

# 4. BÖLÜM

# KÜTLE ÇEKİM KUVVETİ

## Konular

- 1.4.1. Kütle Çekim Kuvveti Nedir?
- 1.4.2. Kütle Çekim Kuvvetinin Bağlı Olduğu Değişkenler
- 1.4.3. Kütle Çekim Potansiyel Enerjisi

## Anahtar Kavramlar

- Kütle çekim kuvveti

- Dünya'nın Ay'a uyguladığı kuvvetin büyüklüğüyle Ay'ın Dünya'ya uyguladığı kuvvetin büyüklüğü eşit midir?
- Ağırlığımız Dünya üzerindeki her yerde aynı büyüklükte midir?

Bu bölümde, noktasal kütleler arasındaki çekim kuvvetinin bağlı olduğu değişkenler belirlenerek, kütle çekim kuvvetinin matematiksel modeli elde edilecek ve yapay uydular, ay ve gezegenlerin hareketleri açıklanacaktır. Yer çekimi ivmesi açıklanarak bağlı olduğu değişkenler verilecektir. Kütle çekim potansiyel enerjisi açıklanarak bağlanma ve kurtulma enerjisi kavramları üzerinde durulacaktır.



Görsel 1.21: Dünya-Ay sistemi

## Simülasyon



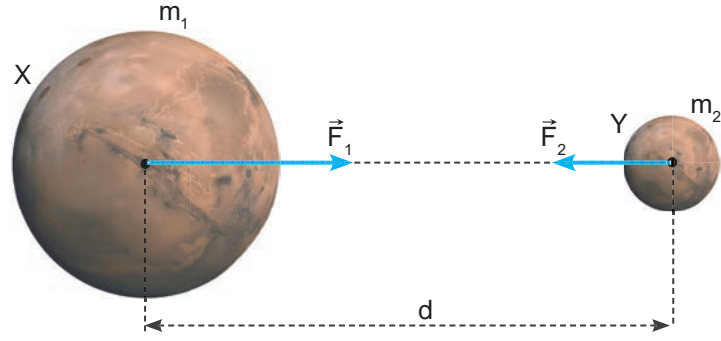
Kütle çekim kuvvetini  
karekoddan  
yararlanarak inceleyiniz.

Görsel 1.22: İlk yapay uydu  
Sputnik-1

## 1.4.1. Kütle Çekim Kuvveti Nedir?

Evrende kütlesi olan her şey birbirine çekme kuvveti uygular. Güneş ile gezegenler, gezegenler ile uydular, Dünya ile Ay arasında bir kütle çekim kuvveti vardır. Bu kuvvet Ay'ın Dünya çevresinde dolanımında etkilidir (Görsel 1.21).

Newton tarafından iki kütle arasında bir çekim kuvvetinin olduğu ve bu çekim kuvvetinin cisimlerin kütlelerinin çarpımıyla doğru, merkezleri arasındaki uzaklığın karesiyle ters orantılı olduğu ifade edilir.

Şekil 1.23:  $m_1$  ve  $m_2$  kütleli gezegenler arasındaki kütle çekim kuvveti

X ve Y gezegenlerinin birbirine uyguladığı kütle çekim kuvveti Newton'ın etki tepki yasasına göre eşit büyüklükte ve zıt yöndedir (Şekil 1.23).

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2, |\vec{F}_1| = |\vec{F}_2|$$

Bu kuvvetlerin büyüklüğü

$$F_1 = F_2 = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \text{ bağıntısıyla bulunur.}$$

$m_1$  : X gezegeninin kütlesi

$m_2$  : Y gezegeninin kütlesi

$d$  : X ve Y gezegenlerinin merkezleri arasındaki uzaklık

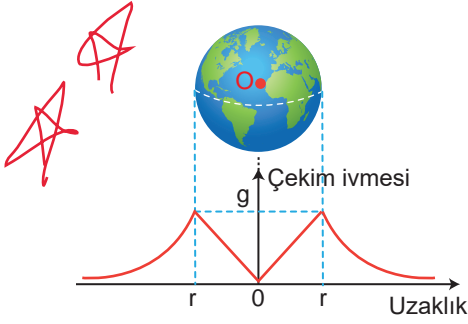
G: Kütle çekim sabiti ( $G = 6,673 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ )

Kendi eksenini etrafında dönen gezegenler kütle çekim kuvveti etkisiyle belirli bir yörüngede dolanım hareketi yapar. Bu hareket sırasında gezegenlerin açısal momentumu korunur. Bunun sebebi yörünge merkezine doğru olan kütle çekim kuvvetininin gezegen üzerinde bir tork oluşturmamasıdır. Benzer şekilde Ay ve yapay uyduların dolanım hareketinin sebebi de kütle çekim kuvvetidir.

