

Uzayda Yaşanan Problemler :

AĞIRLIKSIZLIK RADYASYON ve YALNIZLIK

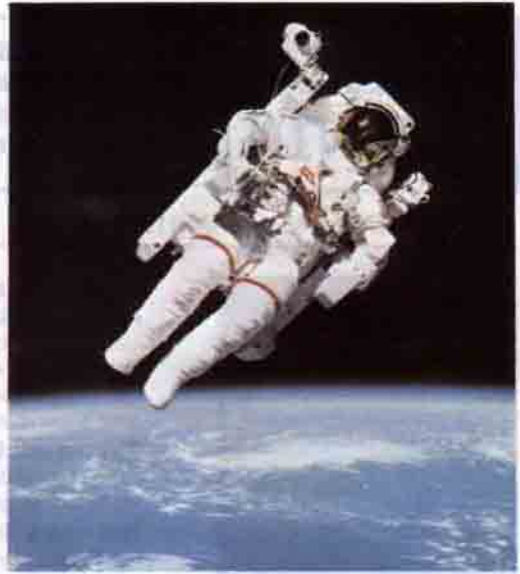
- Uzayda bulunmak insanın önüne çeşitli sorunlar çıkarmaktadır. Bunların başlıcaları ağırlıksızlık, radyasyon, psikolojik sorunlar ve tıbbi problemlerdir. Uzayya açılmaya kararlı olan insanoğlu bu sorunların üstesinden gelmek için çeşitli çareler aramakta ve bulunmaktadır.

Üstün AYDINGÖZ

Geçtiğimiz Aralık ayının 29'unda, öğleden kısa süre sonra Kazakistan'ın karla kaplı steplerine büyük bir paraşüt sisteminin ucundaki yaklaşık 2.5 metre çapında, topa benzer bir cisim indi. Bu, içindeki üç kozmonotu yörüngedeki Mir uzay istasyonundan getiren Soyuz TM-3 kapsülüydü. İnsanlı uzay uçuşları tarihinin önemli olaylarından biri yaşanmıştı; zira, kapsülün içindeki kozmonotlardan Yuri Romanenko bundan önceki 326 gününü Mir uzay istasyonunda geçirerek, uzayda en uzun süre kalma rekorunu kırmıştı. Bundan önceki 237 günlük rekor da Sovyetlere aitti.

Sovyet uzay programında, kozmonotların uzun süreler boyunca uzayda kalmasına büyük önem verildiği biliniyor. Böylece kozmonotlar hem ard arda rekorlar kırarak ülkelerine prestij kazandırıyorlar, hem de insan vücudunun uzay şartlarında uzun süreler boyunca nasıl etkilendiği konusunda çok değerli bilgiler sağlıyorlar. Bu bilgiler yörüngedeki uzay çalışmalarını için olduğu kadar, gelecekteki gezegenlerarası insanlı uzay uçuşları için de çok önemli bir temel oluşturuyor. Aslında Sovyetlerin, kozmonotların uzayda uzun süre kalmalarına bu kadar önem vermesi muhtemelen gelecek yüzyılın başlarında gerçekleştirilecek bir insanlı Mars uçuşunun ön hazırlıklarının bir parçası olarak görülüyor.

İnsanlı uzay uçuşları 27 yıl önce başladığından beri, uzayda bulunmak insanoğlunun önüne çeşitli sorunlar çıkıyor. Bu sorunların en dikkat çekenleri olarak ağırlıksızlık görünüyor. Aslında evrende çekim kuvvetleri daima bulunuyor; ancak, uzayda bunlar o kadar düşük ki farkına varılmıyor. Uzaydaki çekim kuvvetleri Dünya'nınkinin binde biri ile milyonda biri arasında değişiyor. Bu nedenle aslında 'ağırlıksızlık' yerine 'mikroçekim' demek daha doğrudur. Ağırlıksızlık ortamı Dünya'da, uzaydakine en benzer şekilde, eğitim uçuşlarındaki bazı özel manevralarla an-



