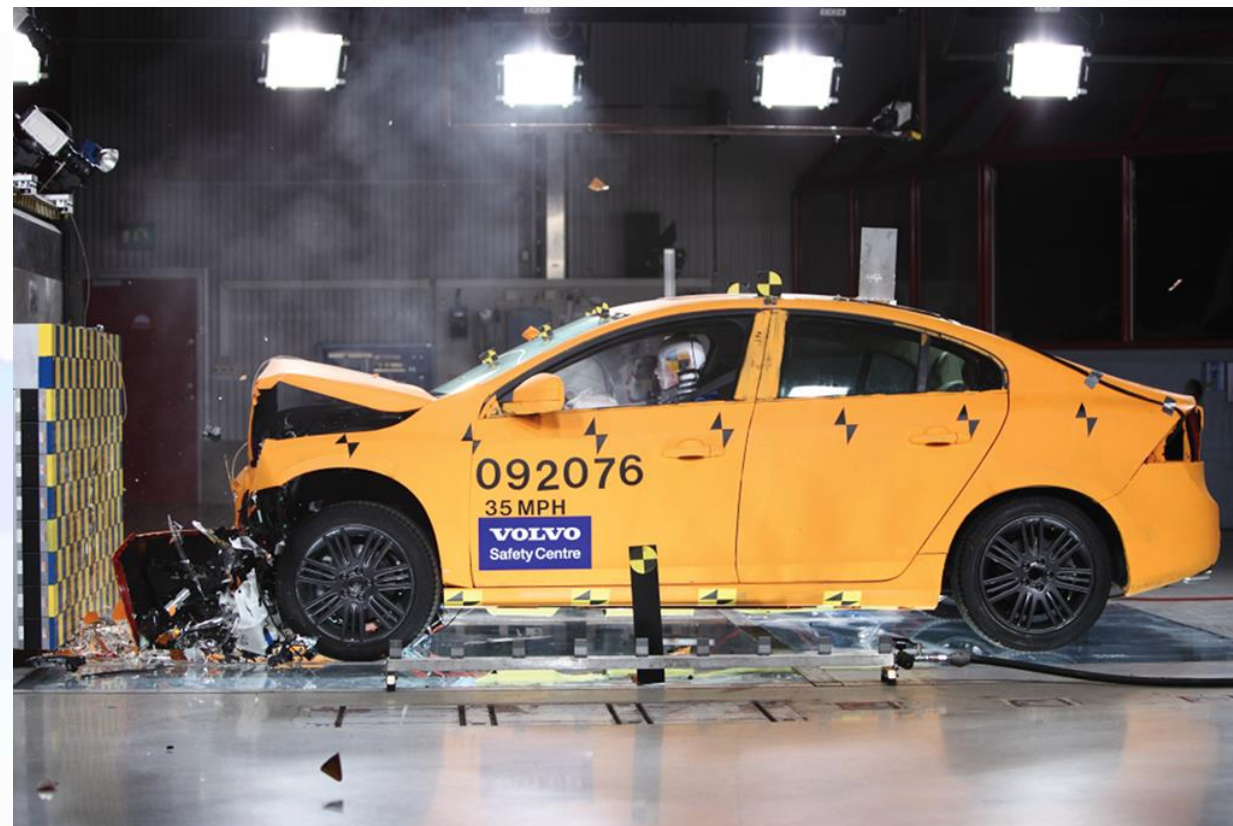


LINEAR MOMENTUM AND COLLISIONS

ĐỘNG LƯỢNG VÀ VA CHẠM

Chapter 9



9.1 Linear Momentum

$$m \vec{a} = \vec{F} \Rightarrow m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} \Leftrightarrow \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \vec{F}$$