Yapay uydular; iletişim, hava hareketlerinin tespiti ve askerî amaçlı birçok alanda kullanılmaktadır. İlk yapay uydu 4 Ekim 1957'de Sovyetler Birliği tarafından uzaya gönderilen Sputnik-1 adlı uydudur (Görsel 1.22).

Uzayda uydu sahibi 30 ülkeden biri olan Türkiye'nin aktif uydu sayısı Türksat 5A'nın da yörüngeye fırlatılmasıyla 7'ye ulaştı. Türkiye'nin şu an 4'ü haberleşme, 3'ü gözlem olmak üzere aktif hâlde 7 uydusu bulunmaktadır. Türksat 3A, 4A, 4B ve 8 Ocak 2021 tarihinde uzaya gönde-





Şekil 1.25: Çekim ivmesinin Dünya'nın merkezine olan uzaklığına bağlı değişim grafiği



Dünya d yoğunluklu r yarıçaplı homojen bir küre olarak kabul edilirse Dünya'nın kütlesi  $m_D = V \cdot d = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot d$  olur.

Bulunan kütle değeri çekim ivmesi bağıntısında yerine konulduğunda

$$g = \frac{G \cdot m_D}{r^2} = \frac{G \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot d}{r^2} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot G \cdot r \cdot d \text{ elde edilir.}$$

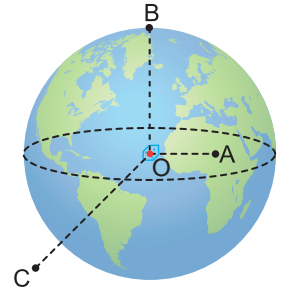
Sabit sayıların çarpımı k sabiti olarak alınırsa  $g = k \cdot d \cdot r$  bulunur.

Dünya'nın merkezinden yüzeye gidildikçe çekim ivmesi artar. Yüzeyde çekim ivmesi en büyük değerine ulaşırken Dünya yüzeyinden uzaklaştıkça çekim ivmesi, Dünya'nın merkezine olan uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak azalır (Şekil 1.25).

### Sıra Sizde - 15

Dünya'nın içinde bir A noktası, yüzeyde B noktası ve dışında C noktası belirlenmiştir.

Buna göre A, B ve C noktalarındaki çekim alanı kuvvet çizgilerinin yönlerini yandaki şekil üzerinde gösteriniz.



### 1.4.3. Kütle Çekim Potansiyel Enerjisi

Yerden belirli bir yükseklikte bulunan cisme etki eden yer çekimi kuvvetiyle cismin yer yüzeyine olan yüksekliğinin çarpımı yer çekimi potansiyel enerjisidir. Kütleler arasında oluşan kütle çekim kuvvetinin de kütleler arasındaki uzaklıkla çarpımı **kütle çekim potansiyel enerjisi** olarak tanımlanmaktadır. Kütleler arasındaki uzaklık azaldıkça kütle çekim potansiyel enerjisi azalır.

Kütle çekim kuvvetinin etkili olduğu kütlelerden birinin bulunduğu konumdaki toplam enerjisine **bağlanma enerjisi** denir. Kütlelerden birinin bu çekim kuvvetinin etkisinden kurtulması için cisme verilmesi gereken en küçük enerjiye de **kurtulma enerjisi** denir. Dünya çevresinde dolanan uydunun o yörüngede sahip olduğu enerji uydunun bağlanma enerjisidir. Uydunun Dünya'nın çekim etkisinden kurtulması için uyduya verilmesi gereken minimum enerji de kurtulma enerjisidir.

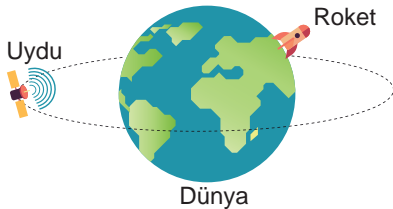
### Sıra Sizde - 16

Dünya'dan uzaya fırlatılmaya hazırlanmış bir roket ve Dünya etrafında dolanan bir iletişim uydusu şeklindeki gibi gösterilmiştir.

Buna göre

- I. Roketin, Dünya'nın çekim alanından kurtulabilmesi için gerekli enerjiye ..... denir.
- II. İletişim uydusunun bulunduğu yörünge üzerinde sahip olduğu toplam enerjiye ..... denir.
- III. İletişim uydusunun yörüngesinde dolanmasını sağlayan kuvvete ..... denir.

yukarıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü/sözcükleri yazınız.