Ağırlıksızlık ortamında insanın hareketlerini kontrol etmesi daima sorun olmuştur. 7 Şubat 1984'te bu fotoğraf çekildiğinde astronot Bruce McCandless uzay mekiği Challenger'dan birkaç metre uzaklıktaydı. Bu "uzay yürüyüşü"nü o zamana kadarkilerden farklı kılan, ilk defa İnsanlı Manevra Yapma Birimi denilen nitrojen yakıtlı, elle kontrol edilebilen bir cihazın kullanılmasıydı. Bu cihaz, önceleri uzay adamlarını uzay aracına bağlayan hortumlarla kıyaslandığında, büyük bir hareket kolaylığı sağlamaktadır.

cak yarım dakika kadar süreyle yapay olarak oluşturulabilmektedir.

Dünya'dan kalkış sırasında astronotlar yerçekiminin üç katı kadar ivme kuvvetlerine maruz kalırlar. Kalkış ve yörüngeye çıkış boyunca ekiptekiler koltuklarına gömülmüş gibidirler. Kollarını ve bacaklarını hareket ettirmede güçlük çekerler, kan ayaklarına hücum eder, nabızları hızlanır ve midelerinde bir boşluk hissi duyarlar.

Kalkıştan yaklaşık onbeş dakika kadar sonra ise birdenbire ağırlıksızlık başlar. Astronotlar bu anda bir asansör hızla inerken veya bir uçak aniden diyalim ki yüz metre alçaldığında hissedilene benzer bir his duyarlar. Ancak uzayda bu his kalıcıdır ve yerçekimi ortamında gelişmiş insan vücudunda bazı olağandışı fizyolojik cevaplara neden olur.

AĞIRLIKSIZLIKLA BAŞETMEK

İnsan vücudu yerçekimiyle başa çıkmayı bilmektedir. Ayakta dururken ortalama boyutlardaki bir insan devamlı olarak yaklaşık 9.8 m/sn²'lik bir ivmeye (yerçekiminin ivmesi) maruz kalır. Meydana gelen kuvvet, baş ile ayaklar arasında, bir su yüzeyi ile 1.7 metre derinlik arasındaki basınç farkına ka-

**SON 10 YILIN
UZAYDA EN UZUN SÜRE KALMA
REKORLARI**

1978 —	96 gün
1979 —	175 gün
1980 —	185 gün
1982 —	211 gün
1984 —	237 gün
1987 —	326 gün

*Rekorların hepsi
Sovyetler Birliği'ne aittir.*

baca eşdeğer bir basınç farkı yaratır. Bu basınç farkı sıvıların bacaklara doğru hareketini kolaylaştırır; öte yandan bacaklardaki devamlı kas kasılmaları, toplardamarlardaki tek yönlü kapaklar sistemi ve kalbin pompalama hareketi, bu sıvıların ayaklarda göllenmesini önler ve yerçekimi kuvvetine karşı başa doğru sıvı hareketine yardım eder.

Ağırlıksızlık ortamında ise basınç farkı artık farkedilecek kadar değildir ve başa doğru taşıma mekanizmalarına karşı koyacak yerçekimi yoktur. Bu durum Dünya'da bir süre başaşağı pozisyonda kaldığını varsayarak gözönünde canlandırılabilir. Bacak toplardamarları boşalacak ve sıvılar vücudun üst kısımlarına hareket edeceklerdir. Sonuçta, yaklaşık 1.5 litre sıvı vücudun alt kısımlarından başa doğru naklolurken, vücudun sıvı hacmini düzenleyici sistemleri uyanır.

Vücut şimdi "hacim yüklenmesi" olarak yorumladığı bu durumu telafi etmek için düzeltici tedbir alır: Kan hacmi azaltılır, kanın bileşimi ve hormon seviyeleri değişir. Bu şekilde vücut uzaya adapte olmaya, başka bir deyişle, kendini ağırlıksız bir ortama fizyolojik olarak daha uygun bir hale getirmeye çalışmaktadır.

