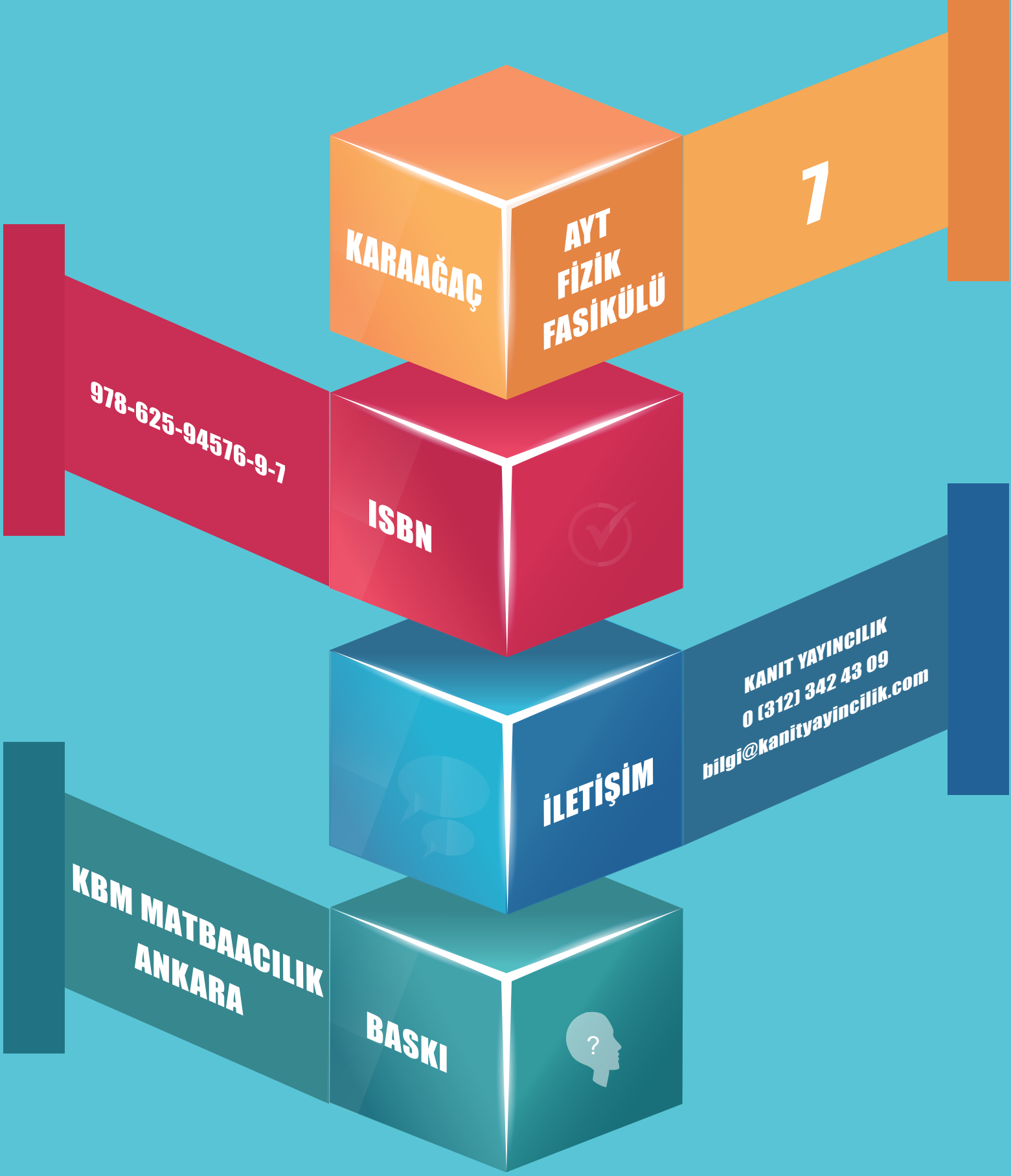




Bu ürünün tüm hakları Kanıt Yayıncılık Dağıtım Pazarlama A.Ş.'ye aittir. Tamamının ya da bir kısmının ürünü yayımlayan Kanıt Yayıncılık'ın önceden izni olmaksızın fotokopi ya da elektronik, mekanik herhangi bir kayıt sisteminde çoğaltılması, yayımlanması ve depolanması yasaktır.



bilimyoluyayincilik



0538 542 83 05

www.kanitkitapdagitim.com



Bütün ümidim gençliktedir.

K. Atatürk

İçindekiler



İtme ve Momentum	5
Çembersel Hareket	41
Kütle Çekimi ve Kepler	79
Basit Harmonik Hareket	91

İtme ve Momentum

Sürtünmesiz yatay düzlemde durmakta olan m kütleli bir cisme sabit F kuvveti uygulandığında cismin hızı, uygulanan kuvvetin yönünde düzgün olarak artar. Cismin hızındaki artış, uygulanan kuvvetin büyüklüğü ve uygulama süresi ile doğru orantılı iken cismin kütlesi ile ters orantılıdır. Cisme etki eden kuvvet ile kuvvetin uygulama süresinin çarpımına “**itme**”, cismin kütlesi ile hızının çarpımına “**momentum**” denir.

1. İTME (impuls)



Dinamiğin temel kanununa göre; kuvvet, kütle ve ivme arasındaki ilişki;

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \text{ 'dır.}$$

İvme, birim zamanda cismin hızındaki değişim olduğundan;

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

bağıntısı, ilk bağıntıda yerine yazılırsa;

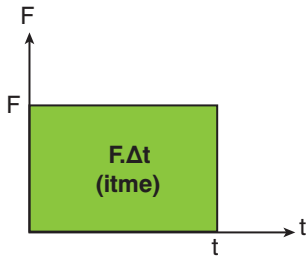
$$\vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

ve elde edilen bağıntı düzenlenirse;

$$\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$$

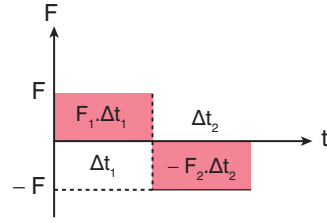
sonucuna ulaşılır. Bağıntıdaki kuvvet ile zaman çarpımına “itme” denir ve $\vec{I}$ sembolü ile gösterilir. Kuvvet, vektörel bir büyüklük olduğundan itme de vektörel bir büyüklük olup uygulanan kuvvet ile itmenin yönü aynıdır.

