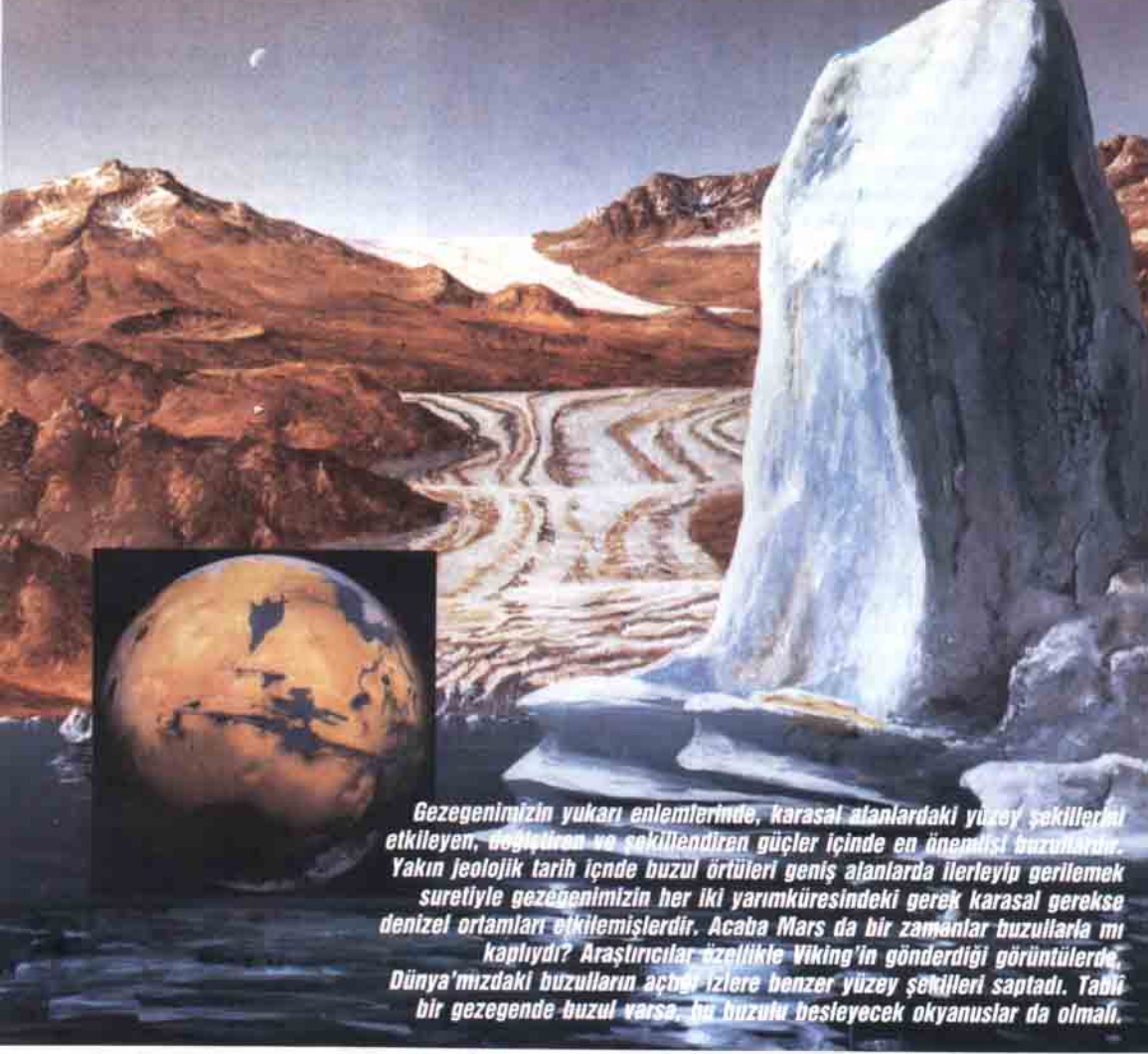


# MARS'IN BUZUL DEVİRLERİ



*Gezegeneimizin yukarı enlemlerinde, karasal alanlardaki yüzey şekillerini etkileyen, doğuştan ve şekillendiren güçler içinde en önemlisi buzulardır. Yakın jeolojik tarih içinde buzul örtüleri geniş alanlarda ilerleyip gerilemek suretiyle gezegeneimizin her iki yarımküresindeki gerek karasal gerekse denizel ortamları etkilemişlerdir. Acaba Mars da bir zamanlar buzullarla mı kaplıydı? Araştırmacılar özellikle Viking'in gönderdiği görüntülerde, Dünya'mızdaki buzulların açtığı izlere benzer yüzey şekilleri saptadı. Tabii bir gezegende buzul varsa, bu buzulu besleyecek okyanuslar da olmalı.*