Dünya'ya dönüşte ise yerçekimi, tekrar sıvıların ayaklara doğru çekmeye başlar, fakat vücuttaki dolaşan sıvıların hacmi normale göre azaltılmıştır. Kan baştan "çekilir" ve kritik iniş manevraları sırasında baş dönmesi meydana gelebilir. Bu sorunun üstesinden gelmek üzere, inişten önce, kaybedilmiş kan hacmini yerine koymak için bol miktarda sıvı içilir ve sıvıları tekrar başa yönelmeye zorlayan özel elbiseler giyilir.

Ağırlıksızlığa uzun süre maruz kalmanın vücuttaki kaslara ve kemiklere etkisi de başlı başına bir sorundur. Bu etki kol veya bacakların uzun süre hareketsiz kaldığı durumlara veya uzun süreli yatak istirahatinin yaratacağı etkilere çok benzer. Eğer ko-

lunuz veya bacağınız birkaç hafta boyunca alçıya alındıysa, alçı çıkarıldığında onun nasıl zayıf ve incelmış olduğunu hatırlarsınız.

Kemiklerimiz ve kaslarımız, sabit bir yerçekimi lvmesine karşı hem kendi ağırlığımızı hem de kaldıracığımız veya hareket ettireceğimiz cisimlerin ağırlığını desteklemek üzere gelişmişlerdir. Dünya'da kas ve kemik gücünü sürdürmek için gereken gerilim doğal olarak yerçekimi tarafından sağlanmaktadır. Yerçekimi ortadan kalktığında ise kemik ve kasların yapı taşları yavaş yavaş bu dokuları terketmeye başlar, Kaslar ve bu arada -esasen bir kas olan kalp küçülmeye, kemikler yoğunluklarını kaybetmeye başlarlar. Esas sorun ise bu kemik ve kas "erime"sinin uzay yolcularına uzaydayken yapacağı etkiden ziyade, bu kişilerin Dünya'daki yerçekimi ortamına dönüşlerinde nasıl etkilenecekleridir. Gerçekten de uzun süreli uzay uçuşlarından sonra Dünya'ya döndüklerinde uzay adamlarının hemen ayakta durabilmeleri bile sözkonusu değildir. Uzayda uzun süreler boyunca kalma konusunda en fazla deneyime sahip olan Sovyet kozmonotları, yeryüzüne döndükleri kapsülden çıkar çıkmaz, daha çok bir beşiğe benzeyen özel bir koltuğa alınmaktadırlar.

43 yaşındaki Albay Yuri Romanenko, rekor kırıldığı son uçuşundan sonra kendisini Kazakistan düzlüklerinden Baykonur Uzay Merkezi'ne götüren he-



Sovyet kozmonotları Vladimir Dzhanizbekov, Vladimir Solovyov ve O. Atkov bir uzay yürüyüşü öncesinde Soyuz T-12'yi terketmeye hazırlanıyorlar.

Amerikan astronotları William Pogue ve Gerald Carr, Skylab-4 uçuşu sırasında ağırlıksızlık ortamının sunduğu imkânların birini gösteriyorlar.



likopterde ayağa kalkmayı denemek istedi. Romanenko daha sonra şunları söyledi: "Kaslarım beni desteklemeye yetecek kadar güçlüydü. Terleme, çarpıntı... Böyle şeyler hissetmedim. (Daha önceki 96 günlük bir uzay uçuşundan sonra ayağa kalkmaya çalıştığımda ise bunları hissettiğimi söylemişti.) Döndüğüm ilk gün 100 metre jogging yaptım."

