026 Abel Ödülü'nün sahibi Gerd Faltings

Yaptığı çalışmalarla matematiğin en önemli alanlarından biri olan aritmetik geometrinin kuruluşuna katkıda bulunan Faltings, uzun süredir çözülmeyi bekleyen iki önemli varsayımı ispatlamakla kalmayıp sonrasında 40 yıldan uzun bir süreye yayılan araştırmalara rehberlik eden yeni kuramsal çerçeveler de oluşturdu.

Faltings'ın, ilk kez 1922 yılında Louis Mordell tarafından ortaya konan ve uzun bir süre ispatlanmayı bekleyen Mordell varsayımını 1983 yılında kanıtlaması, o dönem matematik dünyasında büyük yankı uyandırmıştı. Bu başarısı Faltings'e 1986 yılında, henüz 32 yaşındayken matematiğin en prestijli ödüllerinden biri olan Fields Madalyası'nı kazandırmıştı.

Mordell varsayımı Diophantine denklemleri ile ilgili. Diophantine denklemleri, bilinmeyenlerin üstel kuvvetlerini ve toplamalarını içeren ve çözümleri rasyonel sayılar olması gereken denklemlerdir. Rasyonel sayılar, tam sayılar ya da tam sayıların kesirleri şeklinde ifade edilebilen sayılardır. Mordell varsayımı özel durumlar dışında bu tür denklemlerin en fazla sonlu sayıda çözümü olabileceğini yani bu denklemleri sağlayan sonlu sayıda rasyonel sayı kümeleri olabileceğini öne sürüyordu.

Diophantine denklemlerinin en bilinen örneği hepimizin okul sıralarında öğrendiği, dik üçgenlerin kenar uzunlukları arasındaki ilişkiyi gösteren Pisagor teoreminde karşımıza çıkar:

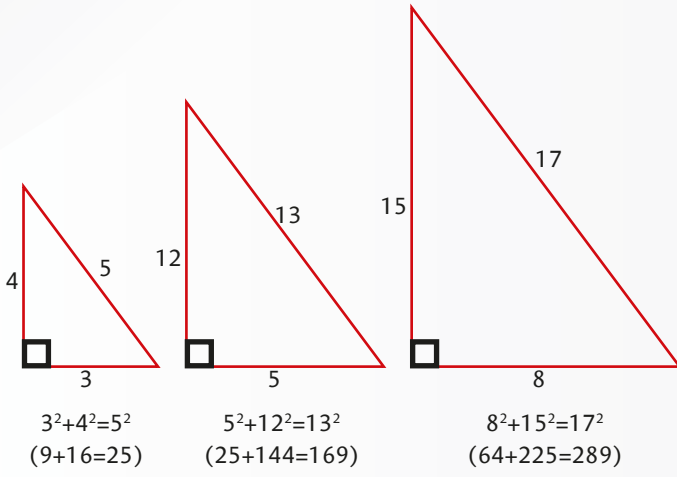
$$x^2 + y^2 = z^2$$

Çoğu dik üçgende bu denklemin çözümü hipotenüs için irrasyonel bir sayı verir. Örneğin dik kenarları birer santimetre uzunluğunda olan bir dik üçgen için hipotenüsün değeri $\sqrt{2}$ santimetre olur. Ancak bazı özel durumlarda bu denklemi sağlayan üç kenar uzunluğunun üçü de tam sayı olabilir. Örneğin $3^2 + 4^2 = 5^2$ ($9 + 16 = 25$) ya da $5^2 + 12^2 = 13^2$ ($25 + 144 = 169$) denklemlerinde olduğu gibi. Aslında bu denklemi sağlayan sonsuz sayıda tam sayı çözümü yani tam sayı x , y ve z üçlüleri vardır. Ancak 2'den fazla

kuvvetler için bu durum geçerli değildir. İşte Faltings'ı üne kavuşturan ispat, bazı özel durumlar hariç bilinmeyen değişkenlerin daha yüksek kuvvetlerini ve çarpımlarını içeren (örneğin $x^3y + y^3z + z^3x = 0$) denklemlerin ancak sonlu sayıda rasyonel çözümleri olabileceği yönündeydi.



Nobel Ödülü'nden esinlenerek oluşturulan Abel Ödülü bu yıl 24. kez veriliyor. Kazanan bilim insanları, 7,5 milyon Norveç Kronu tutarında para ödülü alıyor.



Pisagor teoremine göre dik üçgenlerin kenar uzunlukları arasında $x^2 + y^2 = z^2$ denklemiyle gösterilen bir ilişki vardır. Şekilde üç örneğini gördüğünüz gibi bu denklemi sağlayan sonsuz sayıda tam sayı çözümleri yani tam sayı x , y ve z üçlülere vardır.
 (Not: Çizimler örnek kenar uzunluklarıyla orantılı değildir.)

Mordell, neden bazı Diophantine denklemlerinin sonsuz, bazılarının ise yalnızca sonlu sayıda rasyonel çözüme sahip olduğunu anlamaya çalışıyordu. Bu denklemler, karmaşık sayılar ($a+bi$ biçiminde yazılabilen ve bir gerçel bir de sanal bileşenden oluşan sayılar) üzerinde incelendiğinde birer geometrik yüzey (örneğin küre gibi yüzeyinde delik olmayan ya da simit gibi delikli yüzeyler) gibi düşünülebilir.



genus 0 genus 1 genus 2 genus 3

Diophantine denklemleri, karmaşık sayılar üzerinde incelendiğinde birer geometrik yüzey gibi düşünülebilir. Matematikçiler, bu yüzeylerdeki genus olarak adlandırılan deliklerin sayısı arttıkça denklemin çözüm davranışının da değiştiğini fark etti.

Matematikçiler, yüzeydeki delik sayısı (genus olarak isimlendirilir) arttıkça denklemin çözüm davranışının da değiştiğini fark etti. Mordell, simitten daha fazla deliğe sahip yüzeylere karşılık gelen denklemlerin yalnızca sonlu sayıda rasyonel çözümü olacağını öne sürdü. Bu güçlü sezgi uzun yıllar kanıtlanamadı ancak 1983'te Faltings tarafından ispatlanarak matematik tarihine geçti.

Faltings'ın, sadece Mordell varsayımını ispatlaması değil ispatlarken izlediği yol da matematikçileri şaşırttı. Faltings'ın ispatı, görünürde birbirinden ayrı iki matematik dalı olan geometri ve aritmetiğe ait fikirleri bir araya getiriyordu. Başarısını belirsizliğe tahammül edebilmesine ve içinde işe yarayabileceği yönünde bir his taşıdığı ancak belki de ispatlayamayabileceği fikirlerle ilgili risk alabilmesine bağlayan Faltings, "Bazen her adımı ispatlayarak ilerlemeye çalışan insanların önüne geçiyorum ama bazen ben de yanlış yola sapıyorum." diyor.

Mordell varsayımı zorluğuyla nam salmış bir problemdi ve Faltings Almanya'daki Wuppertal Üniversitesinde çalıştığı dönemde bu konuda tam bir çözüme ulaşmaktan ziyade ara sonuçlar elde etmek umuduyla çalışıyordu. Kendi ifadesine göre başlangıçta pek ileri gidebileceğini düşünmediği için ispatlayabildiği her ara sonuç Faltings'i motive ediyordu. İspatı tamamladığında ise ispatın geçerli olup olmadığı konusunda kendini ikna etmesi biraz zaman alsa da sonunda büyük bir mutluluk yaşamıştı.



Faltings'ın çalışmaları, Fransız matematikçi Pierre de Fermat tarafından 1637'de ortaya konan "Fermat'ın son teoremi" adlı ünlü teoremin ispatlanmasının da yolunu açtı. 1994'te Andrew Wiles (sağda) tarafından yapılan ispat matematiğin son 40 yıldaki en büyük başarılarından biri sayılıyor. Fermat'ın son teoremi özel bir Diophantine denklemiyle ilgiliydi: n sayısının 2'den büyük bir tam sayı olduğu durumlarda, $x^n + y^n = z^n$ denkleminin rasyonel çözümleri bulunmadığını söylüyordu. Fermat'ın Son Teoremi hakkında Bilim Genç'te yayımlanan bir yazıya kare kod yardımıyla erişebilirsiniz.





Aslında bu ölçekte büyük etkileri olacak problemler seçmek gibi bir niyetle yola çıkmadığını belirten Faltings şöyle diyor: “Her zaman beni ünlü ya da zengin yapacak hedeflere değil uğraşmayı sevdiğim konulara odaklanma yönünde bir düşüncem oldu. Çünkü sevdiğiniz şeylerle uğraşırsanız daha çok keyif alırsınız.”

Peter Badger / Typo / The Abel Prize

Faltings, matematiğe 12 yaş civarında ilgi duymaya başladığını, fizik ve diğer temel bilim alanlarına da merak duymasına rağmen matematiğin entelektüel açıdan netliğinin onu cezbedtiğini söylüyor. “Matematikte neyin doğru neyin yanlış olduğu açıktır, ben de bunu seviyorum.” diyor Faltings.

Mordell varsayımı, Faltings’ın 1983’teki ispatıyla birlikte Faltings teoremi hâline geldi. Faltings teoremi matematikte büyük bir etki yarattı. Diophantine denklemleri konusuna olan ilgi yeniden canlandı ve 1989’da Paul Vojta adlı matematikçi Mordell varsayımı için alternatif bir ispat ortaya koydu. Faltings, bu yaklaşımı geliştirerek kendi sonucunun çok daha kapsamlı bir genellemesi olan Mordell–Lang varsayımını ispatladı. Faltings teoremi, Fermat’nın son teoreminin Andrew Wiles tarafından 1994 yılında ispatlanmasına giden süreçte önemli bir basamak oldu. Faltings’ın çözdüğü pek çok varsayım ve Mordell varsayımını kanıtlamak için geliştirdiği

araçlar zaman içinde genelleştirilerek günümüz matematik araştırmalarının en önemli çalışma alanlarından bazılarının temellerini oluşturdu. Şekillerin kıvrımları ile yapıları arasındaki ilişkileri, günlük hayatta kullandığımıza pek benzemeyen sayı sistemleri kullanarak inceleyen araştırma alanını ifade eden p-sel Hodge kuramı bunlar arasında. Matematikçiler hâlen Faltings teoreminin sonuçları üzerinde çalışmaya devam ediyor. Örneğin geçtiğimiz mart ayında bir grup matematikçi, bir eğrinin sahip olabileceği rasyonel nokta sayısına (bir eğriyle tanımlanan Diophantine denklemlerinin çözümleri, bu eğriler üzerindeki rasyonel noktalara karşılık gelir) somut bir üst sınır bulduklarını duyurdu. Sonuç olarak Abel Ödülü’nün gerekçesinde de vurgulandığı gibi Faltings’ın çalışmaları, aritmetik geometriye yön veren güçlü araçlar ortaya koyarak Diophantine denklemleri ile ilgili onlarca yıllık problemlerin çözülmesini mümkün kıldı ve bu alandaki çalışmaların yönünü değiştirdi. ■

Kaynaklar

<https://abelprize.no/abel-prize-laureates/2026>
<https://www.newscientist.com/article/2519762-mathematician-wins-2026-abel-prize-for-solving-60-year-old-mystery/>
<https://www.nature.com/articles/d41586-026-00819-y>
<https://www.scientificamerican.com/article/gerd-faltings-mathematician-who-proved-the-mordell-conjecture-wins-the-abel/>

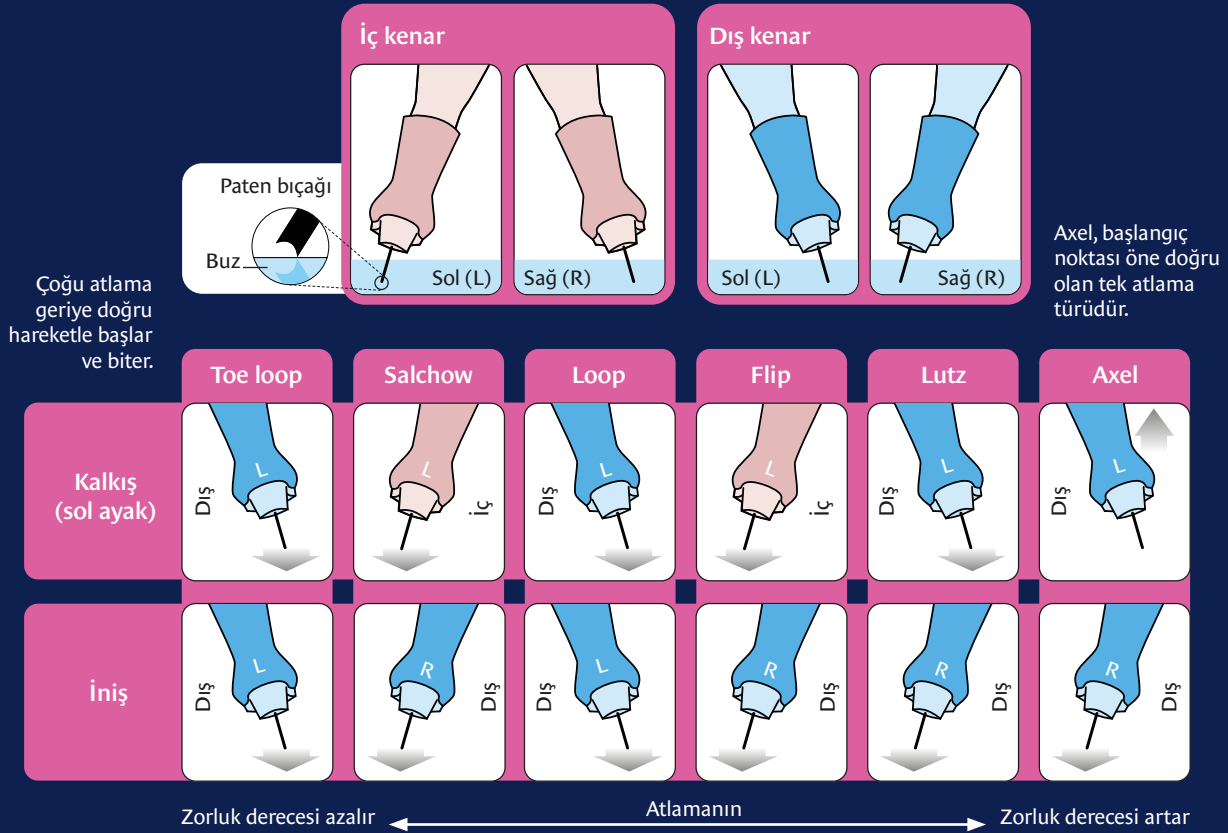
Fizik Kanunlarını Zorlayan Hareket: **Dörtlü Axel Atlayışının** **Arkasındaki Bilim**



Artistik buz patenindeki imkânsız gibi görünen hareketlerin fiziğinden axel atlayışlarının dinamiğine, curling taşlarının jeolojik özelliklerinden kayak yapmanın vücut üzerindeki fizyolojik etkilerine kadar Kış Olimpiyatları’nın heyecan verici sporlarının ardında bazı bilimsel temeller bulunuyor. Peki artistik buz patenindeki en zor atlayışlardan biri olan “dörtlü axel” hangi bilimsel prensiplere dayanıyor?

On yıl öncesine kadar dörtlü axel atlayışı artistik buz pateninin ulaşılmaz hedeflerinden biriydi. 2010’lu yıllarda bazı erkek patenciler, programları sırasında birden fazla kez dörtlü atlayışlar yapmaya başladı. Ancak 4,5 dönüşle tamamlanan ve son derece riskli olan dörtlü axel atlayışına herkes cesaret edemiyordu. Yapılan denemeler de başarılı olamıyordu. 2020’li yıllara gelindiğinde Amerikalı artistik buz patencisi Ilia Malinin’in adı sıkça duyulmaya başlandı. Malinin, 2022’deki uluslararası bir yarışmada dörtlü axel atlayışını başarıyla gerçekleştiren ilk patenci oldu. 2026 Kış Olimpiyatları’nda da son derece zor olan dörtlü atlayışları programına dâhil etti ancak beklenen performansı sergileyemedi. Bu zorlu atlayışları gerçekleştiren bir diğer sporcu ise 2022 Kış Olimpiyatları’nda, bir programda beş kez dörtlü atlayış yapan ve altın madalya kazanan Nathan Chen’di. Peki, artistik buz patencileri nasıl oluyor da 0,65 saniyeden daha kısa süren bu tür zorlu atlayışları başarıyla gerçekleştiriyor?

Paten Bıçağının Kenarları



Artistik buz patenindeki altı temel atlayış türü için iniş ve kalkıştaki paten pozisyonlarını gösteren çizim

Aslında bu atlayışlarda fizik biliminin sınırları zorlanıyor. Artistik buz pateninde altı temel atlayış türü var ve bunlar fizik prensipleri açısından bakıldığında aynı temanın varyasyonları. Patenciler hızlanmak için buz üzerinde kayar, ardından kendilerini yay gibi bükerek zorlayıcı bir kas hareketiyle buzı iter ve yukarı doğru sıçrar. Bunu yaparken aslında iki amaçları vardır: havada kalma sürelerini en üst düzeye çıkarmak için en yükseğe zıplamak ve ayakları buza temas etmeden önce belirli dönüş sayısını tamamlamak için hızlı bir şekilde dönmek. Kalkış sırasında patenciler, açısal momentum kazanarak dönme kapasitelerini

en üst düzeye çıkarmak için vücutlarını buzdan belirli bir açıyla iter. Her atlayışta bunu farklı şekilde gerçekleştirirler. Artistik buz patencilerinin yarışmalardaki performansları sırasında gerçekleştirdikleri rutin atlayışlar, paten bıçağının ön ucu üzerinde yapılan atlayışlar (toe loop, flip ve lutz) veya paten bıçağının iki kenarından biri (iç veya dış) üzerinde yapılan atlayışlar (salchow, loop ve axel) olarak sınıflandırılır. Paten bıçağının dış kenarı üzerinden diğer patenin ön ucu ile buzdan güç alınarak kalkış yapılan lutz atlayışı, paten bıçağının dış kenarı üzerinden kalkış yapılan ve aynı ayağın üzerine inilen loop atlayışı, paten

bıçağının iç kenarı üzerinden diğer patenin ucundan destek alınarak kalkış yapılan ve diğer patenin dış kenarı üzerine inilen flip atlayışı...

Her atlayış tekli, ikili, üçlü veya dördü döndürüşler hâlinde yapılabilir, belirli kalkış ve iniş manevraları içerir. Çoğu atlayışta patenciler geriye doğru hareket ederken havaya sıçrar ve geriye doğru buza iner. Axel atlayışında ise patenciler ileri doğru hareket ederken kalkış yapar. Axel, diğer atlayışlara göre havada yarım tur daha fazla dönmeyi gerektiren tek atlayıştır. Bu nedenle artistik buz patenindeki en zorlu atlayışlardan biridir. Diğer beş atlayışta ise geriye doğru kalkış yapılır.

Fiziksel olarak benzer olsalar da her atlayışın insan vücudu için farklı zorlukları vardır. Dönüş sayısı arttıkça atlayış patenciler için daha da zorlaşır, bu nedenle daha yükseğe sıçramaları ve daha hızlı dönmeleri gerekir. Uzmanlar, patencilerin havada 4,5 tur dönmesini gerektiren dörtlü axel gibi zorlu atlayışları başarıyla tamamlayabilmeleri için

güç ve kondisyon, denge, sağlıklı bir yaşam tarzı, doğuştan gelen yetenek, zihinsel odaklanma, ince ama kaslı bir vücut yapısı ve iyi antrenörler gerektiğini belirtiyor. İnce bir vücudun önemi ise fizik bilimi ile ilişkili. Patenciler havadayken dönüşlerini etkileyen dış bir faktör olmadığı için (havanın sürtünme etkisi ihmal edildiğinde) açısız momentumları

değişmez yani korunur. Açısız momentum, eylemsizlik momenti ile açısız hızın çarpımına eşittir. Sporcular havadayken kollarını vücutlarına yapıştırıp bacaklarını birbirine yaklaştırarak dönüş hızlarını artırabilirler. Bu sayede kütle dağılımlarını dönüş eksenine yaklaştırarak eylemsizlik momentlerini azaltır ve açısız momentumun korunumu ilkesi gereği dönüş hızlarını artırır. Dolayısıyla daha ince ve düşük kütleli ama kaslı yapıdaki patenciler daha hızlı dönme kapasitesine sahiptir.

Son yıllarda patencilerinin performanslarında daha zorlu atlayışlara yönelmesinin, artistik buz pateni sporunun geleceği için doğru bir yaklaşım olup olmadığı konusunda farklı görüşler var. Çünkü atlayışların zorluğu arttıkça performansların artistik ve teknik yönlerini dengelemenin daha zor hâle geleceği belirtiliyor. Ancak dörtlü atlayışların, uluslararası ya da ulusal olsun her seviyedeki yarışmalarda kalıcı olacağı görüşü ağır basıyor.

İlk kez bir yarışmada Ilia Malinin tarafından gerçekleştirilen dörtlü axel atlayışını izlemek için kare kodu akıllı cihazınıza okutabilirsiniz. ■



Kaynak

<https://www.scientificamerican.com/article/quad-god-ilia-malinin-and-the-science-of-figure-skatings-near-impossible/>



Merak Ettikleriniz

İlay Çelik Sezer [merak.ettikleriniz@tubitak.gov.tr

Neden Bazı İnsanlar Alerji Mevsiminde Uykulu Hisseder?

Özellikle ağaç, ot ve çimen polenlerinin yoğunlaştığı ilkbaharda ve yaz başında birçok kişi kendini, hapşırık ve burun akıntısı gibi alerji belirtilerinin yanı sıra belirgin bir yorgunluk ve uyku hâliyle de mücadele ederken bulabilir. Bunun temelinde bağışıklık sisteminin verdiği alerjik yanıt yatar.