Sonsuz bir kuraklık, tüm gezegen yüzeyini egemenliği altına alan dondurucudan öte soğuk hava ve hayatın girmediği, giremeyeceği, hemen her yerde benzer görünüme sahip ortamlar... İşte insanlığın yüzlerce, hatta binlerce yıldır üzerine destanlar, masallar anlattığı, kimi uygarlıklarca Tanrı gibi itibar gören Mars'ın, 1976 yılında Viking uydusunun gezegen yüzeyinden ilk gönderdiği resimlerde ortaya çıkan gerçek çehresi.

**Jeffrey S.KARGEL - Robert G.STROM**

**B**ugünkü görünümüyle Mars, Dünya'ya hiç benzemiyor. Ama ya geçmişte? Araştırmacılar, Viking'in Mars yörüngesindeyken çekerek Dünya'ya gönderdiği çeşitli görüntülerde buzulların açmış olabileceği yorumu getirilen çeşitli izler saptadı. Gezegen coğrafyası boyunca hareketlenmiş olduğu dü-

şünülebilecek bu olası büyük buzul yayılımları, ortadan kalktıktan sonra izlerini gezegen yüzeyine adeta işlercesine bırakmıştı. Görüntülerle saptanan izler o kadar kesindi ki, bunlar rahatlıkla Pleistosen Buzul Devri'nde, gezegeneimizdeki buzulların bıraktığı izlerle karşılaştırılabilirdi.

## Günümüzde Mars Nasıl?

Mars buzulları hakkında bilgi vermeden önce, Mars yüzeyinin günümüzde nasıl şekillendiğini bilmek gerekir. Atmosfer oldukça soğuk ve incedir. Atmosfer basıncı Dünyamızın 1/100'ü kadardır ve atmosferdeki gazların %95'ini CO<sub>2</sub> oluşturur. Mars'ın kutuplarında da buzdan oluşmuş bir örtü mevcuttur. Yüksek enlemlerde mevsimsel kar ve bulut örtüleri bulunmaktadır. Mars'taki kar ve buz örtüsü her iki yarım küresinin kış mevsiminde, 45 derece enlemlerine kadar inerken, kar ve buzun ortalama kalınlığı 1,5 metreye kadar varabilmektedir. Kar örtüsünün terkiibini de CO<sub>2</sub> oluşturur. Kar, pek çok yerde yaz mevsiminin başlamasıyla ortadan kalkar.

Mars kutuplarındaki kalıcı buzun kalınlığı binlerce metreye varır. Ancak kapladığı alan Grönland ve Antarktika ile karşılaştırıldığında, oldukça küçük kalmaktadır. Kutuplarda bulunan ve saf buzdan oluşan buz yayımlarının çevresini, buz-toz karışımından oluştuğu düşünülen ve yüzeydeki materyale bir tür geçiş ortamı oluşturan sert ve donuk örtüler sarar. Mars'ın kuzey kutup buzunu Dünyamızda olduğu gibi su buzundan oluşmuşken, güney kutup buzunun bir bölümünü donmuş karbondioksit oluşturmaktadır.

### Buzul ve Buzullaşmanın Yaşı

Mars'ta bir zamanlar etkin olmuş buzulların yüzeyde oluşturduğu şekillere geçmeden önce, buzullaşma olayının ne zaman başladığını anlamak için Mars'ın jeolojik yapısını ve tarihini bilmek gerekir. Mars'ın jeolojik tarihi 3 zamana ayrılmaktadır. Zamanlar içinde en eskisi, yaklaşık 3,5 milyar yıl öncesinde biten Noachian'dır. Bu zaman boyunca Güneş Sistemi içindeki yoğun gök taşı bombardmanı devam ederken, gezegenin büyük kıtasal çehrelerinden bazıları şekillenmiştir. Hesperian diye adlandırılan orta zaman, günümüzden 3,5 milyar yıl ile 2,7 milyar yıl arası zaman diliminde sürmüştür. Bu dönemde oluşan büyük kanallar ve yarıklar boyunca, yüzeye çıkan büyük miktarda lav gezegen yüzeyinde akmıştır. En genç zaman olan Amazonian 2,7 milyar yıl önce başlar. Amazonian zamanı boyunca Tharsis bölgesinde büyük volkanik faaliyetler geli-



*Küçük Buzul Devri'nde açıldığı sanılan buzul akıntı kanalı. Yüzlerce metre derinlikteki bu kanalda, bir zamanlar Mars'taki Hellas Dağları'ndan kaynak alan buzul akıyordu..*

şirken, büyük olasılıkla suların açmış olduğu kanallar boyunca günümüz Mars yüzeyi oluşumu başlamıştır.