# 5. BÖLÜM

# KEPLER KANUNLARI

## Konular

### 1.5.1. Kepler Kanunları

- Gün içerisinde Güneş'in farklı konumlarda gözlenmesinin sebebi ne olabilir?
- Gezegenler, Güneş çevresinde çembersel yörüngede mi dolanır?

Bu bölümde, gezegenlerin Güneş çevresindeki hareketleri Kepler Kanunları'yla açıklanarak, gök cisimleri ile ilgili çalışmalar yapan bazı bilim insanları hakkında bilgi verilecektir.



Görsel 1.24: Johannes Kepler  
(Temsili resmi)

### Meraklısına Bilgi

#### Johannes Kepler (1571-1630)

Johannes Kepler, 27 Aralık 1571'de Güneybatı Almanya'da doğdu. 16 ve 17. yüzyıllardaki bilimsel devrimin en önemli temsilcilerinden biridir.

Kepler, Tübingen Üniversitesinde öğrenim gördü. Kopernik'in yeni dünya sistemiyle tanıştı. Ünlü gökyüzü gözlemcisi Tycho Brahe'yle (Taykıl Brah) birlikte çalıştı. Uzun yıllar emek vererek keşfettiği ve kendi adıyla anılan üç yasa nedeniyle astronomide büyük bir ün kazandı. Optik ve matematik alanlarına da önemli katkılarda bulundu.

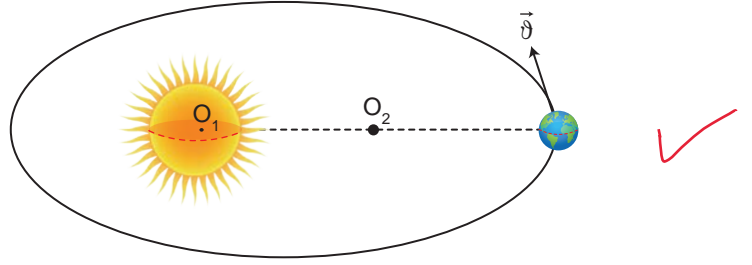
Kepler'in bilim dünyasındaki ünü, gezegenlerin hareketlerinin dayandığı yasaları tespit etmesi, Kopernik'in Güneş Sistemi Kuramı'nı kesinleştirmesi ve modern astronominin temellerini güçlendirmesi gibi çalışmalarından ileri gelir.

## 1.5.1. Kepler Kanunları

Johannes Kepler (Yuhannes Kepler) (Görsel 1.24), gezegenlerin Güneş etrafındaki hareketini Newton'ın kütle çekim kuvvetine dayanarak üç kanunla açıklamıştır.

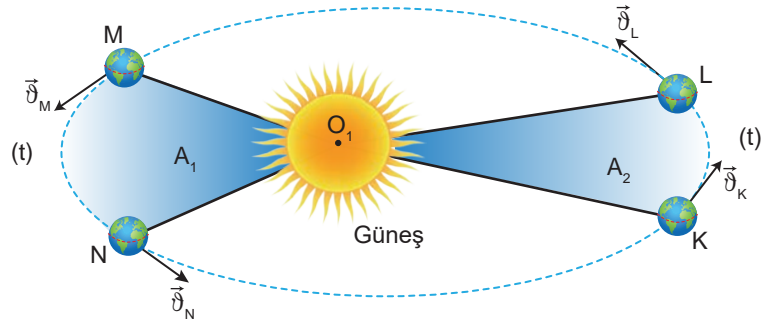
### 1. Yörüngeler Kanunu

Gezegenler, odaklarının birinde Güneş bulunan elips şeklindeki yörüngelerde dolar. Buna **yörüngeler kanunu** denir (Şekil 1.26).



Şekil 1.26: Dünya'nın Güneş etrafındaki eliptik yörüngesi ( $O_1$  ve  $O_2$  elipsin odaklarıdır.)