Ağırlıksızlık ortamında kemiklerden kaybedilen kalsiyum, kana geçerek vücudun yumuşak dokularına taşınabilir, böbrek ve mesane taşları gibi sorunlar yaratabilir. Dahası, bazı verilere göre, yetişkinler kemik materyalinin belli bir kısmını kaybettikten sonra, bu kayıp hiç yerine konamamaktadır. Başka bir gezegene ulaşmalarından çok önce uzay yolcuları yerçekimine yeniden adapte olma imkânlarını tümüyle yitirebilirler. Bu nedenle etkin koruyucu önlemler alınmak zorundadır. Bu önlemlerin başlıcaları egzersiz, yapay yerçekimi ve bazı ilaçlardır.

Kozmonot Romanenko, Dünya'ya döndükten sonra yerçekimine yeniden adapte olmakta çok fazla güçlük çekmemesini, büyük ölçüde uzayda kaldığı süre boyunca yaptığı özel egzersizlere borçludur. Sovyetlerin Tıbbi Sorunlar Enstitüsü'nden Dr. Anatoli Grigoriev, Romanenko'nun 11 aylık uçuşundan sonra, "bir yıllık bir uzay uçuşunun insan biyolojisi ve fizyolojisinde ciddi değişikliklere yol açmadığının söylenebileceğini" belirtmektedir. 2-3 yıl kadar sürmesi beklenen muhtemel bir insanlı Mars uçuşu göz önüne alındığında Dr. Grigoriev "uzay uçuşları süresinin yapay yerçekimine gerek kalmadan uzatılabileceğini" söylemiştir.

RADYASYON SORUNU

'Uzay' kelimesi, sıklıkla boşluk kavramını çağırıştır. Aslında gezegenlerarası ortamda gaz bulutları, toz, çeşitli atomlar ve moleküller, göktaşları ve çeşitli bilinen ve henüz bilinmeyen maddelerin yanı sıra yüksek enerjili radyasyon partikülleri vardır. Uzaya gidenlerin uzun süreli uçuşları boyunca radyasyona maruz kalmaları önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Radyasyonun canlı organizmalar üzerindeki etkileri, radyasyonun kaynağı ve türü, yoğunluğu ve maruz kalmanın süresi gibi çeşitli değişkenlere bağlıdır. Ayrıca hedef bölge (bütün vücut veya özellikle organlar ve dokular), kişinin genel sağlığı ve ağırlıksızlık gibi diğer faktörler radyasyonun yaratacağı hasarı muhtemelen etkileyen başka değişkenlerdir.

Canlı bir hücre tarafından absorbe edildiğinde hücredeki atomların veya moleküllerin elektronlarını uyararak veya onları koparan iyonize edici radyasyon özellikle sorun yaratmaktadır. Böylelikle hücreler ve dokular ölebilir veya hücreler mutasyona uğrayarak kansere ve doğumsal anomalilere neden olabilirler. Yeryüzündeki hayatın, uzaydaki radyasyondan korunmasında atmosferin ve Dünya'nın manyetik alanının çok önemli rolü vardır.



Uzun süreli uzay uçuşlarından dönen Sovyet kozmonotları yere iner inmez beşiğe benzer özel koltuklara alınmaktadır. Burada, 1979'daki 175 günlük uzay uçuşundan dönen Vladimir Lyakhov ve Valeri Ryumin Dünya'ya döndükleri kapsülün (Soyuz 34) yanında görülmüyorlar. Valeri Ryumin 1980'de gerçekleştirilen 185 günlük uzay uçuşuna da katılarak uzayda iki ayrı defada toplam 360 gün kalmıştır.

Uzay uçuşu sırasında karşılaşılan iyonize edici radyasyonun başlıca üç kökeni vardır: 1) Galaktik kozmik radyasyon 2) Gezegenleri çevreleyen manyetik alanlarda tutulmuş güneş rüzgârından kaynaklanan radyasyon 3) Güneş parlamalarından kaynaklanan radyasyon. Ayrıca, kozmik radyasyon meydana getirebilir. Bunlardan başka, uzaydaki başka bir radyasyon tehlikesi enerjik nötronlardır. Nötronlar bir hidrojen çekirdeğiyle çarpışıklarında büyük ihtimalle bir enerji alışverişine neden olurlar. İnsan vücudunda, proteinler, yağlar ve özellikle su gibi hidrojen zengin bileşikler bol olarak bulunduğu için nötron radyasyonuna maruz kalmak önemli ölçüde hasar meydana getirebilir.

