BÖLÜM 7

İTME VE MOMENTUM

7.1. İtme (İmpuls)

Fiziğin temel yasalarından olan Newton'un ikinci yasasının ifadesinin $\vec{\boldsymbol{F}} = \boldsymbol{m}\vec{\boldsymbol{a}}$ olduğunu öğrenmiştik. Burada $\vec{\boldsymbol{a}}$ ivmesini, birim zamandaki hız değişimi olarak tanımlamış ve ivmeyi

$\vec{\boldsymbol{a}} = \frac{\Delta\vec{\boldsymbol{v}}}{\Delta\boldsymbol{t}}$ olarak ifade etmiştik. $\vec{\boldsymbol{a}}$ ivmesini yukarıdaki bağıntıda yerine yazarsak $\vec{\boldsymbol{F}} = \boldsymbol{m}\vec{\boldsymbol{a}} = \boldsymbol{m}\frac{\Delta\vec{\boldsymbol{v}}}{\Delta\boldsymbol{t}}$ olur ve buradan $\vec{\boldsymbol{F}}\Delta\boldsymbol{t} = \boldsymbol{m}\Delta\vec{\boldsymbol{v}}$ elde edilir. Bu denklemin sol tarafındaki $\vec{\boldsymbol{F}}\Delta\boldsymbol{t}$ ifadesine impuls (itme), sağ tarafındaki $\boldsymbol{m}\Delta\vec{\boldsymbol{v}}$ ifadesine de momentum değişimi denir.

7.2. Momentum

$\vec{V}$ hızı ile hareket eden m kütleli bir cismin momentumu, kütle ve hızın çarpımı olarak tanımlanır. Momentum p harfi ile gösterilir ve $\vec{P} = m\vec{v}$ şeklinde ifade edilir. Bir m skaleri ile $\vec{v}$ vektörünün çarpımına eşit olan momentum vektörel bir niceliktir. Momentumun yönü hız ile aynıdır ve SI birim sisteminde birimi kilogram.metre/saniye (kg.m/s) olarak verilir.

Bir cismin momentumu, kütlesi ve hızıyla orantılıdır. Hızları aynı olan bir balonla bir futbol topunun momentumları farklı olduğundan yapacakları etkiler de farklı olur. Örneğin, her ikisini durdurmak istersek futbol topuna daha fazla kuvvet uygulamamız gerekir. Kütleleri aynı olan iki futbol topunun hızları farklıysa, hızı büyük olanın momentumu daha fazla büyük olacağı için çarptığı engele vereceği itme daha büyük olur. *Duran* bir *cismin momentumu ise sıfırdır.* Birim zamandaki momentum değişiminin, kuvvete eşit olduğu şeklindeki bağıntı Newton tarafından ifade edilmiş olup $\vec{F} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$ ifadeleri ile verilir. *Yukarıdaki eşitlik momentumdaki değişimin itmeye eşit olduğunu ifade eder.* Yani, F kuvvetinin impulsu cismin momentumundaki değişime eşittir. İmpuls-momentum teoremi olarak bilinen bu ifade, Newton'un ikinci yasasına eşdeğerdir.

7.3. Momentumun ve Kinetik Enerji İlişkisi

Bir cismin Kinetik Enerjisi $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ ifadesi ile verilen skaler bir niceliktir ve birimi $kg\frac{m^2}{s^2}$ olup 1 Joule'e eşittir.

Kinetik enerji terimi m ile çarpılıp, m'ye bölünürse $E_k = \frac{1}{2}\frac{m^2v^2}{m}$ eşitliği elde edilir. $P = m.V$ ifadesinden yararlanılarak kinetik enerjinin momentuma bağlı ifadesi;

$$E_k = \frac{P^2}{2m}$$

elde edilir.

