

Bölüm 6

Potansiyel Enerji ve Enerjinin Korunumu

6.1. Potansiyel Enerji

Potansiyel enerji, etkileşmekte olan iki ya da çok parçacıktan oluşan bir sistemde parçacıkların düzenlenişlerinden dolayı sahip oldukları enerji olarak tanımlanabilir. Sistemin düzenlenişi değiştiğinde, potansiyel enerjisi de değişir.

Kütle çekim potansiyel enerjisi: Belli bir yükseklikten serbest bırakılan bir cisme etki eden kütle çekim kuvveti cisim üzerinde iş yapar ve cismin kinetik enerjisi artar. m kütleli bir cisim serbest bırakıldığı yükseklikte (y) bir potansiyel enerjiye sahiptir: $U_g \equiv mgy$ ve cismin düşme hareketi boyunca, bu potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşür. Kütle çekim kuvvetinin herhangi bir cisim üzerine yaptığı iş, sistemin potansiyel enerjisindeki değişimin eksi işaretlisine eşittir:

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

Esneklik potansiyel enerjisi: k yay sabitli bir yaya bağlanmış olan m kütleli cisme, sürtünmesiz yatay düzlemde hareketi sırasında yay tarafından $F_s = -kx$ kuvveti uygulanır. Bu kuvvetin cisim üzerine yaptığı iş

$$W_{es} = \frac{1}{2}kx_i^2 - \frac{1}{2}kx_s^2$$

şeklinde dir. Burada, x_i ve x_s koordinatları $x = 0$ denge konumundan ölçülür. Sistemin esneklik potansiyel enerjisi,

$$U_{es} = \frac{1}{2}kx^2$$

olarak tanımlanır. Bu da sıkıştırılmış yayda depolanan enerjidir:

$$W_{es} = U_i - U_s = -(U_s - U_i) = -\Delta U_{es}$$

6.2. Korunumlu ve Korunumsuz Kuvvetler

Korunumlu kuvvetlerin iki önemli özelliği vardır:

- Bir kuvvetin parçacık üzerine yaptığı iş, parçacığın izleyeceği yoldan bağımsız, sadece başlangıç ve bitiş noktalarına bağlı ise bu kuvvet korunumludur.
- Eğer başlangıç ve bitiş noktaları aynı ise korunumlu bir kuvvetin bu kapalı yol boyunca parçacık üzerine yaptığı iş sıfırdır.

Kütle çekim ve yay kuvvetleri korunumlu kuvvetlerdir. Korunumlu bir kuvvetin bir cisim üzerine yaptığı iş, cismin potansiyel enerjisindeki değişimin eksi işaretlisine eşittir:

$$W_k = U_i - U_s = -(U_s - U_i) = -\Delta U$$

Eğer kuvvet, mekanik enerjide bir değişikliğe yol açıyorsa bu kuvvet korunumsuzdur. Korunumsuz bir kuvvetin yaptığı iş ilk ve son noktalar arasında izlenen yola bağlıdır. Sürtünme kuvveti korunumsuz bir kuvettir. Kinetik enerjideki değişim

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

6.3. Mekanik Enerjinin Korunumu

İş-kinetik enerji teoremi; sisteme etki eden net kuvvetin yaptığı iş, sistemin kinetik enerjisindeki değişime eşittir:

$$W = K_s - K_i = \Delta K$$

Korunumlu bir kuvvetin yaptığı iş, bu kuvvete ait potansiyel enerjideki değişimin negatif işaretlisine eşittir:

$$W_k = -\Delta U = -(U_s - U_i)$$

Böylece, sadece korunumlu kuvvetlerin etkisindeki bir sistem için toplam mekanik enerji $E \equiv K + U$ korunur:

$$W = W_k \Rightarrow -\Delta U \Rightarrow K_i - U_i = K_s - U_s = E$$

6.4. Korunumsuz Kuvvetlerin Yaptığı İş

Eğer sistemdeki cisimlere etki eden tüm kuvvetler korunumlu değil ise, sistemin mekanik enerjisi korunmaz. Korunumsuz bir kuvvetin yaptığı iş sistemin mekanik enerjisindeki değişime eşittir ve

$$W_{korunumsuz} = \Delta E = E_s - E_i$$

ile verilir.

6.5. Korunumlu Kuvvetler ve Potansiyel Enerji Arasındaki Bağlantı

Sisteme etki eden kuvvetler korunumlu olduğunda, eğer sistemin potansiyel enerjisi bilinirse, korunumlu kuvvet nasıl bulunur? F_x korunumlu kuvveti etkisindeki parçacık Δx kadar yer değiştirir ise $\Delta W = F_x \Delta x = -\Delta U$ ile verilir. Eğer bu yer değiştirme sonsuz küçük ise, potansiyel enerjideki sonsuz küçük değişim

$$dU = -F_x dx$$

ile verilir. Buna göre korunumlu bir kuvvet bir boyutta

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

şeklinde potansiyel enerjiye bağlıdır. Daha genel olarak üç boyutta korunumlu kuvvet bir skaler fonksiyonun gradiyenti

$$\vec{F}(x, y, z) = -\vec{\nabla}U(x, y, z)$$

olarak ifade edilir.