★.



Bir cisme t süresince sabit F kuvveti uygulanırsa cisme ait kuvvete bağlı zaman grafiği şekildeki gibi çizilip grafiğin altındaki kalan alan cisme etki eden itmeyi verir.

★.



Cisme etki eden net kuvvetin doğrultusu aynı kalmak koşulu ile yönü ve şiddeti grafikteki gibi verildiğinde, zaman ekseninin üstünde kalan alan pozitif yöndeki itmenin büyüklüğünü, zaman ekseninin altında kalan alan ise negatif yöndeki itmenin büyüklüğünü verir.

Cisme verilen toplam itme ise grafikteki alanların cebirsel toplamına eşittir.

$$\text{Toplam İtme} = F_1 \cdot \Delta t_1 + (-F_2 \cdot \Delta t_2)$$

2. MOMENTUM (Linear Momentum)

Bir cismin kütlesi ile hızının çarpımına “**momentum**” denir. Momentum, cismin hangi yönde hareket ettiğini, duran cismi harekete geçirmek veya hareket halindeki cismi durdurmak için gerekli olan itmelerin büyüklüğünü açıklar. Buna göre, momentum;

$$\vec{P} = m \cdot \vec{v}$$

bağıntısı ile bulunup $\vec{P}$ sembolü ile gösterilir. Hız, vektörel bir büyüklük olduğu için momentum da vektörel bir büyüklük olup momentum vektörü ile hız vektörü aynı yönlüdür.

$$\vec{P} = m \cdot \vec{v}$$

bağıntısındaki hız vektörü cismin hangi yönde hareket ettiğini ve hız değişimi süresince cismin ne kadar yol aldığını ifade ederken, momentum vektörü $\vec{v}$ hızıyla hareket eden m kütleli cismin durdurulmasını veya duruyorsa $\vec{v}$ hızına ulaşması için gereken itmenin büyüklüğünü ve itmenin yönünü ifade eder. Kuvvet ile zamanın çarpımının, cismin kütlesi ile hızındaki değişiminin çarpımına eşitliğinden;

$$\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$$

$$\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \vec{v}_s - m \cdot \vec{v}_i$$

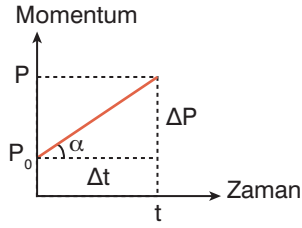
$$\vec{F} \cdot \Delta t = \vec{P}_s - \vec{P}_i$$

$$\vec{F} \cdot \Delta t = \Delta \vec{P}$$

İtme ve Momentum

sonucuna ulaşılır. Dolayısıyla, cisme verilen itme, cismin momentumundaki değişimine eşittir.

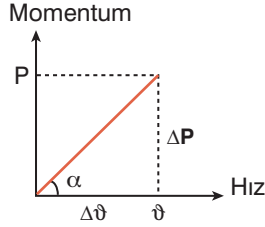
★



Momentum-zaman grafiğinin eğimi, cisme uygulanan kuvveti verir.

$$\tan \alpha = \frac{P - P_0}{\Delta t} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{F \cdot \Delta t}{\Delta t} = F$$

★



Momentum-hız grafiğinin eğimi, cismin kütlesini verir.

$$\tan \alpha = \frac{\Delta P}{\Delta v} = \frac{m \cdot \Delta v}{\Delta v} = m$$

Momentum-Kinetik Enerji İlişkisi

Sabit v hızıyla hareket eden m kütleli bir cismin kinetik enerjisi;

$$E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \text{ dir.}$$

Cismin kinetik enerjisi kütlesi ile çarpılıp, bölünürse;

$$E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \cdot \frac{m}{m}$$

$$E_K = \frac{1}{2} \cdot \frac{m^2 \cdot v^2}{m}$$

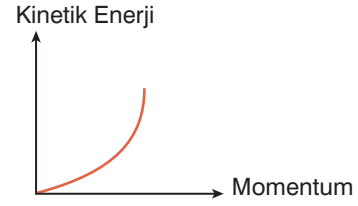
sonucuna ulaşılır. Kütlesi m , hızı v olan cismin momentumu;

$$P = m \cdot v$$

olup kinetik enerji bağıntısında $m^2 \cdot v^2$ yerine P^2 yazılırsa, cismin kinetik enerjisi ile momentumu arasında;

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

ilişkisinin olduğu sonucuna ulaşılır. Cismin kinetik enerji-momentum grafiği ise şekildeki gibi çizilir.



Kuvvet, zaman değişimi, itme sembol ve birimleri ile;

Nicelik	Kuvvet	Uygulama Süresi	İtme
Sembol	F	Δt	I
Birim	Newton (N)	Saniye (s)	N.s

kütle, hız ve bunlara bağlı olarak momentum birim ve sembolleri tablolarda gösterildiği gibidir.

