

Bölüm 8: Potansiyel Enerji ve Enerjinin Korunumu

Kavrama Soruları

- 1- Hızı olmayan bir cismin enerjisi var mıdır?
- 2- Hızı olan bir cismin potansiyel enerjisinden bahsedilebilir mi?
- 3- Hangi durumlarda bir cisim üzerine yapılan iş yoldan bağımsızdır?
- 4- Ne zaman bir sistemin toplam mekanik enerjisi korunur?
- 5- Sürtünme kuvvetinden başka korunumsuz kuvvet var mıdır?

Konu İçeriği

Sunuş

8-1 Potansiyel enerji

8-2 Korunumlu ve korunumsuz kuvvetler

8-3 Korunumlu kuvvetler ve potansiyel enerji

8-4 Mekanik enerjinin korunumu

8-5 Korunumsuz kuvvetlerin yaptığı iş

8-6 Korunumlu kuvvet-potansiyel enerji ilişkisi

Sunuş

Bu bölümde, önce potansiyel enerji tanımlanacak, korunumlu kuvvetler ve korunumsuz kuvvetler arasındaki farka değinilecektir. Daha sonra korunumlu kuvvet ile potansiyel enerji arasında nasıl bir ilişki olduğu açıklanacaktır. Fizikte önemli bir kavram olan ve problem çözmede güçlü bir yöntem olan enerjinin korunumuna değinilecektir. Korunumsuz kuvvetlerin yaptığı iş tanımlandıktan sonra korunumlu kuvvet potansiyel enerji ilişkisi verilecektir.

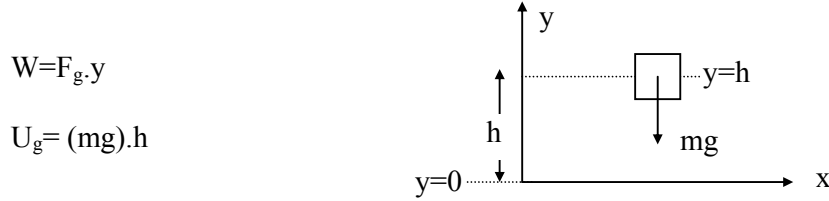
8-1 Potansiyel Enerji

Potansiyel enerji, etkileşmekte olan parçacıkların oluşturduğu bir sistemde parçacıkların düzenlenişlerinden (konumlarından) dolayı sahip oldukları enerji olarak tanımlanabilir. Böyle sistemlere dünya üzerindeki kütleli parçacık (kütle çekim), yaya bağlı bir kütle (kütle-yay sistemi) örnek olarak verilebilir.

Önceki bölümde (Bölüm 7) bir cismin hızından dolayı sahip olduğu enerjiyi de *Kinetik Enerji* olarak tanımlamıştık. Cisimlerin kinetik enerjisi hızla orantılıdır ve bütün cisimler için aynıdır. Potansiyel enerjinin formu ise etkileşen sisteme bağlıdır. Örneğin kütle-yay sistemi ile kütle çekim potansiyel enerjileri farklı ifadelerle sahiptirler.

Kütle Çekim Potansiyel Enerjisi:

Bir cismin üzerine etkiyen $F_g=mg$ kütle çekim kuvvetinin büyüklüğü ile cismin yüksekliğinin çarpımına kütle çekimi (yerçekimi) potansiyel enerjisi denir ve U_g ile gösterilir.



Potansiyel enerjinin birimi işin birimi ile aynıdır yani Joule'dür. Potansiyel enerji de *iş* ve *kinetik enerji* gibi skaler bir niceliktir.

Kütle çekim kuvvetinin bir cisim üzerinde yaptığı işi bulmaya çalışalım.

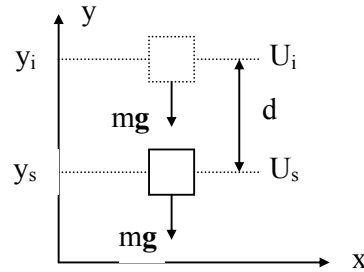
İş tanımı $W=F \cdot d$

$$F = -mg\hat{j}$$

$$d = (y_s - y_i)\hat{j} = d\hat{j}$$

$$W_g = F \cdot d = (-mg) \cdot (y_s - y_i)$$

$$W_g = -mg \cdot (y_s - y_i)$$



$$W_g = U_i - U_s = -(U_s - U_i) = -\Delta U_g$$

U_i = İlk potansiyel enerji

U_s = Son potansiyel enerji

$$W_g = -\Delta U_g$$

Kütle-çekim kuvvetinin cisim üzerinde yaptığı işin, sistemin kütle çekim potansiyel enerjisindeki değişimin negatifine eşittir.