Radyasyona maruz kalınca vücudun bütün organları ve sistemleri aynı oranda etkilenmez. Bağışıklık sisteminin çalışmasında hayati öneme sahip olan lenfoid doku, bütün vücut dokuları içinde radyasyona en hassas olanıdır. Hassasiyet açısından lenfoid dokuyu, vücudun kan üreten dokuları, özellikle de kemik iliği ve sindirim sistemini döşeyen hücreler izler. En hassas grubun temel özelliği bu dokulardaki hücrelerin hızla gelişiyor olmalarıdır. Bu hücrelerde daha yavaş gelişen hücrelere göre daha fazla mutasyon ihtimali vardır.

Deri ve derialtı dokuları ve akciğerler, böbrekler ve karaciğer gibi iç organlar radyasyona orta derecede hassastırlar. Göz merceği, kataraktlara neden olabilen nötron radyasyonuna özellikle hassastır.

Şimdiye kadar herhangi bir uzay adamının uzun süreli uçuşlarda maruz kaldığı radyasyon dozu, kabul edilen sınırların oldukça altında gerçekleşerek düşük olmuştur. 15 yıllık bir dönem boyunca alına-

bilen en fazla toplam doz aynı dönem boyunca bir kişinin 60 standart karın röntgeni çektiğiyle alacağı radyasyon dozuna kıyaslanabilecek kadardır.

Uzaya gidenlerin radyasyondan korunması dört şekilde gerçekleştirilebilir. Pasif fiziksel koruma bunlardan ilkidir. Kurşun veya başka bir yoğun madde, uzay aracının gövdesine çeperi kalınlaştırarak şekilde uygulanabilir. Aracın içindeki cihazlar da radyasyona karşı ek bir engel oluşturacak şekilde düzenlenebilir. Bu tür bir kalkan oluşturarak uzay araçdakileri güneş parlamalarından oluşan ve manyetik alanda tutulmuş radyasyondan korumak mümkündür. Ancak eğer kalınlık belli bir düzeye ulaşır, kozmik radyasyon kalkanın atomlarıyla etkileşir ve ikincil iyonize edici radyasyon ortaya çıkar.

İkinci bir yaklaşım, aktif koruma uygulamaktır. Bu metod uzay aracının etrafında mekanik olarak oluşturulan elektriksel veya manyetik alanları gerektirmektedir. Bu alanlar çoğu yüklü maddeyi, Dünya'nın manyetik alanının radyasyonu tutmasına benzer şekilde tutacak veya uzaklaştıracaktır. Fakat bu en ümit verici yaklaşım için, önemli ölçüde mühendislik çalışması gerekmektedir.

Özel yoğun giysilerle kritik organların ve sistemlerin lokal olarak korunması üçüncü bir yöntemdir. Ancak bu durumda da pasif fiziksel koruma metodundaki sorunlar geçerlidir. Ayrıca böyle giysiler hantal olacağından, daha ziyade güneş fırtınası gibi radyasyonda muhtemel artışların beklendiği durumlarda kullanılabilirler.



Uzayda özellikle uzay aracının dışında çalışırken daha fazla radyasyona maruz kalınmaktadır. Sovyetlerin ikinci kadın kozmonotu Svetlana Savitskaya burada kendisinin ilk uzay yürüyüşü sırasında genel amaçlı bir el aletini denerken görülüyor. Altta sağda görülenler Salyut-7 uzay istasyonunun Güneş'ten enerji sağlama panelleridir.

