

# 6. HAFTA

**BÖLÜM 2 : TERS-KARE KUVVET KANUNU**

ÖZ-ENERJİ: ÇEKİM VE ELEKTROSTATİK

YÖRÜNGELER

KEPLER KANUNLARI

# ÖZ ENERJİ: ÇEKİM VE ELEKTROSTATİK

- Araların sonsuz uzaklık bulunan parçacıklar çekim veya elektrostatik kuvvetlerin etkisi altında ise, bu parçacıkları bir araya getirebilmek için iş yapmak gerekir. Yapılan bu iş cismin **öz-enerjisi** olarak tanımlanır. Çekim kuvveti çekici kuvvettir. Bu kuvvetin etkisi altındaki parçacıkları birbirinden ayırıp sonsuz uzaklığa götürebilmek için pozitif iş yapılmalıdır. Parçacıkları bir araya getirmek için yapılan iş negatif olacaktır. Yıldız veya galaksilerle ilgili problemleri çözerken çekim öz-enerjisini bilmek gerekir.

# ÖZ ENERJİ: ÇEKİM VE ELEKTROSTATİK

- N tane kütle içeren bir sistem olsun. Kütleler arası çekim enerjisi ile oluşan potansiyel enerji, kütle çiftlerinin potansiyel enerji toplamına eşittir. Bu tanıma göre sistemin öz-enerjisi aşağıdaki gibidir.

$$U_{\text{ö}} = -G \sum_{i \neq j} \frac{M_i M_j}{r_{ij}}$$

- Kütle kendisini çekemeyeceği için  $i = j$  durumu söz konusu değildir.

# Ters-Kare Kanunu Kuvvetleri Ve Statik Denge

- Statik tanımı ile durgun hal anlatılır. Aralarındaki etkileşimde yalnızca ters-kare kanunu kuvvetleri rol oynayan kütle veya yük grupları statik denge durumunda olmazlar. Statik bir sistemde tüm kütleler durgundur. İki kütle varsa, yukarı doğru sapmada, deneme kütesine denge konumuna getirmeye çalışan bir kuvvet etki eder. Ancak, sapma yana doğru ise, kuvvet de denge konumundan öteye olur. Kararlı denge durumunu düşünürsek, kuvvet her zaman denge noktasına doğrudur ve sapma yönü sonucu etkilemez.

# YÖRÜNGELER

- Kütlenin dairesel bir yörüngede hareket edebilmesi için, hızı ile yörüngenin merkezine olan uzaklığı arasında  $F = -(Mv^2/r)\bar{r}$  şeklinde bir bağıntı olması gerekmektedir. Burada  $F$  kuvveti merkezci kuvvet olup, yörüngenin merkezine doğru yönelmiştir. Eşitlikteki eksi işareti merkeze yönelimi gösterir.
- Güneş'in çekim alanında hareket eden gezegenlerin elips şekilli yörüngelerde dolandıkları ilk kez **Kepler** tarafından bulunduğu için, yörüngelerin dairesel şekilden sapmaları problemi, **Kepler Problemi** olarak bilinir.

# YÖRÜNGELER

$$\frac{1}{r} = \frac{GM^2M_2}{J^2} \left[ 1 - \left( 1 + \frac{2EJ^2}{G^2M^3M_2^2} \right)^2 \cos\theta \right]$$

- Bu denklemler elips, daire, parabol veya hiperbol gibi geometrik yörüngeleri gösterirler. **Dışmerkezlilik**  $e$  ile gösterilirse,  $s$  sabiti ortaya çıkan şeklin ölçeğini vermek koşulu ile bu tür bir yörüngenin denklemi:

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{se} (1 - e\cos\theta)$$

# YÖRÜNGELER

- Bu denklemde şekil:
  1.  $c > 1$  ise hiperbol
  2.  $c = 1$  ise parabol
  3.  $0 < c < 1$  ise elips
  4.  $c = 0$  ise çember olarak ortaya çıkar.

$$e = 1 + \left( \frac{2EJ^2}{C^2M} \right)^{1/2}$$

# YÖRÜNGELER

- Kuvvetin itici ve  $C$ 'nin pozitif olması durumunda  $E$  de pozitif olur. Böylece  $e$  her zaman 1 den büyük olur ve yörünge hiperbol şeklindedir.
- Kuvvet çekici ise,  $C$  negatif olacağından, kinetik enerji potansiyel enerjiden büyük olmak koşulu ile,  $E$  pozitif olur ve bu durum  $r$ 'nin sonsuza gitmesine kadar devam eder. Tersine bir durumda,  $E$  negatif olacak ve kütle sonsuza gidemeyecektir.  $E = 0$  durumunda parabol karşı gelir ve kütle sonsuza oluşur. Yörünge hiperbol ya da elips olması  $J$ 'nin büyüklüğüne değil  $E$ 'nin işaretine bağlıdır.



# YÖRÜNGELER

- Dairesel yörünge.

$$e = \sqrt{1 + \left( -\frac{GMM_2}{r} \frac{M^2GM_2r}{G^2M^2M_2^2M} \right)} = 0$$

- Görülen tüm yörüngeler P noktasından geçecek şekilde çizilmiştir. P noktasındaki hızın 0 ile P noktasına dik olması bir koşul olarak alınmıştır. Hızın P deki değişik değerleri değişik yörüngelere karşı gelir.

# Kepler Kanunları

- Gezegeler odaklarından birisinde Güneş'in bulunduğu elips şekilli yörüngelerde dolanırlar.
- Güneş ile gezegen arasındaki doğru parçası eşit zaman aralıklarında eşit alanlar süpürür.
- Gezegelerin Güneş çevresindeki periyodlarının kareleri, elipslerin yarı büyük eksenlerinin küpü ile orantılıdır.

# İki-Cisim Problemi

- $R_{km}$  sistemin kütle merkezini başlangıçla birleştiren vektördür.

$$R_{km} = \frac{M_1 r_1 + M_2 r_2}{M_1 + M_2}$$

- İndirgenmiş kütle

$$\mu = \frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2}$$

# KAYNAKLAR

- Bu slaytların hazırlanmasında ‘**MEKANİK BERKELEY FİZİK DERSLERİ CİLT 1**’ kullanılmıştır