Set: $\vec{p} = m \vec{v}$



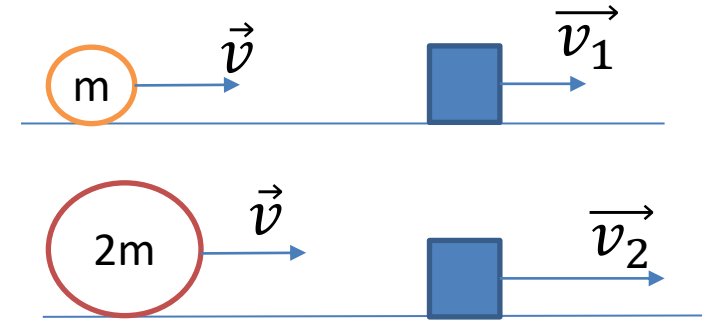
$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$$

*The alternative form of
Newton's second Law*

Linear momentum of Particle: $\vec{p} = m\vec{v} \Rightarrow \begin{cases} p_x = mv_x \\ p_y = mv_y \\ p_z = mv_z \end{cases}$



$\vec{p} = \text{const} \rightarrow \text{When?}$



9.2 Analysis Model: Isolated System (Momentum)

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F} \quad \longrightarrow \quad \frac{d(\sum \vec{p})}{dt} = \sum \vec{F}$$

$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \sum \vec{p} = \text{const}$$

Linear momentum in Isolated system is
conservational

$$\overrightarrow{p_{1i}} + \overrightarrow{p_{2i}} = \overrightarrow{p_{1f}} + \overrightarrow{p_{2f}}$$

14. A basketball is tossed up into the air, falls freely, and bounces from the wooden floor. From the moment after the player releases it until the ball reaches the top of its bounce, what is the smallest system for which momentum is conserved? (a) the ball (b) the ball plus player (c) the ball plus floor (d) the ball plus the Earth (e) momentum is not conserved for any system

CH1: Ném một trái banh bóng rổ thẳng đứng lên trên, bỏ qua lực cản không khí. Trái banh bay lên rồi trở lại tung xuống sàn nhà. Tại thời điểm sau khi trái banh vừa rời khỏi tay người ném đến khi nó đạt độ cao cực đại sau khi tung lên, hỏi động lượng bảo toàn đối với hệ nào sau đây? (a) Trái banh, (b) banh + người ném, (c) banh + sàn, (d) banh + Trái đất và (e) hệ nào kể trên động lượng cũng bảo toàn.

Câu hỏi 2

Khi một viên đạn bắn ra khỏi nòng súng thì súng có xu hướng bị giật ngược lại. Tình huống tương tự xảy ra nếu mũi tên được bắn ra thì cung tên cũng có xu hướng giật ngược lại.

- Hãy giải thích hiện tượng này.
- Làm cách nào để giảm tốc độ giật lùi này?

Khi đạn được bắn ra \Rightarrow Tổng ngoại lực tác dụng lên vật = 0 \Rightarrow Động lượng bảo toàn

$$\Rightarrow \vec{p}_i = \vec{p}_f \quad (\Leftrightarrow) \quad 0 = m_d \cdot \vec{v}_d + m_s \cdot \vec{v}_s$$
$$\Rightarrow \vec{v}_s = - \frac{m_d}{m_s} \cdot \vec{v}_d$$

Dấu - cho thấy $\vec{v}_s \uparrow \downarrow \vec{v}_d \Rightarrow$ giật lùi

Để giảm $v_s \Rightarrow$ Tăng lk với súng (kề vai...)
để tăng m_s

8. A 65.0-kg boy and his 40.0-kg sister, both wearing roller blades, face each other at rest. The girl pushes the boy hard, sending him backward with velocity 2.90 m/s toward the west. Ignore friction. (a) Describe the subsequent motion of the girl. (b) How much potential energy in the girl's body is converted into mechanical

$$v_a = 2.9 \text{ m/s}$$

$$v_e = \frac{m_a}{m_e} \cdot v_a$$

VD1: Hai anh em đi giày trượt patin đứng gần nhau và đối diện nhau. Người anh nặng 65kg, người em nặng 40kg. Người em đẩy mạnh vào người anh làm cho người anh chuyển động về phía tây với tốc độ 2,9m/s. Bỏ qua ma sát. (a) Động lượng của hệ 2 anh em có bảo toàn trong quá trình đẩy không? Giải thích. (b) Hãy mô tả chuyển động của người em ngay sau khi đẩy vào người anh. (c) Bao nhiêu thế năng bên trong cơ thể người em đã được chuyển thành cơ năng của hệ 2 anh em.