Son olarak, radyasyonla başetmek için kimyasal metodların geliştirilmesi düşünülebilir. Vitaminler, antibiyotikler, uyanıcılar ve anestezipler gibi bazı kimyasal maddeler ümit vaat ederken henüz hiçbir kimyasal uygulama radyasyonun olumsuz etkilerini önlemede veya tedavi etmede tam bir başarı sağlamamıştır.

PSİKOLOJİK GÜÇLÜKLER

Uzun süreli uzay uçuşlarına katılacak ekiptekilerin belirlenmesinde gözönüne alınması gereken bazı konular vardır. Seçilecek kişilerin yetenekleri ve kişilikleri, yerine getirilecek görevin gereklerine uygun olmalıdır. Bununla beraber, standart bir kişilik yapısı yerine kişilerin yaratıcılıklarını teşvik edecek şekilde değişik karakterlerin bir araya getirilmesi uygun olacaktır.

Uzayda uzun süreler boyunca çok kısıtlı bir mekân içinde ve değişmeyen birkaç kişiyle beraber kalmak, psikolojik açıdan bazı güçlükler getirecektir. Şimdiye kadarki tecrübeler, gerek fizyolojik gerekse psikolojik açıdan çok çeşitli testlerden sonra en iyi özellikleri taşıyanlar seçilmiş olduğu halde, insanların uzayda uzun süre kalmaya psikolojik olarak alışmalarının pek kolay olmadığını göstermiştir. Uzayda uzun süre kalan Sovyet kozmonotlarından, ruhsal sorunlar nedeniyle planlanan zamandan önce yeryüzüne dönmek durumunda kalanlar olmuştur.

Uzun süre dar bir mekânda aynı kişilerle kalmak. Böyle bir durumun cezaevlerinde de bulunduğu düşününler olabilir. Tabii ki astronotların uzayda, mahkûmların ise cezaevinde bulunma nedenleri farklıdır. Ama uzaydaki ortamın farklılığı çok daha ileri boyutlardadır.

Uzaya gidenler bütün insanlık tarihi boyunca henüz sadece birkaç yüz kişinin tecrübe ettiği bir olayı yaşarlar. Ağırlicsızlık, fizyolojik olduğu kadar psikolojik adaptasyonu da gerektiren bir durumdur. Dünya'nın etrafındaki bir yörüngede aylar boyunca kalan kozmonotları ele alalım. Günlerini orta büyüklükteki bir oturma odasından daha büyük olmayan bir ortamda geçirmek durumundadırlar. Burada "günlerini" derken şunu hemen belirtmek gerekir ki, yeryüzünden 250-300 km yükseklikteki bir uzay aracında bulunan uzay adamları için güneş 24 saat boyunca 16 kez doğar ve batır. Çünkü uzay aracı Dünya çevresindeki bir dönüşünü yaklaşık 90 dakikada yapmaktadır. Yani uzayda yeryüzündeki anlamda "gün" yoktur, ancak çalışmaların verimliliği için uzay adamlarına Dünya'daki gibi 24 saatlik programlar hazırlanır.

Kozmonot Romanenko, "uzun süreli bir uçuşta en zor şeyin verimli bir şekilde çalışabilme ve bütün kuvveti başlangıçtan bitişe dağıtabilme kabiliyetini yüksek bir seviyede tutmak olduğunu" söylemekte ve ekibin, uçuşun ortalarında bir noktada, çalış-



Bir tıp doktoru olan astronot Joseph Kerwin, Skylab-2 uçuşu sırasında Charles Conrad'ı muayene ediyor.

Sovyet kozmonotları V. Lebedev ve Svetlana Savitskaya Salyut-7 uzay istasyonundaki boş vakitlerinde eğlenirken görülüyorlar. Uzun süreli uzay uçuşlarındaki Sovyet kozmonotlarının, Dünya'dan geçici olarak gelen yeni bir kozmonot ekibi onlara katıldığında çok neşelendikleri ve verimlerinin arttığı gözlenmiştir.

larında ekiptekilerden birinin doktor olması ve uçuştan önce ekiptekiler için elektif apendektomi - apandisin acil bir durum olmadan çıkarılması- gibi bazı önlemler alınması düşünülmektedir.)