Polen gibi zararsız maddeleri tehdit olarak algılayan vücut, bu maddelerle karşılaştığında histamin başta olmak üzere çeşitli kimyasal maddeler salgılar. Histamin, burun akıntısı ve kaşıntı gibi klasik alerji belirtilerine yol açarken aynı zamanda

beyinde uyanıklığı düzenleyen sinir hücreleri üzerinde de etkilidir. Normal koşullarda histamin, uyanıklığı destekleyen bir nörotransmitterdir. Ancak alerjik reaksiyon sırasında bu sistem aşırı ve düzensiz biçimde uyarılır. Bu durum, sinir sisteminde bir tür dengesizliğe yol açarak zihinsel bulanıklık, dikkat dağınıklığı ve genel bir yorgunluk hissi oluşturabilir. Buna ek olarak alerjik reaksiyon sırasında salınan sitokinler (örneğin IL-1 ve TNF- α), beyinde “hastalık davranışı” olarak bilinen bir durumu tetikler. Hastalıkla mücadele sırasında vücut kaynaklarını korumaya yönelik olarak ortaya çıkan bu durum, vücudu dinlenmeye yönlendirir ve uyku isteğini artırır. Öte yandan alerjik durumlarda sıkça görülebilen burun tıkanıklığı gece uykusunun kalitesini düşürerek uyku bölünmelerine ve yeterince dinlenememeye neden olabilir. Kullanılan bazı antihistaminik ilaçlar da sedatif (sakinleştirici) etkileri nedeniyle gündüz uykulu hissetme durumunu şiddetlendirebilir. Ayrıca alerjik reaksiyonlar sırasında bağışıklık tepkisi için vücudun artan enerji ihtiyacının da yorgunluk ve hâlsizlik gibi belirtilerde payı olabileceği düşünülüyor. Sonuç olarak alerji mevsiminde hissedilen uyku hâli temelde vücudun bağışıklık yanıtının doğal bir sonucudur.

Kaynaklar

<https://www.livescience.com/65753-seasonal-allergies-tired.html>

<https://int.livhospital.com/why-do-allergies-make-you-sleepy-and-drowsy/>

Karanlık Madde

Görünmüyorsa Var Olduğunu Nasıl Bilebiliyoruz?

Karanlık madde, ışıkla etkileşmediği için doğrudan gözlemlenemeyen ancak gözlemlenebilir etkileri yoluyla varlığı bilinen fiziksel bir olgu. Evrenin yaklaşık %27'sini karanlık maddenin oluşturduğu tahmin ediliyor. Peki eğer göremiyorsak karanlık maddenin var olduğunu nasıl bilebiliyoruz?

Karanlık madde fikri ilk olarak 1930'larda Fritz Zwicky adlı İsviçreli astrofizikçinin gök ada kümelerindeki hareketlerini incelemesiyle ortaya çıktı. Zwicky, Coma Kümesi'ndeki gök adaların, gözlenebilen madde miktarının oluşturduğu kütle çekim etkisi dikkate alınarak hesaplanan teorik hızdan daha yüksek hızlarla hareket ettiğini fark etti. Bu durumu açıklamak için gereken "kayıp kütle"yi ise karanlık madde olarak adlandırdı. 1970'lerde Vera Rubin adlı Amerikalı astronom, gök adalardaki yıldızların dönüş hızlarını ölçtü. Gök adanın merkezinden uzaklaştıkça yıldızların daha yavaş dönmesi beklenirken uzak yıldızların merkeze yakın yıldızlarla benzer hızlarda döndüğünü gösterdi. Bu durum da yine "görülemeyen" bir kütlenin varlığına işaret ediyordu. Günümüzde yıldızların hızının merkeze uzaklıklarına göre değişimini gösteren grafikler olan "dönüş eğrileri" gök adalardaki yıldızların hızlarının merkezden uzaklaştıkça azalması gerekirken neredeyse sabit kaldığını ortaya koyarak karanlık maddeyi destekleyen en güçlü kanıtlardan birini oluşturuyor.

Karanlık maddenin varlığını destekleyen bir diğer gözlemsel olgu da kütle çekimsel merceklemedir. Kütle çekimsel merceklemede çok büyük kütleli gök cisimleri (örneğin gök ada kümeleri) uzay-zamanı bükerek uzak gök adalardan gelen ışığın yönünü değiştirir ve bazı gök cisimlerinin olduğundan büyük görünmesine yol açar. Mercekleme etkisinin büyüklüğü ölçüldüğünde,

bu etkinin görünür maddeyle açıklanamayacak kadar güçlü olduğu görülür. Bu da sistemde fazladan bir kütlenin bulunduğu işaret eder.

Çarpışan iki gök ada kümesinin oluşturduğu Bullet Cluster adlı kozmik yapı da karanlık maddeye dair en güçlü kanıtlardan biridir. X ışınlarıyla yapılan gözlemler, gök adaların içerdiği sıcak gazın (gök adalardaki görünür maddenin büyük kısmı) çarpışma sırasında yavaşladığını gösterirken kütle çekimsel mercekleme ölçümleri kütlenin büyük bölümünün sıcak gazdan farklı olarak ilerlemeye devam ettiğini gösterir. Kütle çekimsel mercekleme ölçümleri ile elde edilen kütle dağılımının, X ışınları ile gözlemlenen madde dağılımından farklı olması, bu kütlenin yalnızca kütle çekim yoluyla etkileşen karanlık maddeden oluştuğunu ortaya koyar.

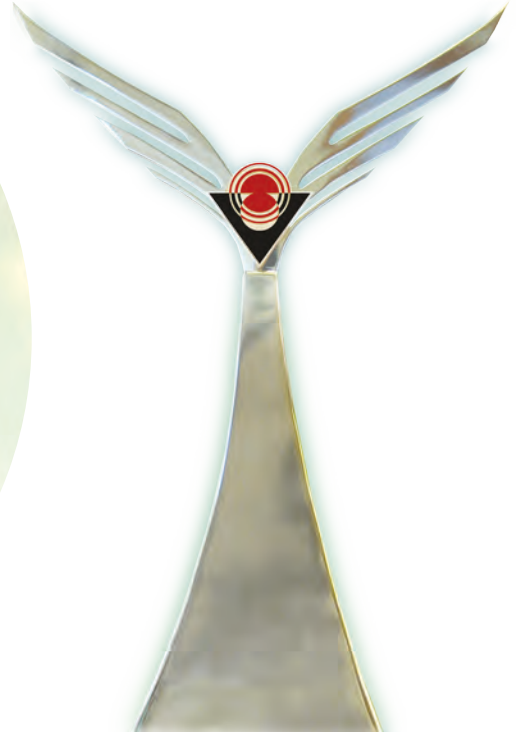
Ayrıca kozmik mikrodalga arka plan ışımasındaki çok küçük sıcaklık dalgalanmalarının analizi, kozmolojik modele göre evrendeki toplam madde miktarının görünen maddeden çok daha fazla olduğunu gösterir ve bu fark, karanlık madde olarak yorumlanır. ■

Bilim ve Teknik podcast yayını kapsamında gerçekleştirdiğimiz "Bilimin Cevap Aradığı Büyük Soru: Karanlık Madde Nedir?" başlıklı programı dinlemek için kare kodu akıllı cihazınıza okutabilirsiniz.



Kaynaklar

<https://science.nasa.gov/dark-matter/>
<https://science.nasa.gov/mission/wmap/wmap-overview/>



CHAPLE'dan TÜBİTAK Bilim Ödülü'ne . . .

Prof. Dr. Ahmet Oğuzhan Özen'in

Nadir Hastalıklarla Şekillenen Bilim Yolculuğu

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Sağlık Bilimleri alanında 2025 yılı TÜBİTAK Bilim Ödülü, çocuk alerji ve immünolojisi alanında yürüttüğü uluslararası düzeyde nitelikli çalışmaları nedeniyle Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Ahmet Oğuzhan Özen'e verildi. 2000 yılında Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesinden mezun olan, çocuk sağlığı ve hastalıkları alanındaki uzmanlığını aynı üniversitede tamamlayan ve 2012'de Yeditepe Üniversitesi Çocuk Alerji ve İmmünoloji Bilim Dalında yan dal uzmanı derecesini alan Prof. Dr. Özen, 2015'ten bu yana Marmara Üniversitesinde akademik çalışmalarını sürdürüyor. 2021 yılında kurulan Prof. Dr. Işıl Berat Barlan Translasyonel Tıp Merkezinin Müdürlüğünün yanı sıra Çocuk Alerji ve İmmünoloji Bilim Dalı Başkanlığını yürüten Özen ile yaptığımız bu söyleşide bilimsel yolculuğunun dönüm noktalarını, nadir hastalıklara ve bağışıklık sistemi hastalıklarına yönelik araştırmalarını, laboratuvarı üretilen bilginin hastalar için doğrudan faydaya ve tedaviye nasıl dönüştüğünü ve gençlere önerilerini konuştuk.

Prof. Dr. Ahmet Oğuzhan Özen'in bilime olan ilgisi lise yıllarına uzanıyor. O yıllarda matematik, fizik ve mühendislik alanlarına yönelen, okullar arası matematik yarışmalarına katılan, üniversite sınavında sayısal alanda derece yapan bir öğrenciymiş. Ancak ailesinin yönlendirmesiyle tıp fakültesini seçmiş. Kendi ifadesiyle bu karar yalnızca bireysel bir tercih değil, çevrenin ve koşulların birlikte şekillendirdiği bir süreç. Dr. Özen, bugün geriye dönüp baktığında başka bir alan seçmiş olsaydı hikâyesinin çok farklı şekillenebileceğini dile getiriyor.

Tıp eğitimi ardından çocuk sağlığı ve hastalıkları, çocuk alerji ve immünoloji uzmanlığı... Onun akademik yolculuğunda belirleyici olan dönüm noktası ise 2014-2016 yılları arasında TÜBİTAK 2219 Yurt Dışı Doktora Sonrası Araştırma Burs Programı'nın desteğiyle ABD'de Ulusal Sağlık Enstitülerinde (NIH) geçirdiği yaklaşık iki yıl. Bu dönem, klinikte hasta görmekle sınırlı kalan hekimlik pratiğinden "hekim-bilim insanı" kimliğine geçişini simgeliyor. Laboratuvarda doğrudan keşfe odaklanan bir araştırma ekosisteminin içinde çalışmak, ileride meyvesini verecek çalışmaların temelini oluşturuyor.

Dr. Özen, Türkiye'de hekimlerin çok güçlü bir klinik deneyime sahip olduğunu vurguluyor. Ancak yoğun hasta yükü ve araştırma altyapılarına erişim konusunda yaşanan kısıtlar nedeniyle keşif odaklı çalışmalar için tamamen araştırmaya ayrılması gereken zamanın sınırlı olduğunu söylüyor. Ona göre asıl kırılma noktası, yüksek etkili keşiflerin mümkün olduğu bir araştırma ortamına dâhil olmak. Yıllar içinde biriken metodolojik bilgi ancak bu tür ortamlarda somut çıktılara dönüşebiliyor. Kapsamlı verilere ve güçlü altyapılara ihtiyaç duyulan araştırmaların yürütüldüğü laboratuvarlarda çalışmak, araştırma kültürünü yerinde deneyimlemek ve uluslararası ekiplerin parçası olmak, bu yolculuğun en kritik eşiklerinden biri.

Prof. Dr. Ahmet Oğuzhan Özen'e göre bilim insanlarının hikâyelerini paylaşması, özellikle kariyer yolunu çizmeye çalışan gençler için güçlü bir pusula. Kendi hikâyesinin anlatılmasını da bu yüzden önemsiyor. Çünkü bu başarı öyküsünün çok büyük bir bölümü Türkiye'de yazıldı. Bu çalışmaların merkezinde hasta çocuklar var. Amaç, laboratuvarda yapılan keşiflerin yine Türkiye'de tedaviye dönüşebileceğini göstermek. Bu tür çalışmaların ülkemizde yürütülmesi, gençlere bilimin parçası olabileceklerini hissettiriyor.

Kendi hikâyesi, klinik hekimlik ile bilimsel araştırmayı bir arada yürüten alışılmadık bir örnek sunuyor: Kendisine başvuran iki hastanın genetik verilerinin laboratuvarda ayrıntılı biçimde incelenmesi, yapılan keşiflerin yeniden tedaviye dönüşmesi ve bu yaklaşımın dünya genelinde başka hastalara umut vermesi... Dr. Özen'e göre bu tür bir döngü dünyada da çok az örneği olan bir model. Dışarıdan bakıldığında kendiliğinden gelişmiş gibi görünen bu sürecin arkasında ise ısrar, uzun soluklu emek, doğru iş birlikleri ve güven inşası yatıyor. Nitekim uluslararası paydaşların Türkiye'deki bir araştırma grubuna ciddi fonlar sağlamasının arkasında da bu güven var. Dr. Özen iyi fikirlerin tek başına yeterli olmadığını, bu fikirlerin hayata geçebilmesi için kaynak ve altyapı desteği sağlanmasının gerektiğini düşünüyor. Aynı zamanda bilimde dönüm noktalarının bazen insanın kendi iradesiyle bazen de karşısına çıkan doğru ekosistemle şekillendiği ama her durumda o eşiklerden geçebilmek için vazgeçmeyen bir çabanın şart olduğu görüşünde.

TÜBİTAK Bilim Ödülü'ne Uzanan Bir Başarı Öyküsü

Prof. Dr. Ahmet Oğuzhan Özen için TÜBİTAK Bilim Ödülü, Türkiye'de alınabilecek en köklü ve en prestijli bilimsel ödüllerden biri. Geçmişine bakıldığında Oktay Sinanoğlu, Feza Gürsey ve Aziz Sancar gibi isimlerin bu ödülle anılması, ödülün taşıdığı saygınlığı daha da artırıyor. Ona göre bu ödül, bir takvim yılının performansından çok bir bilim insanının yaşam boyu ortaya koyduğu emeğin ve etki alanının titiz bir değerlendirmesi.

TÜBİTAK Bilim Ödülü'ne başvuru süreci bireysel başvurulara açık olmayan, üniversitelerin aday göstermesiyle başlayan, çok katmanlı ve titiz bir değerlendirme süreciyle yürütülen uzun soluklu bir süreç. Hatta bazı yıllarda yeterli görüş birliği sağlanamadığı için bir alanda hiç ödül verilmediği de oluyor. Bu da ödülün “rutin” bir takdir değil, gerçekten ayırt edici katkılar için verildiğini gösteriyor. Dr. Özen'e

göre bu katkıların ölçütü yalnızca yayın ya da atıf sayılarıyla sınırlı değil. Çünkü yayın ve atıf sayıları çoğu zaman yaşla birlikte artıyor oysa özgün bilimsel katkının ve üretkenliğin en güçlü olduğu dönemler daha erken yaşlarda yakalanabiliyor. Böylelikle kariyerinin nispeten daha erken bir döneminde ödüllendirilen bir araştırmacı bunun avantajlarını da daha etkin bir şekilde kullanabiliyor.

Dr. Özen'e göre ödül yalnızca bireysel bir gurur kaynağı olmanın ötesinde anlamlar taşıyor. Bir bilim insanı için aynı zamanda bir öz değerlendirme anı: “Yaptığım işlerin başkaları tarafından da değerli bulunması.” Ancak ona göre belki daha da önemlisi, bu emeğin aile için de görünür hâle gelmesi. Yıllar boyunca süren yoğun çalışma temposunun ve evde geçirilen zamandan çalınan anların karşılığında, bu çabanın devletin en üst düzeyinde takdir edildiğinin görülmesi, ödülün en duygusal yanlarından biri. Dr. Özen; çocuklarının, eşinin ve ebeveynlerinin bu ana tanıklık etmesini ise bilimin bireysel bir uğraş olmadığını hatırlatan güçlü bir an olarak değerlendiriyor.



Prof. Dr. Ahmet Oğuzhan Özen'in, çocuk alerji ve immünolojisi alanındaki çalışmaları nedeniyle layık görüldüğü TÜBİTAK Bilim Ödülü'nü alırken çekilmiş bir fotoğrafı

Ödülün araştırma hayatına somut yansımaları da var. Sağlanan destekler, yeni projeler için açılan kapılar, öğrencilerin ve genç araştırmacıların artan ilgisi... Dr. Özen'e göre tüm bunlar, bilimsel üretkenliği besleyen güçlü bir ivme yaratıyor. Ona göre bu tür prestijli ödüller yalnızca bireysel motivasyonu artırmakla kalmıyor aynı zamanda kurumların bilimsel gücünü ve görünürlüğünü de pekiştiriyor. Nasıl ki Nobel Ödülleri üniversitelerin kurumsal prestijinin önemli bir göstergesi olarak kabul ediliyorsa TÜBİTAK Bilim Ödülü de Türkiye'de benzer bir işlev üstleniyor.

Dr. Özen için asıl tatmin kaynağı ise sadece ödüller değil. Ona göre bir keşfin başkaları tarafından kullanıldığını görmek, bir araştırmacının bir ilaca ya da bir hastanın yaşamını değiştiren bir tedaviye dönüşmesine tanıklık etmek çok daha anlamlı. Ödül, bu uzun yolculukta güçlü bir motivasyon unsuru. Fakat onun ifadesiyle nihai amaç, bilimin gerçek hayata dokunduğu o noktaya ulaşabilmek.

Nadir Hastalıklar Bilim İçin Neden Kritik?

Prof. Dr. Ahmet Oğuzhan Özen, kendisini öncelikle bir bağışıklık sistemi araştırmacısı olarak tanımlıyor. İmmünoloji ve alerji alanında çalışan Dr. Özen, özellikle bağırsağı etkileyen bağışıklık sistemi hastalıklarına odaklanıyor. Bu çalışmaların ortak paydasını ise “nadir hastalıklar” oluşturuyor. Toplumda görülme sıklığı 2.000'de 1'in altında olan hastalıklar nadir olarak tanımlanıyor. Tek tek ele alındığında az sayıda bireyi etkileyen bu hastalıklar birlikte değerlendirildiğinde toplumun yaklaşık %6-8'ini ilgilendiren önemli bir sağlık yükü oluşturuyor. Bu hastalıkların önemli bir bölümü genetik temele dayanıyor ve klinik bulgular genellikle erken çocukluk döneminde ortaya çıkıyor.

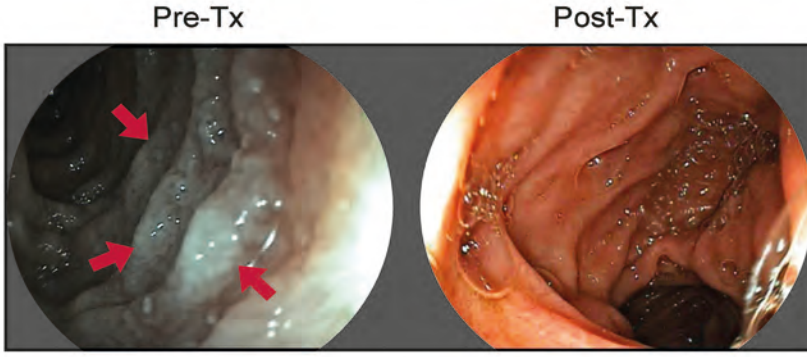
Uzun yıllar boyunca nadir hastalıklar hem tanı koymanın güç olduğu hem de etkili bir tedavi seçeneğinin bulunmadığı tablolar olarak görülüyordu.

Ancak son yıllarda genetik analiz teknolojilerindeki ve hedefe yönelik tedavi yaklaşımlarındaki ilerlemeler bu bakış açısını köklü biçimde değiştirdi. Günümüzde 6-8 binden fazla nadir hastalık tanımlanmış durumda ve bunların yalnızca %5 kadarı için etkili tedavi seçenekleri mevcut. Sağlık araştırmaları sayesinde bu sayı her geçen yıl artıyor. Çünkü nadir hastalıklara yönelik her yeni tedavi yalnızca belirli bir hasta grubunun yaşam kalitesini artırmakla kalmıyor aynı zamanda sağlık sistemlerinin üzerindeki uzun vadeli yükü de azaltma potansiyeli taşıyor.