$$\Delta K + \Delta U = 0 \Leftrightarrow \Delta K_1 + \Delta K_2 + \Delta U_{chem} = 0$$

$$\Rightarrow \Delta U_{chem} = - \left(\frac{1}{2} m_a v_a^2 + \frac{1}{2} m_e v_e^2 \right) < 0$$

Chứng tỏ thế năng hóa học giảm do thực hiện cú đẩy.
 \Rightarrow hoặc năng tiêu tốn: $|\Delta U_{chem}|$

→ Does a larger net force exerted on an object always produce a larger change in the momentum of the object compared with a smaller net force? Explain.

Câu hỏi 3: Có phải lực lớn hơn tác dụng lên một vật thì luôn gây ra độ biến thiên động lượng của vật lớn hơn so với lực nhỏ hơn không? Hãy giải thích

9.3 Analysis Model: Nonisolated System (Momentum)

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum \vec{F} \Leftrightarrow d\vec{p} = \sum \vec{F} \cdot dt$$

Impulse of a force: Impulse-momentum theorem:

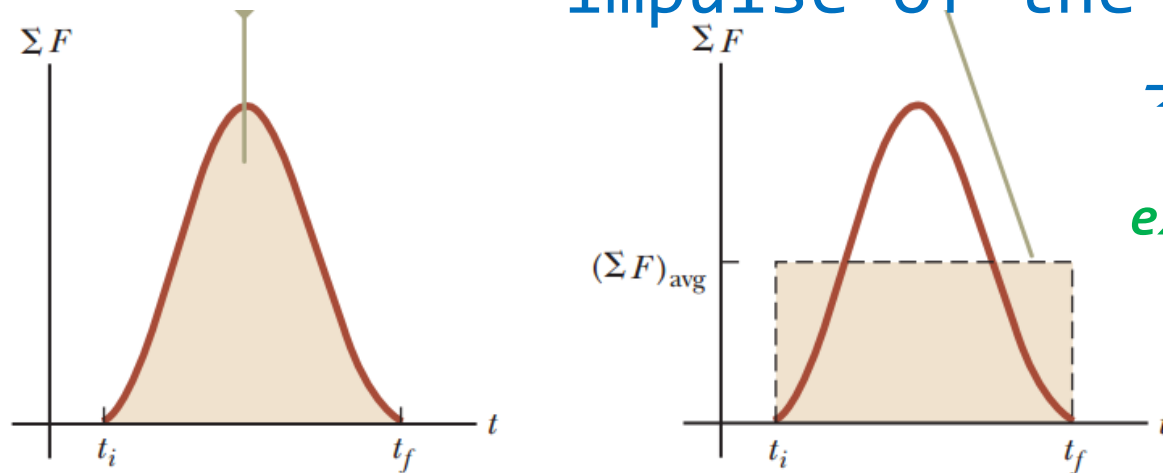
$$\Delta \vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i = \int_{t_i}^{t_f} \sum \vec{F} \cdot dt$$

$$\vec{I} = \int_{t_i}^{t_f} \sum \vec{F} \cdot dt$$

$$\Delta \vec{p} = \vec{I}$$

The change in the momentum of a particle is equal to the impulse of the net force acting on the particle

→ Impulse is not a property of a particle; it is a measure of the degree to which an external force changes the particle's momentum



$$\left(\sum \vec{F} \right)_{avg} = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_i}^{t_f} \sum \vec{F} \cdot dt$$

$$\vec{I} = \left(\sum \vec{F} \right)_{avg} \cdot \Delta t$$

→ Does a larger net force exerted on an object always produce a larger change in the momentum of the object compared with a smaller net force? Explain.