Nicelik	Kütle	Hız	Momentum
Sembol	m	v	P
Birim	kilogram (kg)	metre/saniye ($\frac{m}{s}$)	$kg \cdot \frac{m}{s}$

MOMENTUM KORUNUMU

Farklı iki cismin birbirlerine eşit büyüklükte itme kuvveti uygulamaları ile kısa süreli etkileşimlerine "çarpışma" denir. Çarpışma sonrası cisimler beraber veya ayrı ayrı hareket edebilirler. Hangi çeşit çarpışma olursa olsun sisteme etki eden toplam dış kuvvet sıfır ise etkileşmeden önceki momentumların vektörel toplamı, etkileşmeden sonraki momentumların vektörel toplamına eşittir. Buna, "**momentumun korunumu**" denir.

İtme;

$$\vec{F} \cdot \Delta t = 0$$

momentum değişimleri;

$$\Delta \vec{P} = 0$$

olur ve bağıntı;

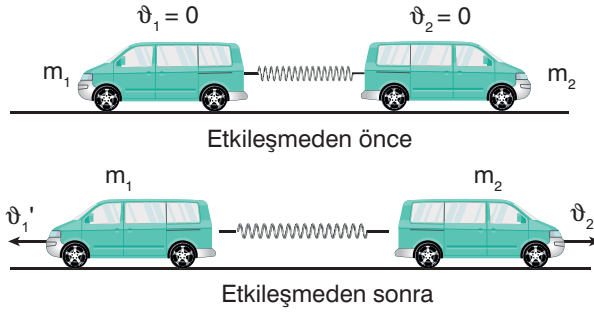
$$\vec{P}_{\text{son}} - \vec{P}_{\text{ilk}} = 0$$

$$\vec{P}_{\text{ilk}} = \vec{P}_{\text{son}}$$

$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \vec{P}_1' + \vec{P}_2'$$

şeklinde yazılır.

Etkileşen İki Cismin Momentum Değişimleri



Sürtünmesiz yatay düzlemde, aralarında sıkıştırılmış yay bulunan arabalar serbest bırakılırsa, yayın iki cisme uyguladığı itmeler eşit olur. Arabaların kazandıkları momentumlar ve arabaların zıt yönlü momentum değişimleri eşit olur.

$$\begin{aligned}\vec{P}_{ilk} &= \vec{P}_{son} \\ 0 &= \vec{P}_1' + \vec{P}_2' \\ \vec{P}_1' &= -\vec{P}_2' \\ m_1 \cdot \vec{v}_1' &= -m_2 \cdot \vec{v}_2'\end{aligned}$$

Arabaların kazandıkları hız büyüklükleri ise kütleleri ile ters orantılı olarak bulunur.

$$\frac{\vec{v}_1'}{\vec{v}_2'} = \frac{m_2}{m_1}$$

ÇARPIŞMALAR

Çarpışmalar, merkezi olan çarpışmalar veya merkezi olmayan çarpışmalar şeklinde ikiye, bunlar da yine kendi aralarında esnek olan veya esnek olmayan çarpışmalar şeklinde ikiye ayrılır.

Cisimler, hem çarpışmadan önce hem de çarpışmadan sonra sürekli aynı doğrultuda hareket ederlerse böyle çarpışmalara “**merkezi esnek çarpışma**”, çarpışmadan önce ve çarpışmadan sonra cisimlerin hareket doğrultularında farklılıklar varsa böyle çarpışmalara da “**merkezi olmayan esnek çarpışmalar**” denir.

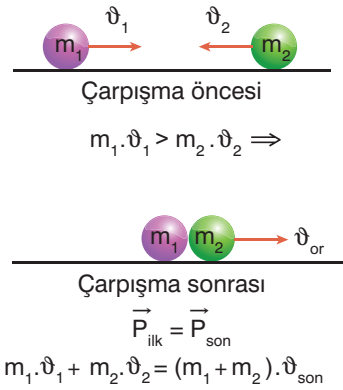
Esnek çarpışmalarda, cisimlerin şeklinde kalıcı değişiklikler olmaz ve cisimler birbirlerinden ayrı ayrı hareket ederler. Cisimler çarpışma esnasında kenetlenirlerse bu çarpışma şekli, esnek olmayan çarpışma olarak ifade edilir. Momentum korunumu bütün çarpışmalar için geçerlidir.

$$\begin{aligned}\vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \dots &= \vec{P}_1' + \vec{P}_2' + \dots \\ m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 + \dots &= m_1 \cdot \vec{v}_1' + m_2 \cdot \vec{v}_2' + \dots\end{aligned}$$

1. Merkezi Fakat Esnek Olmayan Çarpışmalar

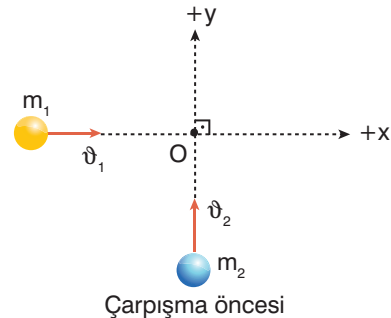
Cisimlerin çarpışma öncesi ve çarpışma sonrası momentum toplamı eşittir. Bu tür çarpışmalarda, çarpışma sonrası beraber hareket eden cisimlerin hareket doğrultuları değişmezken toplam kinetik enerjileri azalır. Cisimlerin ilk kinetik enerjileri toplamı ile son kinetik enerjileri toplamının farkı, ısıya dönüşen enerjiyi verir.

Merkezi fakat esnek olmayan çarpışmalarda, çarpışma sonrası beraber hareket eden cisimlerin hareket yönleri, çarpışma öncesi momentumu büyük olan cismin hareket yönü ile aynı olur.

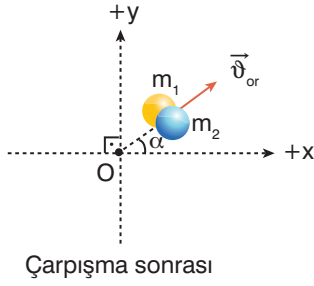


2. Hem Merkezi Olmayan Hem de Esnek Olmayan Çarpışmalar

Bu tür çarpışmalarda momentum korunur fakat kinetik enerji korunmaz. Çarpışma sonrası beraber hareket eden cisimlerin hareket doğrultuları, ilk hareket doğrultularına göre değişir.