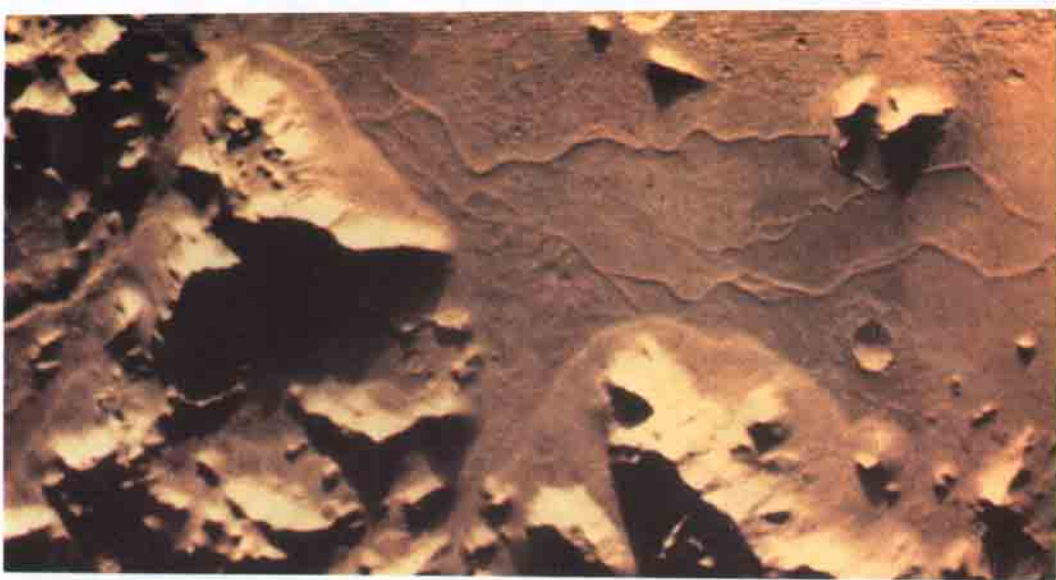
Bilim adamları, çeşitli yüzey şekillerinin yaşlandırılması için gök taşlarının yüzeyde açtığı kraterleri incelemektedirler. Bu nedenle buzullaşma olayını daha sağlıklı biçimde tarihleyebilmek için, oluşumları buzullaşma sonrasına karşılık geldiği belirlenen bazı kraterler ölçüt alınmıştır. Yöntemle ilgili olarak en iyi sonuçları, çapları 1 km'den dar kraterler vermektedir. Küçük kraterler, buzullar tarafından daha kolay tahrip edilebildiklerinden, belli bir alanda şekillenmiş ve bozulmamış; belli sayıdaki küçük kraterler topluluğu yaşlandırmada kullanılabilecek en uygun kanıtlar oluşturmaktadır.

Araştırmacılar kraterleri dikkate alarak Mars yüzeyinde buzul faaliyetinin etkin olduğu belli başlı iki buzul dönemi saptamıştır. En genç olanı, Mars tarihine oranla nispeten genç sayılabilecek Küçük Buz Devri'dir. Daha geniş ve uzun süreli buzullaşma olayının geliştiği devir ise, daha eskidir. Karşılaştırma yöntemi ile buzulların eski ya da yeni oldukları anlaşılabilir. Ancak bu yöntem buzul oluşumları hakkında kesin ve güvenilir bir yaşlandırma sağlayamaz. Büyük Buzul Devri'nin, Güneş Sistemi'nden kaynaklanan yoğun gök taşı bombardmanının bittiği 3,5 milyar yıl öncesinde başladığı ve buradan hareketle aynı devrin gene çok kabaca günümüzden 2 milyar yıl ile 300 milyon yıl arası bir zaman öncesinde gelişim ve etkinlik gösterdiği söylenebilir. Küçük Buzul Devri ise, 300 milyon yıl öncesi ile günümüz arası bir zaman dilimi içinde oluşmuş olmalıdır. Aynı zamanda günümüz Mars iklimini karakterize eder.

