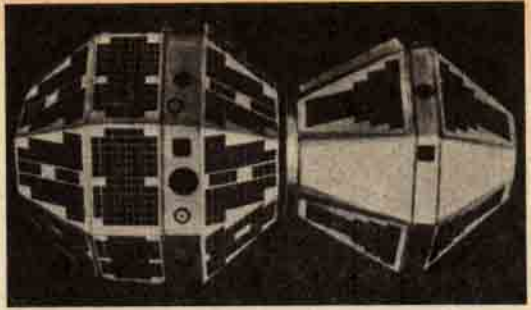


UYDULARI DÖNDÜRECEK ALTIN «CACTUS»

JEAN-RENE GERMAIN



Bir Fransız icadı olan altın kaplı plâtin bir bil-
ya sayesinde uydular (yandaki D5A ve D5B)
saat kadar düzenli olarak dünyanın etrafında
dönecekler.

Belki de dünyanın etrafında dönen uy-
duların yerçekimi kuvvetleri sayesin-
de çok düzenli döndüklerini hayal ediyor-
sunuz. Gerçek hiç de öyle değildir.

Hızlandırıcı veya yavaşlatıcı asalak (pa-
razit) kuvvetlerin etkisi altında uyduların
yörüngesi devamlı olarak şekil değiştirir-
mektedir.

Bu asalak kuvvetler değişik tabiatta ve
büyüklükte olup çok hafif hızlanma veya
yavaşlamalara sebep olurlar ve uydunun
uzayda başaracağı işe göre faydalı veya
zararlı addedilebilirler. Uydunun yörünge-
si üzerindeki hız değişimlerini (hızın azal-
ması veya çoğalmasını) araştırabilmek bi-
limsel bakımdan çok ilginç olduğu gibi hiç
tahmin edilemeyecek uygulamalara, mese-
lâ dünyadaki petrol yataklarının keşfedil-
mesine yol açmaktadır. O halde Fransa'da
Milli Uzay Araştırmaları ve Etüd'leri

Dairesinin (ONERA) on senedenberi son
derece duyarlı bir hız-ölçeri en mükemmel
hale getirmek için çalışmasına şaşmamak
gerekir. Dünyada bir eşi olmıyan, «Cac-
tus» adlı bu hız ölçer enine, boyuna ve di-
kine üç eksen üzerindeki en küçük hız de-
ğişmelerini kaybedebilecek güçtedir.

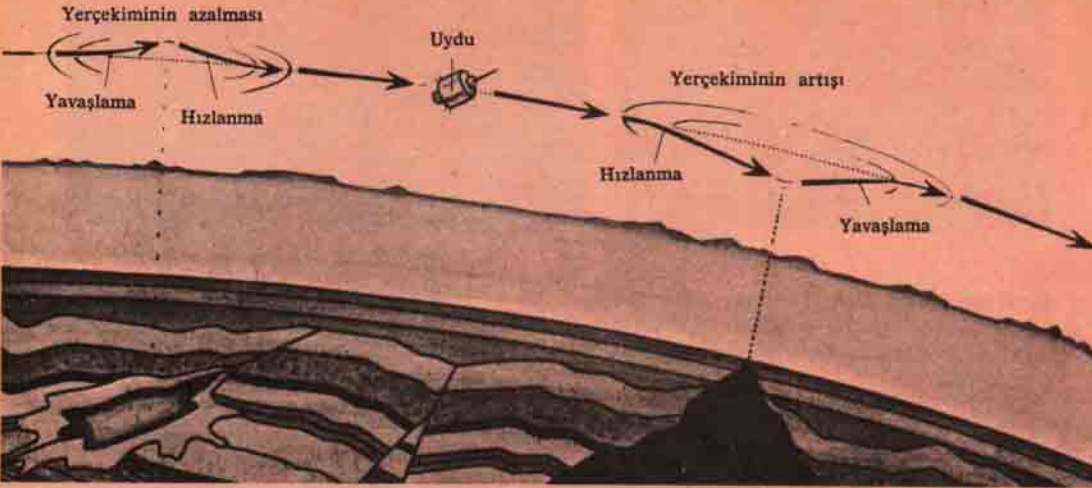
ONERA 1973 Mart'ında Milli Uzay Etüd-
leri merkezince fırlatılacak Diamant B fü-
zesinin yörüngeye oturtacağı D5B uydus-
unda «Cactus»ü denemeye hazırlanmakta-
dır.