İtme ve Momentum



Çarpışma sonrası

Cisimlerin çarpışma öncesi ve çarpışma sonrası momentumları hem yatay hem de düşey doğrultuda incelenir.

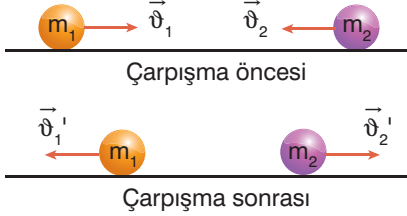
Yatay Doğrultu:

$$m_1 \cdot v_1 = (m_1 + m_2) \cdot v_{or} \cos \alpha$$

Düşey Doğrultu:

$$m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v_{or} \sin \alpha$$

3. Merkezi ve Esnek Çarpışmalar



Çarpışma öncesi

Çarpışma sonrası

v_1 ve v_2 hızlarıyla hareket eden m_1 ve m_2 kütleli cisimler çarpıştıklarında, aralarında çok kısa süreli bir etkileşim meydana gelir. Bu etkileşim sırasında m_1 kütleli cisim m_2 kütleli cisme, m_2 kütleli cisimde m_1 kütleli cisme eşit büyüklükte fakat zıt yönlü kuvvetler uygular ve cisimlere etki eden bu eşit şiddetli kuvvetlerde cisimlerin hızlarını değiştirir.

Merkezi ve esnek çarpışmalarda sistemin toplam momentumunun yanında kinetik enerjisi de korunur ve bu tür çarpışmalarda, cisimlerin çarpışma sonrası hız büyüklüklerini bulabilmek için

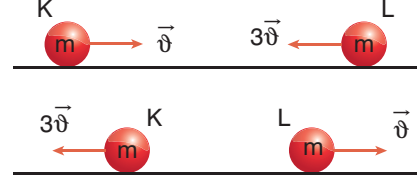
$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

$$v_1 + v_1' = v_2 + v_2'$$

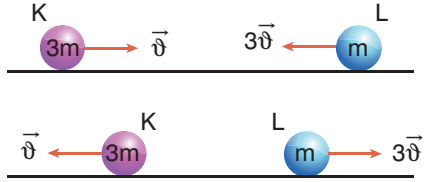
bağıntıları kullanılır.

Merkezi Esnek Çarpışmalarla İlgili Özel Durumlar

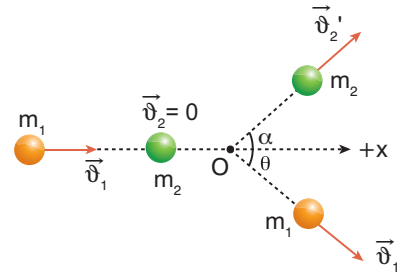
- I. Çarpışan cisimlerin kütleleri eşit ise cisimler hızlarını birbirlerine aktarırlar.



- II. Çarpışma yapan cisimlerin çarpışma öncesi momentumlarının toplamı sıfır ise, cisimler geldikleri hızlarla geri dönerler.



4. Merkezi Olmayan Esnek Çarpışmalar



Şekilde görüldüğü gibi v_1 hızı ile hareket eden m_1 kütleli cisim, durmakta olan m_2 kütleli cisim ile merkezi olmayan esnek çarpışma yapıyor. Çarpışma sonrası yatay doğrultu ile α ve θ kadarlık açılar yapacak şekilde saçılan cisimlerin çarpışma öncesi ve çarpışma sonrası toplam momentumları hem yatay hem de düşey doğrultuda korunur.

Yatay Doğrultu:

$$\vec{P}_{ilk} = \vec{P}_{son}$$

$$m_1 \cdot v_1 = m_1 \cdot v_1' \cos \theta + m_2 \cdot v_2' \cos \alpha$$

İtme ve Momentum

Düşey Doğrultu:

$$\vec{P}_{ilk} = \vec{P}_{son}$$

$$0 = m_1 \cdot \vec{v}_1' \cdot \sin \theta - m_2 \cdot \vec{v}_2' \cdot \sin \alpha$$

Merkezi olmayan esnek çarpışmalarda enerji kaybı olmadığı için toplam kinetik enerjide momentum gibi korunur.

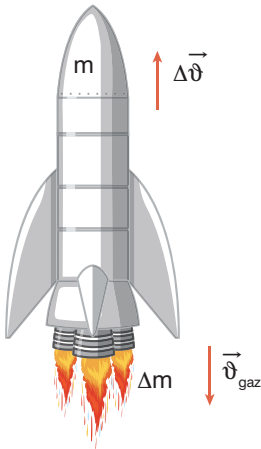
Silahların geri tepmesi:



Silah ve merminin başlangıçtaki momentumları sıfır olduğundan silahın ateşlenmesinden sonraki momentumları da sıfır olmalıdır.

$$0 = m_{silah} \cdot \vec{v}_{silah} + m_{mermi} \cdot \vec{v}_{mermi}$$
$$m_{mermi} \cdot \vec{v}_{mermi} = -m_{silah} \cdot \vec{v}_{silah}$$

Roketler:



Roketler, depolarındaki yakıtların yanmasıyla ve bu yanma sırasında oluşan gazların geriye doğru hareketlerinin etkisiyle, ileri doğru hareket eden araçlardır. Tıpkı bir çocuk balonunun

şişirilip sonra ağzı açık halde serbest bırakıldığında balonun çıkan gaza zıt yönde hareket etmesi gibidir. Roketlerde yanma sonucu meydana gelen gaz büyük bir çıkış hızıyla atılır. Gaz atıldıktan sonra kalan kütle m, atılan gazın kütlesi Δm olsun. Roket hızındaki değişim Δv için

$$\Sigma \vec{P}_{ilk} = \Sigma \vec{P}_{son}$$

$$0 = m \cdot \Delta \vec{v} + \Delta m \cdot \vec{v}_{gaz}$$

$$\Delta \vec{v} = \frac{\Delta m}{m} \cdot \vec{v}_{gaz} \text{ olur.}$$

$\frac{\Delta m}{m}$ oranının çok büyük olması için genelde gaz kullanılır.