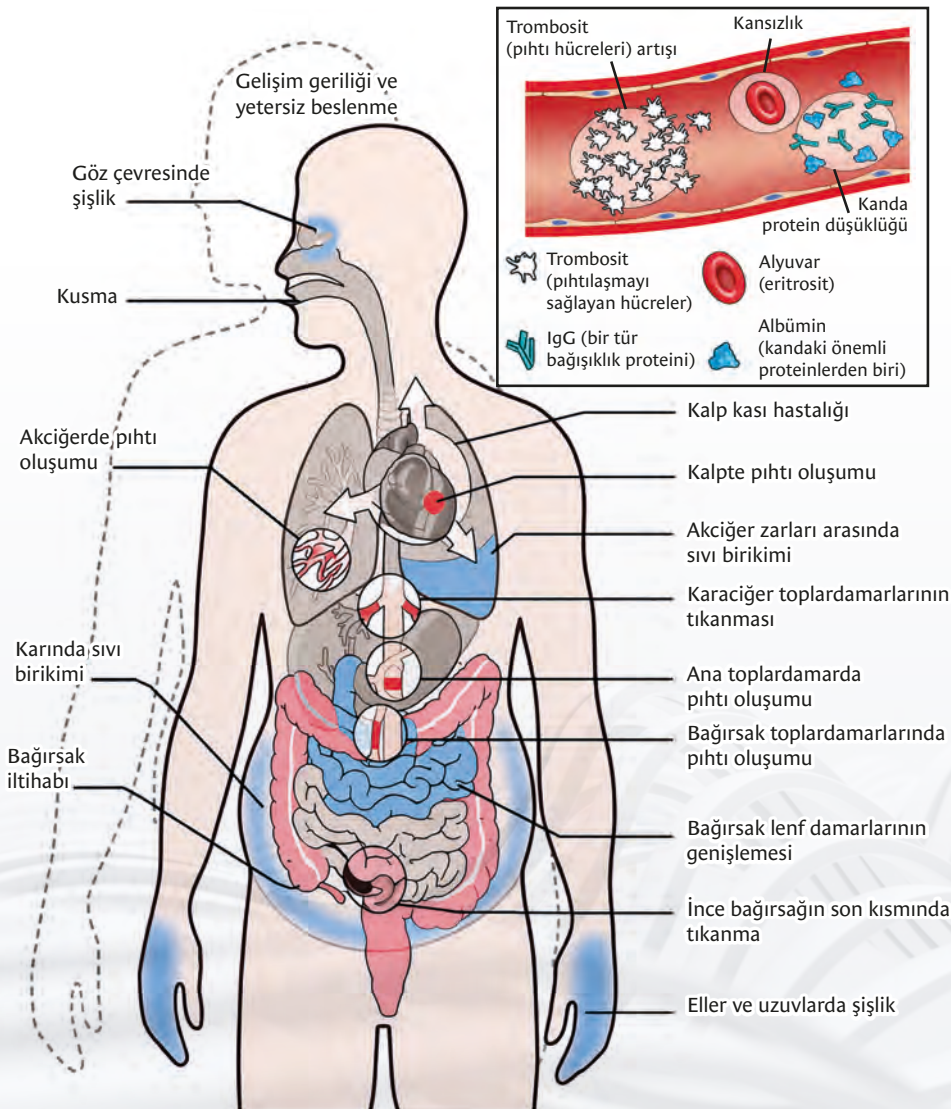
Dr. Özen'e göre nadir hastalıklar yalnızca çözülmesi gereken bir klinik sorun değil, aynı zamanda bilimin ilerlemesi açısından benzersiz bir araştırma zemini sunuyor. Deney hayvanları insan fizyolojisini anlamada önemli bilimsel araçlar olsa da elde edilen bulgular her zaman insan biyolojisini doğru şekilde yansıtmıyor. Genetik kökenli nadir hastalıklar ise bilim insanları için âdeta “doğal deneyler” niteliğinde. İnsanlarda kendiliğinden ortaya çıkan mutasyonlar, bağışıklık sisteminin ve vücuttaki birçok biyolojik mekanizmanın nasıl çalıştığını doğrudan gözlemleme imkânı sunuyor. Böylece yalnızca çok az sayıda bireyi etkileyen bir hastalık daha iyi anlaşılacakla kalmıyor, buradan elde edilen bilgiler yaygın hastalıklara yönelik yeni tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesine katkı sağlıyor.

CHAPLE Hastalığı Nedir?

Dr. Özen ve ekibinin üzerinde çalıştığı nadir hastalıklardan olan monojenik inflamatuvar bağırsak hastalıkları ile konjenital protein kaybettirici enteropati, bu “doğal deneyler” yaklaşımının somut örnekleri arasında yer alıyor. Bu çerçevede özellikle konjenital protein kaybettirici enteropatiye yol açan CHAPLE hastalığı, genetik temelli nadir bir bağışıklık sistemi bozukluğunun insan fizyolojisini anlamada nasıl güçlü bir model sunabileceğini gösteriyor. Bu hastalıkta bağışıklık yanıtının ortaya çıkmasında ve sürdürülmesinde rolü olan proteinlerinden oluşan



Dr. Özen'in tanımladığı CHAPLE hastalığının tipik bulgularından biri olan intestinal lenfanjiyektazi. Solda (Pre-Tx), bir CHAPLE hastasında endoskopik inceleme ile ince bağırsakta gözlenen belirgin lenfatik damar genişlemeleri (kırmızı oklar) görülüyor. Bu patolojik durum, protein kaybettirici enteropati olarak tanımlanan klinik tabloya yol açıyor. Sağda (Post-Tx) ise kompleman düzenleyici tedavi sonrasında mukozal görünümün düzeldiği görülebiliyor.



ve "kompleman sistemi" olarak adlandırılan mekanizma aşırı etkinleşiyor. Normalde patojenlerle savaşmak için devreye giren bu sistem, kontrolsüz çalıştığında bağışıklık hücrelerinin kan ve lenf sistemindeki dolaşımını ve vücudun sıvı dengesini sağlayan yapıların işlevini bozuyor, bu da bağırsağı etkileyen ağır bir tabloya yol açıyor. Ekip, aşırı bağışıklık yanıtının bu denge sistemini nasıl etkilediğini ilk kez ayrıntılı biçimde ortaya koyarak bağışıklık sistemi bozukluklarının daha iyi anlaşılmasına katkı sağladı. Böylece yalnızca sınırlı sayıda hastayı etkileyen bu sorunun tanı ve hedefe yönelik tedavi seçenekleri geliştirilmedi, aynı zamanda bağışıklık sisteminin dengesinin nasıl bozulduğunu açıklayan yeni bir hastalık mekanizması da tanımlanmış oldu. Bu sayede Dr. Özen tarafından tanımlanan ve "lenfatiklerde kompleman düzensizliği" olarak adlandırılan yeni bir kavram tıp bilimine kazandırıldı.

Bu tür keşiflerin değeri yalnızca nadir görülen birkaç hastalığın tedavisiyle sınırlı değil. Dr. Özen'e göre bu çalışmalar, genel bilgi birikimini genişletiyor, insan fizyolojisinin daha iyi anlaşılmasına, yeni hastalık mekanizmalarının tanımlanmasına ve daha yaygın görülen hastalıklara yönelik için ileride geliştirilecek tedavilere zemin hazırlıyor. Nitekim CHAPLE'da tanı yöntemlerinden etkili bir ilacın geliştirilmesine kadar uzanan sürecin yalnızca birkaç yıl içinde gerçekleşmesi, nadir hastalık araştırmalarının ne kadar hızlı ve dönüştürücü olabileceğini gösteren çarpıcı bir örnek.

CHAPLE'dan İlaça: Keşiften Tedaviye Hızlı Geçiş

CHAPLE adı, hastalığın biyolojik mekanizmasını tanımlayan “*CD55 deficiency with Hyperactivation of complement, Angiopathic thrombosis, and Protein-Losing Enteropathy*” ifadesindeki ilk harflerden oluşturulmuş bir akronim. Ağır ve çoğu zaman erken çocuklukta kendini gösteren bir hastalık tablosuna neden oluyor. Prof. Dr. Ahmet Oğuzhan Özen ve ekibinin tanımladığı bu nadir hastalık genellikle kronik ishal, ödem, büyüme geriliği ve sık enfeksiyonlarla ortaya çıkıyor. Çoğu hastada belirtiler erken çocukluk döneminde başlasa da bazı vakalarda daha geç yaşlarda da görülebiliyor. Hatta bazı olgularda hastalık bir yaşından önce ağır seyreterek yaşamı tehdit edebiliyor. Bu nedenle CHAPLE, bebeklikten itibaren akla gelmesi gereken genetik temelli bağışıklık sistemi hastalıkları arasında yer alıyor.

Hastalığın ortaya çıkmasında en önemli risk faktörlerinden biri akraba evliliği. Dünya genelinde tanımlanan CHAPLE vakalarının büyük kısmı akraba evliliklerinin yaygın olduğu ailelerde görülüyor. Bununla birlikte akraba evliliği olmayan ya da belirli etnik kökenlere sahip olmayan bireylerde de daha nadir olmakla birlikte hastalık ortaya çıkabiliyor. Bugüne kadar tanımlanan yaklaşık 40 farklı genetik mutasyonun önemli bir bölümü, Orta Doğu ve Türkiye başta olmak üzere Hindistan, İran, Suriye, Arabistan, Fas ve Tunus gibi bölgelerde daha sık görülüyor. Bu coğrafyalardan Avrupa ve ABD'ye göç etmiş ailelerin çocuklarında da CHAPLE vakalarına rastlanıyor. Kısacası hastalık belirli bölgelerde daha sık görülse de küresel bir dağılıma sahip.

Hastalığın temelinde bağışıklık sisteminin bir parçası olan “kompleman sistemi”nin aşırı çalışması yatıyor. Normalde patojenlere karşı son derece güçlü bir savunma mekanizması olan

bu sistem, CD55 adlı proteindeki genetik bir bozukluk nedeniyle kontrolsüz çalışmaya başlayabiliyor. Bu koruyucu fren mekanizması devre dışı kaldığında bağışıklık sistemi yalnızca patojenlere değil, vücudun kendi dokularına da zarar verebiliyor. CHAPLE'da görülen bağırsak hasarı ve lenfatik sistem bozuklukları da bu aşırı bağışıklık aktivitesinin bir sonucu. Hastalık doğuştan itibaren var olabiliyor ancak bazı bireylerde belirtilerin daha geç ortaya çıkması, bağışıklık sistemindeki dengeyi etkileyen başka tetikleyicilerin de rolü olabileceğini düşündürüyor.

Hastalığın keşfi ve tanımlanması tek bir kişinin değil, uluslararası düzeyde iş birlikleri içinde çalışan ekiplerin ortak ürünü. Bu nedenle hastalık bir kişinin adıyla değil, biyolojik özelliklerini tanımlayan bir kısaltmayla anılıyor. Ancak CHAPLE hastalığının bilim dünyasında Dr. Özen'in adıyla birlikte anılmasının nedeni, hastalığın keşfinden tanı yöntemlerinin geliştirilmesine ve etkili tedavi yaklaşımlarının hayata geçirilmesine uzanan sürecin merkezinde Marmara Üniversitesinden Dr. Özen ve ekibinin yer alması. Bugün dünyanın farklı ülkelerindeki hekimler, CHAPLE şüphesi taşıyan hastalar için sık sık bu ekibin görüşlerine başvuruyor, tanı ve tedavi süreçlerinde Marmara Üniversitesinin deneyiminden yararlanıyor. Hatta bazı hastalar, klinik araştırmalara katılmak ya da tedavi seçenekleri hakkında görüş almak için Türkiye'ye geliyor.

Dr. Özen'e göre CHAPLE, genetik temelli nadir bir hastalığın ötesinde, klinik gözlemlerle başlayan bir yolculuğun laboratuvar keşiflerine, oradan da doğrudan hastaların yaşamını değiştiren bir tedaviye dönüşebileceğini gösteren güçlü bir örnek. Bu yönüyle CHAPLE, az sayıdaki hastanın yaşamını etkileyen bir durum değil, bağışıklık sistemi bozukluklarına bakış açısını da değiştiren bir dönüm noktası niteliğinde.

Kişiselleştirilmiş Tıp: Hastaya Özgü Tedavi

Prof. Dr. Ahmet Oğuzhan Özen'e göre CHAPLE için geliştirilen tedavinin tıp bilimine katkısı yalnızca tek bir nadir hastalıkla sınırlı değil. Çünkü nadir hastalıklar alanında öğrenilen yeni bilgiler hem insan fizyolojisinin anlaşılmasında hem de tanı ve tedavi alanında metodolojilerin geliştirilmesinde büyük önem taşıyor. Gen tedavileri ya da hücresel tedaviler gibi son derece spesifik yaklaşımlar kısa vadede yalnızca hedeflenen hastalıklar için işe yarayabiliyor. Ancak bu süreçte elde edilen bilgiler daha sonra bir tedavi metodunun olgunlaştırılmasına katkı sunabiliyor. Bu metodolojik iyileştirmeler sayesinde bu yeni yaklaşımların ileride yaygın hastalıklarda kullanılması mümkün olabilir. Örnek olarak kemik iliği nakli yöntemi yarım asır kadar önce nadir bağışıklık sistemi hastalıklarında başarıyla kullanılmaya başlandı. Şimdilerde ise yaygın görülen hastalıklarda milyonlarca insanın hayatını kurtaran bir yöntem olarak dünya genelinde kullanılıyor. Nadir hastalıklar konusunda yapılan ilk dönem araştırmaların sağladığı bilgiler, bugün yaygın hastalıkların anlaşılması ve tedavisine ulaşılmasında kritik role sahipti.

CHAPLE'da uygulanan farmakolojik yaklaşım, bağışıklık sisteminin ortak bir mekanizmasına müdahale ediyor. Bu da benzer mekanizmalarla seyreden başka hastalıkların tedavisine yönelik de kapı aralıyor. Nitekim kompleman sistemiyle ilişkili hastalıklar gözden sinir sistemine, böbreklerden damarlara kadar pek çok organı ve sistemi etkileyebiliyor ve bugün bu yolu hedefleyen ilaçlar birden fazla hastalıkta onay almış durumda. Liste ise her yıl genişliyor.

Bu tür mekanizma temelli tedaviler yalnızca nadir hastalıklar için değil, halk sağlığını etkileyen beklenmedik durumlarda da hızla uygulanabilecek tedavi seçenekleri sunuyor. COVID-19 pandemisi sırasında, CHAPLE'daki hedeflenen kompleman yollarını baskılayan ilaçların acil kullanım onayı alması, bunun çarpıcı bir örneği. Dr. Özen'e göre bir

hastalığın biyolojik mekanizmasını aydınlatmak, ileride ortaya çıkabilecek benzer tablolar için elde hazır bir araç bulundurmak anlamına geliyor. Üstelik geliştirilen ilaçlar, "yeniden konumlandırma" adı verilen yöntemle farklı hastalıklarda da denenebiliyor. CHAPLE için geliştirilen molekülün bugün başka bağışıklık sistemi hastalıklarında klinik çalışmalara girmesi de bu yaklaşımın doğal sonucu.

Bilimde Uluslararası İş Birliğinin Gücü

CHAPLE'da hastalığın mekanizmasının ortaya konmasından ilacın geliştirilmesine kadar ki sürecin çok hızlı ilerlemesindeki en önemli etken ise uluslararası ve disiplinler arası iş birliği. Dr. Özen'e göre vaka sayısının az ve vakaların coğrafi olarak dağınık olması, nadir hastalık araştırmalarını uluslararası ölçekte yürütmeyi zorunlu kılıyor. Keşiften ilacın ruhsatlandırılmasına uzanan sürecin altı yıl gibi kısa bir süre içinde tamamlanabilmesi klinik ekiplerin, temel bilim laboratuvarlarının ve endüstrinin aynı hedef etrafında çalışmasıyla mümkün oldu. Ona göre bugün bilimsel ilerlemenin temposunu belirleyen temel unsur tekil çabalar değil, uzmanlıkların bir araya gelmesiyle oluşan sinerji.

Uluslararası çalışmanın zorlukları da var: zaman farkları, kültür ve dil bariyerleri, etik süreçler, veri güvenliği ve fikrî mülkiyet düzenlemeleri... Ancak bu engeller, iyi tanımlanmış iş birlikleri ve güçlü bir güven ilişkisiyle aşılabiliyor. Dr. Özen, uluslararası ortaklıkların yalnızca daha hızlı sonuçlar üretilmesini sağlamadığını aynı zamanda araştırmanın etki alanını genişlettiğini ve bilim insanlarının yetkinliğini görünür kıldığını vurguluyor. Bugün bir tedavinin küresel ölçekte uygulanabilmesi için farklı popülasyonlarda sınanması da bilimsel bir gereklilik.

Nadir Hastalıkların Geleceği

Prof. Dr. Ahmet Oğuzhan Özen CHAPLE araştırmalarının “bitmiş bir hikâye” olmadığını belirtiyor. Bir hastalığın mekanizmasının keşfedilmesi ve tedavisinin geliştirilmesi bilim insanlarının gündeminden çıktığı anlamına gelmiyor, aksine büyüyen bir sorumluluğa dönüşüyor. Yeni tanı alan hastalar ortaya çıktıkça bu kişilerin etkili ve kesintisiz tedaviye eriştiğinden emin olmak gerekiyor. Bu nedenle CHAPLE çalışmaları hem bilimsel olarak hem de farkındalık açısından sürdürülüyor. Uluslararası derlemeler, güncel yayınlar ve haberler, hastaların ve hekimlerin bu bilgilere ulaşmasını kolaylaştırıyor. Zaman zaman farklı ülkelerdeki hastalar ya da aileleri doğrudan bu çalışmalara erişerek tedavi sürecine dâhil olabiliyor.

Özen’in araştırma gündemi CHAPLE ile sınırlı değil. İmmünoloji alanında çalışmanın sağladığı en büyük avantajlardan biri, bağışıklık sistemi bozukluklarının vücudun pek çok organını etkileyebilmesi. Bu nedenle ekibin odağında CHAPLE dışında çeşitli bağışıklık kusurları da yer alıyor, böbrekleri etkileyen immün

Bilimle toplumu buluşturan köprüye bir örnek

2017 yılında CHAPLE hastalığının tanımlanması, TÜBİTAK *Bilim ve Teknik*’te de haber olarak yer aldı. Bu sayede çalışma yalnızca akademik çevrelerde görünürlük kazanmadı, aynı zamanda toplumun geneli tarafından da bilinir oldu. Dr. Özen’e göre bilimsel keşiflerin yüksek etkili klinik dergilerde yayımlanması, akademik dünyada etki yaratmanın önemli bir yolu. Ancak popüler bilim dergileri, bu bilgiyi geniş kitlelerle buluşturarak bilimin toplumun geneli tarafından anlaşılmasını sağlıyor. “Bir keşfin yalnızca meslektaşlarım tarafından değil, gençler ve aileler tarafından da anlaşılabilir olması çok değerli.” diyen Dr. Özen, *Bilim ve Teknik*’in üstlendiği bu köprü rolünün önemini vurguluyor.

hastalıklar ve bazı şiddetli alerjik durumlar da araştırma konularının bir parçası. Dr. Özen’e göre bir bilim insanı için araştırma alanındaki “esneklik” kilit bir kavram: Yeni bir klinik durum ortaya çıktığında farklı hastalıklara hızla uyum sağlayabilmek ve yeni sorulara aynı metodolojik altyapıyla yaklaşabilmek immünolojinin sunduğu önemli bir avantaj.



“Nadir hastalıkların tedavisi yok.” genellemesi artık geçerli değil. Dr. Özen’e göre son 10-15 yılda tanı ve tedavi alanında yaşanan ilerlemeler, bu durumu kökten değiştirdi. Yenidoğan tarama programlarının genişlemesi sayesinde birçok hastalık henüz belirtiler ortaya çıkmadan ya da geri dönüşü mümkünken saptanabiliyor. Genetik testler artık çok daha erişilebilir: Geçmişte yalnızca yurt dışındaki merkezlerde yapılabilen tanısal analizler bugün Türkiye’de de başarıyla uygulanabiliyor.

Tedaviye erişim konusunda da Türkiye’nin önemli bir avantaja sahip olduğunu vurguluyor. Dünyada nadir hastalıklar için geliştirilen birçok ilaca Türkiye’de erişilebiliyor hatta bazı Avrupa ülkelerinde bulunmayan tedavilere Türkiye’de ulaşılabilen örnekler var. Tanıda gecikmeler hâlâ yaşanabiliyor ancak bu noktada hekimlerin farkındalığı, bu alandaki güncel bilgileri takip etmesi ve toplumun sağlık sistemine güveni belirleyici rol oynuyor. Genetik danışmanlık ve gerekli durumlarda gebelik öncesi ya da embriyo düzeyinde yapılan taramalar, bazı ciddi kalıtsal hastalıkların önlenmesine katkı sağlayabiliyor.

Ayrıca nadir hastalıklara yönelik tedavi seçeneklerinin sayısı her yıl artıyor. Her yeni tedavi yalnızca belirli bir hasta grubunun yaşam kalitesini artırmakla kalmıyor aynı zamanda sağlık sistemleri üzerindeki uzun vadeli yükü azaltma potansiyeli de taşıyor. Bu yöntemlerin bir kısmında kök hücre ya da kemik iliği nakli gibi kalıcı çözüm sunan yaklaşımlar uygulanabiliyor, bir kısmında ise yaşam kalitesini ve süresini artıran destekleyici tedavilerle hastalık yönetilebiliyor. Dr. Özen’e göre önümüzdeki yıllarda, bugün “tedavisi yok” diye bilinen birçok hastalık için etkili tedavi seçenekleri geliştirilebilir.

İyi Bir Bilim İnsanı Nasıl Olunur?

Prof. Dr. Ahmet Oğuzhan Özen’e göre bilimin itici gücü “merak”. Bilimsel kariyer çoğu zaman hızlı kazanç vadeden bir yol değil, aksine maddi olarak daha avantajlı seçenekler varken bilimsel araştırmalar yapmayı seçmek bilinçli bir tercih anlamına geliyor. Üniversitede kalmak, araştırma laboratuvarlarında yıllar geçirmek ya da kısıtlı bütçelerle doktora ve doktora sonrası çalışmalar yürütmek ancak güçlü bir merak duygusuyla mümkün



Primer İmmün Yetmezlik (PİY) Haftası kapsamında düzenlenen farkındalık etkinliklerinden bir görüntü. Marmara Üniversitesi Pendik Eğitim ve Araştırma Hastanesinde, 22-29 Nisan tarihleri arasında Pediatrik İmmünoloji ve Alerji Bilim Dalı öncülüğünde gerçekleştirilen etkinlikler, “Bağışıklık Kahramanları: Birlikte Güçlüyüz” temasıyla düzenlendi. Program kapsamında nadir bağışıklık hastalıklarına dikkat çekmek ve toplumda farkındalık oluşturmak amacıyla balon uçurma etkinliği gerçekleştirildi. Bu etkinlikler hasta ve hasta yakınlarıyla buluşmaları ve uzman hekimlerin katılımıyla gerçekleştirilen söyleşileri de içeriyor.

olabiliyor. Dr. Özen'in bu yolculuktaki hedefi yalnızca ünvan kazanmak değil, yaptığı işin bir karşılığının olması, bir ürüne ya da insanlığa somut bir katkıya dönüşmesi. İster bir ilaç ister bir teknoloji ister yeni bir bilgi... Bilim insanı için asıl tatmin, merakın somut bir değere dönüştüğünü görmek.

Bu yaklaşımı benimsemek isteyen gençler için en önemli adım, doğru araştırma ortamlarına dâhil olmak. Dr. Özen'e göre büyük keşifler genellikle güçlü altyapıya ve zengin araştırma olanaklarına sahip ekosistemlerde filizleniyor. Kısa vadede daha sınırlı imkânlarla çalışmak öğretici olabilir ancak uzun vadede iddialı hedefleri olan bir araştırmacının, alanında güçlü laboratuvarların parçası olması gerekiyor. Hangi alanda çalışılacaksa o alanın en ileri tekniklerinin kullanıldığı araştırma ortamlarında bulunmak, hedefleri somut sonuçlara dönüştürmenin en etkili yolu.