Bir uzay gemisi üzerine etken kuvvet-
lerin en zayıflarından biri güneş ışınları-
nın yaptığı basınçtır. 100 Kg. ağırlıkta ve
dikey kesiti 1 m² olan teorik bir uyduda
bu basınç 10⁻⁷ m/san² lik bir ivme meyda-
na getirecektir. «Cactus»ün gayesi bu gi-
bi hızlanmaları % 10 dan fazla bir hata
yapmaksızın, çok duyar bir şekilde mey-
dana koymaktadır. Bu aletin duyarlık eşi-
ği 10⁻⁸ m/san² civarındadır. «Cactus»ün da-
ha başka marifetleri de vardır, bu alet bu-
gün yörüngesinde saniyede 8 km. hızla gi-
den ve 30.000 sene zarfında hızı yavaş ya-
vaş sifıra düşecek olan bir uydudaki hız

Cactus : Yerçekiminin ölçülmesi petrol yataklarının keşfedilmesine imkân veriyor.



Mikro hız-ölçer'in çalışması basit bir prensibe dayanmaktadır. Herkes bir otomobilde
bunu deneyebilir. Otomobil ani fren yapınca içindeki yolcu öne doğru atılır.
Otomobil hızını değiştirmedikçe sürece yolcu yerinden oynamaz. Buna karşı oto
birden hızlanırsa yolcu geriye doğru itilmiş olur. Bu misaldeki yolcu yerine bil-
yayı, otomobil yerine de kafesi koyarsanız Cactus'ün çalışma prensibini anla-
mış olursunuz.



Cactus kadar duyarlı bir alet için belli bir yükseklikte yerçekiminin çok hafif değişimlerini kaydetmek zor bir iş değildir. Eğer dünya homojen bir kitleden yapılmış olsaydı, teorik olarak herhangi bir yükseklikte uydu üzerindeki yerçekimi kuvveti uydunun bütün yörüngesi boyunca aynı kalacaktı. Halbuki gerçekte durum bundan farklıdır. Yörüngesi boyunca uydu yerçekimindeki bölgesel değişimlere bağlı olarak hızlanabilir veya yavaşlayabilir. Meselâ yoğunluğu daha büyük kayalar üzerinde yerçekimi kuvveti artacağından uydu hızlanır. Bunun aksi olarak yoğunluğu az kayalar üzerinden geçen uydu yavaşlar.

Bu metod sayesinde Amerika'lılar Lunar Orbiter uyduları ve en son olarak Apollo uzay gemileri yardımıyla ay toprağına gömülü yoğun kitleler keşfetmişlerdir ki bunlar «mascon'lar» adıyla ün salmıştır. Dünyaya uygulandığında yerçekimine dayanan bu metod petrol yataklarının keşfedilmesine imkân verecektir.

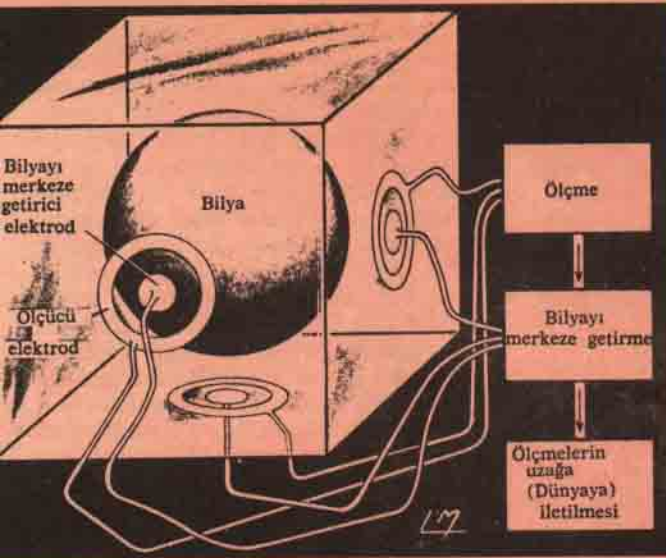
değişimini veya saatte 100 km. hızla yola başlayan ve gitgide yavaşlayarak 100 sene sonra duracak olan bir otomobildeki hız değişimini ölçebilecektir.