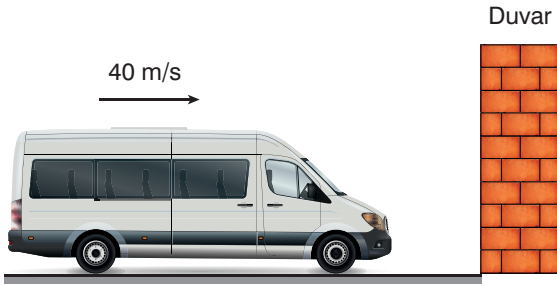
B
i
l
i
M
Y
O
L
U

Y
A
Y
I
N
C
I
L
I
K

1. Sürtünmesiz ortamda 10 m/s hızla hareket etmekte olan 2 kg kütleli bir cisme 6 saniye süreyle cismin hareket yönünde sabit 5 N'luk kuvvet etki ediyor.

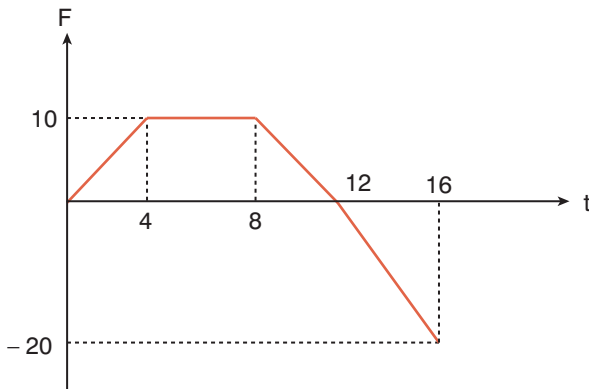
Bu sürenin sonunda cismin hızı kaç m/s olur?

2. 3 kg kütleli bir araba, şekildeki gibi 40 m/s hızla bir duvara çarpıp 10 m/s hızla geri dönüyor.



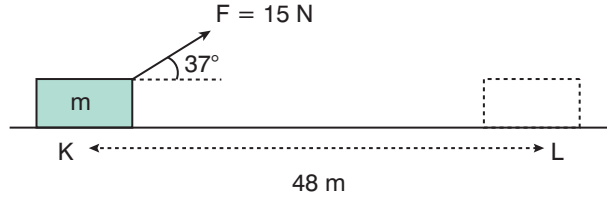
Arabanın duvarla etkileşme süresi 0,6 saniye olduğuna göre, duvarın cismi uyguladığı kuvvet kaç Newton olur?

3. İlk hızı 15 m/s olan 8 kg kütleli cisme uygulanan net kuvvetin zamana bağlı değişim grafiği şekildeki gibidir.



Buna göre, cismin 16. saniyedeki hızı kaç m/s olur?

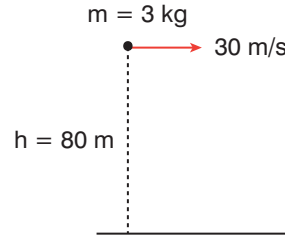
4. Sürtünmesiz yüzeyde durmakta olan 2 kg kütleli cisme K'dan L'ye kadar sabit 15 N'luk kuvvet uygulanıyor.



Bu aralıkta cisme verilen itme kaç N.s'dir?

($\cos 37^\circ = 0,8$)

5. Şekildeki 3 kg kütleli cisim, yerden 80 m yükseklikten yatay doğrultuda 30 m/s hız ile atılıyor.



Cisim atıldıktan yere çarpıncaya kadar ki geçen sürede cismin momentumundaki değişimin büyüklüğü kaç $\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$ olur?

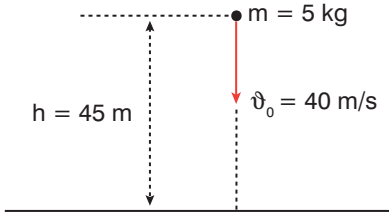
6. 20 m/s hızla hareket etmekte olan 2 kg kütleli cisme 200 N'luk F kuvveti cismin hareket yönüne zıt uygulanıyor.



t süre sonunda cismin hareket yönü değişip hızı 5 m/s olduğuna göre, kuvvetin cisme uygulanma süresi kaç saniyedir?

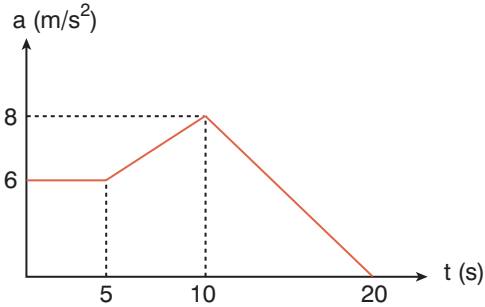
İtme ve Momentum

7. Şekildeki 5 kg kütleli cisim aşağı yönde 40 m/s hızla atılıyor ve cisim zemine çarpınca 30 m/s hızla yukarı yönde sıçırıyor.



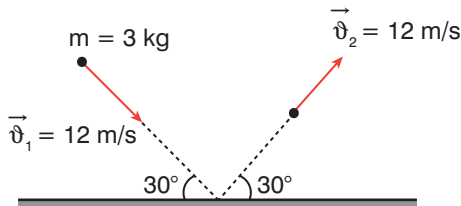
Cisim ile zemin arasındaki etkileşim 0,2 saniye sürdüğüne göre, yatay zeminin cisme uyguladığı ortalama kuvvet kaç N olur?