### Buzul Aşındırma İzleri

Makalenin ilk fotoğrafında, yaklaşık 1500 metre yüksekliğindeki bir dağın, yakındaki ovalara doğru buzul benzeri bir akıntının izleri görülmektedir. Araştırmacılar bu kanal içinde neyin akmış olabileceği konusunda bir karara varmamışlarsa da bunun toz ve kırıntılı malzemeyle karışık bir buzul akıntısı olduğunu düşünmektedirler. Henüz nedeni bilinmeyen diğer bir olay, Mars'taki bu kanallarda, daha milyonlarca yıl aynı aşındırma devam ettirebilecek miktar-





*Buzul aşındırması, buzul depoları ve eskerlerin bulunduğu bu görüntü, gezegenin Argyre Havzası'na aittir. Çevredeki dağların ve tepelerin zirvelerini aşındıran buzullar aldıkları materyalleri havzanın aşağı kısımlarında Eskerleri oluşturacak şekilde depolamıştır.*

da buz olup olmadığıdır. Kanal içinde krater bulunmaması, bunun Küçük Buz Devrinde oluştuğunu, yani nispeten genç olduğu olasılığını kuvvetlendirmektedir.

## Büyük Buzullaşma

Dünya'da olduğu gibi Mars'ta da buzulların neden olduğu ve şekillendirdiği çeşitli yüzey şekilleri görülmektedir. 2. ve 3. fotoğraflar bu yüzey şekillerini göstermektedir. Argyre Havzası, 1200 km genişliğindedir ve güneyinden, havzayı çevreleyen keskin zirveli dağlarla sınırlanır. Bu dağlar, Ay'daki Orientale Havzası'nda bulunan Rook dağları ile eşit büyüklüktedir. Ancak dağların tepesinde, Ay'daki benzerinin aksine buzulların neden olduğu çeşitli aşı-

nım yüzeyi şekilleri bulunur. Tip olarak Alpin buzullaşmasını hatırlatırlar. Dağların zirve ve yüksek yerlerinden kaynak alan bu buzullar bir zamanlar Argyre'nin alçalıklarda kalan arazisine kadar akmış ve dağlardan koparıldıkları malzemeyi havzanın aşağıdaki düzlüklerine kadar taşıyarak yığmıştır.

Argyre havzasının tabanında saptanan yüzey şekillerinin gelişim karakterinden anlaşıldığı kadarıyla, eridikleri belli olan buzul yayılımının, erime ve gerileme süreci oldukça hızlı gelişmiştir. Pek çok değişik yüzey şekli arasında en göze çarpanlardan biri de dolambaçlı ve örgülenmeli uzanımlarıyla Eskerlerdir. Mars'ta saptanan Eskerler Dünya'dakilere oldukça benzemektedir. Fotoğraflarda görülen diğer bir yüzey şekli de buzulların gerilemesiyle Eskerler



*Argyre Havzası Eskerlerinin, daha yakından görünüşü. Eskerler, buzulun alt ve tabana değen kısımlarındaki çatlaklarından akan suyun, tabanda uyguladığı yüzeyle, zamanla taşıdığı kumlu-çakıllı malzemeyi yığarak oluşturduğu sırtlardır. Eskerler, Dünya'mızda buzul topografyasının hakimi olduğu yerlerde sıkça görülür (solda).*

*Mars'ın kuzey yarımküresindeki ovalardan alınan bu görüntüdeki başparmak izi benzeri yüzey şekilleri, ashında buzulların gerilerken bıraktıkları izlerdir (sağda).*





*Görüntüde yer alan tünel kanalları, buzulların aktıkları tabana temas ettikleri yerdeki çatlaklar arasında akan suyun tabandaki malzemeyi uygulamasıyla oluşur. Bu kanalların içine zamanla dolacak kumlu ve çakıllı malzemeler, Eskerleri oluşturacaktır.*



arasında oluşmuş ve ince taneli tortullarını havzasının üstüne bırakmış olan eski göl izleridir. Bunların benzeri olarak Mars yüzeyine serpilmiş pek çok buzul izi göstermektedir ki, Büyük Buzul Devri boyunca buzullar, Mars'ın her iki yarım küresinde, orta ve yukarı enlemlerde etkin olmuştur.