Dr. Özen'in özellikle vurguladığı bir başka temel özellik ise etik. Ona göre bilimsel üretimde güven inşa etmeden kalıcı bir etki yaratmak mümkün değil. Yayın sayıları ve akademik başarı ölçütleri önemli olsa da uzun vadede belirleyici olan nokta, meslektaşların ve iş birliği yapılan ekiplerin birbirine duyduğu güven. Etik ilkelere bağlılık yalnızca bilimsel doğruluğu değil, insan ilişkilerini de şekillendiriyor. Genç bir araştırmacının iyi referanslarla güçlü altyapılara sahip laboratuvarlarda çalışabilmesi, büyük ölçüde bu güvenin zaman içinde inşa edilmesine bağlı. Dr. Özen'e göre bilimin sürdürülebilirliği, merak kadar etik ilkelere bağlılığa da dayanıyor.

Bir Okurdan Bilim İnsanına: İlhamın Gücü

Prof. Dr. Ahmet Oğuzhan Özen'in bilimle kurduğu bağ yalnızca laboratuvarlarla sınırlı değil, çocukluk yıllarında okuduğu popüler bilim dergileriyle şekillenmiş. Küçük yaşlardan beri *Bilim ve Teknik*'i takip ettiğini söylüyor ve dergiyi "Her sayısını merakla beklediğim, hâlâ da keyifle okuduğum bir kaynak."

olarak tanımlıyor. Ona göre insan, içinde bulunduğu çevreden besleniyor; güçlü örnekler, çarpıcı keşifler ve ilham verici başarı hikâyeleri gördükçe yönünü de o tarafa çeviriyor.

Popüler bilimin en önemli işlevlerinden birinin, bilimi yalnızca uzmanlara ait kapalı bir alan olmaktan çıkarıp geniş kitleler için anlamlı ve merak uyandırıcı hâle getirmek olduğuna inanıyor. İyi bilim iletişimi yalnızca alan uzmanlarına değil farklı disiplinlerden okurlara da "Bu gerçekten haber değeri taşıyor." dedirtebilmeli. Okur, kendi uzmanlık alanı olmasa bile okuduğu konunun neden önemli olduğunu anlayabilmeli ve çalışmanın daha geniş bilimsel ve toplumsal bağlamdaki yerini kavrayabilmeli.

Bilim ve Teknik'in sayfalarında yalnızca tıp değil, uzaydan kuantum fiziğine, bilgisayar teknolojilerinden arkeolojiye uzanan geniş bir yelpazede konuların yer alması, genç okurların ufkunu açan en önemli unsurlardan biri. Bu çeşitlilik, bilime duyulan merakı tek bir alana hapsetmeden büyütüyor. Popüler bilim yayınlarını düzenli takip eden bir gencin farkında olarak ya da olmadan bilime yönelme ihtimalinin yüksek olduğunu düşünüyor. Bugün bir bilim insanı olarak geriye baktığında çocukluk ve gençlik dönemlerinde okuduğu bu dergilerin yarattığı heyecanın kendinde kalıcı bir iz bıraktığını söylüyor. Bilimsel başarı öykülerinin gençlerin zihninde "Ben de yapabilirim." duygusunu tetiklediğini, bunun da bilim yolculuğunun en güçlü başlangıç noktalarından biri olduğunu vurguluyor. Popüler bilim yayınları, onun gözünde yalnızca bilgi aktaran mecralar değil, geleceğin araştırmacılarını, hekimlerini ve mühendislerini besleyen birer ilham kaynağı. Bilimi daha anlaşılır ve erişilir kılan her sayfa, bir çocuğun merakını ateşleyebilir, bir gencin kariyer yolculuğunun yönünü değiştirebilir.

Söyleşimizin sonunda *Bilim ve Teknik* ekibi olarak Prof. Dr. Ahmet Oğuzhan Özen'i aldığı 2025 TÜBİTAK Bilim Ödülü dolayısıyla kutluyor, bilime ve insan sağlığına katkılarının artarak devam etmesini diliyor, bize zaman ayırdığı için teşekkür ediyoruz. ■

Einstein'ın Düşünce Deneyi Yüz Yıl Sonra Gerçeğe Dönüştürüldü

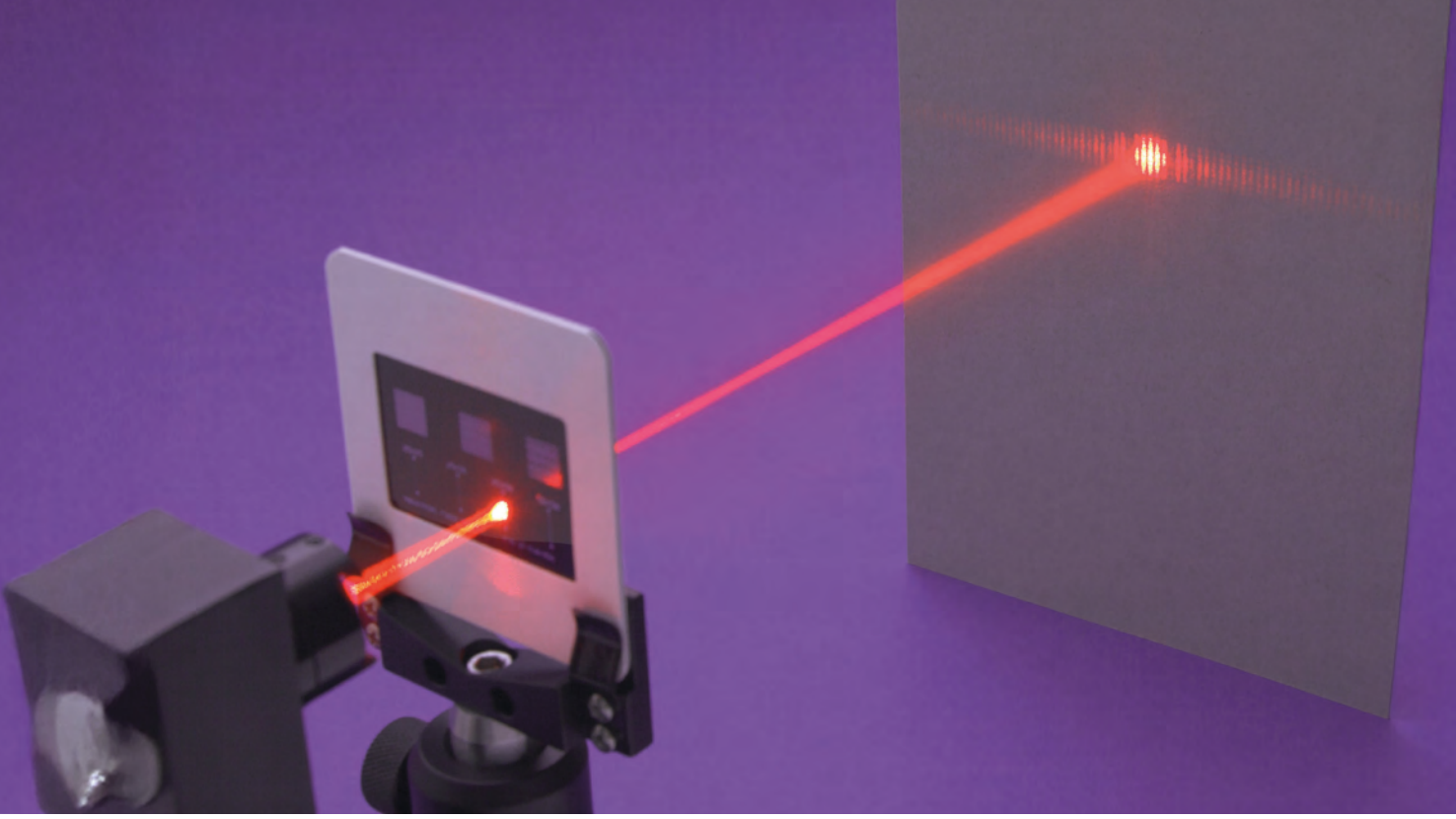
Dr. Mahir E. Ocak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Albert Einstein
1927'deki 5. Solvay
Konferansı'nda
tamamlayıcılık
ilkesinin yanlışlığını
göstereceğini iddia
ettiği bir düşünce
deneyi ortaya atmıştı.
Klasik çift yarıklı
deneyinin düzeneğine
hareketli bir yarığın
eklendiği deneyin
bir benzeri yaklaşık
yüz yıl sonra gerçeğe
dönüştürüldü.

Yirminci yüzyılın başlarında kuantum fiziğinin gelişiminin en önemli aşamalarından biri, ışığın ikili doğasının farkına varılması olmuştu. Işık bazı fiziksel süreçlerde parçacık bazı fiziksel süreçlerde ise dalga gibi davranıyordu. Örneğin ışığın metal levhalardan elektron kopardığı fotoelektrik olayla ilgili deneysel veriler ancak bir parçacık teorisiyle (ışığın foton adı verilen parçacıklardan oluştuğu düşüncesiyle) açıklanabiliyordu. Diğer taraftan kırınım gibi olguları açıklamak için hâlâ ışığın dalga teorisine ihtiyaç vardı. İlerleyen yıllarda Louis de Broglie sadece ışığın değil maddenin de ikili bir doğası olduğunu öne sürdü. Louis de Broglie'nin her madde parçacığının dalga karakteristiği gösterdiği

durumlar olduğunu iddia eden hipotezinin deneylerle doğrulanması, doğayı kavrayışımızda önemli bir değişime yol açtı.

Hem maddenin hem de ışığın ikili doğasının anlaşılmasından sonra Niels Bohr tamamlayıcılık ilkesini formüle etti: "Dalga ve parçacık modelleri tamamlayıcıdır. Eğer bir ölçüm maddenin ya da ışığın dalga (parçacık) karakterini açığa çıkarıyorsa aynı ölçümde parçacık (dalga) karakteri de gözlemlenemez. Hangi modelin kullanılacağı ölçümün doğası tarafından belirlenir. Işık ve maddeyi kavrayışımız hem dalga karakterini hem de parçacık karakterini ortaya çıkaran ölçümleri dikkate almadığımızda eksik kalır. Dolayısıyla madde ve ışık



basitçe sadece dalga ya da basitçe sadece parçacık değildir. Uç koşullar altında basit bir dalga modeli ya da basit bir parçacık modeli yeterli olsa da maddenin ve ışığın davranışlarını açıklamak için daha genel geçer, daha karmaşık bir teoriye ihtiyaç vardır.”

Çift Yarık Deneyi

Işık ikili doğasını örneklendiren deneylerden biri çift yarık deneyidir. Bu deneyde üzerinde bir çift yarık bulunan bir levhanın üzerine ışık ışınları gönderilir. Levhanın üzerindeki yarıkların her ikisinin de açık olduğu durumda levhaların arkasındaki ekranda bir girişim deseni ortaya çıkar. Bu ölçüm sonucu ışığın dalga karakterini ortaya

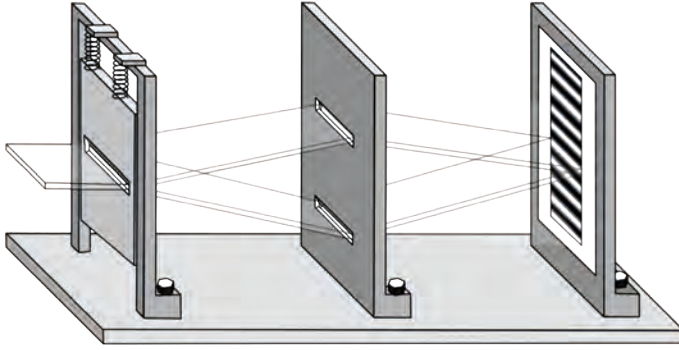
çıkartır. Levhanın üzerindeki yarıkların sadece birinin açık olduğu durumdaysa ekranda bir girişim deseni gözlemlenmez. Bu ölçüm sonucu da ışığın parçacık karakterini ortaya çıkarır. Bohr’un tamamlayıcılık ilkesinde ifade ettiği gibi parçacık karakterinin mi yoksa dalga karakterinin mi ortaya çıkacağı, ölçümün doğası tarafından belirlenir. Aynı ölçümde hem dalga hem de parçacık karakteri ortaya çıkmaz.

Albert Einstein 1927 yılında düzenlenen 5. Solvay Konferansı’nda bir düşünce deneyi ortaya attı. Einstein’ın düşünce deneyinde klasik çift yarık deneyinin düzeneğinde ufak bir değişiklik yapılır. Düzeneğe yukarı aşağı hareket edebilen, üzerinde sadece bir yarık bulunan bir levha daha eklenir. Einstein böyle bir deney düzeneğinde hareketli

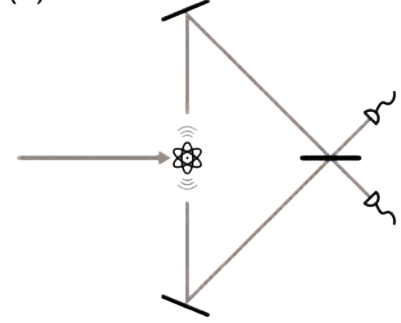
yarığın, fotonlarla etkileşiminin sonucu olarak yukarı mı yoksa aşağı mı hareket ettiğinin hassas bir biçimde ölçülmesiyle fotonun takip ettiği rotanın (bir parçacık özelliğinin) belirlenebileceğini ve aynı zamanda ekranda bir girişim deseni (bir dalga özelliği) gözlemlenebileceğini iddia etmişti. Einstein’ın bu düşünce deneyini öne sürmekteki temel amacı tamamlayıcılık ilkesinin yanlışlığını göstermekti. Ancak Einstein’ın beklentisinin aksine düşünce deneyi kuantum mekaniğinin temellerini sarsmadı. Aksine kuantum mekaniksel sistemler üzerinde yapılan ölçümlerin doğasının daha iyi kavranmasını sağladı.

Tamamlayıcılık ilkesinin modern versiyonu belirsizlik ilkesini de içine alır. Werner Heisenberg tarafından ortaya konan ilke, bir

(a)



(b)



$$\Delta p \sim 10^{-27} \text{ kg m/s}$$

(a) Einstein-Bohr düşünce deneyinin bir şeması. Fotonlar düşey yönde hareket eden, üzerinde bir yarık bulunan bir levhanın üzerine gönderilir. Bu levha ile ekranın arasında üzerinde bir çift yarık bulunan başka bir levha bulunur.

(b) Zhang ve arkadaşlarının gerçekleştirdikleri deneyin şeması. Deneylerde hareketli yarık görevini optik cımbızla kapana kısırlanmış bir rubidyum atomu üstlenir. Atomun momentumundaki belirsizlik optik fotonların momentumları ölçeğine kadar düşürülür. Atomdan saçılan fotonlar aynalardan yansdıktan sonra bir ışın bölücünün üzerine yönelir.

sistem hakkında edinilebilecek bilgilerin bir sınırı olduğunu söyler. Belirli özellik çiftlerinden biri hakkındaki bilgimiz arttıkça diğeri hakkındaki bilgimiz azalır. Örneğin konum ve momentum aralarında belirsizlik ilişkisi olan özellik çiftlerinin örneklerindendir. Bir parçacığın momentumundaki belirsizlik arttıkça konumundaki belirsizlik azalır, momentumundaki belirsizlik azaldıkça konumundaki belirsizlik artar. Üstelik bu belirsizliklerin kaynağı ölçümler değildir. Belirsizlik, kuantum mekaniksel sistemlerin temel bir özelliğidir.

Modern kuantum teorisi kullanılarak yapılan hesaplar, Einstein'ın önerdiği deney düzeneğinde bir girişim deseni gözlemleneceğini, saçak görünürlüğününse (girişim

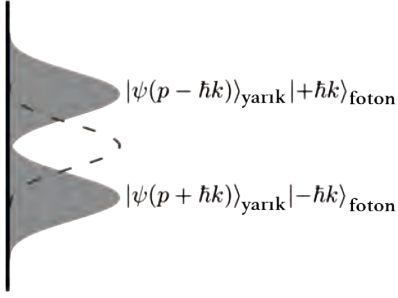
desenindeki kontrastın bir ölçüsü) hareketli yarığın momentumundaki belirsizliğe bağlı olarak değişeceğini söyler. Bu kuramsal tahminleri test etmek ile ilgili temel zorluk ise ölçümlerden bir anlam çıkarabilmek için hareketli yarığın momentumundaki belirsizliğin fotonun momentumundan belirgin derecede düşük olmasının gerekmesidir. Optik bir fotonun momentumu $\sim 10^{-27} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ civarındadır. Temel enerji seviyesindeki makroskobik bir yarığın momentumundaki belirsizlik ise $\sim 10^{-16} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ölçeğindedir. Aradaki bu çok büyük fark nedeniyle fotonun takip ettiği rota bilgisi yarığın kuantum salınımlarında kaybolur.

Çin Bilim ve Teknoloji Üniversitesinden bir grup

araştırmacı yakın zamanlarda Einstein'ın düşünce deneyinin bir benzerini gerçeğe dönüştürmeyi başardı. Araştırmacılar deneylerinde makroskobik bir yarık yerine tek bir rubidyum atomu kullandı. Optik cımbızla kapana kısırlan ve üç boyutlu hareketi temel enerji seviyesine indirilen atomun momentumundaki belirsizlik, tek bir fotonun momentumu ölçeğine düşürüldü. Böylece Einstein-Bohr tartışmasına konu olan gözlemleri yapmak mümkün oldu. Araştırmacılar atomun momentum belirsizliğini yavaş yavaş değiştirerek tek bir fotonun dalga benzeri davranış ile parçacık benzeri davranış arasındaki dönüşümünü gözlemlemeyi başardı.

Deney sonuçlarına göre optik

(c)



(c) Detektörlerde ortaya çıkan saçakların görünürlüğü yarığın momentum durumlarının ne ölçüde üst üste bindiğine bağlı olarak değişir.

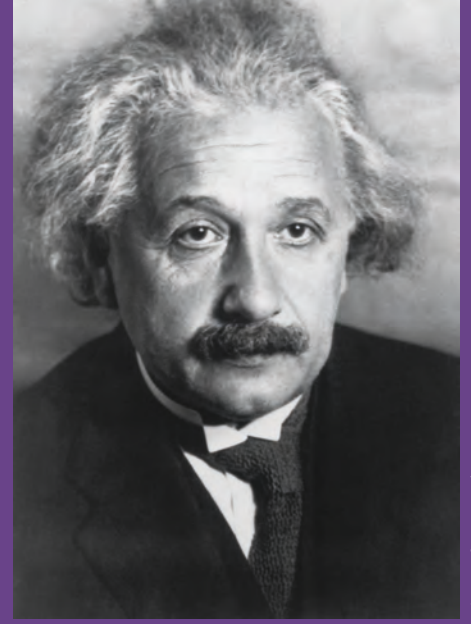
kapanın derinliği artırılarak atomun konumundaki belirsizlik azaltıldığında ve dolayısıyla momentumundaki belirsizlik artırıldığında ekrandaki saçak görünürlüğü artıyor. Başka bir deyişle fotonun takip ettiği rota (parçacık özelliği) hakkında daha az bilgi edinildiğinde fotonun dalga karakteri daha belirgin hale geliyor. Sonuçlar klasik çift yarığın deneyinde her iki yarığın da açık olduğu (fotonun takip ettiği rotanın bilinmediği) duruma yaklaşıyor. Optik

kapanın derinliği azaltılarak atomun konumundaki belirsizlik artırıldığında ve dolayısıyla momentumundaki belirsizlik azaltıldığında ekrandaki saçak görünürlüğü azalmaya başlıyor. Başka bir deyişle fotonun takip ettiği rota hakkında daha fazla bilgi edinildiğinde fotonun parçacık karakteri daha belirgin hale geliyor. Sonuçlar klasik çift yarığın deneyinde sadece bir yarığın açık olduğu (fotonun takip ettiği rotanın bilindiği) duruma yakınsamaya başlıyor. ■

Kaynaklar

Zhang, Y.-C., ve ark., "Tunable Einstein-Bohr Recoiling-Slit Gedankenexperiment at the Quantum Limit", *Physical Review Letters*, Cilt 135, Makale No: 230202, 2025.

Eisberg, R. ve Resnick, R., *Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei and Particles*, John Wiley & Sons, 2. Basım, 1985.



Albert Einstein (1879 - 1955)

Library Of Congress / SPL



Niels Bohr (1885 - 1962)

Science Museum Group / SPL

Asfaltın Yeni Bileşeni ALGLER

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Kışın yaşanan donma-çözünme döngüsü, yolları olumsuz etkiler ve bu hasarın onarımı her yıl çok yüksek maliyetlere yol açar. Geleneksel yol kaplamalarında kum ve taşları birbirine bağlamak için ham petrolden elde edilen, yapışkan ve siyah bir madde olan bitüm kullanılır. Bitüm, yolların sıcak havalarda esnemesine, soğukta ise büzülmesine olanak tanır ancak sıcaklık çok düştüğünde sertleşip kırılmanlaşır. Bu durum, trafik yükü ve nemin etkisiyle asfalt yüzeyinde çatlakların oluşmasına ve bu çatlakların zamanla büyümesine neden olur.

Asfalttaki çatlaklar, çukurlar ve zemindeki suyun donarak genleşmesiyle ortaya çıkan yüzey kabarmaları, araçların yol tutuşunu bozarak kazalara yol açabilen, yayalar için ise düşme riskini artıran uzun vadeli tehlikelerdir. Bu soruna çözüm bulmak amacıyla Arizona Eyalet

Üniversitesinden Doç. Dr. Elham Fini liderliğindeki bir araştırma ekibi, alg bazlı yağlardan üretilen ve kauçuk benzeri özellikler gösteren sürdürülebilir bir bağlayıcı geliştirdi.