8. Şekildeki grafik, kütlesi 2 kg olan bir cismin ivme-zaman grafiğidir.



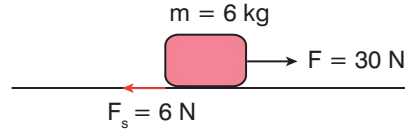
20 s sonunda cismin momentum değişimi nedir?

9. Yatay sürtünmesiz düzleme şekildeki gibi 12 m/s hızla çarpan cisim, yüzeyi yine 12 m/s hızla terk etmektedir.



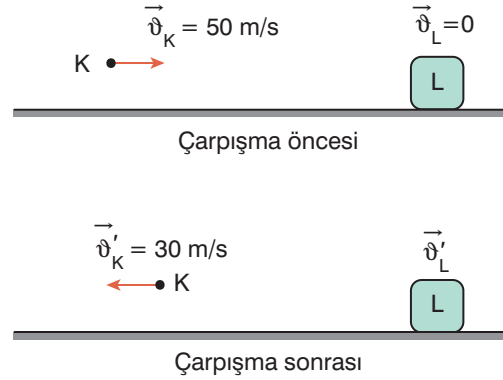
Etkileşim süresi 0,4 saniye olduğuna göre, zeminin cisme uyguladığı tepki kuvveti kaç Newton'dur?

10. Başlangıçta durmakta olan 6 kg kütleli bir cisim, şekildeki kuvvetlerin etkisi altında yatay doğrultuda 50 m yol alıyor.



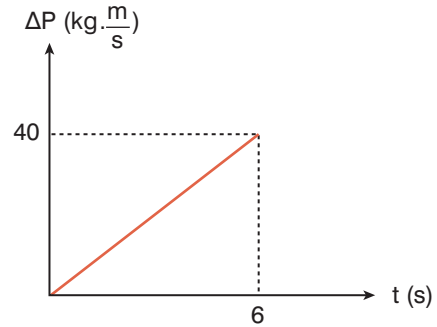
Bu hareket sırasında cisme verilen itme kaç N.s olur?

11. Sürtünmesiz yatay düzlemde durmakta olan 8 kg kütleli L cisminin, 2 kg kütleli K cismi yatay doğrultuda 50 m/s hızla çarpıp 30 m/s hız ile geri sıçırıyor.



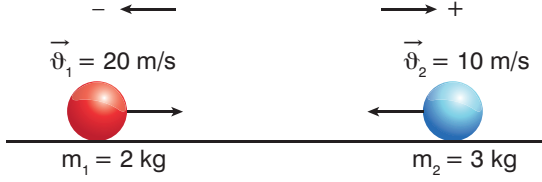
Buna göre, L cisminin çarpışma sonrası hızı kaç m/s olur?

12. İlk hızı 12 m/s olan 5 kg kütleli bir cismin, momentumunun değişiminin zamana bağlı grafiği şekildeki gibidir.



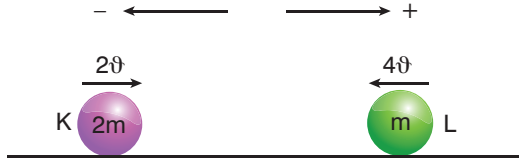
Grafiğe göre cismin 6. saniyedeki hızı kaç m/s'dir?

1. Yatay ve sürtünmesiz düzlemde hareket eden iki cisim, merkezi esnek çarpışma yapıyor.



Çarpışma sonrası cisimlerin hızları v'_1 ve v'_2 kaç m/s olur?

2. Şekildeki K ve L cisimleri esnek çarpışma yapıyor.

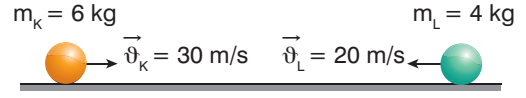


Buna göre, sürtünmesiz ortamda K cisminin L cisimine verdiği itme kaç $m \cdot v$ 'dir?

3. $v_K = 4 \text{ m/s}$ $v_L = 3 \text{ m/s}$ $v_M = 5 \text{ m/s}$
 $m_K = 3 \text{ kg}$ $m_L = 4 \text{ kg}$ $m_M = 4 \text{ kg}$

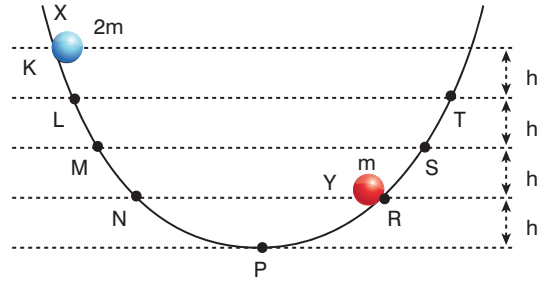
Sürtünmesiz yatay zeminde, şekildeki gibi hareket eden cisimlerden L cismi önce K, sonra M cismi ile esnek çarpışma yaptığına göre, M cisminin son hızı kaç m/s olur?

4. Sürtünmesiz ortamda aynı doğrultuda hareket eden cisimler çarpışıp kenetleniyor.



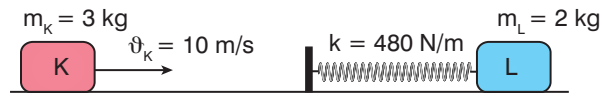
Çarpışma sırasında ısıya dönüşen enerji kaç joule olur?

5. Şekildeki sürtünmesiz yüzeyde K ve R noktalarından 2m ve m kütleli X ve Y cisimleri P noktasında çarpışacak şekilde serbest bırakılıyor.



P noktasında esnek olmayan çarpışma yapan cisimler, ortak hızla en fazla hangi noktaya kadar çıkabilirler?