Uzun süreli uzay uçuşlarında kişilerin boş vakitlerinde sıkılmamaları için, ilgi alanlarına uygun meşgaleler bulunması da gerekiyor. Kozmonot Romanenko yörüngede kaldığı 11 ay boyunca en az yirmi şarkı yazdığını söylüyor.

İnsanoğlu, tabiatı gereği, uzay çalışmalardan vazgeçmeyecektir. Suya girmeden yüzme öğrenilemeyeceği gibi, uzayda bulunmadan da uzay şartlarına alışmak mümkün değildir. Uzayda uzun süre kalma rekorlarının temel önemi bu yüzdendir. □

ma kabiliyetini yitirmemeye dikkat etmesi gerektiği ni belirtmektedir.

Dünya etrafındaki bir yörüngede bulunan uzay adamları için -gezegenlerarası bir uçuşta bulunarlara göre- yeryüzüne dönmek nispeten kolay gibi görünmektedir. Bir başka deyişle kozmonot -veya astronot- acil bir durumda birkaç saat içinde Dünya'ya dönebileceğini bilmektedir. Fakat bildiği başka bir şey bu işin pek de kolay olmadığıdır. Uzay aracının iniş sırasında atmosfere belli bir açıyla girmesi gerekmektedir. Eğer bu açı biraz geniş olursa, uzay aracı atmosfere "çarpıp zıplayacaktır"; böyle bir durumda uzay aracı kontrolden çıkıp uzayda "kaybolabilir." Söz konusu açı biraz dık olursa, bu kez uzay aracı -ve içindekiler- atmosfere girişteki büyük sürütme kuvvetlerinin etkisiyle yanıp kül olabilir.

Gezegenlerarası bir uzay uçuşu ise daha da değişik şartlara sahiptir. Buradaki uzay adamları için, birkaç yüz kilometre altlarında ışıltılı parlayan muhteşem bir Dünya manzarası da yoktur. Yörüngedeki astronotlar her an yer kontrol merkezlerindeki tarafından izlenebilmektedir. Uzay aracının içinde, sürekli olarak çalışması gereken aletlerin çıkardığı belli bir gürültü daima vardır. Kişilerin kendileriyle başbaşa kalacakları özel bir yerleri yok denemek kadar azdır. En yakındaki tam teşekküllü hastane milyonlarca kilometre ötededir. (Bu son durum gözönünde bulundurularak gezegenlerarası uzay uçuş-

GÜÇLÜ TRANSİSTÖR

Kendi iç metalik bağlantısını üreten transistörler, GTE laboratuvarlarının en önemli faaliyeti durumuna geldi. Araştırmacılar, yeni volumetrik transistörler üretmek için, silisyum ile iletken taldan oluşturulan silisyum kristalli cihazları kullandılar. Bu transistörler, dairesel yapılarıyla transistör ihtiva eden yapılarda yeni bir dönem başlatabilirler. Merkezden geçen akımlar, ışınlar yayarak karşı daire çevresini kuruturlar. Bağlantılar silisyum kristalinde oluştuğu için kirlilik problemi üretim boyunca en aşağı düzeye inmektedir.

Volumetrik transistörler, konvansiyonel transistörlü cihazlardan farklıdır. Akım taşıyan kanallar, aktif olmayan alt tabakanın dış kabuğunu 10 mikrona kadar kısıtlamaktan çok, transistörün derinliğini büyütmektedir. Ayrıca bunlar, güneş ışınlarını toplayan araçları, kameraları ve optik haberleşme araçlarını içeren normal fotodedektörlerden ışık frekanslarına karşı cevap vermekte daha duyarlıdır.

Popular Mechanics'ten çev.: Ali Güneş

Kaptanın ustalığı, deniz durgunken anlaşılır mı?

Lukianos