«Cactus» ün prensibi çok basittir. Alet bir çeşit kafes içerisinde bulunan bir bilyanın yer değiştirme miktarının ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Bu bilya hızlanmayı yaratan kuvvetin etkisi altında değildir. Buna karşı «kafes» hızlandırıcı (veya yavaşlatıcı) bir etkiye maruz kalmış olan araca bağlıdır. O halde bir hızlanma olunca, bilyada kafese nazaran nisbi bir yer değişimi olacaktır. Bu bilyanın yer değiştirme miktarından hızlanmanın miktarı ve yönü bulunur. Bilyanın yer değiştirmesi ancak bilya ağırlıksız bir halde boşlukta dururken kaydedilebilir, yoksa bilya kafesin içine düşecektir. Buraya kadar herşey basitdir. Fakat şimdi yeni bir problem do-

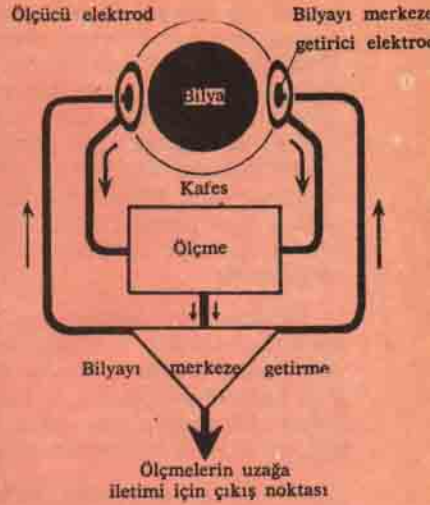
ğuyor, bilya yer değiştire değiştire, nihayet «kafes» in duvarına gelip çarpacaktır, bunu önlemek gerekir. Yer değiştiren bilyayı tekrar merkeze getirecek bir kuvvet, yani geri çağırıcı bir kuvvet yaratmak gereklidir, bunun için de bilyaya kumanda edebilecek bir sistemin gerçekleştirilmesi zorunludur.

Altından Bir «Cactus»

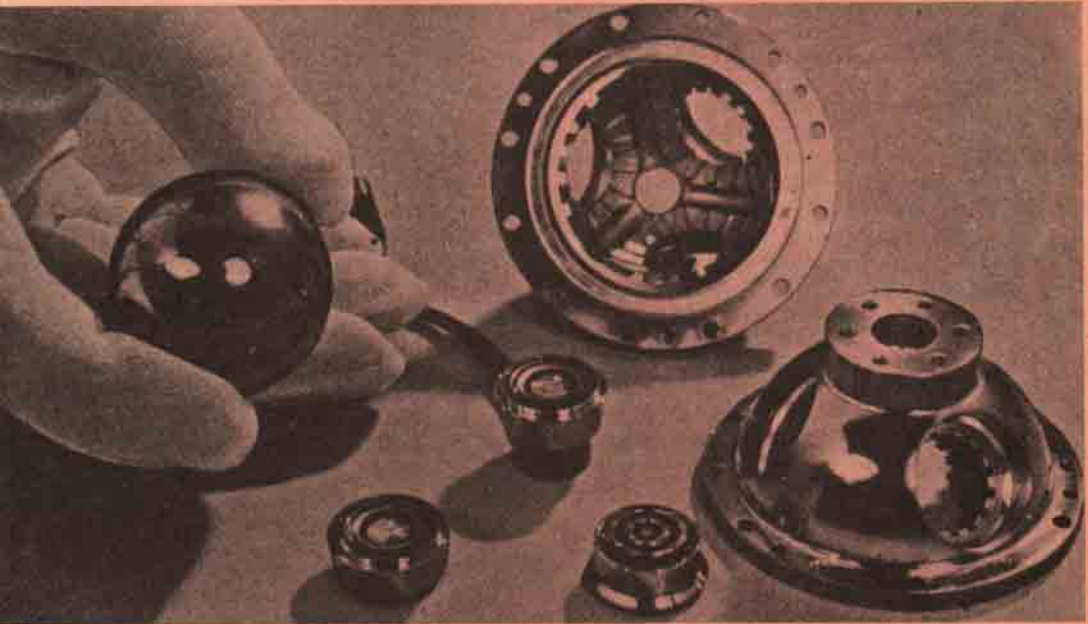
ONERA'nın geliştirdiği hız-ölçer'in en büyük özelliği «triaxial» (üç eksenli) oluşudur, yani bu hız-ölçer hızlanmaları birbirlerine dik üç eksenli esas alarak değerlendirilmektedir. Cactus ismi şu kelimelerin baş harflerinden meydana gelmiştir: Capteur accélérométrique triaxial ultra-sensible (üç eksen üzerinde çok duyarlı olarak hız değişimlerini ölçen alet). Üç eksen üzerinde hız ölçebilen bir hız-ölçer