Câu hỏi 3: Có phải lực lớn hơn tác dụng lên một vật thì luôn gây ra độ biến thiên động lượng của vật lớn hơn so với lực nhỏ hơn không? Hãy giải thích

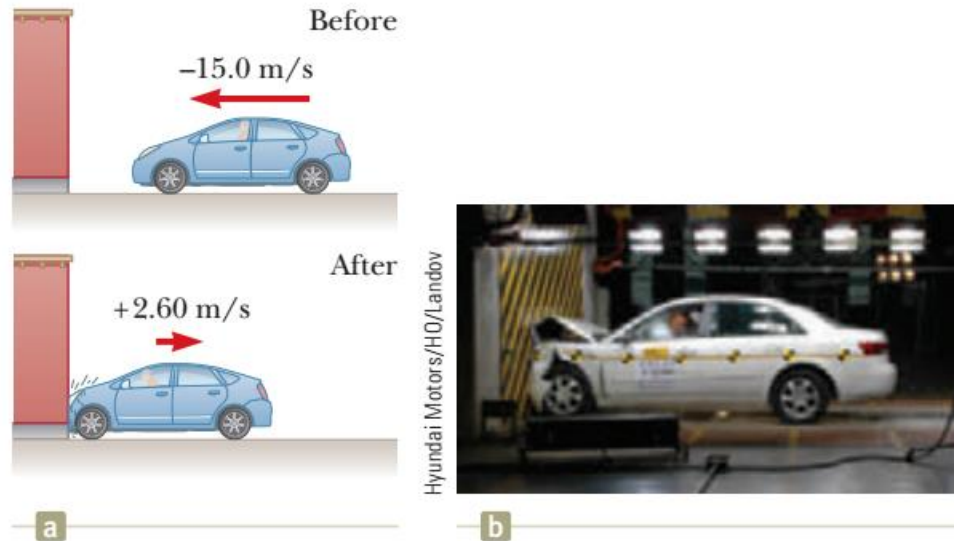
“Lực lớn hơn tác dụng lên một vật thì luôn gây ra độ biến thiên động lượng lớn hơn so với lực nhỏ” **Không phải Luôn Luôn đúng.**

Dùng định lý Xung - động lượng $\vec{I} = \int_{t_i}^{t_f} \Sigma \vec{F} . dt = \Delta \vec{p}$ để giải thích. Độ biến thiên động lượng còn phụ thuộc thời gian tác dụng lực. Nếu lực tác dụng nhỏ nhưng thời gian tác dụng lực lớn thì cũng có thể gây ra sự biến thiên động lượng lớn hơn so với lực lớn tác dụng trong thời gian ngắn.

Example 9.3

How Good Are the Bumpers?

In a particular crash test, a car of mass 1 500 kg collides with a wall as shown in Figure 9.4. The initial and final velocities of the car are $\vec{v}_i = -15.0\hat{i} \text{ m/s}$ and $\vec{v}_f = 2.60\hat{i} \text{ m/s}$, respectively. If the collision lasts 0.150 s, find the impulse caused by the collision and the average net force exerted on the car.



VD2: Trong bài test va chạm, một ô tô nặng 1500 kg tông rầm vào bức tường. Vận tốc đầu và cuối của xe là ... Nếu thời gian thực hiện cú va chạm là 0,15 s, hãy tính xung của lực gây bởi va chạm và tổng lực trung bình tác dụng lên xe.