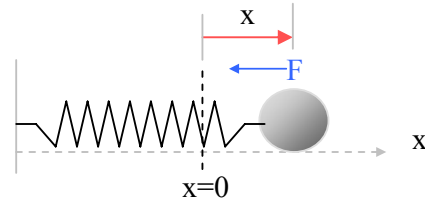
Esneklik Potansiyel Enerjisi:

Yaya etkiyen kuvvet $F = -kx$

Burada

k : yay sabiti

x : denge noktasından ölçülen yer değiştirme



Blok üzerinde yapılan iş:

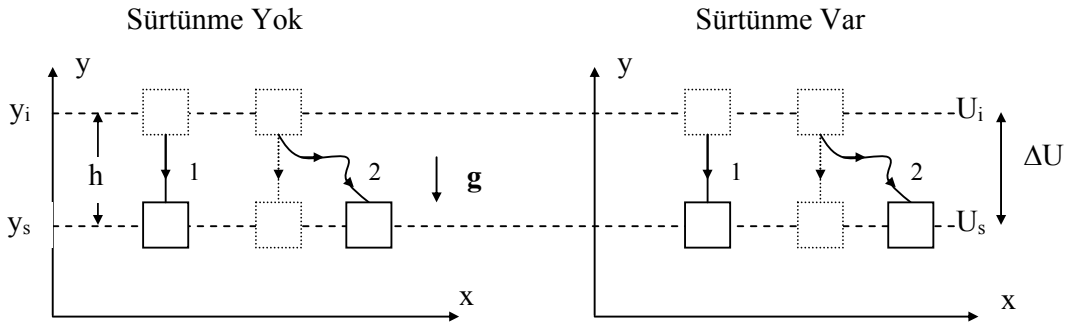
$$W_y = \int_{x_i}^{x_s} F \cdot dx = \int_{x_i}^{x_s} -kx \cdot dx = -\frac{1}{2}kx_s^2 - \left(-\frac{1}{2}kx_i^2\right) = -\frac{1}{2}k(x_s^2 - x_i^2)$$

Bloğun ilk konumunu $x=0$ denge konumundan ölçer isek, esneklik potansiyel enerjisini

$$U_y \equiv \frac{1}{2}kx^2$$

Şeklinde tanımlayabiliriz. Bu aynı zamanda yayda depolanan potansiyel enerjiye eşittir.

8-2 Korunumlu ve Korunumsuz Kuvvetler



Kütle çekim kuvvetinin yaptığı iş, cismin dikey olarak düşmesine (1) ya da eğik bir yol (2) boyunca hareket etmesine bağlı değildir, yani aldığı yoldan bağımsızdır sadece iki nokta arasındaki yüksekliğe (h) bağlıdır.

$$W_g = U_i - U_s = mg \cdot d$$

Kütle çekim kuvveti, yay kuvveti korunumlu kuvvetlerdir.

Kuvvetlerin iki önemli özelliği vardır:

- Bir kuvvetin, herhangi iki nokta arasında hareket eden bir parçacık üzerinde yaptığı iş, parçacığın aldığı yoldan bağımsız ise kuvvet korunumludur.

Eğer ortam sürtünmeli ise cismin son konuma nasıl götürüldüğü önemlidir. Çünkü yol uzar (2. yol > 1. yol) ise sürtünme kuvvetinin yapacağı iş ($W_s = -f_k \cdot d$), d yoluna bağlı olarak artar.

Sürtünme kuvveti korunumsuz bir kuvvettir.

Kuvvetlerin iki önemli özelliği ise:

- Bir kuvvet, kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamı olarak tanımladığımız E mekanik enerjisinde bir değişime neden olur ise, bu kuvvet korunumsuzdur.

- ii) Kapalı bir yol boyunca korunumlu kuvvetin parçacık üzerinde yaptığı iş sıfırdır.