3. ve 4. fotoğraflarda görülen ve buzul etkisiyle oluşan diğer önemli bir yüzey şekli de oldukça dolambaçlı görünümüne kanallardır. Bu kanallar buzulların altında eriyen suların yol açtığı sellenmelerle oluşan erozyonun şekillendirdiği Dünya'mızdaki tünel-kanal yapısına benzemektedir. Buzulun altında eriyen su, bu buzulun oturduğu zemini aşındırmış; zamanla giderek daha karmaşık bir buzul altı aşınım kanalı sistemi gelişirken, bu sefer akan suyun akış hızı değişimine bağlı olarak taşıdığı tortullar kanal içinde birikmiş ve Eskerleri oluşturmuştur.

Karmaşık kanal sistemleri halinde karşımıza çıkan diğer farklı bir yüzey şekli de başparmak izi tipi kanallardır. Dünya buzullarında, De Geer adlı araştırmacının bu şekilde tanımladığı yüzey şekilleri, aslında buzulların gerileme sonucu uçlarına bıraktıkları moren setleridir.

Başparmak izi benzeri bu şekillerin nasıl oluştuğu tam olarak bilinmemekle birlikte, sorunla ilgili şöyle bir yorum getirilmiştir. Buzul örtüsünün en son uzandığı yerden itibaren buzul gerilemeye başlamış; bu gerileme ağır ve kontrollü biçimde, çeşitli duraklamalarla birlikte devam etmiştir. Her bir duraklama ve sonrasındaki gerileme, yeni bir başparmak tipi aşınım ve dolgu kanalı şekillerini açığa çıkarmıştır. Araştırmacılarca ortaya atılan diğer bir görüşe göre, buzul tarafından buzulun altındaki tortullar, krevaslar oluşturacak kadar sıkıştırılmış ve bu basınç altında aşınım ve dolgu şekilleri, daha çok sıkıştırılan tortulun baskısıyla oluşmuştur.

## **Bir Zamanlar Mars'ta Çok Kar Yağırıyordu**

Büyük Buzul Devri boyunca buzulların defalarca gerileyip ilerleyebilmesi için, Mars atmosferinin

uzun zaman önce bugünkü fiziksel ve kimyasal şartlarından çok daha değişik şartlara sahip olması gerekir. Buzulların daha da büyüyerek ilerlemesi, kaynak alanlarının devamlı olarak karla beslenmesine bağlıdır. Tabii buzulun beslenebilmesi için kış mevsiminde yağın kar miktarının, yaz mevsiminde eriyerek gidecek kar miktarından daha fazla olması gerekir. Belki de Mars buzullarını besleyen kar yağışı miktarı, günümüzde Antarktika'nın buzla kaplı olmayan bölgelerine düşen kar yağışından da azdı. Hatta kuru vadilerindeki sıcaklık Antarktika'daki benzer yerlerin sıcaklığından da düşüktü. Ancak bir buz örtüsünün eriyebilmesi için ılıman iklim koşullarının gelişmiş olması gerekir. Bu sayede birikme miktarının üstünde kar erir ve buzulların gerilemesine yol açar.

Buzulların varlığı Mars'ta bir zamanlar büyük su rezervlerinin bulunduğu ve suyun atmosferde etkin bir su döngüsü sistemiyi hareketlendiği görüşünü kuvvetlendirmektedir. Buzullara kaynak sağlayan sular belki de kuzey yarımküredeki geniş ovaların üzerinde bir zamanlar geniş su kütleleri oluşturur şekilde yayılıyordu. Okyanus olarak adlandırılabilen bu su yayılımları, Mars'ta bugün de görülen kanalları aşan akarsularla besleniyordu. Kanalların yaşı Üst Hesperian-Orta Amazonian arası bir döneme karşılık gelir ki, bu zaman dilimi hemen hemen Büyük Buzul Devri'nin etkin olduğu ve devam ettiği zamanı kapsar. Kuzeydeki büyük deniz ve göllerden buharlaşarak atmosfere çıkan su, karalara kar halinde yağmış ve buzulları beslemiş olmalıdır.