Ekibin önceki çalışmaları, alg bazlı yağların bitüme benzer özelliklere sahip olduğunu ve düşük sıcaklıklarda bitüme kıyasla daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştu. 2024 yılının Kasım ayında *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* dergisinde yayımlanan yeni çalışma ise mikroalglerden elde edilen yağların, asfalt üretiminde kullanılan petrol kökenli bağlayıcılara alternatif olabileceğini gösteriyor. Bu sayede asfalt yüzeylerin daha esnek, daha dayanıklı ve daha çevreci hâle gelmesi mümkün olabilir.

Elham Fini, alg bazlı bileşiklerin asfaltın neme karşı direncini, esnekliğini ve kendi kendini onarma özelliklerini iyileştirebildiğini, bunun da yol kaplamaların ömrünü uzatırken bakım gereksinimini azaltma potansiyeli taşıdığını belirtiyor. Fini'ye göre uzun vadede "alg asfaltı", daha sürdürülebilir, dayanıklı ve çevreye duyarlı yol altyapılarının oluşturulmasına katkı sağlayabilir.

Bu bulgular doğrultusunda araştırmacılar, dört farklı alg türünden elde edilen yağları bilgisayar modelleriyle analiz etti. Amaç, asfaltın katı

bileşenleriyle iyi karışabilen ve donma koşullarında işlevini koruyabilen adayları belirlemektir. Tatlı sularda yaşayan yeşil bir mikroalg türü olan *Haematococcus pluvialis*'ten elde edilen yağ, deneyler sırasında simüle edilen trafik yükü altında kalıcı şekil bozulmasına karşı en yüksek direnci gösterdi. Ayrıca çukur oluşumunun başlıca nedenlerinden biri olan neme bağlı hasara karşı da daha etkili bir koruma sağladı.

Laboratuvar testlerinde alg bazlı bağlayıcı içeren asfalt örnekleri daha zorlu koşullar altında incelendi. Ekip, bu örnekleri soğuk iklimlerde karşılaşılan gerçek trafik koşullarını taklit etmek amacıyla tekrarlanan yüklere ve donma-çözünme döngülerine maruz bıraktı.

Sonuçlar dikkat çekiciydi. Alg bazlı bağlayıcı kullanılan asfalt yüzeyler, ham petrolden

elde edilen geleneksel bağlayıcıları içeren asfalta kıyasla yüzeyde oluşan bozulmalar sonrasında kendi kendini onarma kapasitesinde %70'e varan bir iyileşme gösterdi. Ayrıca araştırmacılara göre petrol kökenli bağlayıcının yalnızca %1 oranında alg türevi malzemeyle değiştirilmesi, asfaltın karbon salımını belirgin biçimde azaltabilecek. Alg bazlı malzemenin kullanım oranı %22'ye çıkarıldığında ise asfalt yüzeylerin üretim ve kullanım süreçlerinde ortaya çıkan karbon salımının, yine bu süreçlerde soğurulan karbon miktarıyla eşitlenmesi yani teorik olarak karbon nötr hâle gelmesi mümkün olabilecek.

Ekip, bu teknoloji sayesinde önemli bir maliyet artışı olmadan yüksek performanslı yollar yapılmasının mümkün olabileceğini ve aynı zamanda dünyada en yaygın kullanılan yapı malzemelerinden birinin neden olduğu karbondioksit emisyonlarının azaltılabileceğini vurguluyor. ■

Kaynak

<https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.5c03860>

Arşimet Palimpsestinin Kayıp Sayfası Bulundu

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



Arşimet palimpsestinin kayıp sayfalarından biri Fransa'nın Blois bölgesindeki Güzel Sanatlar Müzesinde bulundu.

Arşimet palimpsesti Orta Çağ'dan günümüze kalan en önemli el yazması eserler arasında yer alır. Arşimet'in ve başka yazarların bilimsel çalışmalarını içeren bir derlemenin kopyası olan eser parşömenler üzerine yazılmıştır.

Bir rivayete göre Siraküza kuşatmasında Romalı bir asker tarafından öldürülmeden hemen önce Arşimet matematik üzerine bilimsel çalışmalar yapmakla meşguldü.



Palimpsestteki eserler Ayasofya'nın mimarlarından olan Miletli Isidore tarafından MS 530 civarında İstanbul'da derlenmişti.

Palimpseste yer alan kopya ise yine İstanbul'da tahminen 950 yılı civarında, Bizans karanlık çağlarını takip eden ve Makedon Rönesansı olarak adlandırılan dönemde oluşturulmuştu.

İstanbul 1204 yılında IV. Haçlı Seferi sırasında yıkılmış ve yağmalanmıştı. Haçlılar, Latin kilisesinin fikirlerine aykırı gördükleri için Yunan metinlerini çoğu zaman yakardı. Arşimet palimpsesti de muhtemelen korunmak amacıyla IV. Haçlı Seferi sırasında Filistin'deki bir kiliseye nakledilmişti. Ancak ilginç bir biçimde el yazması götürüldüğü yerde takdir edilmedi, saygı görmedi.

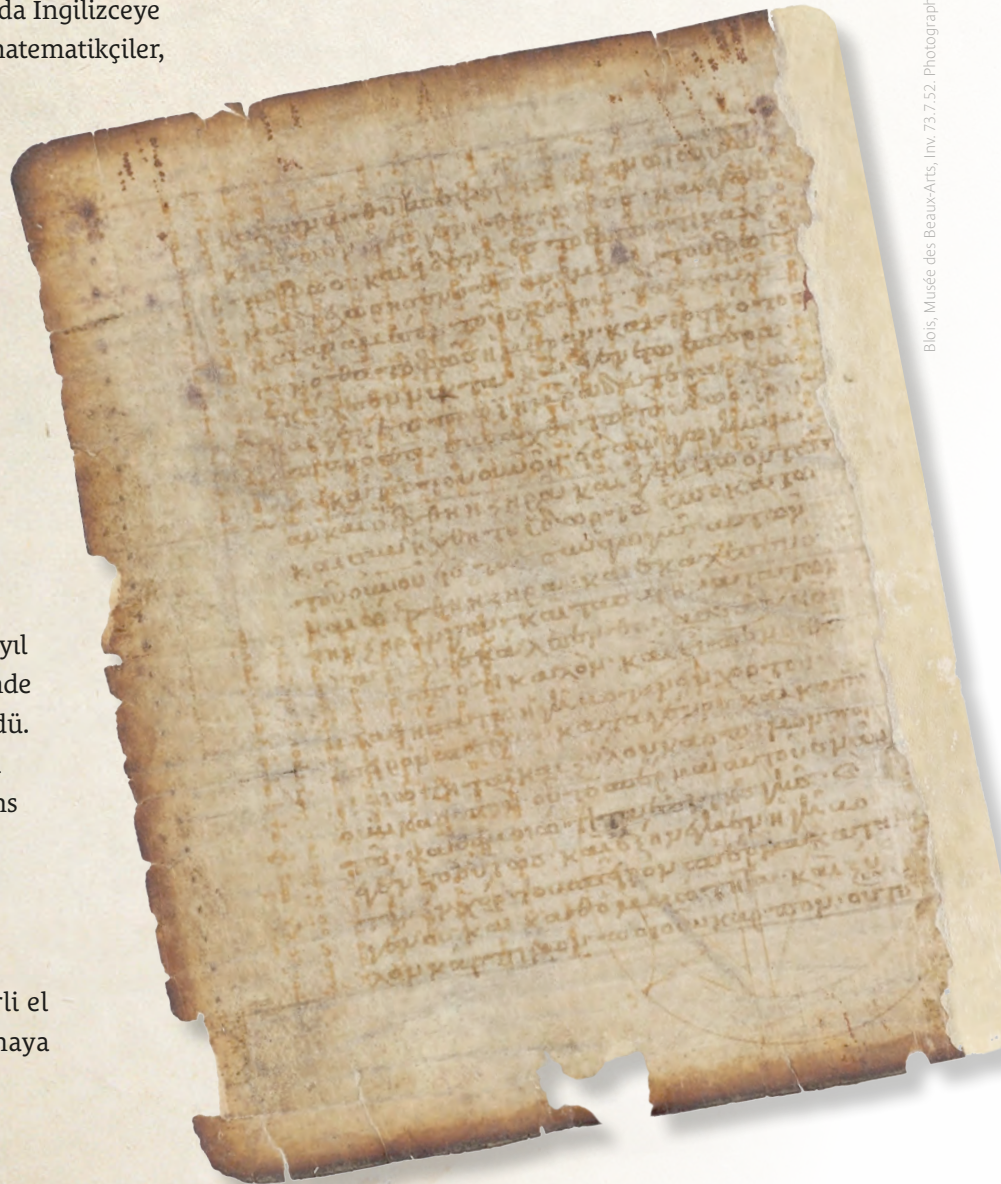
Parşömen koyun, sığır ya da keçi derisinden üretilen pahalı, az bulunan bir malzemeydi. Orta Çağ'da parşömenlerin çeşitli işlemlerden geçirilerek tekrar tekrar kullanılması yaygın bir durumdu. Palimpsest kelimesinin kökeni de zaten Latince parşömenlerin yeniden kullanıma hazır hâle getirilmesi sürecini ifade eden *palimpsestus* kelimesine dayanır. Arşimet'in çalışmalarının yer aldığı parşömenler de 1229 yılında yeniden kullanılmak için işlemlerden geçirildi. Parşömenlerin üzerindeki yazılar kazındı, parşömenler yıkanıp yüzeyi yeniden yumuşatıldıktan sonra üzerlerine dini metinler yazıldı.

Parşömenler, üzerine ilk kez yazı yazıldıktan yaklaşık 900 yıl sonra İstanbul'da Yunan Ortodoks Kütüphanesi'nin koleksiyonunda bulunuyordu. 1899 yılında kütüphanedeki eserleri sınıflandırmakla uğraşan Yunan bilim insanı Papadopoulos-Kerameus, üstteki yazıların altında kalmış, kısmen okunabilen yazıları fark etti ve bu yazılardan birkaç satırı da kayda geçirdi. Bu satırlar Arşimet'in çalışmaları üzerine uzmanlaşmış olan Danimarkalı dil bilimci Johan Heiberg'in dikkatini çekti. Heiberg parşömenleri detaylı olarak inceleyip Arşimet'in eserlerini içerdiğinden emin olduktan sonra 1906 yılında parşömenleri fotoğrafladı. Dil bilimci daha sonra bu fotoğraflardan yararlanarak 1910-1915 yılları arasında Arşimet'in eserlerini yazıya döktü. Kısa bir süre sonra Arşimet'in Yunanca metinleri Thomas Heath tarafında İngilizceye çevrildi. Böylece Arşimet'in çalışmaları matematikçiler, fizikçiler ve tarihçiler arasında daha bilinir hâle geldi.

Birinci Dünya Savaşını takip eden, Anadolu'da Kurtuluş Savaşı'nın devam ettiği dönemde Arşimet palimpsesti hâlâ İstanbul'da Yunan Ortodoks Kütüphanesi'nde bulunuyordu. Ancak 1922 yılında el yazması kayboldu. Muhtemelen 1923-1930 arasında parşömenler Marie Louis Sirieix adlı bir iş insanının eline geçti. Sirieix parşömenleri bir keşişten satın aldığını söylüyordu ancak bu durumu doğrulayan bir belge bulunmuyor. Sirieix, el yazmasını onlarca yıl boyunca bir mahzende sakladı. Bu dönemde parşömenler nemden ve küften zarar gördü. Ayrıca bazı yaprakların üzerine "satılacağı zaman kıymetini artırmak amacıyla" Bizans döneminde yapılanlara benzer sahte dinî motifler çizildi.

Sirieix 1956 yılında hayatını kaybetti. Sirieix'ın kızı 1970 yılından sonra değerli el yazmasını kendi kişisel çabalarıyla satmaya

çalıştı ancak başaramadı. En sonunda 1998 yılında, sahipliğini kaybetme riskini alarak, parşömenleri bir açık artırmada satışa çıkarmaya karar verdi. Yunan Ortodoks Kudüs Patrikliği, parşömenlerin kendilerine iade edilmesi için dava açıtıysa da zaman aşımı nedeniyle dava reddedildi. Arşimet palimpsesti, açık artırmada 2 milyon dolar fiyatla kimliği bilinmeyen bir Amerikalı tarafından satın alındı. Açık artırmada anonim alıcıyı temsil eden avukat, müvekkilinin yüksek teknoloji endüstrisinde çalıştığını söyledi. Bugün parşömenleri satın alan kişinin kim olduğu hâlâ bilinmiyor.



Arşimet palimpsestini satın alan kişi, değerli el yazmasını kendi koleksiyonunda tutmadı, korunması ve bilimsel çalışmalarda kullanılması için Baltimore'daki Walters Sanat Müzesine bağışladı. 1999-2008 döneminde palimpsest bilimsel çalışmalarla incelendi. Morötesi, kızılötesi ve görünür ışığın yanı sıra X ışınlarının da kullanıldığı çalışmalarla parşömenlerdeki orijinal metinlerin tamamı yazıya döküldü. Elde edilen görüntülerin ve metinlerin tamamı bugün internet üzerinde herkesin erişimine açık.

Uzun yıllar boyunca bilim insanlarının sadece 1906 yılında Heiberg'in çektiği fotoğraflar aracılığıyla bildiği Arşimet palimpsesti bugün Walters Sanat Müzesinde bulunuyor. Ancak bazı sayfaları eksikti. Müzede yer alan yapraklar ile 1906 yılında çekilen fotoğraflar karşılaştırıldığında üç yaprağın kayıp olduğu görülüyordu. Bu kayıp yaprakların biri yakın zamanlarda Fransa'daki bir müzede bulundu. Sorbonne Üniversitesine bağlı Léon Robin Antik Düşünce Araştırmaları Merkezinde çalışan Victor Gysembergh tarafından keşfedilen yaprak, Heiberg'in çektiği fotoğraflarla karşılaştırıldı ve parşömenin Arşimet palimpsestinin 123 numaralı yaprağı olduğu doğrulandı.

Keşfedilen yaprağın bir tarafında dinî metinlerin altında kalmış geometrik figürler ve *Önermeler* kitabının "Küre ve Silindir Üzerine" kısmına ait yazılar dikkat çekiyor. Yaprağın diğer tarafında ise

1930'lardan sonra parşömenlerin üzerine çizilmiş süsleme motiflerinden biri görülüyor. Yeni keşfedilen yaprağın da ilerleyen zamanlarda bilimsel yöntemlerle incelenmesi planlanıyor. Böylece Orta Çağ'dan kalma değerli el yazmasının bir sayfası daha yazıya dökülecek ve insanların erişimine açılacak. ■



Blois, Musée des Beaux-Arts, Inv. 73.7.52. Photography IRHT-CNRS

Kaynaklar

Mogensen, J. F., "Long-lost page of Archimedes' writings rediscovered in France", *Scientific American*, <https://www.scientificamerican.com/article/long-lost-page-of-archimedes-writings-rediscovered-in-france/>
<https://www.cnrs.fr/en/press/lost-page-archimedes-palimpsest-identified-blois-central-france>

Sanat Ruhumuzu Beslemekle Kalmıyor Sağlığınıza da Destekliyor!

İlay Çelik Sezer [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi





Bilimsel araştırmalar yaşam tarzlarımızın ve tercihlerimizin sağlığımızla ne kadar ilgili olduğunu her geçen gün daha açık bir şekilde ortaya koyuyor. Üstelik bunlar sadece beslenme tarzı, hareketlilik durumu ve zararlı madde alışkanlıkları gibi fiziksel etkenlerle değil; sosyal ilişkiler, meşgaleler ve hatta düşünme biçimlerimiz gibi daha soyut ve psikososyal alanlarla da ilgili olabiliyor. Sanatsal ya da kültürel bir etkinlikle ilgilenmenin bireyin ruhsal ve fiziksel sağlığıyla nasıl bir etkileşim içinde olduğu yaklaşık 20 yıldır bilimsel olarak incelenen başlıklardan biri. Pek çok araştırma kültürel ve sanatsal etkinliklere dāhil olmanın sağlığı olumlu yönde etkilediğine işaret ediyor. Bu konuyu daha derinlemesine ele alan yeni bir araştırma ise sanatsal bir faaliyetle uğraşmanın sağlıkla ilgili birtakım moleküler belirteçlerle ilgili odaklanıyor.

Sanatsal ya da kültürel etkinliklerle uğraşmanın hem genel sağlık durumunun korunması ve desteklenmesinde hem de bazı hastalıkların bakım ve iyileşme süreçlerinde faydalı olabileceğine işaret eden geniş bir bilimsel literatür bulunuyor. Hatta bu konu o kadar önemseniyor ki Dünya Sağlık rgt gibi büyük otorite kuruluşlar, bu faydaların topluca incelenmesini sağlamak amacıyla konuya özel araştırmaları destekliyor.

Örneğin Dünya Sağlık rgt inisiyatifiyle University College London'dan Prof. Daisy Fancourt liderliğindeki Sosyal Biyodavranışsal Araştırma Grubu tarafından hazırlanan 2019 tarihli raporda 2000-2019 arasında yayımlanan 3.000'den fazla çalışmanın sonuçları değerlendirildi. Rapor sanatsal ve kültürel etkinliklere katılımın, sağlığın korunması ve geliştirilmesinin yanı sıra hastalıkların tedavi süreçleri açısından olumlu etkileri olduğuna

işaret ediyordu. Raporda yer verilen bulgular, sanatın çok yönlü etkileri sayesinde psikolojik, sosyal ve fizyolojik mekanizmalar üzerinden sağlığı desteklediğini, bu nedenle sağlık politikaları açısından dikkate alınması gerektiğini vurguluyordu.

Yine Fancourt ve ekibinin daha yakın tarihli bir başka çalışması ise sanatsal ve kültürel faaliyetlerin sağlık üzerindeki etkilerine dair bu genel tabloyu nüfus düzeyindeki somut verilerle destekliyor. Birleşik Krallık ve ABD’de yaşayan binlerce kişinin yaşam alışkanlıkları ve sağlık durumlarının uzun vadeli olarak takip edildiği araştırmanın sonuçları, sanatsal ve kültürel etkinliklere düzenli olarak katılan bireylerin ruh sağlığı göstergelerinin daha olumlu ve yaşam doyumlarının daha yüksek olduğunu ortaya koydu. Araştırmada bu insanların özellikle ileri yaşlarda depresyon ve bilişsel gerileme risklerinin daha düşük olması, sanat ve kültürle kurulan ilişkinin uzun vadede toplum sağlığı açısından da koruyucu bir rol oynayabileceği yönünde yorumlandı.

Konunun politika oluşturma ve ekonomi boyutunu ele alan bir diğer kapsamlı raporda ise kültür ve kültürel mirasla etkileşimin sağlık üzerindeki etkilerinin

maddi karşılığı incelendi. Birleşik Krallık Kültür, Medya ve Spor Bakanlığı için yapılan çalışmada müze ziyaretleri yapma, müzikle uğraşma ve yaratıcılık gerektiren etkinliklere zaman ayırma gibi faaliyetlerin yaşam kalitesi üzerindeki faydaları sağlık ekonomisinde kullanılan göstergelerle değerlendirildi. Araştırmada kültür ve sanat yatırımlarının kültürel katkılarla sınırlı kalmayıp aynı zamanda halk sağlığı ve sağlık harcamaları açısından da anlamlı bir toplumsal fayda sağladığı sonucuna varıldı.

Fancourt ve ekibinin yeni yaptığı bir araştırma ise sanatla ilgilenmenin sağlıkla üzerindeki etkilerinin hangi mekanizmalar yoluyla ortaya çıkabileceğini daha derinlemesine anlamak amacıyla bir dizi proteine odaklanıyor. Araştırmacılar alanındaki en kapsamlı araştırma olan bu çalışmada, vücutta ya da belirli bir dokuda bulunan farklı protein düzeylerinin birlikte analiz edilmesiyle oluşturulan protein profillerinin incelendiği proteomik yaklaşımdan faydalandı. Birleşik Krallık’ta yaşayan yaklaşık 6.000 yetişkinden alınan kan örnekleri kullanılarak sanatla ilgilenmenin vücutta ve beyinde birçok işlevi olan 184 proteinle ilişkisi araştırıldı.

Çalışmada bireylerin sanatla hangi ölçüde ilgilendiğini belirlemek amacıyla daha önceki bir araştırmada geliştirilen bir sanatsal ve kültürel etkileşim ölçeği kullanıldı. Bu ölçekte “sanatla ilgilenme” olgusu, bireyin resim, müzik ya da el sanatları gibi yaratıcı etkinliklerle meşgul olmasını; keyif için kitap okumasını; konser, tiyatro ve sergi gibi kültürel etkinlikleri takip etmesini; kütüphane, müze ve tarihî mekânları ziyaret etmesini kapsayan bir etkileşim biçimi olarak tanımlıyor.

Bireylerin sanatla ilgilenme düzeyleri ile kanlarındaki 184 proteine ilişkin profiller karşılaştırıldığında, sanatsal ve kültürel etkinliklerle daha fazla ilgilenen bireylerde bağışıklık, yangı, hücresel sinyal iletimi ya da sinir sistemiyle ilişkili toplam 18 proteinin düzeylerinin anlamlı biçimde farklılaştığı belirlendi. Araştırmacılar, katılımcılara ait verileri incelediklerinde sanatla daha çok



ilgilenen bireylerde kalp-damar hastalıkları, tip 2 diyabet, eklem yangısı, depresyon ve demans gibi çeşitli sağlık sorunlarına ilişkin risklerin daha düşük olduğunu ortaya koydu. Daha da önemlisi protein düzeylerindeki değişimlerin, sanatla ilgilenme ile sağlık üzerindeki olumlu etkiler arasındaki ilişkiyi %16 ila %38 oranında açıklayabildiğini ortaya koydular. Bu durum, gelir ve eğitim düzeyi gibi faktörlerin sonuçlar üzerindeki olası etkileri istatistiksel olarak ayıklandıktan sonra bile geçerliliğini korudu.