The magnitude of the net force exerted in the x direction on a 2.50-kg particle varies in time as shown in Figure P9.19. Find (a) the impulse of the force over the 5.00-s time interval, (b) the final velocity the particle attains if it is originally at rest, (c) its final velocity if its original velocity is $-2.00\hat{i}$ m/s, and (d) the average force exerted on the particle for the time interval between 0 and 5.00 s.

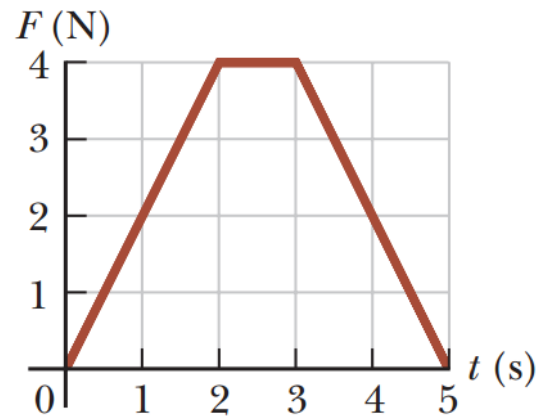


Figure P9.19

VD3: Độ lớn của lực tác dụng theo hướng x lên chất điểm nặng 2,5 kg biến thiên theo thời gian như hình bên. Hãy tính (a) xung lực tác dụng trong khoảng thời gian 5s, (b) vận tốc của chất điểm sau 5s nếu lúc đầu nó đứng yên, (c) vận tốc của chất điểm sau 5s nếu lúc đầu vận tốc của nó là $-2\hat{i}$ m/s và (d) lực trung bình tác dụng lên chất điểm trong khoảng thời gian từ 0-5s.

12c \rightarrow K bằng nhau

12. Two particles of different mass start from rest. The same net force acts on both of them as they move over equal distances. How do their final kinetic energies compare?
- (a) The particle of larger mass has more kinetic energy.
 - (b) The particle of smaller mass has more kinetic energy.
 - (c) The particles have equal kinetic energies.
 - (d) Either particle might have more kinetic energy.

$$W_{\text{ext}} = \Delta K (\Leftrightarrow) F_{\text{ext}} \cdot d = \Delta K$$

13. Two particles of different mass start from rest. The same net force acts on both of them as they move over equal distances. How do the magnitudes of their final momenta compare?
- (a) The particle of larger mass has more momentum.
 - (b) The particle of smaller mass has more momentum.
 - (c) The particles have equal momenta.
 - (d) Either particle might have more momentum.

13a \rightarrow \vec{p} của m lớn hơn thì động lượng lớn hơn

Hai vật khối lượng khác nhau bắt đầu chuyển động từ trạng thái nghỉ. Hợp lực tác dụng lên chúng như nhau khi chúng di chuyển được quãng đường bằng nhau. Hãy so sánh động năng cuối cùng giữa chúng?

(a) Vật khối lượng lớn hơn thì động năng lớn hơn, (b) Vật có khối lượng nhỏ hơn thì động năng lớn hơn, (c) Hai vật có động năng bằng nhau, (d) Một trong hai vật phải có nhiều động năng hơn.

$$\left. \begin{array}{l} m_1 > m_2 \\ m_1 a_1 = m_2 a_2 = F \Rightarrow a_1 < a_2 \\ d_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = d_2 = \frac{1}{2} a_2 t_2^2 \end{array} \right\} \Rightarrow t_1 > t_2 \Rightarrow \vec{I}_1 > \vec{I}_2 \Rightarrow \Delta \vec{p}_1 > \Delta \vec{p}_2$$

9.4 Collisions in One Dimension

↳ Conservation of linear momentum

$$\vec{P}_i = \vec{P}_f$$

$$\Leftrightarrow m_1 \vec{v}_{1i} + m_2 \vec{v}_{2i} = m_1 \vec{v}_{1f} + m_2 \vec{v}_{2f}$$