## **Canlı Var mı?**

Buzul örtülerinin ve geniş su kütlelerinin varlığı ile ilgili olarak elde edilen kanıtlar, Mars'ta hayatın bir zamanlar belli bir süre için de olsa barınabilme olasılığını artırmaktadır. Yaşamın varolabilmesi için gerekli en temel unsurlardan bir tanesi de sıvı haldeki suyun mevcudiyetidir. Dünya'daki su döngülerini örnek alan bilim adamları, Mars'ta çok zaman önce, yaklaşık 1 milyar yıllık bir süreç için Hindistan yazı benzeri ılık ve nemli bir dönem geliştiğini tahmin etmektedirler. Bu devrin hangi zaman için-



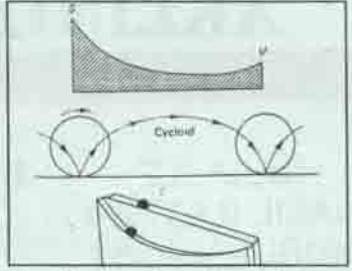
# DÜŞÜNME KUTUSU'NUN CEVAPLARI

(Geçen sayıda yayınlanan soruların cevapları)

**10 AYAKKABI PROBLEMİ:** a) Hırsızların adları A,B,C,D,E,F,G,H,I,K ve ayakkabılarının numaraları şöyle olsun. A-36, B-37, C-38, D-39, E-40, F-41, G-42, H-43, I-44 ve K-45. En kötü olasılıkla şu durum doğabilir: B-36, C-37, D-38, E-39, F-40, G-41, H-42, I-43, K-44. Geriye A ve 45 No ayakkabı kalmıştır. A, 45 No ayakkabıyı giyer. Demek ki en kötü olasılıkla 9 hırsız ayağı çıplak, 1 hırsız ayağı ayakkabılı olarak kaçar. Hepsinin ayağı çıplak kaçması olasılığı yoktur (10 ayakkabının herbirinin farklı numaradan olması koşuluyla 36, 37, 38,... gibi sıralı oluşunun önemi yoktur, bu sırayı karıştırırsanız da sonunda en az bir hırsız kendi ayağından büyük bir ayakkabı kalır, deneyebilirsiniz). b) Şans eseri her hırsız kendi ayakkabısını giymiş olabilir. Bu durumda yanlış ayakkabı giyme şansı  $1/e = 0.36$  ve doğru ayakkabı giyme şansı  $1 - 0.36 = 0.64$ 'dür (Bu olasılığın nedenini Profesörlerin Şapkası probleminde vermiştik), demek ki rastgele giye de her hırsız  $p = 0.66$  olasılıkla kendi ayakkabısını giyer. c) Eğer 10 hırsızın da ayakkabı numaraları aynı ise (örneğin hepsinin 36 No veya hepsinin 44 No vb), her hırsız ayakkabılı olarak kaçar, çünkü giydiği ayakkabı kendi ayakkabısı olmasa da ayağına uygundur (hırsızlar akıllı iseler, ayakları aynı büyüklükte 10 kişiden bir takım oluştururlar). d) Şöyle bir durum doğabilir: A-37, B-38, C-39, D-40, E-41, F-42, G-43, H-44, I-45. Bu durumda K ve 36 No ayakkabı açıkta kalır, ayağı 45 No olan K, 36 No ayakkabıyı giyemez. Demek ki en çok 9 kişi kendi ayağından büyük bir ayakkabı giymiş olabilir. (Birçok kişi bu sorunun yanıtını 5 sanmaktadır: A-41, B-42, C-43, D-44 ve E-45 şeklinde ayakkabı giyer, F, G, H, I ve K'ya 36, 37, 38, 39 ve 40 No'lular kalır, onlar bunları giyemez. Fakat bu varolan olasılıklardan yalnızca birisidir ve "en fazla" koşuluna uymamaktadır). e) a'da kanıtladığımız gibi en çok 9 kişi ayakları çıplak kaçmış olabilir (bunun pratik önemine dikkatimizi çekelim: Detektifler ayağı çıplak 10 kişi yakalasa iki olasılık vardır: Ya 10. kişi, kaçıktan sonra ayakkabısını atmıştır, ya da 10. kişinin yerini ayağı çıplak yeni bir kişi almıştır).