Sanatla daha fazla ilgilenen bireylerde farklı düzeylerde bulunan 18 proteinin; bağışıklık sistemi, yangı, damar sağlığı ve beyin işlevleriyle yakından ilişkili olduğu görüldü. Bu proteinlerin bir kısmı kronik yangı ve metabolik hastalıklarla bağlantılı biyolojik süreçlerde rol oynarken bir kısmı da sinir hücreleri arasındaki bağlantılar, beyin plastisitesi (beynin öğrenme ve değişimlere uyum sağlama kapasitesi) ve bilişsel işlevlerle ilişkiliydi. Araştırmacılara göre sanatla ilgilenmenin bu protein profilleriyle bağlantılı olması, sanatın genel sağlık üzerindeki olumlu etkisinin yalnızca



psikolojik ya da sosyal değil, aynı zamanda biyolojik bir temeli olabileceğine işaret ediyor.

Birleşik Krallık'taki Leeds Üniversitesinden Daryl O'Connor, bulguların doğrulanması için araştırmanın farklı toplumlarda tekrarlanması gerektiğini, yine de çalışmanın heyecan verici olduğunu ve davranışlarımızın sağlığımızı nasıl şekillendirdiğini araştırmak için yeni fırsatlar sağladığını belirtiyor. Kings College London'dan Carmine Pariante ise araştırmanın bulgularının kültür ve sanat etkinlikleri ile ilgilenmenin fiziksel ve ruhsal sağlık

üzerindeki koruyucu etkisine ilişkin şimdiye kadar bilinenlerle tutarlı olduğunu belirtiyor. Ancak araştırma yalnızca bir kez alınan biyolojik örneklerle yapıldığı yani farklı zamanlarda örnekler alınarak tekrarlanmadığından dolayı, bu koruyucu etkiyi oluşturmak için kültürel ve sanatsal etkinliklerle ne kadar süre meşgul olmak gerektiği anlaşılamadı. Fancourt bir sonraki aşamada spesifik proteinlerin düzeylerinin insanlar sanatla ilgilenmeye başlamadan önce ve başladıktan sonra ölçüleceği ve böylece nedenselliğin daha hassas belirlenebileceği çalışmalar yapılabileceğini düşünüyor. ■

ErsoyBasciftici / iStock

Kaynaklar

<https://www.newscientist.com/article/2512378-why-singing-dancing-and-engaging-with-art-is-good-for-your-health/>
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553773>
<https://www.artsandhealth.ie/research-evaluation/the-impact-of-arts-and-cultural-engagement-on-population-health/>
<https://www.gov.uk/government/publications/quantifying-and-valuing-the-wellbeing-impacts-of-culture-and-sport>

BİLİM TARİHİNDEN NOTLAR

Prof. Dr. Hüseyin Gazi Topdemir

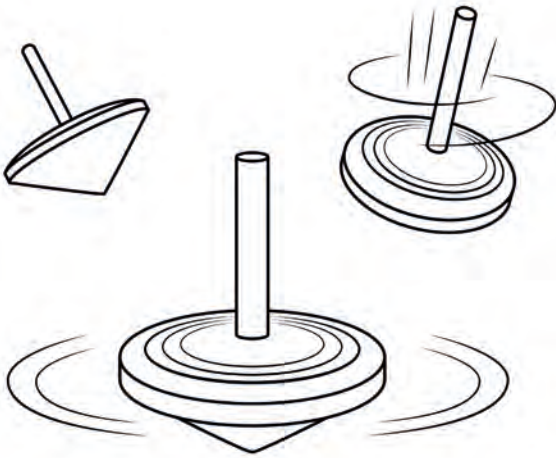
[Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı

Orta Çağlarda Hareket IV

Hareketin Dinamik Açıklaması

Geç Orta Çağlarda hareket problemiyle yakından ilgilenen bilginlerden biri olan Jean Buridan (1300-1358), konuyu geleneksel kabuller ışığında ele aldı ve kendiliğinden hareket etmeyen her nesnenin dışarıdan kazandırılan bir itim gücünün etkisiyle hareket ettiği düşüncesini benimsedi. Dikkatini fırlatılan nesnelerin hareketi üzerinde yoğunlaştırdı ve Aristoteles'in (384-322) *Fizik* kitabının sekizinci bölümü üzerine uzun bir yorum yazdı. Bu yorumda "Fırlatılan bir nesnenin fırlatıcıdan ayrıldıktan sonra hareketinin devamlılığını neyin sağladığı sorulduğunda, Aristoteles'in etkisiyle genellikle hava cevabının verildiği görülmektedir. Aslında Aristoteles'in bu konuda kafası karışıktır ve ardıllarının çözüm önerileri de yetersizdir." şeklinde

bir açıklamada bulundu. Yer değiştirmeden olduğu yerde dönen bir topacı örnek olarak veren Buridan'a göre topacın hareketini devam ettirmesinde havanın etkisi olduğu söylenemez. Hatta bir hava akışı söz konusu olmayacak şekilde etrafı sarmalansa bile topaç dönmeye devam edecektir. Dolayısıyla "Fırlatılan nesnelerin hareketlerinin devamlılığını hava sağlar." iddiası yanlıştır. Mesela "Elinizde hiçbir şey yokken sanki bir taşı fırlatıyormuş gibi elinizi ileri doğru ittiğinizde çevresindeki havayı da hareket ettirebilirsiniz. Eğer taşı hareket ettiren hava ise eliniz boşken de havayı hızla hareket ettirdiğiniz için havanın karşınızdaki kişiyi hissedilir bir güçle itmesi gerekir. Oysa böyle belirgin bir etki söz konusu değildir." diyerek havanın mekanik etkisinin olduğu düşüncesine (*antiperistasis* olarak isimlendirilir) karşı çıkar. Herhangi bir nesneyi yer değiştirmeye zorlayan dış etkene, İbn Sîna'nın anlayışına benzer biçimde "zorlayıcı itim gücü" adını veren Buridan, kendi dönemine kadar birikmiş olan bilgileri tekrar etmekle yetinir.



Hareketin Kinematik Açıklaması

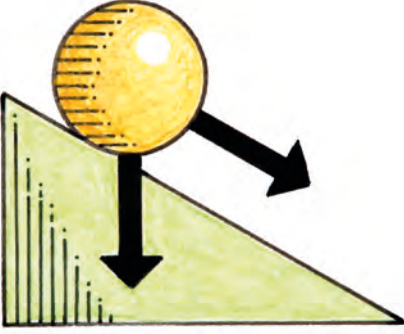
Buridan, hareketin nasıl gerçekleştiğini açıkladığı dönemde matematikçi Thomas Bradwardine (1300-1349) ve arkadaşları hareketin kinematik açıdan açıklanması konusunda önemli katkılarda bulundu. Aristoteles'in "Hız, kuvvet ile ortamın direncine bağlıdır." düşüncesinden hareket eden Bradwardine, bunu matematiksel olarak ifade etmeyi denedi ve hızın, kuvvetin dirence oranıyla ilişki içinde olması gerektiğini ileri sürdü. Buna göre kuvvetin dirence oranı geometrik olarak arttığında, hız aritmetik olarak artacaktır. Bradwardine'in görüşü, deneysel olarak sınanmasa da 14. yüzyıldan itibaren yaklaşık yüz yıl boyunca Paris Üniversitesinde çalışan doğa felsefecileri tarafından savunuldu. Bazı bilim tarihçileri bu yaklaşımın günümüzdeki diferansiyel denklem yaklaşımının öncüsü olduğunu düşünür.

Oxford Üniversitesine bağlı Merton Okulunda çalışan Bradwardine ve arkadaşlarının hareket konusuna yönelmeleri aslında doğa felsefesine duydukları ilginin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştı. Kinematik çalışmalara ivme kazandıran felsefi problem, niteliklerin yoğunluğunun nasıl arttığını veya azaldığını matematiksel yaklaşımla ifade etme düşüncesi idi. Örneğin bir nesnenin neden daha sıcak veya neden beyaz olduğunu bir matematik problemi olarak tanımlayıp çözümünü göstermeye çalışıyor



ve bu konuyu “niteliklerin yoğunlaşması ve seyrelmesi problemi” olarak adlandırıyorlardı.

Nitelik değişimlerine yönelik bu yaklaşımın bir matematik problemi olarak kabul edilmesiyle birlikte, değişim sayısal ilişkilerle ifade edilmeye başlandı. Mertonlu bilginler bir nitelik olarak kabul edilen hareketi de aynı yaklaşımla ele aldı. Ancak nitelik ve hız değişimlerine ilişkin düşünceleri deney ve gözleme dayanmayan varsayımlardan oluşsa da önemli bilimsel sonuçların ortaya çıkmasına katkıda bulundu.

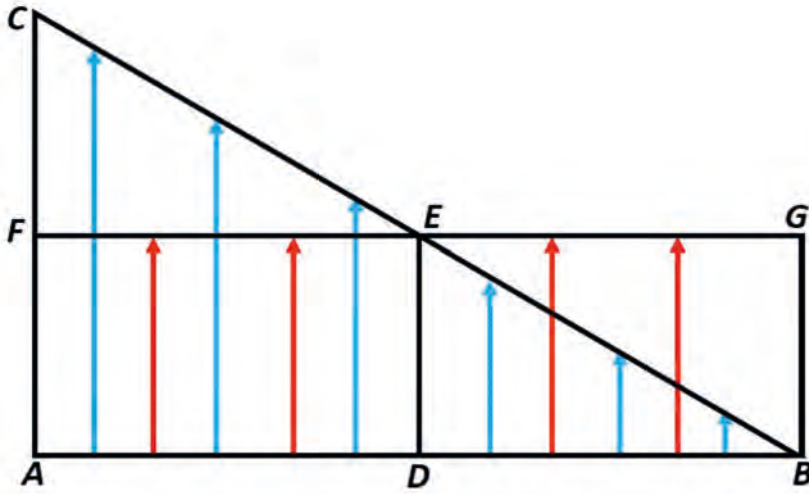


Nicole Oresme ve Hareketin Geometrik Açıklaması

Merton Okulunda kinematik üzerine başlatılan çalışmalar olgunlaştıktan kısa süre sonra bu yaklaşım Avrupa geneline yayılmaya başladı. Bu geçiş sürecinde hareketin grafik ve geometrik çizim yoluyla açıklanmasına yönelik çalışmalar öne çıktı. Yaklaşımın temel fikri basitti. Geometrik şekillerin alanları, bir niteliğin miktarını temsil etmek için kullanılabilir. Bu yaklaşımda bir nesnenin ilerleyişi yatay bir çizgiyle, hareketi sırasındaki hız artışları veya azalışları ise dikey çizgilerle temsil edilir. Grafikteki yatay çizgiler zamanı, dikey çizgiler ise hızı temsil eder. Bir

tür koordinat uygulaması olan ve Orta Çağlardaki hareket çalışmalarını yeni bir boyuta taşıyan bu grafik gösterimini Paris Üniversitesinden Nicole Oresme (1325-1382) geliştirdi. Peki Oresme’i böyle bir arayışa iten sorun neydi?

Orta Çağlardaki hareket araştırmalarında ele alınan temel problemlerden biri anlık hızı. Hareket eden bir nesnenin örneğin belirli bir yükseklikten bırakılan bir taş parçasının yere düşene kadar hızının her an değiştiği biliniyordu. Buna anlık hız deniyordu ancak henüz diferansiyel denklemler geliştirilmediği için nasıl hesaplanacağı bilinmiyordu. Dolayısıyla Mertonlu bilginler alınan toplam yolu (s) geçen toplam zamana (t) bölerek ($v=s/t$) ortalama hızı (v) hesaplayabiliyordu. Buradan yolun, hız ile zamanın çarpımına ($s=v.t$) eşit olacağı bağlantısını kurdular. Fakat şöyle bir sorun vardı: Anlık hızı hesaplayamadıkları için düşen bir taşın hareketinde olduğu gibi her an hız değişiminin olduğu bir hareketi (ivmeli hareket), düzgün doğrusal hareket cinsinden ifade etmeleri gerekiyordu. Buna göre ivmeli hareketin ortalama hızına eşit sabit bir hızla, belirli bir sürede alınan toplam yol, aynı sürede ivmeli hareket ile alınan yola eşit kabul ediliyordu. Ancak bu iddianın doğru olup olmadığının kanıtlanması gerekiyordu. Başka bir deyişle bu iki hareketin birbiri türünden ifade edilmesinin mümkün olup olmadığının gösterilmesine ihtiyaç vardı. Oresme’in amacı ivmeli hareket ile alınan yolun, aynı sürede düzgün doğrusal harekette alınan yola eşit olacağını geometrik olarak kanıtlamaktı.



Oresme, *Hareketlerin ve Niteliklerin Geometrik İncelenmesi* başlıklı kitabında verdiği şekil üzerinden şunu kanıtladı: Şekildeki ABGF dikdörtgeni düzgün doğrusal harekette alınan yolu, BAC dik üçgeni ise sabit ivmeli harekette alınan yolu temsil etsin. Düzgün doğrusal harekette hız her zaman diliminde aynıdır. Sabit ivmeli harekette ise hız her zaman diliminde aynı oranda artar.

Oresme'in düşüncesine göre yatay çizgiler zamanı, dikey çizgiler hızın büyüklüğünü ve alanlar da mesafeyi temsil eder. Peki bu kabuller nasıl doğrulanabilir? D, AB'nin, E de FG'nin orta noktasıdır. Ortalama hız teoremine göre sabit ivmeli hareket yapan nesnenin son hızının ikiye bölünmesiyle elde edilen ortalama hız (DE), düzgün doğrusal hareketin hızına eşittir. Bu, ABGF dikdörtgeninin alanının, BAC dik üçgeninin alanına eşit olduğunun gösterilmesiyle kanıtlanabilir. ABEF bölgesi hem sabit ivmeli

hareket hem de düzgün doğrusal hareket için ortak bir alandır. Dolayısıyla CFE ve BEG dik üçgenlerinin alanlarının eşit olduğu gösterilirse ABGF dikdörtgeninin alanının, BAC üçgeninin alanına eşit olduğu kanıtlanmış olur.

Bu iki dik üçgenin alanının eşit olduğu ise açı-kenar- açı ilişkisiyle kolayca gösterilebilir: FEC açısı ve BEG açısı iç ters açı

olduklarından eşittir. F ve G açıları ise dik açıdır. FE ve EG doğrularının uzunlukları da eşittir. Oresme bu sayede sabit ivmeli harekette alınan toplam yolun düzgün doğrusal hareketle alınan toplam yola eşit olduğunu kanıtlamıştır.

Bu çalışmaların ardından hareket konusu Galileo Galilei (1564-1642) ve Isaac Newton (1642-1727) tarafından modern hâline kavuşturulmuş, deney ve matematiğin olanaklarıyla sistematik biçimde çözümlenmiştir.

Gelecek sayımızda Bîrûnî'nin bilimsel çalışmalarını ele alacağız. ■

Kaynaklar

Clagett, M., *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, Madison: The University of Wisconsin Press, 1961.

Dijksterhuis, E. J., *The Mechanization of the World Picture*, Trans. C. Dikshoorn, London: Oxford University Press, 1961.

Oresme, N., *Tractatus de configurationibus qualitatum et motuum*, Ed. & Trans. Marshall Clagett, *Nicole Oresme and the Medieval Geometry of Qualities and Motions*, Madison: The University of Wisconsin Press, 1968.



Doğa
JEOLojî

Prof. Dr. Raif Kandemir

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Dünya'nın Zaman Kapsülü: **Zirkon**



Zirkon kristalinin halkalı yapısı

20 µm

Elementler bir araya gelerek mineralleri, mineraller kayaçları, kayaçlar kıtaları, kıtalar da gezegenimizin kabuğunu meydana getirir. Kimyasal adı zirkonyum silikat ($ZrSiO_4$) olan zirkonlar yer kabuğunda bulunan minerallerdendir.

Zirkon, belirli sıcaklık ve basınç koşullarında magma içinde kristalleşerek oluşan son derece dayanıklı bir mineraldir. Zirkonun oluşum aşamasında magmadaki uranyum, titanyum ve bazı nadir elementler kristal yapısına katılırken kurşun elementi ise yapıya dâhil olmaz. Dolayısıyla zirkonun içeriğindeki kurşun oranı oldukça düşüktür. Uranyum zamanla radyoaktif bozunma ile kurşuna dönüşür. Böylece zirkonun içindeki uranyum-kurşun oranı ölçülerek kristalin ne zaman oluştuğu son derece yüksek bir hassasiyetle belirlenebilir. Yani zirkonlar âdeta Dünya'nın içine yerleştirilmiş doğal atom saatleridir.

Zirkon kristallerinin iç yapısı, bu zaman bilgisini saklayacak biçimde düzenlenmiştir. Tıpkı ağaç halkaları gibi zonlu bir yapıya sahiptir yani merkezindekiler en yaşlı, dışa doğru büyüyen halkalar ise daha gençtir. Örneğin Batı Avustralya'daki Jack Hills bölgesinden çıkarılan zirkon minerallerinin bazıları 4,4 milyar yıl yaşındadır. Zirkon kristalleri büyürken çevresindeki koşullara ait kimyasal izleri de yapısına kaydeder. Bu sayede yalnızca ne zaman oluştukları değil, hangi koşullar altında oluştuklarına dair bilgiler verir.

Zirkon kristalleri Dünya'nın oluşumunun erken dönemleri hakkındaki bilgilerimizi önemli ölçüde değiştirdi. Zirkonun yapısındaki oksijen izotopları, yer kabuğundaki su ile etkileşmiş kayaçların magmaya karıştığını gösterirken titanyum oranından ise kristalleşmenin ~ 700 °C gibi görece düşük sıcaklıklarda gerçekleştiği anlaşılabılır. Bu bulgular Dünya'nın oluşumunun ilk zamanlarında suyun hatta okyanusların bulunduğuna işaret eder. Su ile etkileşen granitik kayaçların ayrışması sonucu sodyum, kalsiyum ve fosfor gibi yaşam için kritik öneme sahip elementler serbest hâle gelir. Aynı zamanda oluşan kalsiyum karbonat atmosferdeki karbondioksidi bağlayarak iklimi düzenler. Bu bilgiler gezegenimizin düşündüğümüzden çok daha erken bir dönemde yaşanabilir koşullara sahip olmaya başladığını gösterir.

Zirkonlar fiziksel olarak son derece dikkat çekicidir. Genellikle kırmızımsı kahverengi renkte olsalar da beyaz, sarı, turuncu, mavi, yeşil, morumsu kırmızı ve renksiz örnekleri de bulunur. Çoğu yarı saydamdır, bazıları ise mücevher kalitesinde şeffaftır. Granitlerin yapısındaki zirkon kristalleri genellikle 0,1-0,3 mm boyutlarındayken pegmatit ve karbonatit gibi bazı kayaç türlerinin içindekiler ise daha büyük kristaller hâlinde gelişebilir. Kanada'da bulunan, uzunluğu 30 cm ve kütlesi 7 kg olan zirkon, bu mineralin ne kadar büyük boyutlara ulaşabileceğinin bir örneğidir.

Zirkondan elde edilen zirkonyum metali ısıya, korozyona ve radyasyona dayanıklılığı sayesinde nükleer reaktörlerden tıbbi implantlara, kimya endüstrisinden ileri teknolojilere kadar pek çok alanda kullanılır. ■

Kaynaklar

Menneken, M., ve ark. "Hadean diamonds in zircon from Jack Hills, Western Australia.", *Nature*, Cilt 448, s. 917-920, 2007.
Wilde, S. A. ve ark., "Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and oceans on the Earth 4.4 Gyr ago", *Nature*, Cilt 409, s. 175-178, 2001.

Gökyüzü

Dr. Tuba Sarıgül

[TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Alacakaranlık ve Şafak Vakti Gezegenleri

Mayıs ayında Merkür, Venüs ve Jüpiter akşamları Güneş'in batışından sonra gökyüzünde belirirken Mars ve Satürn gün doğumundan önce şafak vakti görülebiliyor. Eta Aquarid Gök Taşı Yağmuru 5-6 Mayıs gecesi en yüksek etkinliğe ulaşıyor.

Merkür

14 Mayıs'ta üst kavuşum konumundan geçen Merkür, bu süreçte Güneş'le aralarındaki açısal mesafe küçük olduğundan gökyüzünde Güneş'e çok yakın görünüyor ve Güneş'in parlaklığında kaybolduğu için birkaç hafta boyunca görülemiyor.

Merkür, Mayıs ayının son haftasından itibaren akşamları gökyüzünde tekrar ortaya çıkıyor. 30 Mayıs akşamı Merkür, Venüs ve Jüpiter'i gökyüzünde hayali bir çizgi üzerinde sıralanmış gibi görebilirsiniz.



Venüs

Mayıs, Venüs'ü akşamları gökyüzünde görmek için son derece uygun bir ay. Venüs, ayın başında Güneş'in batışından sonra batı yönünde ufkun üzerinde ortaya çıkıyor ve saat 22.00 civarında kuzeybatı ufkundan batıyor. Ayın ilerleyen günlerinde görünür büyüklüğü artan Venüs'ün aydınlık görünen kısmının oranı ise azalıyor. Venüs, ay sonunda Güneş'ten yaklaşık 2,5 saat sonra batıyor.



Mayıs ayının ilk yarısında Boğa Takımyıldızı'nda görünen Venüs, ayın ortasından sonra İğizler Takımyıldızı'na geçiyor. 19 Mayıs akşamı Venüs'ü ve hilal şeklindeki Ay'ı İğizler Takımyıldızı'nda görebilirsiniz. Bu tarihte Jüpiter de Venüs ve Ay ile gökyüzünün aynı bölgesinde olacak.

Mars

Ocak ayında yörünge hareketi sırasında Güneş'in arkasından geçen Mars, birkaç aydır görülemiyordu. Nisan sonundan itibaren Güneş'in doğuşundan önce gökyüzünde tekrar ortaya çıkmaya başlayan



Mars, mayıs ayında ufkun üzerinde yükselmeye devam ediyor ve Kızıl Gezegen'in gözlem süresi uzuyor. Mars ayın ilk günlerinde Güneş'ten yaklaşık bir saat önce doğarken bu süre ay sonunda 1,5 saate çıkıyor.