Hız - Ölçer'in bağlantı esaslarını gösterir şema



Ağırlıksız hale geldiğinde bilya kafesin merkezinde boşlukta durur. Bir hızlanma olursa bilya kafesin merkezindeki yerini değiştirmek zorunda kalır, bu yer değiştirme elektrik sisteminde bir kapasite değişmesine yol açar. Kapasite değişmesi ölçülür ve buradan hızlanma miktarına varılır. Fakat bilyanın yer değiştire değiştire gelip kafesin duvarına çarpmasını önlemek gereklidir. Bilya bir elektrod'lar sistemi etkisiyle merkeze geri getirilir.



İşte parçalarına ayrılmış bulunan Cactus'ün resmi : bilya, kafes (sağda) ve bilyayı merkeze getirici ve bilyanın yer değiştirmelerini sezici halka şeklinde elektrod'lar (ortada) Bilya uzayda yerçekimi etkisinden kurtularak ağırlıksız hale geldiğinde kafesin içinde boşlukta durur. Bu aleti yapabilmek için tozlara karşı harp ilân etmek ve Cactus'ü tozdan tamamen arınmış bir odada imâl etmek gerekmıştır.

yapabilmek için en iyi metot küre şeklinde bir deney kütlesi kullanmaktır. Gerçekte bunun için 40 mm çapında, altın kaplı platin bir bilya kullanılmaktadır. Duyarlılığı arttırmak ve cevap zamanını kısaltmak için bilyanın kafese göre en ufak yer değiştirmelerini kaydedebilmek gerekir, bunun için ONERA ekibi kapasite detektörleri kullanmaktadır. Bunlar bilyanın tam karşısına konulmuş halka şeklinde elektrot'lardır. Bilyayı tekrar merkeze getirmek için gerekli kuvvet de halka elektrot'lar sistemi tarafından meydana getirilmektedir.

Bilyanın yer değiştirmesi halka elektrot'lar tarafından bir kapasite değişmesi olarak ölçülmekte ve bundan hızlanma değeri bulunmaktadır. Fakat bunun için bilyanın elektrotlara çok yakın olması gerekir, bu mesafe 50 mikron civarındadır!

Hız ölçer çalışmadığı zamanlar bilya kafes duvarlarından biri üzerinde durur ve elektrotlar kafes duvarına göre biraz daha dışa çekilmiş olduklarından elektrotlarla temas etmez.

Bilya ve kafesin fabrikalarda yapımı nazik problemler doğurdu. Kafesle bilya arasına girebilecek tozlara karşı gerçek bir harp ilan edilmesi gerekti. Problem ONERA'nın «temiz bir oda» fikrini gerçekleştirmesi ile çözülmüş oldu.

«Cactus»ün gerçekleştirilmesindeki bütün güçlük buradan geldi. Şu kadarını söylemek yeter: Bilyanın tam küre şeklinde yapılmasında 0,1 mikron'dan daha fazla hata yapılmaması gerekiyor. Küre ile kafes arasındaki mesafe değişimlerinin mikron'un yüzde biri civarında hesaplanması zorunludur.

Elektrot'lar arasındaki elektrik kapasite'nin değişmesi sayesinde bilyanın durumu birbirlerine dikey üç doğrultuda tayin edilmektedir. Halka şeklindeki elektrot'ların yarattığı elektrostatik alan sayesinde bilya kafesin tam ortasında tutulmaktadır. Biraz yukarıda bahsedildiği gibi kafes içerisindeki bilyanın en ufak yer değiştirmelerinin ölçülmesi hızlanma miktarını vermektedir.