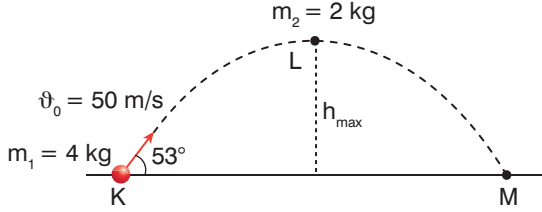
6. Sürtünmesiz yatay düzlemde durmakta olan 2 kg kütleli L cisimine bağlı yay tampona, 10 m/s hızla hareket eden 3 kg kütleli K cismi çarpıyor.



Buna göre, yay sabiti 480 N/m olan yay tampon, maksimum kaç metre sıkışır?

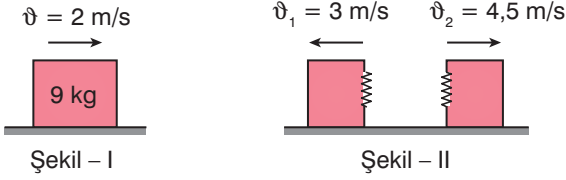
İtme ve Momentum

7. 4 kg kütleli bir cisim yerden yatayla 53° lik açı yapacak şekilde 50 m/s hız ile atılıyor. 4 kg kütleli cisim, yörüngenin tepe noktasında durmakta olan 2 kg kütleli cisme çarpıp yapışıyor.



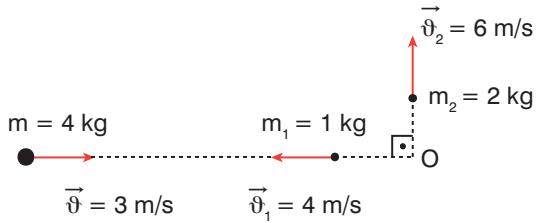
Buna göre, kenetlenmiş iki cisim K noktasından kaç metre uzakta yere düşer?

8. Sürtünmesiz ortamda sağa doğru 2 m/s hızla hareket etmekte olan 9 kg kütleli bir cisim, iç patlama sonucunda iki parçaya ayrılıyor. Parçalardan biri 3 m/s hızla sola doğru diğeri zıt yönde 4,5 m/s hızla hareket ediyor.



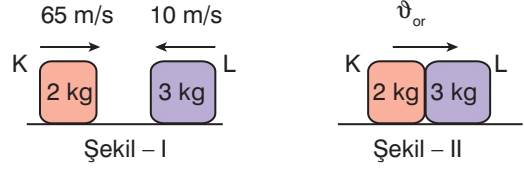
Buna göre, büyük parçanın kütlesi kaç kg'dır?

9. Sürtünmesiz yatay düzlemde 3 m/s hızla hareket eden 4 kg kütleli bir cisim, O noktasında iç patlama sonucu üç parçaya ayrılıyor.



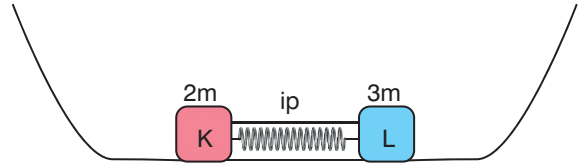
Parçalardan ikisi belirtilen yönlerde hareket ettiğine göre, üçüncü parçanın hızı kaç m/s'dir?

10. Hızları ve kütleleri şekil-I'deki gibi olan K ve L cisimleri esnek olmayan çarpışma yaparak şekil - II'deki gibi hareket ediyorlar.



Buna göre, cisimlerin çarpışma sırasındaki ivmelerinin oranı $\frac{a_K}{a_L}$ oranı nedir?

11. Kütleleri 2m ve 3m olan iki cisim, aralarına sıkıştırılmış yay konulup iple birbirlerine bağlanıyor.



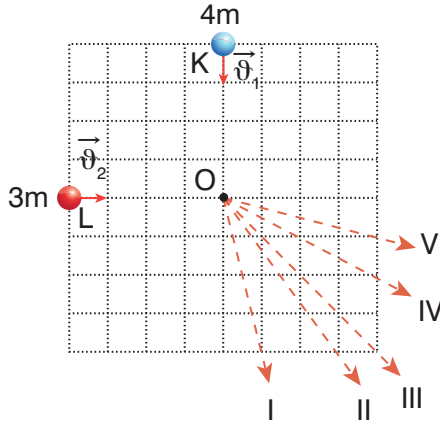
İp kopartılırsa, cisimlerin çıkabilecekleri maksimum yüksekliklerin oranı $\frac{h_K}{h_L}$ nedir?

12. 800 m/s hızla hareket eden bir mermi, 1950 g kütleli cisme çarpıp kenetleniyor.



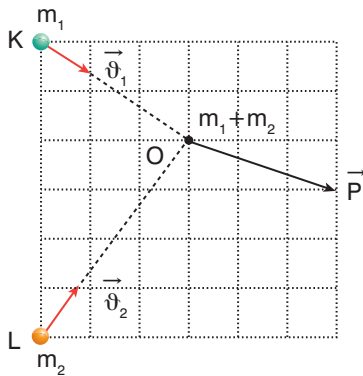
İki cisim çarpışıp kenetlendikten sonra M kütleli cisim bulunduğu konumdan en fazla kaç metre yükselir?

1. Sürtünmesiz yatay düzlemde K ve L noktalarından sabit $\vec{v}_1$ ve $\vec{v}_2$ hızları ile geçen 4m ve 3m kütleli cisimler O noktasında çarpışıp kenetleniyor.