8-3 Korunumlu Kuvvetler ve Potansiyel Enerji

Korunumlu bir kuvvetin bir parçacık üzerine yaptığı iş, parçacığın aldığı yola bağlı değildir, yalnızca parçacığın ilk ve son konumuna bağlıdır. Sonuç olarak öyle bir U potansiyel enerji fonksiyonu tanımlanabilir ki korunumlu kuvvet tarafından yapılan iş sistemin potansiyel enerjisindeki azalmaya eşit olsun.

$$W_k = \int_{x_i}^{x_s} F_x \cdot dx = -\Delta U$$
$$\Delta U = U_s - U_i = - \int_{x_i}^{x_s} F_x \cdot dx$$

8-4 Mekanik Enerjinin Korunumu

Bir sistemin toplam mekanik enerjisi, kinetik ve potansiyel enerjilerinin toplamı olarak tanımlanır.

$$E=K+U$$

E: sistemin toplam mekanik enerjisi

K: Kinetik enerji

U: Potansiyel enerji

Eğer sistemin enerjisi korunuyor ise ilk (E_i) ve son (E_s) mekanik enerji birbirine eşit olacaktır.

$$E_i=E_s$$

E_i : İlk toplam mekanik enerji

E_s : Son toplam mekanik enerji

$$K_i+U_i=K_s+U_s$$

Örnek 8.2 Şekilde görülen m kütleli bir top h kadar yükseklikten bırakılmıştır.

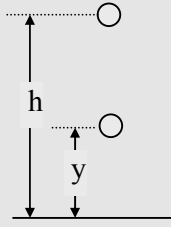
- a) Hava direncini ihmal ederek, yerden bir y-yükseklikte iken topun süratini bulunuz.
- b) Top ilk h yüksekliğinden bırakıldığı anda bir v_i ilk süratine sahip ise, topun y-deki süratini hesaplayınız.

Çözüm:

- a) Top durgun olarak bırakıldığı için $K_i=0$, $U_i=mgh$

Toplam mekanik enerji korunduğundan $E_i=E_s$

$$K_i+U_i=K_s+U_s$$
$$0+mgh=(\frac{1}{2})mv_s^2+mgy$$



$$v_s^2 = 2g(h-y) \Rightarrow v_s = (2g(h-y))^{1/2}$$

b) Top, v_i ilk hıza sahip olduğu için $K_i = (1/2)mv_s^2$, $U_i = mgh$

$$K_i + U_i = K_s + U_s$$

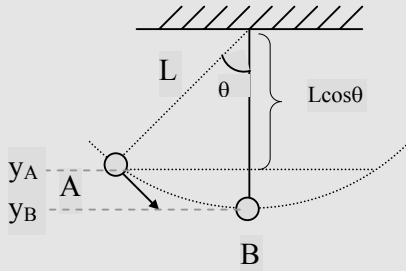
$$(1/2)mv_i^2 + mgh = (1/2)mv_s^2 + mgy$$

$$v_s^2 = v_i^2 + 2g(h-y) \Rightarrow v_s = (v_i^2 + 2g(h-y))^{1/2}$$

Örnek 8.3 Bir sarkaç şeklindeki gibi L uzunluklu hafif ipe bağlı m kütleli bir küreden oluşuyor. İp, düşeyle θ açısı yaptığında, küre durgun olarak bırakılıyor.

- a) Küre en alt nokta olan B noktasına geldiğinde sürati ne olur?
b) B noktasında iken ipteki T_B gerilmesi nedir?

Çözüm:



a) $y_A = L\cos\theta$, $U_A = -mgL\cos\theta$

$y_B = 0$, $U_B = -mgL$

$K_A + U_A = K_B + U_B$

$0 - mgL\cos\theta = (1/2)mv_B^2 - mgL$

$v_B = (2gL(1-\cos\theta))^{1/2}$

b) $\sum F_r = T_B - mg = ma_r = mv_B^2/L$

$T_B = mg + 2mg(1-\cos\theta)$

$T_B = mg(3-2\cos\theta)$ bulunur...

8-5 Korunumsuz Kuvvetlerin Yaptığı İş

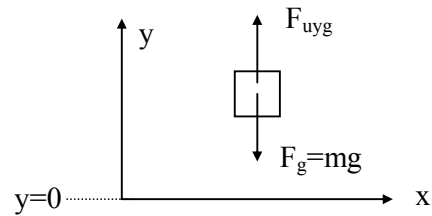
Bir cisme bir kuvvet uygulayarak herhangi bir yüksekliğe kaldırdığımızda uyguladığımız kuvvet, cisim üzerine W_{uyg} işini yapar. Bu esnada kütle çekim kuvveti de kitap üzerinde W_g işini yapar.