Mars, 15 Mayıs'ta yeni ay evresine yaklaşan Ay ile birbirine yakın görülebiliyor.

Jüpiter

Jüpiter, mayıs ayında Güneş'in batışından sonra ufkun 55 derece üzerinde ortaya çıkıyor ve gece yarısından bir saat sonra kuzeybatı ufkundan batıyor. Ayın ilerleyen günlerinde daha erken saatlerde batmaya başlayan Jüpiter'in gözlem süresi kısalıyor.

20 Mayıs'ta Jüpiter ve hilal şeklindeki Ay birbirine yakın görülebiliyor. Bu tarihte Venüs de gökyüzünde bu ikiliyle aynı görüş alanında bulunuyor. Venüs, ilerleyen günlerde Jüpiter'e yaklaştırmaya devam ediyor.



Ay sonunda Venüs, Jüpiter'in yaklaşık 7 derece batısında yer alıyor. 31 Mayıs akşamı Jüpiter ve Venüs'ü İkizler Takımyıldızı'nda görebilirsiniz.

Satürn

Yakın zamanda yörünge hareketi sırasında Güneş'in arkasından geçen Satürn, mayıs ayında Güneş'in doğuşundan önce görülebiliyor. Ayın ilk günlerinde Güneş'ten yaklaşık bir saat önce doğu ufkundan doğan Satürn, giderek daha erken saatlerde doğuyor. Halkalı gezegenin gözlem süresi ay sonunda yaklaşık iki saate ulaşıyor.

1 Mayıs'ta Güneş'in doğuşundan yarım saat önce ufkun 6,5 derece üzerinde olan Satürn'ün yüksekliği ay sonunda yaklaşık 20 dereceye ulaşıyor.

Satürn'ü 14 Mayıs sabahı şafak vakti hilal şeklindeki Ay ile birbirine yakın görebilirsiniz.



7 Mayıs 2026
Saat 04.00



Eta Aquarid Gök Taşı Yağmuru

Eta Aquarid (Eta Kova) Gök Taşı Yağmuru, 6 Mayıs'ı 7 Mayıs'a bağlayan gece en yüksek etkinliğe ulaşıyor. Bu tarihte uygun gözlem koşullarında saatte 50 gök taşı görülebiliyor.

19 Nisan ile 28 Mayıs arasında etkinliğini devam ettiren Eta Aquarid Gök Taşı Yağmuru'nun saçılma noktası (gök taşlarının gökyüzünde ortaya çıkıp etrafa dağılıyormuş gibi görüldüğü nokta) 7 Mayıs gecesi saat 2 civarında doğu yönünde ufuktan doğuyor. Şafak vakti Güneş'in aydınlığında kaybolmadan önce ufkun üzerinde en yüksek noktaya ulaşıyor.

Eta Aquarid Gök Taşı yağmurunun kaynağı 1P/Halley kuyruklu yıldızı.

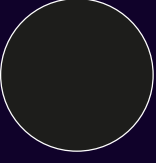
Dolunay
1 Mayıs
Saat: 20.23



Son dördün
10 Mayıs
Saat: 00.11



Yeni ay
16 Mayıs
Saat: 23.01



İlk dördün
23 Mayıs
Saat: 14.11



Dolunay
31 Mayıs
Saat: 11.45



Yeröte
5 Mayıs Saat: 01.30 405.839 km

Yerberi
17 Mayıs Saat: 16.47 358.077 km

Ay'daki Kraterler

Ay'ın yüzeyinde asteroidlerin, meteoritlerin ve kuyruklu yıldızların çarpması sonucu oluşmuş çok sayıda krater bulunur. Başka gök cisimlerinde de kraterler olmasına rağmen Ay'ın yüzeyindeki kraterler, Güneş sisteminin nasıl oluştuğu ve zaman içinde geçirdiği değişimler konusunda bilim insanlarına önemli bilgiler sağlar. Çünkü yoğun bir atmosferi bulunmayan Ay'ın yüzeyinde oluşan kraterler rüzgâr, yağış gibi faktörlerin belirgin bir aşındırma etkisi olmadığından büyük ölçüde korunur.

Ay'ın Dünya'dan görülebilen yüzündeki kraterlerden bazıları çıplak gözle görülebilir. Aristarchus, Copernicus, Kepler ve Tycho, Ay'ın yüzeyinde kolayca fark edilebilen kraterlerdir. Örneğin yaklaşık 93 km çapındaki Copernicus kraterinin merkezinden etrafa doğru yayılan çizgiler 700 km uzunluğa ulaşabilir. Bu kraterleri gözlemlemek için en uygun zaman Ay'ın dolunay evresinde olduğu dönemlerdir.



Artemis II görevi sırasında çekilen bu fotoğrafta Byrgius A krateri görünüyor.

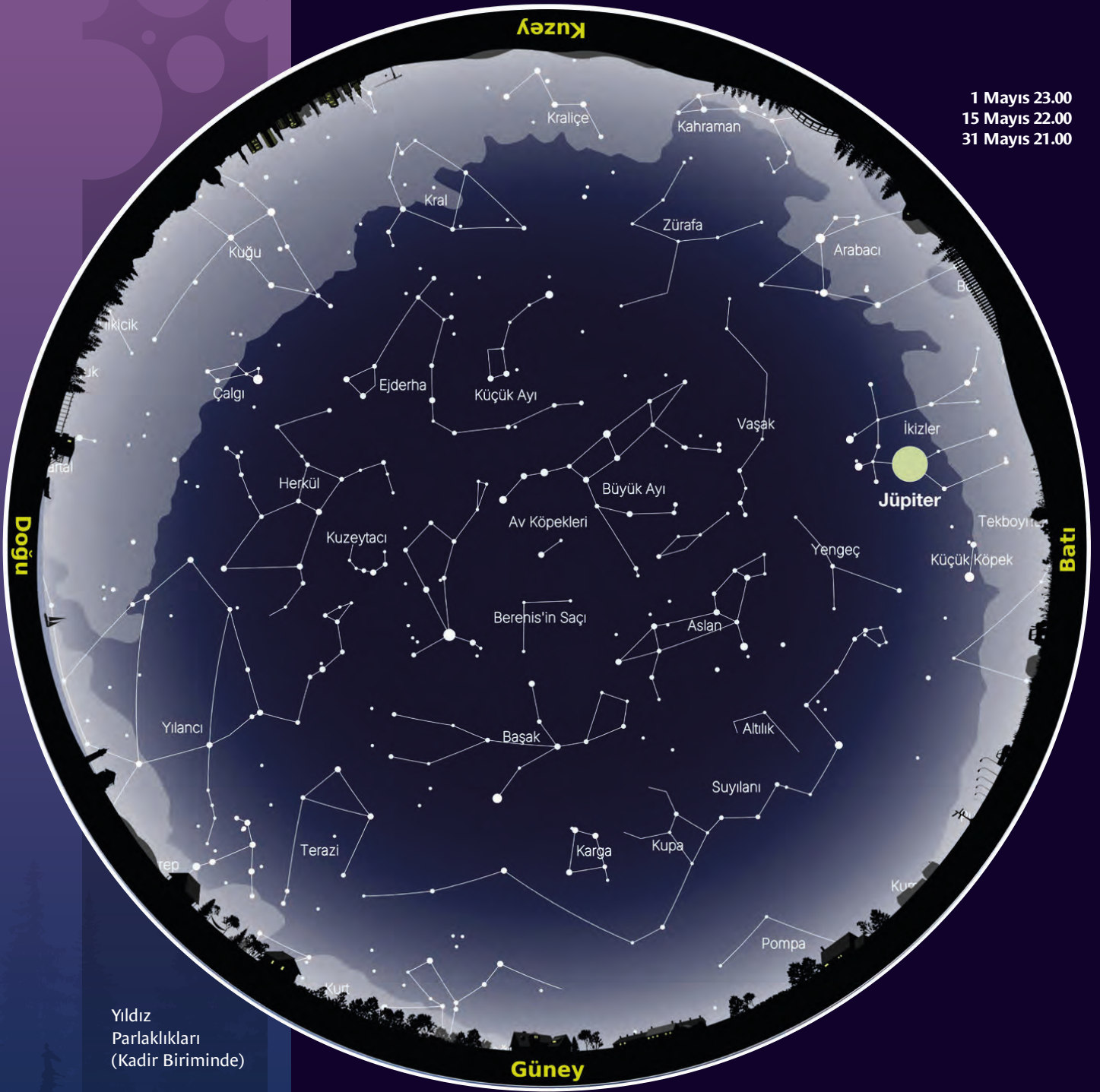
Ayın Önemli Gök Olayları

- 1 Mayıs** Ay, dolunay evresinde
- 2 Mayıs** Venüs ve Aldebaran yakın görünümde
- 4 Mayıs** Ay ve Antares yakın görünümde
- 5 Mayıs** Ay, Dünya'ya en uzak konumda
Eta Aquarids Gök Taşı Yağmuru en yüksek etkinlik
- 10 Mayıs** Ay, son dördün evresinde
- 14 Mayıs** Merkür, üst kavuşum konumunda
- 16 Mayıs** Ay, yeni ay evresinde
- 17 Mayıs** Ay, Dünya'ya en yakın konumda
- 19 Mayıs** Ay ve Venüs yakın görünümde
- 20 Mayıs** Ay ve Jüpiter yakın görünümde
- 22 Mayıs** Uranüs, kavuşum konumunda
- 23 Mayıs** Ay, ilk dördün evresinde
Ay ve Regulus yakın görünümde
- 27 Mayıs** Ay ve Spika yakın görünümde
- 31 Mayıs** Ay, dolunay evresinde

Mayıs Ayında Gezegenlerin Birbirlerine Göre Yörüngelerindeki Konumları



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



1 Mayıs 23.00
15 Mayıs 22.00
31 Mayıs 21.00

Yıldız
Parlaklıkları
(Kadir Biriminde)

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

Kaynaklar

- Okuyan, O. ve Köseoğlu, D. K., "2025 Gök Olayları Yıllığı", *Bilim ve Teknik*, Cilt 59, Sayı 698, 2026.
- "Observing May 2026", *Sky and Telescope*, Cilt 151, Sayı 5, s. 41-57, 2026.
- Ratcliffe, M. ve Ling, A., "Sky This Month", *Astronomy*, Cilt 54, Sayı 5, s. 28-35, 2026.
- <https://in-the-sky.org/newscal.php>
- <https://www.imo.net/resources/calendar/>
- <https://skyandtelescope.org/stargazing-and-observing/how-to-see-lunar-craters-with-the-naked-eye102820152810/>
- <https://science.nasa.gov/moon/lunar-craters/>

Düşünme Kulesi

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

Ayın Oyunu

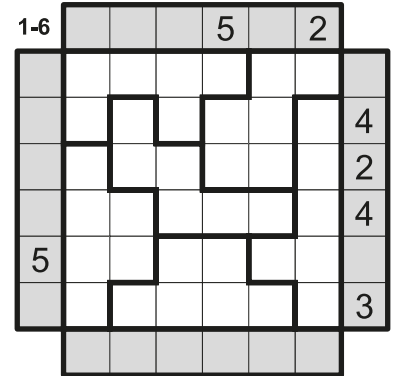
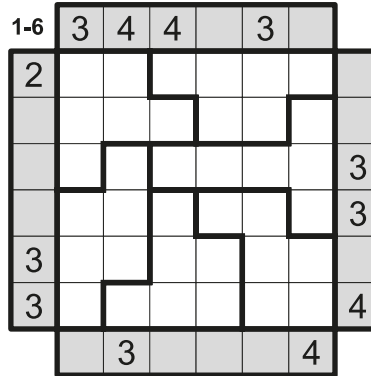
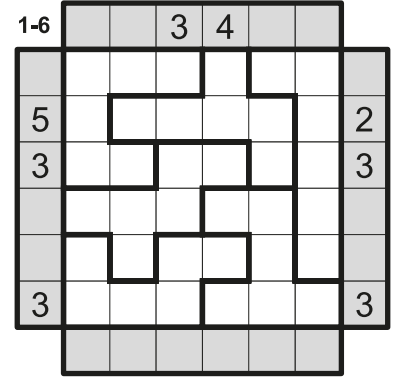
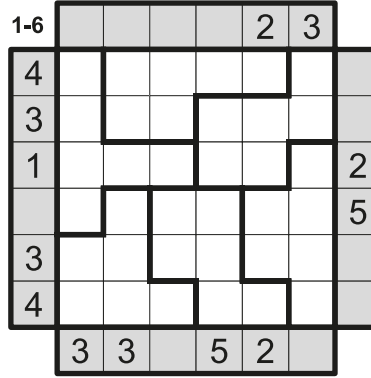
Bölgesel Apartmanlar

Bölgesel Apartmanlar Oyununun Kuralları

Verilen aralıktaki rakamlar her satır, her sütun ve bölgede tam olarak bir kez yer alacak şekilde diyagramı doldurun.

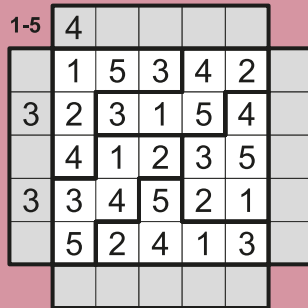
Her rakam, yüksekliği o rakam kadar olan bir apartmanı temsil etmektedir.

Diyagramın dışındaki sayılar, o yönden bakıldığında daha yüksek apartmanlar tarafından kapatılmadığı için görülebilen apartman katlarının sayısını vermektedir.



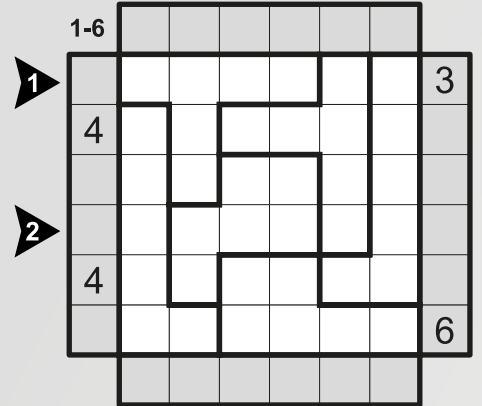
Bölgesel Apartmanlar

Örnek Çözüm



Ödüllü Soru

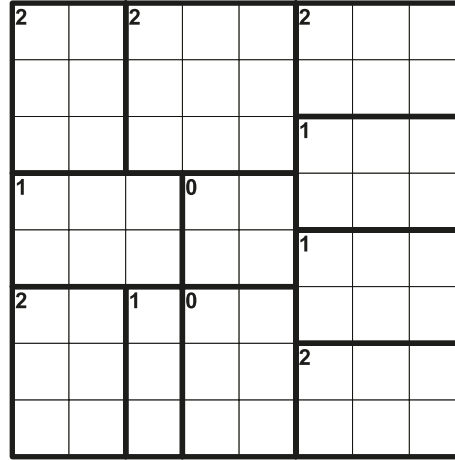
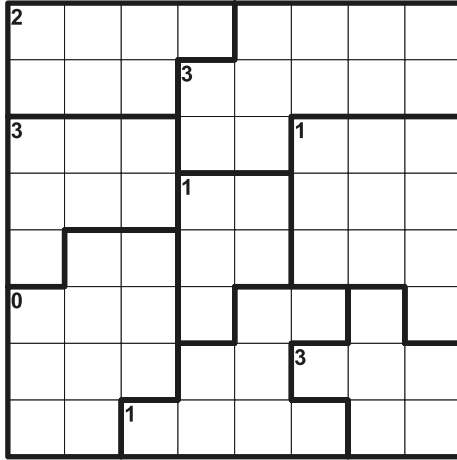
*Bölgesel Apartmanlar sorusunun doğru çözümünü *Bilim ve Teknik* internet sitesi üzerinden gönderenler arasında çekilişle belirlenecek 10 kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları tarafından yayımlanmış *Bizim Gibi Makineler* başlıklı kitap hediye edilecektir. Çekiliş sonuçları, dergimizin internet sitesinden önümüzdeki ay içinde duyurulacaktır. Geçen ayın ödüllü Kapsül sorusunu doğru yanıtlayanlar arasında çekilişle belirlenerek kitap ödülü kazanan okurlarımızın listesi, internet sitemiz üzerinden duyuruldu.



1 ve 2 numaralı okun doğrultusundaki içeriği yazın. Mesela soldaki örnek çözümün ilk satırı 15342 şeklinde yazılmalıdır.

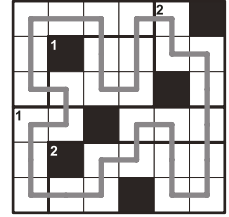


Bölgesel Yajilin: Bazı hücreler karalanacak ve kalan tüm hücrelerden kendisini kesmeyen kapalı tek bir yol geçirilecektir. Diyagramdaki sayılar, bulundukları bölgede kaç hücre karalanacağını göstermektedir. Sayı olmayan bölgelerde istenildiği kadar hücre karalanabilir ancak karalanmış hücreler birbirlerine kenardan komşu olmamalıdır. Sayı olan hücreler karalanabilir veya yolun bir parçası olabilir.



Bölgesel Yajilin

Örnek Çözüm



Toplam Karalama: Tablodaki hücrelerden bazılarını öyle karalayın ki karalanmamış hücrelerdeki rakamlar toplandığında ilgili satırlarda ve sütunlarda verilen toplamlar elde edilebilsin.

	38	17	22	4	27	20	16	16
30	9	3	8	5	3	3	6	4
5	6	3	4	2	4	3	2	5
9	3	7	5	1	1	4	6	5
31	6	8	6	4	2	5	6	7
3	3	1	4	6	1	7	3	2
22	6	1	3	8	9	2	5	4
28	8	2	2	7	6	1	6	6
32	6	3	9	5	7	3	2	2

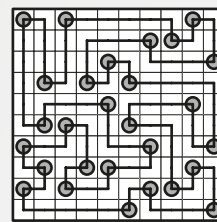
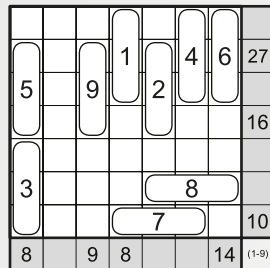
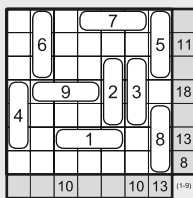
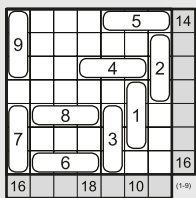
	17	24	13	24	8	4	19	19
11	7	1	1	2	1	2	1	1
17	4	4	1	1	4	3	5	6
33	5	8	1	7	7	1	1	9
13	2	2	4	3	9	7	8	8
13	5	6	2	2	8	4	2	4
6	2	6	8	4	2	8	9	4
22	9	3	8	1	1	8	3	6
13	1	1	1	9	8	8	1	7

Toplam Karalama

Örnek Çözüm

	7	21	23	7	17	25
13	2	6	5	9	6	5
23	3	8	8	4	8	6
19	6	5	8	2	5	7
15	8	7	1	6	6	9
14	2	9	7	1	9	4
16	2	8	8	6	8	4

Geçen Sayının Çözümleri



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

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

Kapsül

Ödüllü Soru:
Kapsül

Köşe Kapmaca

XV Sudoku



Kıvanç Çefle [btsatranc@tubitak.gov.tr]

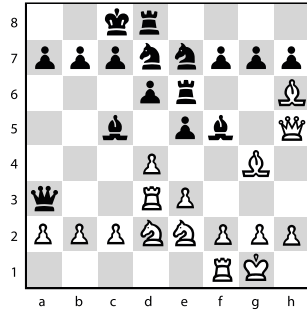
Oyunun Hamleleri Neydi?

Bu yazımızda sizlerle birlikte ilginç bir satranç problemi çözeceğiz. Bu “Beyaz üç hamlede mat eder.” ya da “Beyaz nasıl kazanır?” tarzında bir problem değil. Size bir pozisyon vereceğiz ve bu pozisyona siyahın 12. hamlesinden sonra ulaşıldığı bilgisine dayanarak oyunun hamlelerini bulmanızı isteyeceğiz! Evet, elimizdeki tek bilgi bu! (Diyagram 1)

Diyagram 1

George Jeliss

The Problemist, 2026



Diyagram 1’deki pozisyona siyahın 12. hamlesinden sonra ulaşılmış. Oyunun hamlelerini bulun.

Çözüm:
Pozisyonu incelediğimizde iki tarafın da hiç taş almamış olduğunu görüyoruz. Siyah taşların hamle dizisini şimdilik bir yana bırakırsak beyaz taşlar diyagramdaki konumlarına hangi hamlelerle gelmiş olabilir? Bunları birer birer sayalım:

H6’daki fil: c1-h6
(bir hamle)

H5’teki vezir: d1-h5
(bir hamle)

G4’teki fil: f1-e2 ve e2-g4
(iki hamle)

D4’teki piyon: d2-d4
(bir hamle)

D3’teki kale a1-d1 ve d1-d3 (iki hamle)

E3’teki piyon: e2-e3
(bir hamle)

F1’deki kale ve g1’deki şah: Kısa rok
(bir hamle)

E2’deki at: g1-e2
(bir hamle)



D2'deki at: İşte burası önemli... B1'deki at d2'ye bir hamlede doğrudan gidemez! Çünkü a1'deki kalenin d3'e gelebilmesi için bu hamleyi tek seferde yapamaz, dolambaçlı bir yol izlemelidir.

Mesela b1-c3, c3-e4 ve e4-d2 ya da b1-a3, a3-c4 ve c4-d2. Her durumda at üç hamle yapmak zorundadır.

Şimdi beyazın oynadığı toplam hamle sayısını hesaplayalım: 13 hamle.

Aynı hesaplamayı siyah için de yapabiliriz: Siyah büyük rok yapmıştır (bir hamle), b8'deki at d7'ye oynamıştır (bir hamle), vs... G8'deki at, h8 kalesinin e6 ya gelebilmesi için e7'ye üç hamlede gitmiştir. Burada da toplam hamle sayısı 13'tür. Oysa bize Diyagram 1'deki pozisyona 12. hamleden sonra ulaşıldığı belirtilmişti!