7.4. Momentumun Korunumu

Newton, Dinamiğin II. Prensibini, momentum terimiyle ifade ederek şöyle demiştir: “ Bir cismin momentumundaki değişme miktarı, cisme uygulanan net kuvvetle doğru orantılıdır ve o kuvvetin yönündedir.” Newton’un 2. Yasasında $\vec{F} = m.\vec{a}$ ifadesinde $\vec{a}$ yerine $\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ yazılırsa

$$\vec{F} = m.\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

elde edilir. Buradan;

$$\vec{F}\Delta t = m.\Delta\vec{v} \quad ; \qquad \Delta v = \vec{v_s} - \vec{v_i}$$

$$\vec{F}\Delta t = m.(\vec{v_s} - \vec{v_i})$$

$$\vec{F}\Delta t = \vec{P_s} - \vec{P_i}$$

$\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{P}$ eşitliği elde edilir.

Eşitliğin sol tarafı itme sağ tarafı momentum değişimidir. Öyleyse bir cisme uygulanan itme, cismin momentumundaki değişikliğe eşittir. Bir cisme etkiyen kuvvet sıfır ise;

$$\boldsymbol{\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{P} = 0}$$

$$\Delta\boldsymbol{\vec{P}} = \vec{P}_{son} - \vec{P}_{ilk}$$

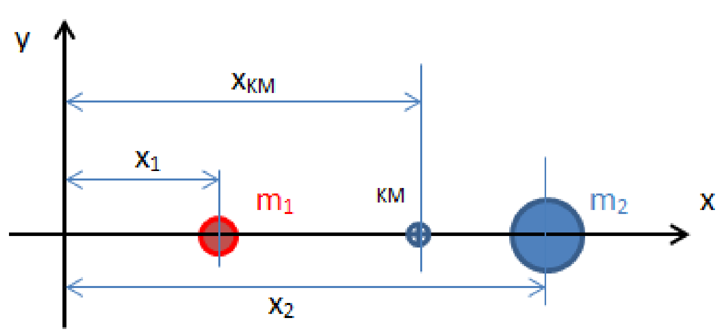
olduğundan

$$\vec{P}_{son} - \vec{P}_{ilk} = 0 \Rightarrow \vec{P}_{son} - \vec{P}_{ilk}$$

elde edilir. Bir cisme uygulanan net itme sıfır ise, cismin momentumu korunur. Momentumun korunumu kanunu, fiziğin temel korunum kanunlarından biridir.

İki Parçacıklı Sistemlerin Kütle Merkezi

Bulabileceğimiz en basit parçacık sistemi iki parçacıktan oluşan sistemdir. Şekilde hafif katı bir çubukla tutturulmuş parçacık çifti böyle bir sistemdir.



Bu sistemin kütle merkezi parçacıkları birleştiren doğru üzerinde ve kütlesi büyük olan parçacığa yakın bir konumda olmalıdır. Bu düşüncenin doğruluğunu şöyle test edebiliriz. Eğer tek bir F kuvvetini, bu sistemde nereye uygularsak sistem F kuvveti yönünde hareket eder? Kütle merkezi dışındaki uygulama noktaları sistemin dönmesine sebep olacaktır. Şekilde verilen sistemin kütle merkezi her iki parçacık da x ekseni üzerinde konumlandırıldığı için x ekseni üzerinde olacaktır.

Bu noktanın koordinatı;

$$x_{KM} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$$

Bu basit örnekten yola çıkarak kütle merkezinin konumu üç boyutlu uzaya yayılmış çok parçacıklı sistemler için genellenebilir.

$$x_{KM} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + \cdots + m_n x_n}{m_1 + m_2 + \cdots + m_n} = \frac{\sum_i m_i . x_i}{\sum_i m_i}$$

$$y_{KM} = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2 + \cdots + m_n y_n}{m_1 + m_2 + \cdots + m_n} = \frac{\sum_i m_i . y_i}{\sum_i m_i}$$

$$z_{KM} = \frac{m_1 z_1 + m_2 z_2 + \cdots + m_n z_n}{m_1 + m_2 + \cdots + m_n} = \frac{\sum_i m_i . z_i}{\sum_i m_i}$$

Kütle merkezinin konum vektörü yukarıda verilen bileşenlerden yararlanılarak;

$$\vec{r}_{km} = x_{KM}\hat{\imath} + y_{KM}\hat{\jmath} + z_{KM}\hat{k}$$

olarak ifade edilir.