«Cactus» halen 10^{-8} ile 10^{-4} m/san² arasındaki ivmeleri ölçebilmektedir. Bu konu üzerinde bir fikir vermek üzere şunu söyleyelim ki dünya atmosferinin D5B uydusunu frenleyici tesiri yerden 300 km. yükseklikte 10^{-3} m/san² kadardır.

«Athalie» operasyonu için parazit kuvvetlerin çok küçük oluşu, farkedilebilen eşik değerlerden 1000 defa daha küçük oluşu sebebiyle bilya ve kafesin tabiatı, kaplanması ve kafesin ne dereceye kadar boş olması gerektiği üzerinde büyük araştırmalar yapılması gerekti. Pratik bakımdan hızlanmaya karşı aynı duyarlılıktaki bir ölçeri dünya üzerindeki testler için kullanmak imkânsızdır, çünkü ölçer yer çekiminin etkisinde kalacaktır. Bununla beraber ONERA ekibi aleti serbest düşmeye maruz bırakarak ağırlıksız hale getirmeği başardı. Bunun için Cactus 43 m. uzunlukta bir deney tüpünde birçok defa ağırlıksız halde denendi. Tüpün içindeki hava boşaltılır ve «Cactus» özel bir kapsül içine konur. 10. kattan düşürülür ve 3 saniye sonra ele geçer. Ağırlıksız hal 2,8 saniye kadar devam etmiştir. Bu süre bir araç üzerinde zaman alıcı duyarlı testler yapmaya yeterli değildir. «Cactus» 1969'da Athalie operasyonu sırasında bir sondaj füzesi üzerinde denendi. Gerçek uzay şartlarında denenmesine de karar verildi.

ONERA bu uzay denemesini Milli Uzay Etüd'leri Merkezi (CNES) ile beraber 1973 Mart'ında gerçekleştirebilecek. «Cactus» Kcurcu uzay merkezinden beşinci Diamant B füzesi ile fırlatılacak olan D5B uydusu üzerinde denenecek. D5B de «Cactus» 10 litre'lik bir hacim kaplayacak ve kütlesi 10 kg. olacak. Uydunun kendi kütlesi 75 kg. olacak.

Şunu da söyleyelim ki D5B ile beraber D5A adı verilen bir uydu da fırlatılacak; D5A Avrupa İleri İtici Güç (propülسیون) Derneği tarafından geliştirilen küçük özel bir motor'ü denemek için fırlatılıyor. D5A ve D5B için toplam 35 milyon frank harcanmıştır. «Cactus»ü taşıyacak olan D5B'ye çift görev verilmiştir: bir yandan «cactus»ün sıfır noktasını tespit edecek ve gerçek kapasite'sini anlamak üzere aletin ayarını kontrol edecek, diğer yandan uygulamalara yol açabilecek çeşitli bilimsel deneyler yapacak. Bunlardan birincisini başarmak aylar alabilir. D5B den yararlanma süresi bir sene olacaktır.

D5B dünya ekvator'una göre 20° eğimli, yerden 300-1500 km. yükseklikte bir yörüngeye oturtulacaktır. Bu yörünge bilimsel deneylere göre seçilmiştir.

Uzay'da Uzay Jeodezi'si Araştırma grubu'nun sorumluluğu altında başlıca üç deney yapılacaktır. Bunlardan ilki aeronomi deneyidir. Dünya atmosferinin uyduyu ya-

vaşlatıcı kuvveti havanın yoğunluğu ile orantılıdır. O halde Cactus tarafından bu kuvvetin ölçülmesi bu yoğunluğun ve uzaydaki varyasyonlarının ölçülmesine de imkân verecektir (boylam'ın, gece ve gündüzün etkisi, güneşaltı noktada maximum yoğunluk, 10-20 dakikadan (yer çekimi dalgaları) birkaç aya (mevsim etkisi) kadar değişen period'ların varyasyonları).

Bugüne kadar buna benzer ölçmeler basınçölçer'ler yardımı ile yapılıyordu. Bu metotlar 500 Km. nin ötesinde geçerli bilgiler elde edilmesine imkân vermiyordu. «Cactus» sayesinde 700 km. ye kadar çıkabilmek ümit edilmektedir.