**KIZAK YOLU:** Yol sikloid biçiminde olmalıdır. Sikloid eğrisinin tanımı: Bir çember bir doğru çizgi üzerinde yuvarlanırken, çember üzerindeki bir noktanın geometrik yerine sikloid denir. Sikloid'in denklemi:  $r =$  dairenin yarıçapı,  $\alpha =$  dairenin döndüğü açı ise, daire üzerindeki bir M noktasının koordinatları  $X = (r \sin \alpha)$

ve  $y = r(1 - \cos \alpha)$  olur. Sikloid yol sonuna doğru yokuş yukarı bile olacaktır. Bir bilyayı kontrolaktan yapılmış bir sikloid ve sonra bir çetvel üzerinde yuvarlayarak bilyanın sikloid üzerinde daha hızlı yuvarlandığını görebilirsiniz.



**MİKNATISLI İĞNE:** İğneyi kırarak ikiye bölersiniz. İğne mıknatıslı ise 2 parça birbirini çeker.

**DEMİR TOP VE ARŞİMET:** Topun hacmi  $100 \text{ cm}^3$  ise dışarı  $100 \text{ cm}^3$  su taşar ve kovanın el kantarındaki ağırlığı 100 gr azalır. Kantar suya daldırılmış demir topu tartmaz.

**AY VE SAAT:** Sarkacın periyodu  $T = 2\pi \sqrt{L/g}$  dir. ( $L =$  sarkaç uzunluğu,  $g =$  gravitasyon sabiti). Ay da  $g$  küçüceğinden  $T$  uzar. Periyodu uzayan sarkaç yavaşlar, saat geri kalır.

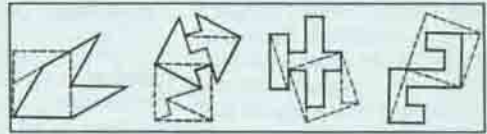
**HACİYATMAZ:** Hacıyatmazın ağırlık merkezi, kürenin masaya teğet olduğu noktadır. Bu durumda haciyatmazı devirmek olası değildir, çünkü yapılacak her hareket, ağırlık merkezini masa yüzeyinden uzaklaştırır ve yerçekiminin ağırlık merkezini eski pozisyonuna getirmesine neden olur.

**MARŞANDİZ:** Yol = hız x zaman formülünden:  $(60 + x) = \frac{45000}{3600} \cdot 16$  ve buradan  $x = 140 \text{ m}$ . Hesabı

yalnız garın uzunluğuyla yapmak yanlıştır, trenin garı geçerken aldığı yol = garın uzunluğu + trenin uzunluğudur. Burada trenin uzunluğuna  $x$  dedik.

**GÖL, ADA VE AĞAÇLAR:** İpi göl kıyısındaki ağaca bağlar, sonra ipin bir ucunu tutarak gölün etrafında yürür ve ipin öteki ucunu da ağaca bağlarız. İki ağaç arası 150 m. olduğundan ip çift katlı olarak iki ağaç arasına gerilmiştir. İpe tutunarak adaya gidirsiniz.

## KARELEŞTİRME



de oluştuga henüz kesin olarak bilinmemektedir. Biyokimyacılar göre kompleks organik moleküllerden ilk canlılık oluşmasına kadar sürecek safhanın gelişimi için yaklaşık 2 ille 5 milyon yıllık, belki de biraz daha az bir süre geçmesi gerekir. Eğer canlılar oldukça kısa süre için bile olsa oluşmuşsa, sonradan gezegeni kaplayacak elverişsiz koşullar bunları hızla ortadan kaldırmış olmalıdır. Dünya'mızdaki erken ve ilkel hayat formlarının izlerini bulmak, levha tektoniğinin etkisiyle eski tortulların kolayca tahrip olması yüzünden oldukça zordur. Ancak tektonik yapısı Dünya kadar hareketli olmayan ve tortulları bozulmamış Mars'ta hayatın ilk formlarını saptamak gerçektense çok kolay olacaktır.

Mars'ın iklimi geçen 1 ya da 2 milyar yılda neden bu kadar büyük bir değişiklik geçirdi? Bir zamanlar bol miktarda bulunan su geçen zaman içinde nereye gitti? Günümüzde bilim adamları bu tip soruları biraraya getirip çalışarak genel bir yoruma ulaşmayı umut etmektedirler. Mars Observer uzay aracının bu yıl Mars'a ulaşmasıyla, Mars'ın buzulları hakkında daha fazla bilgi toplanması olanağına kavuşulacak ve insanlığın yüzyıllarca ilgi odağı olmuş bu gezegen hakkında daha doğru yorumlara mutlaka ulaşılabilecektir.

Astronomy Aralık 1992'den çev.:  
Dr. Kaya UYSAL