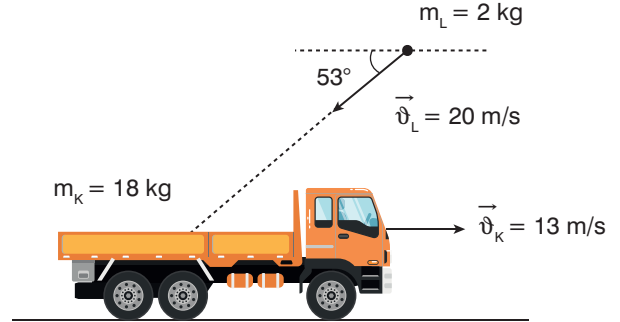
Ortak kütleli çarpışma sonrası hareket yönü, belirtilen yönlerden hangisi olur?

2. Yatay ve sürtünmesiz bir düzlemde K ve L noktalarından geçen m_1 ve m_2 kütleli iki cisim, şekildeki gibi hareket ederek O noktasında esnek olmayan çarpışma yaparak birbirlerine yapışıyor.



Çarpışma sonrası cisimlerin ortak momentum vektörleri $\vec{P}$ olduğuna göre, cisimlerin kütlelerinin oranı $\frac{m_1}{m_2}$ nedir?

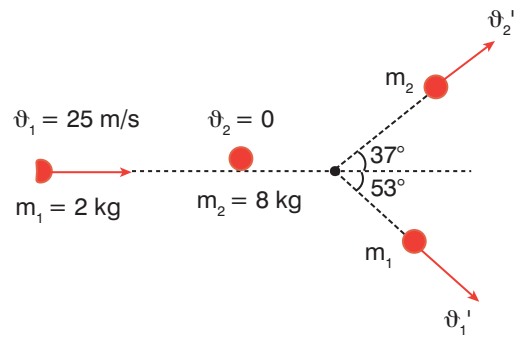
3. 18 kg kütleli K aracı 13 m/s hızla sağa doğru hareket halinde iken, 2 kg kütleli L cismi, şekildeki gibi yatayla 53° 'lik açı yapacak şekilde 20 m/s hız ile aracın içine çarpıyor.



L cismi çarptıktan sonra aracın hızı kaç m/s olur?

($\cos 53^\circ = 0,6$, $\sin 53^\circ = 0,8$)

4. Kütleli 2 kg olan bir cisim, durmakta olan 8 kg'lık bir cisimle merkezi olmayan esnek çarpışma yapıyor ve cisimler şekildeki gibi saçılıyor.



Çarpışma öncesi

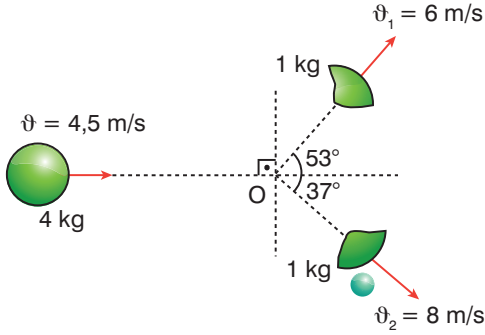
Çarpışma sonrası

Çarpışma sonrası cisimlerin hızları kaç m/s olur?

($\sin 37^\circ = 0,6$, $\cos 37^\circ = 0,8$)

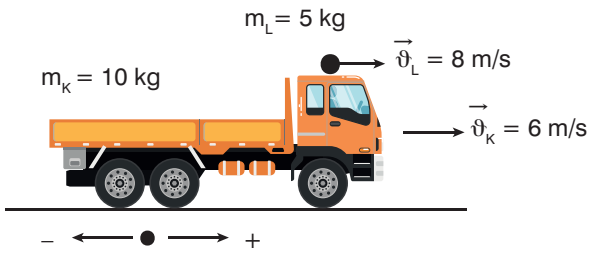
İtme ve Momentum

5. 4 kg kütleli cisim sürtünmesiz yatay düzlemde 4,5 m/s hızla hareket ederken O noktasında iç patlama sonucu üç parçaya ayrılıyor.



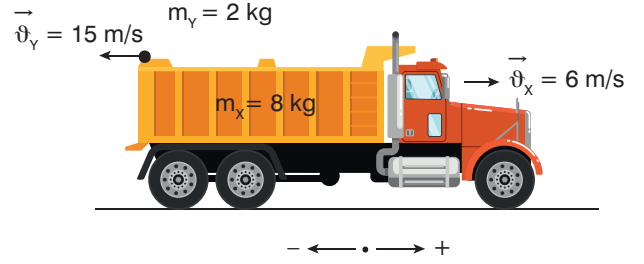
Parçalardan ikisi şekildeki gibi hareket ettiğine göre, üçüncü parçanın hızı kaç m/s'dir?

6. Sürtünmesiz yatay düzlemde 6 m/s hızla hareket halinde olan 10 kg kütleli K aracından, aracın hareket yönüyle aynı yönde 5 kg kütleli L cismi yere göre 8 m/s hızla atılıyor.



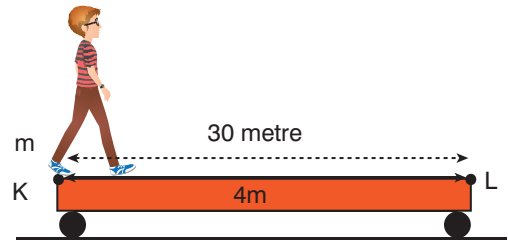
Cisim atıldıktan sonra aracın hızı kaç m/s olur?

7. Sürtünmesiz yatay düzlemde 6 m/s hızla hareket etmekte olan 8 kg kütleli X aracından, aracın hareket yönüne ters yönde 2 kg kütleli Y cismi, araca göre 15 m/s hızla atılıyor.



Cisim atıldıktan sonra X aracın hızı kaç m/s olur?

8. Sürtünmesiz yatay düzlemde durmakta olan 4m kütleli araçta, m kütleli çocuk, araç üzerinde sabit hızla K noktasından L noktasına kadar 30 metre yürüyor.



Bu hareketin sonunda aracın kütle merkezi kaç metre yer değiştirir?