### 2. Alanlar Kanunu



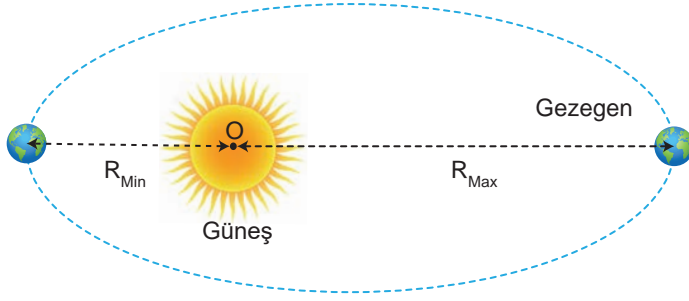
Şekil 1.27: Dünya, Güneş etrafında dolarken yarıçap vektörünün eşit zaman aralıklarında taradığı alanlar

Dünya, Güneş etrafında Şekil 1.27'deki gibi dolarken K'dan L'ye ve M'den N'ye eşit sürede ulaşırsa yarıçap vektörünün tarayacağı  $A_1$  ve  $A_2$  alanları da birbirine eşit olur. Açısal momentumun korunumu yasasına göre Dünya'nın hızı Güneş'e yaklaştıkça artar. Bu nedenle KL yayının uzunluğuyla MN yayının uzunluğu eşit değilken  $A_1$  ve  $A_2$  alanları birbirine eşittir.

### 3. Periyotlar Kanunu

Gezegenlerin Güneş etrafındaki dolanımları sırasında ortalama yörünge yarıçaplarının küpünün, dolanım periyotlarının karesine oranı daima sabittir. Buna **periyotlar kanunu** denir.

Gezegenlerin Güneş'e en yakın olduğu mesafeye  $R_{Min}$ , en uzak olduğu mesafeye  $R_{Max}$  denir.



Şekil 1.28: Gezegenin Güneş'e en yakın ve en uzak olduğu konumlar

Güneş etrafında dolanan gezegenin (Şekil 1.28) Güneş'e olan ortalama uzaklığına **ortalama yarıçap** denir.  $R_{Ort}$  ile gösterilen ortalama yarıçap

★  $R_{Ort} = \frac{R_{Max} + R_{Min}}{2}$  bağıntısıyla bulunur.

Periyotlar kanununa göre  $\frac{R^3}{T^2} = 3,367 \cdot 10^{18} \frac{m^3}{s^2}$  ye eşittir.

Güneş etrafında ortalama  $R_1$ ,  $R_2$  ve  $R_3$  yarıçaplı yörüngelerde dolanan gezegenler için periyotlar kanunu

★ ★ ★  $\frac{R_1^3}{T_1^2} = \frac{R_2^3}{T_2^2} = \frac{R_3^3}{T_3^2} = \text{sabit}$  şeklinde ifade edilir.

Her galaksi sistemi için "sabit" değerler birbirinden farklı olabilir.

Gökyüzü, insanlığın ilgisini hep çektiği için Kepler'den önce de birçok bilim insanı gökyüzüyle ilgili çalışmalar yapmıştır. 15. yüzyılda Semerkant'ta kurduğu rasathanede gökyüzünün haritasını çıkararak "Zic-i Uluğ" denilen yıldız kataloğunu oluşturan Uluğ Bey bunlardan biridir. Bu katalog Batlamyus'un (MS 85-165) uzun yıllar evrenle ilgili gözlemleriyle oluşturduğu evren modeli, ölçüm cetvelleri ve yıldız kataloğundan çok daha kapsamlı olduğu için sonraki dönemlerde bilim insanlarının rehberi olmuştur. Uluğ Bey'in yıldız kataloğundan yararlanarak oluşturduğu Gürgani Takvimi ise dönemin bilimsel tek takvimidir.

Hocası Uluğ Bey gibi Türk bilim insanı olan Ali Kuşçu, yaptığı çalışmalarda Ay'ın haritasını çıkarmış ve Ay'ın yüzeyi ile ilgili bilgileri detaylı olarak ortaya koymuştur. Farsça kaleme aldığı "Risaletün Fi'l Hey" (Astronomi Risalesi) adlı eserinde Dünya'yı yuvarlak olarak çizmiş ve Dünya yüzeyinde Türklerin yaşadığı bölgeleri göstermiştir. "Risaletü'l Fethiye" adlı eserinde de gök cisimleri ile yeryüzü arasındaki uzaklıklara değinmiştir.

1609 yılında kendi teleskobunu yapan Galileo Galilei (Galileo Galilei-1564-1642) teleskobuyla yaptığı incelemelerde Samanyolu Galaksisi'nde sönmüş yıldızlar olduğunu gözlemlemiştir. Yıldızların ışık yaydığı hâlde gezegenlerin ışık yaymadığını ve Güneş'in yüzeyinde lekeler olduğunu keşfetmiştir. Yaptığı çalışmalarla Kopernik'in Güneş merkezli sistem teorisini destekleyen sonuçlar elde etmiştir.