İşte bu durumda hayal gücümüzü kullanmamız ve farklı senaryoları

değerlendirmemiz gerekir. Nasıl olur da beyaz ve siyah verilen pozisyona bir hamle daha erken gidebilir? Tam bir dedektiflik oyunu! "Shortest Proof Game" (en kısa kanıt oyunu) olarak adlandırılan bu tür problemlerde bazen taşlar zannettiğimiz taşlar olmayabilir, âdeta kılık değiştirip ve başka bir taşın kimliğine bürünebilir. Burada da böyle bir durum var. Biz f1'deki kalenin başlangıçta h1'de, d3'tekinin de başlangıçta a1'de duran kale olduğunu varsaydık. Sakın f1 kalesi a1'den, d3 kalesi de h1'den buraya gelmiş olmasın! Aynı durum siyahın kaleleri için de söz konusu olabilir... Bu değerlendirmeden sonra oyunun hamleleri şu şekilde netleşir:

1. d4 e5 2. Fh6 Ve7
3. e3 Va3 4. Vh5 Fc5
5. Fe2 d6 6. Fg4 Ff5
7. Ae2 Ad7 8. 0-0 0-0-0
9. Kd1 Ke8 10. Kd3 Ke6
11. Ad2 Ae7 12. Kf1 Kd8.

Jan Timman'ın (1951-2026) Ardından

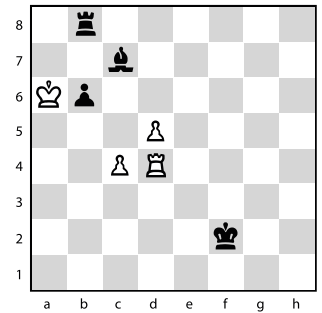
Hollandalı ünlü oyuncu, dünya şampiyonluğu adayı ve etütçü Jan Timman, geçtiğimiz şubat ayında 74 yaşında

yaşamını yitirdi. 1970-1990'lı yıllarda dünyanın en iyi oyuncularını arasında yer alan Timman, o yıllarda "Sovyet olmayan en güçlü oyuncu" olarak kabul ediliyordu. Kurduğu etütlerle de satranç kompozisyonu dünyasında son derece saygın bir yer edinmişti. *Bilim ve Teknik* dergisinin Ekim 2020 sayısında yayımlanan "Bir Satranç Etütçüsü Olarak Jan Timman" başlıklı yazımızda (web sitesindeki e-arşiv sayfasından ulaşabilirsiniz) onun hakkında etraflıca bilgi vermiş ve etütlerinden örnekler sunmuştuk. Şimdi onu bir kez daha güzel bir etüdyle hatırlayalım (Diyagram 2 ve Diyagram 3).



Diyagram 2

Kozlowski-100 Anı
Turnuvası, 2011-2012
Birincilik Ödülü



Beyaz oynar ve kazanır.

Çözüm:

1. d6 Fd8 2. Şa7

2. d7? Şe3 3. Kc4 Ka8+

4. Şb7 Ka4; 2. Kf4? Şe3 3. Kf8 Fc7=

2...Kc8 3. Kf4+ Şe3 4. Kf8 b5 5. Şb7 Fc7! 6. Kf3+!

6. dxc7? Kxf8 7. c8=D Kxc8 8. Şxc8 Şd4 ve beraberlik.

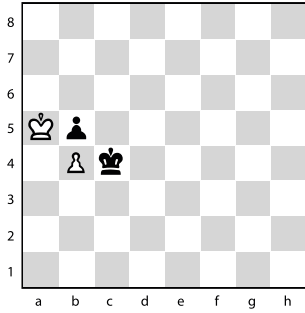
6...Şxf3 7. dxc7 Kf8 8. c8=D Kxc8 9. Şxc8 Şe4 10. Şc7

Beyaz burada 10. Şb7 de oynayabilirdi.

10...Şd5 11. Şb6 Şc4

12. Şa5! ve karşılıklı zugzwang beyaz kazanır (Diyagram 3).

Diyagram 3

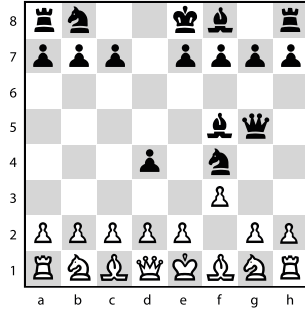


Ayın Soruları

İlk sorumuz, bu yazımızın ilk probleminde olduğu gibi bir "Shortest Proof Game" problemi.

Diyagram 4

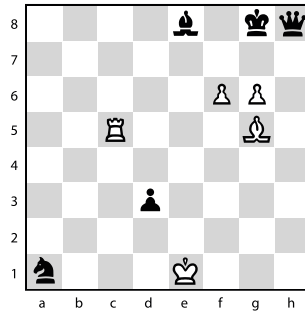
Markus Ott, 1981



Yukarıdaki pozisyon bir oyunda siyahın sekizinci hamlesinden sonra oluşmuş. Oyunun hamlelerini bulun. İkinci sorumuz bir Timman etüdü.

Diyagram 5

Jan Timman, 2011



Beyaz oynar ve berabere kalır.

Geçen Ay Sorulan Problemlerin Çözümleri

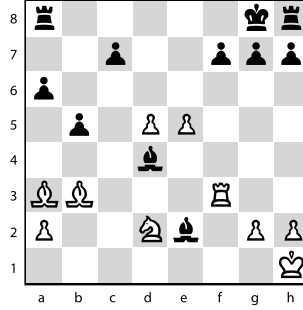
Geçen ay Charousek'in oyunlarından iki pozisyon seçmiş ve sizlerden onun nasıl kazandığını bulmanızı istemiştik. Şimdi bunların çözümünü veriyoruz.

Diyagram 6

R. Charousek-M.

Englander

Kaschau, 1891



Sıra, kalesi tehdit altında olan Charousek'de. Nasıl kazandı?

Çözüm:

Charousek, kale kaybını hiç önemsemiyor:

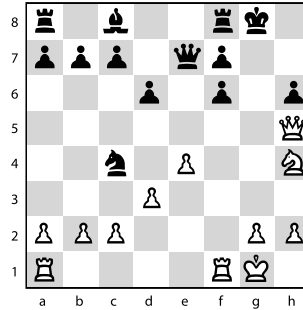
25. d6! Fxf3 26. Axf3 Fe3

27. e6! c5 28. e7 ve siyah terk etti.

Diyagram 7

Charousek-Lehner

Budapeşte, 1897



Siyah son hamlesinde 15...Axc4 oynayarak Charousek'in c4'teki filini almıştı. Charousek nasıl kazandı?

Çözüm:

Burada da Charousek'in materyale önem

vermediğini görüyoruz: 15. Vxh6! Ae5 16. Kf3!! Axf3+

Burada doğru hamle 16...Ag4 idi: 17. Kg3 Ve5 18. Kxg4+ Fxg4 19. Ag6 fxc6 20. Vxg6+ Şh8 21. Vh6+ Şg8 22. Vg6+ ve hamle tekrarıyla beraberlik.

17. gxf3 Ve5 18. f4 Vxb2 19. Kf1 Fh3 20. Şh1 Vd4

20...Fxf1 21. Af5 ve 22. Vg7# önlenemez.

21. Kg1+ Vxg1+

Siyahın vezir fedası kaçınılmaz sonucu yalnızca geciktiriyor.

22. Şxg1 Kfe8 23. f5 d5 24. Af3 dxe4 25. dxe4 Fg4 26. Ag5

Siyah burada terk etti. Beyaz 27. Vh7+ Şf8 28. Vxh7# ile tehdit ediyordu. Eğer 26... fxc5 oynarsa bu kez 27. f6 ve ardında 28. Vg7# var. ■

Prof. Dr. Azer Kerimov
Bilkent Üniversitesi, Matematik Bölümü

Soruyu çözüp doğru cevabı Bilim ve Teknik internet sitesi üzerinden gönderenler arasından çekilişle belirlenecek beş kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları'ndan bir kitap hediye edeceğiz. Cevabınızı göndermek için:



Bu ay:
Güçlü Titreşimler
Müziğin Fiziği



Çözümü ile birlikte gönderilmeyen cevaplar değerlendirmeye alınmayacaktır.

Doğru çözüm ve çekiliş sonuçları dergimizin internet sitesinden önümüzdeki ay içinde duyurulacaktır.



bilimteknik.tubitak.gov.tr



Cücelerin, Keloğlan'ın Konuk Evini Ziyaret Etmesi

Keloğlan cücelerin yaşadığı bir çiftliği ziyaret eder. Bu çiftlikte yaşayan N cüceden her birinin sadece kendisinin oturduğu bir evi vardır. Cüceler Keloğlan'a da özel bir konuk evi tahsis eder. Keloğlan cücelerin ne kadar zeki olduklarını ölçmek için onlarla bir oyun oynamak istediğini söyler. Bunun için Keloğlan ilk önce cüceleri çiftliğin avlusuna toplayıp oyunun kurallarını anlatır. Kurallara göre oyun zifiri karanlık bir gecede oynanıyor. Oyun boyunca her cüce kendi oturduğu evde kalıyor ve Keloğlan'ın izni olmadan dışarı çıkamıyor. Keloğlan her defasında istediği bir cücenin evine uğrayıp onu kendisine tahsis edilen konuk evine götürüyor ve bir süre misafir ettikten sonra o cüceyi kendi evine bırakıyor. Herhangi iki cüce aynı anda Keloğlan'a misafir olamıyor. Oyun, gece saatlerinde oynandığı için cüceler Keloğlan'ın konuk evine giren cüceyi göremiyor.

Kurallara göre oyun süresince her cüce Keloğlan'ın konuk evine tekrar tekrar götürülüyor. Bir başka deyişle cücelerden her biri oyunun herhangi bir anından itibaren yeterince beklerse ve oyun sonlandırılmazsa kesinlikle Keloğlan tarafından konuk evine davet ediliyor. Keloğlan bir cüceyi bir diğerinden daha sık konuk evine götürebiliyor. Oyunun ne zaman sonlanacağına cüceler karar veriyor. Buna göre cücelerden biri oyunu durdurmadığı sürece her cüce sınırsız kez Keloğlan'ın konuk evine davet edilecektir.

Yine kurallara göre oyun boyunca cücelerin yapabilecekleri tek bir işlem vardır:

Keloğlanın konuk evindeki masanın üzerinde bir mum bulunuyor ve cüceler oyun başlarken bu mumun yanmadığını biliyor. Keloğlan'ın evine giren her cüce her girişinde masa üzerindeki mumun yanıp yanmadığını görüyor. Cüce isterse muma hiç dokunmadan konuk evinden ayrılıyor, isterse yanan mumu söndürebiliyor veya yanmayan mumu yakabiliyor. Aynı cüce farklı zamanlarda farklı kararlar alabiliyor. Örnek olarak bir cüce ilk misafirliğinde yanan mumu söndürüp ikinci ve üçüncü misafirliklerinde muma dokunmayabilir ve dördüncü misafirliğinde yanmayan mumu yakabilir. Oyun kurallarına göre cücelerin oyunu kazanmaları için oyun başladıktan bir süre sonra cücelerden birinin oyunu durdurup oyun boyunca N cüceden her birinin en az bir kez Keloğlan'ın konuk evinde bulunduğunu Keloğlan'a ilan etmesi gerekiyor.

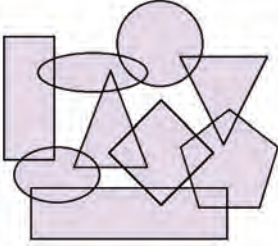
Keloğlan oyunun kurallarını cücelere açıkladıktan sonra cüceler oyunu oynama stratejilerini kendi aralarında tartışabilir. Fakat kurallara göre oyun başladıktan sonra aralarında herhangi bir temas olamaz.

N>1 sayısının hangi değerlerinde cüceler oyun başlamadan oluşturdukları stratejiyi uygulayarak ve oyuna istedikleri süre devam ederek oyunu kazanmayı garantileyebilir? Cücelerin oyunu kazanması için Keloğlan cüceleri hangi sırayla davet ederse etsin oyun başladıktan bir süre sonra cücelerden birinin oyunu durdurarak her cücenin konuk evinde en az bir kez bulunduğunu beyan etmesi ve bu beyanın doğru olması gerekiyor. N>1 sayılarından her biri için cücelerin kazanma stratejileri varsa bu stratejiyi açıklayın veya neden bir kazanma stratejisinin bulunmadığını kanıtlayın. ■

Zekâ Oyunları

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

KESİŞEN ŞEKİLLER



Dokuz farklı şekilden her birine 1'den 9'a kadar numara verilmiş ve daha sonra bu numaralar silinmiştir.

Şekillerden bazıları birbirleriyle kesişmektedir. Her şeklin hangi numaralı şekillerle kesştiği aşağıda verilmiştir:

- 1-2, 4, 9
- 2-1, 3
- 3-2, 7, 9
- 4-1, 5, 8
- 5-4, 6, 8
- 6-5, 7
- 7-3, 6
- 8-4, 5, 9
- 9-1, 3, 8

Örneğin "1-2, 4, 9", 1 numaralı şeklin 2, 4 ve 9 numaralı şekillerle kesştiğini göstermektedir.

Bu bilgilere göre her şeklin numarasını bulunuz.

OKUMA SÜRESİ

Öğleden sonra kitap okumaya başlarken duvar saatine bakıyorsunuz. Akrep tam olarak dakikayı belirten bir çizgi üzerinde, yelkovan ise akrepten 8 dakika

ileridedir. Okumanız bittiğinde tekrar saate bakıyorsunuz. Bu sefer akrep farklı bir dakika çizgisinde, yelkovan ise akrepten 8 dakika geridedir.

Buna göre okumanız ne kadar sürmüştür?

SAYI TURU

3	7	4	18	17	17	10	1
10	13	11	5	14	13	14	17
14	6	12	12	9	20	1	2
6	16	5	11	15	16	14	4
6	2	20	18	13	16	12	9
19	3	3	7	7	15	19	20
1	18	15	9	4	8	11	8
19	8	13	2	10	12	2	9

Her sayıyı en fazla bir kez kullanmak koşulu ile bir sayı turu yapacaksınız. Dilediğiniz bir kareden başlayarak yatay veya dikeyde komşu bir kareye hareket edecek ve turu başladığınız karede bitireceksiniz.

Tur boyunca geçtiğiniz sayıların toplamı en fazla kaç olabilir?

MANTIK YARIŞMASI

Bir mantık yarışmasında dört yarışmacının şapkalarında 1 ya da 2 yazmaktadır.

Şapkasında 2 yazanların söyledikleri her zaman doğru, şapkasında 1 yazanların ise her zaman yanlıştır.

Yarışmacılar sırayla şu açıklamaları yapıyor:

A: "B ile benim şapkamdaki sayı aynıdır."

B: "C ile benim şapkamdaki sayı aynıdır."

C: "Şapkasında 1 yazan tam iki kişi var."

D: "Dördümüzün şapkalarındaki

sayıların toplamı 5."

Buna göre A, B, C ve D'nin şapkalarındaki sayıları bulunuz.

KÜPLERİN TOPLAMI

9, bir kare sayıdır ve iki farklı pozitif küp sayının toplamıdır ($9=1^3+2^3$). 9'dan sonra gelen aynı özelliğe sahip ilk sayı kaçtır?

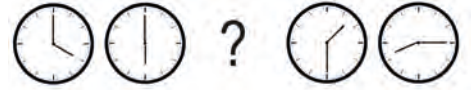
CEVİZ OYUNU

İki arkadaş, masada bulunan 100 ceviz ile bir oyun oynuyor. Sırası gelen oyuncu masadan 1, 3 ya da 4 ceviz alabiliyor. Son cevizi alan kişi oyunu kazanıyor. İki oyuncunun da hatasız oynadığı kabul edilirse:

- Oyunu ilk başlayan mı yoksa ikinci başlayan mı kazanır?
- Kazanan oyuncu nasıl oynamalıdır?

SORU İŞARETİ

Soru işaretinin yerine aşağıdakilerden hangisi gelmelidir?



E-POSTA HAVUZU

Bir çağrı merkezinin e-posta havuzunda başlangıçta belli sayıda bekleyen mesaj vardır ve merkeze her gün sabit sayıda yeni e-posta gelmektedir.

70 görevli bu havuzdaki tüm e-postaları 24 günde, 60 görevli ise 30 günde cevaplandırabiliyor.

Aynı koşullarda bu e-posta havuzunun 75 günde tamamlanması için kaç görevli gerekir?

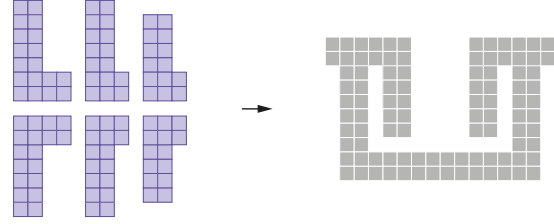
DÖRT KESİRLİ SAYI

Aşağıdaki kesirli sayılara dilediğiniz dört işlem işaretleri ve parantezler ekleyerek bir tam sayı elde ediniz.

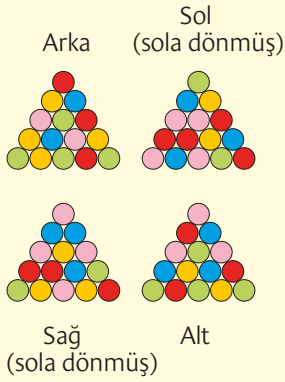
$$\frac{1}{2} \quad \frac{1}{3} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{1}{5}$$

ALTI "L"

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

**GEÇEN SAYININ ÇÖZÜMLERİ****DÜZGÜN DÖRT YÜZLÜ**

Yeşil renktedir.

**TARAFTAR**

"Takımım ilk golü atamazsa maçı kaybeder." ifadesi yanlıştır.

SORU İŞARETİ

76 gelmelidir.
Her tam sayı boyutundaki artı işaretlerinin sayısı
 $9+1+1=11$
 $16+4+4=24$
 $25+9+9+1+1=45$
 $36+16+16+4+4=76$

SAYI TUTMA

$\frac{1}{2}$
Ahmet ve Mehmet'in ilk ikişer sayıları karşılaştırıldığında Ahmet'in önde olma olasılığı ile Mehmet'in önde olma olasılığı eşittir. İlk ikişer sayıda beraberlik olasılığı $\frac{3}{8}$ olduğu için her birinin önde olma olasılığı $(1-\frac{3}{8})/2=\frac{5}{16}$ 'dir.

Eğer ilk ikişer sayıda Ahmet önde ise zaten kazanır. Beraberlik varsa sonuç Ahmet'in üçüncü sayısına kalır ve üçüncü sayının çift gelme olasılığı $\frac{1}{2}$ olduğundan bu durum için $\frac{3}{8} \cdot \frac{1}{2} = \frac{3}{16}$ hesaba katılır. Mehmet ilk ikişer sayıda önde ise Ahmet üçüncü sayıyla öne geçemez.

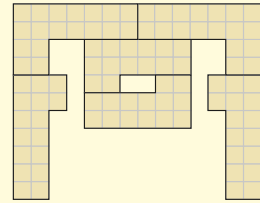
Böylece toplam olasılık $\frac{5}{16} + \frac{3}{16} = \frac{1}{2}$ olur.

ÜÇ TAM SAYI

192, 384, 576

SAAT RAKAMLARI

87 kez gerçekleşir.

ALTI "L"**BASAMAKLAR**

Merdiven 17 basamaklıdır, basamaklar arası uzaklık 50 cm'dir.

EŞİTLİK

$$623+97=15 \times 48$$

Yayın Dünyası

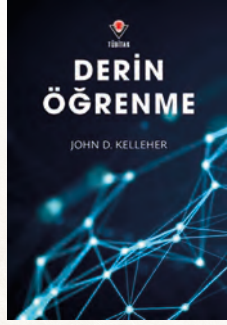
Dr. Özlem Kılıç Ekici [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Derin Öğrenme

Hohn D. Kelleher
Çeviri: Bilge Tanrıseven

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları
Yetişkin Kitaplığı, 2026 (1. Basım)

Bu kitap, günümüzde yapay zekâ alanında yaygın olarak kullanılan derin öğrenme yaklaşımının ne olduğunu, nasıl ortaya çıktığını ve nasıl çalıştığını herkesin anlayabileceği bir dille anlatırken temel algoritmaları örnekler ve sade açıklamalarla ele alıyor. Ayrıca basit hesaplamalardan oluşan modellerin nasıl güçlü sistemlere dönüştüğünü gösteriyor. Hem konuya ilgi duyanlar hem de profesyoneller için hazırlanan bu kitap, makine öğrenme yaklaşımının alt dalı olan derin öğrenme dünyasına kolay ve anlaşılır bir başlangıç yapma imkânı sunuyor.



Çizgi Bilim Nikola Tesla

Tuba Sarıgül,
Kübra Bal Çetinkaya,
Mehmet Sığırıcı,
Gökçe Akgül
Resimleyen: Gökçe Akgül

TÜBİTAK Popüler Bilim
Kitapları
Çocuk ve Gençlik Kitaplığı, 2026 (1. Basım)



Çizgi Bilim serisinin yeni kitabı, elektrik çağının mimarlarından Nikola Tesla'yı okurlarla buluşturuyor. Hayallerini gerçekleştirmek için hayatını bilime adayan Nikola Tesla ile keşif dolu bir yolculuğa hazır mısınız?



Nesiller büyüten *Bilim ve Teknik* ile
keşfetmenin sonu yok!



**Bilim
ve
Teknik**
Podcast



Bilim ve teknoloji dünyasındaki güncel gelişmeleri ve önemli konuları alanında uzman kişilerle yaptığımız bilim sohbetlerinde ele alıyoruz. İki haftada bir, yeni bir konu ve konukla sizlerle buluşuyoruz.

Spotify, Apple Podcast, SoundCloud ve
YouTube kanallarından dinleyebilirsiniz.