Kitap üzerinde yapılan net iş, iş-kinetik enerji teoremi ile tanımlandığı gibi, kinetik enerjideki değişime eşittir.

$$W_{uyg} + W_g = \Delta K$$

Kütle çekim kuvveti, korunumlu olduğu için $W_g = -\Delta U$

$$W_{uyg} = \Delta K + \Delta U$$



Bu sonuç, uyguladığımız kuvvetin sisteme kinetik enerji ve potansiyel enerji olarak aktarıldığını gösterir.

Kinetik Sürtünmeyi İçeren Durumlar:

Bir cisim d uzaklığı kadar yer değiştirirse iş yapan tek kuvvet kinetik sürtünme kuvvetidir. Bu kuvvet, cismi kinetik enerjisinde bir azalmaya neden olur

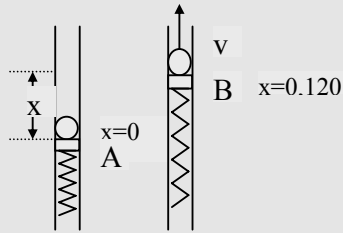
$$\Delta K_{\text{sürtünme}} = - f_k \cdot d$$

$$\Delta E = \Delta K + \Delta U = - f_k \cdot d$$

Eğer sürtünme olmamış olsaydı $\Delta E = 0$ olacaktı.

Örnek 8.7 Bir oyuncak tüfeğin atış işleyim (mekanizma) şekilde gösterildiği gibi kuvvet sabiti bilinmeyen bir yaydan oluşmuştur. Yay 0,0120 m sıkıştırıldığında tüfek düşey olarak ateşlendiğinde 35 g'lık bir mermiyi ateşleme öncesi konumunun üzerinde 20 m'lik bir maksimum yüksekliğe fırlatabilmektedir. Tüm direniş kuvvetlerini ihmal ederek yay sabitini bulunuz.

Çözüm:



$$E_A = E_C$$

$$K_A + U_{gA} + U_{yA} = K_C + U_{gC} + U_{yC}$$

$$0 + 0 + \left(\frac{1}{2}\right)kx^2 = 0 + mgh + 0$$

$$k = 953 \text{ N/m bulunur.}$$

8-6 Korunumlu Kuvvetler ile Potansiyel Enerji arasındaki Bağını

Korunumlu bir kuvvet bir cisme Δx kadarlık yer değiştirme yaptığında, bu kuvvetin yaptığı iş:

$$W = F_x \cdot \Delta x = -\Delta U$$

Eğer F_x kuvveti sonsuz küçük bir dx yer değiştirmesi yaparsa sistemin potansiyel enerjisindeki sonsuz küçük dU değişimini

$$dU = -F_x \cdot dx$$

olarak ifade edebiliriz. Buradan

$$F_x = -\frac{dU}{dx}$$

elde edilir. Bu eşitlik bize eğer potansiyel enerjinin x 'e göre yer değişimini biliyor isek cisme etki eden F_x kuvvetini bulmamızı sağlar.

Örnek olarak yay problemini ele alırsak; yayda depo edilmiş potansiyel enerji $U_{\text{yay}} = \left(\frac{1}{2}\right)kx^2$ dir. Buradan yayın uygulayacağı kuvveti yukarıdaki ifadeyi kullanarak bulabiliriz.

$$F_x = -\frac{dU_{yay}}{dx} = -\frac{d}{dx}\left(\frac{1}{2}kx^2\right) = -kx$$

Aynı şekilde kütle çekim potansiyelinden $U_g = mgy$ kütle çekim kuvvetini bulacak olursak

$$F_y = -\frac{dU_g}{dy} = -\frac{d}{dy}(mgy) = -mg$$

elde edilir.

Bölüm 8'in Sonu

Kaynak:

Bu ders notları,

R. A. Serway ve R. J. Beichner (Çeviri Editörü: K. Çolakoğlu), **Fen ve Mühendislik için FİZİK-I** (Mekanik), Palme Yayıncılık, 2005.

kitabından derlenmiştir.