İkinci deney jeodezyen'leri ilgilendiriyor. Burada söz konusu olan D5B'nin yörüngesi üzerindeki aerodinamik zorlamalardır (yani atmosferin en üst ve yoğunluğu çok az tabakalarının etkisi). Cactus'ün uydunun yörüngesi hakkında verdiği bilgiler füzenin dünyayı terkettiğindenberi izlediği yol üzerindeki ölçmelerle ve bir laser ışınının D5B üzerinde yansıtılması suretiyle yapılan gözlemlerle karşılaştırılacaktır. Bu metod yeriçekimi kuvvetinden doğan aerodinamik zorlanmaların hesaplanmasına imkân verecektir.

Gökyüzündeki Çakılları Saymak :

D5B'nin yapacağı üçüncü ve son deney daha klâsiktir. Bunda «cactus» uzayda ve dünya etrafında daima mevcut mikrometeor'ların (çok küçük gök taşlarının) bir uzay cismine çarpmalarını araştıracaktır.

Meteorların uyduya çarpmasından doğan sarsıntılar cactus tarafından kaydedilecektir. Cactus'den dünyaya nakledilecek olan bilgiler kütlelerine bağımlı olarak meteor'ların sayısını hesaplamaya imkân verecektir.

Matematik bir metotla bu meteor'ların ve güneşin etrafındaki mikrometeor kümelerinin yörüngelerini tespit etmek mümkün olacaktır. D5B den elde edilecek bilimsel veriler yerden sondaj metotları ile elde edilmiş diğer verilerle karşılaştırılacaktır.

Bu ölçmelerin başlıca uygulama alanı «yörüngeden sapmaları ve hız değişimleri düzeltilmiş» uyduların gerçekleştirilmesi

olacaktır. Bu barbar deyimlerin arkasındasabit bir kavram gizleniyor. Mikro hızölçer uyduyu yörüngesinden saptıran zayıf dış kuvvetleri (atmosferin frenleyici etkisi, güneş ışınlarının basıncı) ortaya koyar. Bu kuvvetlerin bir kere farkına varıldıktan sonra uydunun yörüngesini sabit tutmak zor olmayacaktır : Uyduyu yörüngeden saptırıcı veya yavaşlatıcı kuvvetlere karşı küçük gaz fışkırtmaları (jet'leri) şeklinde karşı-kuvvetler kullanmak. Bu şekilde uydunun yörüngesi son derece sabit bir hale getirilecektir, böylece yeryüzündeki bir gözlemci uydunun ufkun üstüne çıkma anını hemen hemen astronomik bir kesinlikle söyleyebilecektir.

Saat 8 i 47 geç'e'nin Cactus'ü :

Yörüngeden sapmaları ve hız değişimleri düzeltilmiş bir uydunun ilk uygulama alanı denizcilikte halen kullanılan pahalı elektronik aletlerle yer tayini yerine daha basit usullerin getirilmesi olacaktır. Böyle bir uydunun seyir halindeki gemiler tarafından kullanılabilmesi için uydunun hangi saatte nerede bulunacağını bildiren astronomik tabloların hazırlanması gereklidir. Tabii ki uydunun izliyeceği yolu kesinlikle önceden kestirebilmek bu yolun son derece sabit olması ile mümkündür. Bu gibi seyir gayesiyle kullanılacak uyduların yörüngesi zamanla değişeceğinden devamlı olarak günü gününe astronomik tablolar hazırlamak gerekecekti. Halbuki yörüngeden sapmaları ve hız değişimleri düzeltilmiş bir uyduda buna lüzum kalmıyacak; böyle bir uydunun yörüngesi son derece sabit olduğundan bir kere hazırlanacak astronomik tablolar devamlı geçerli olacaktır.

Şurası ilginçtir ki Fransa elindeki bugünkü imkânlarla böyle bir uydusuistemi gerçekleştirebilecek güçtedir : Fırlatılacak bir Diamant B füzesi sapmaları ve hız değişimleri düzeltilecek 120 Kg. lık bir uyduyu yerden pek uzak olmayan bir yörüngeye oturtabilecektir. Milli Uzay Etüdleri Merkezi'nin 1974 Temmuz'unda böyle bir deneme yapması mümkündür. İşte «Cactus» ve D5B'ye gösterilen ilgi bundan ileri geliyor.