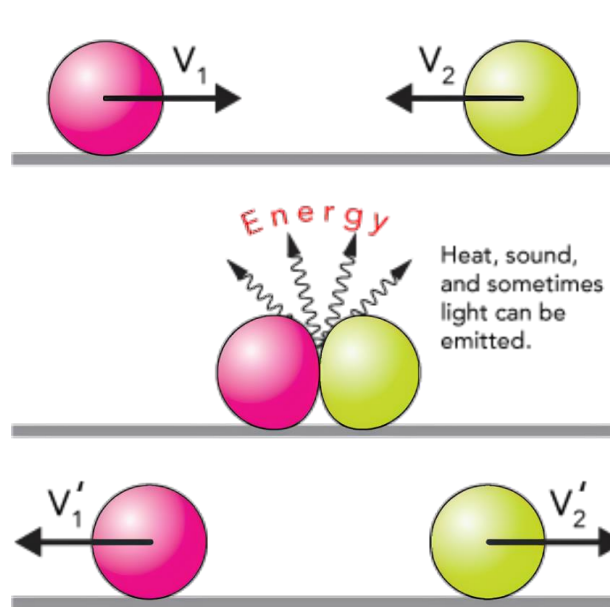
Elastic Collisions

Conservation of mechanical energy

$$\Delta E_{mech} = 0 \rightarrow \Delta K = 0 \rightarrow K_i = K_f$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2 = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2$$

$$v_{1f} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right) v_{1i} + \left(\frac{2m_2}{m_1 + m_2} \right) v_{2i}$$
$$v_{2f} = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2} \right) v_{1i} + \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \right) v_{2i}$$



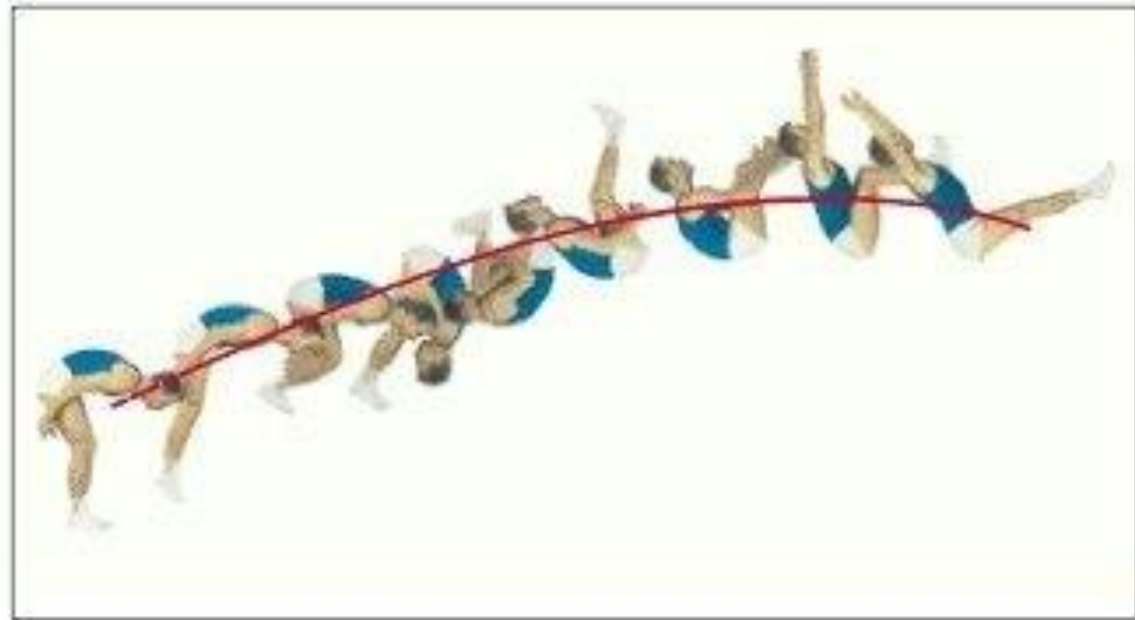
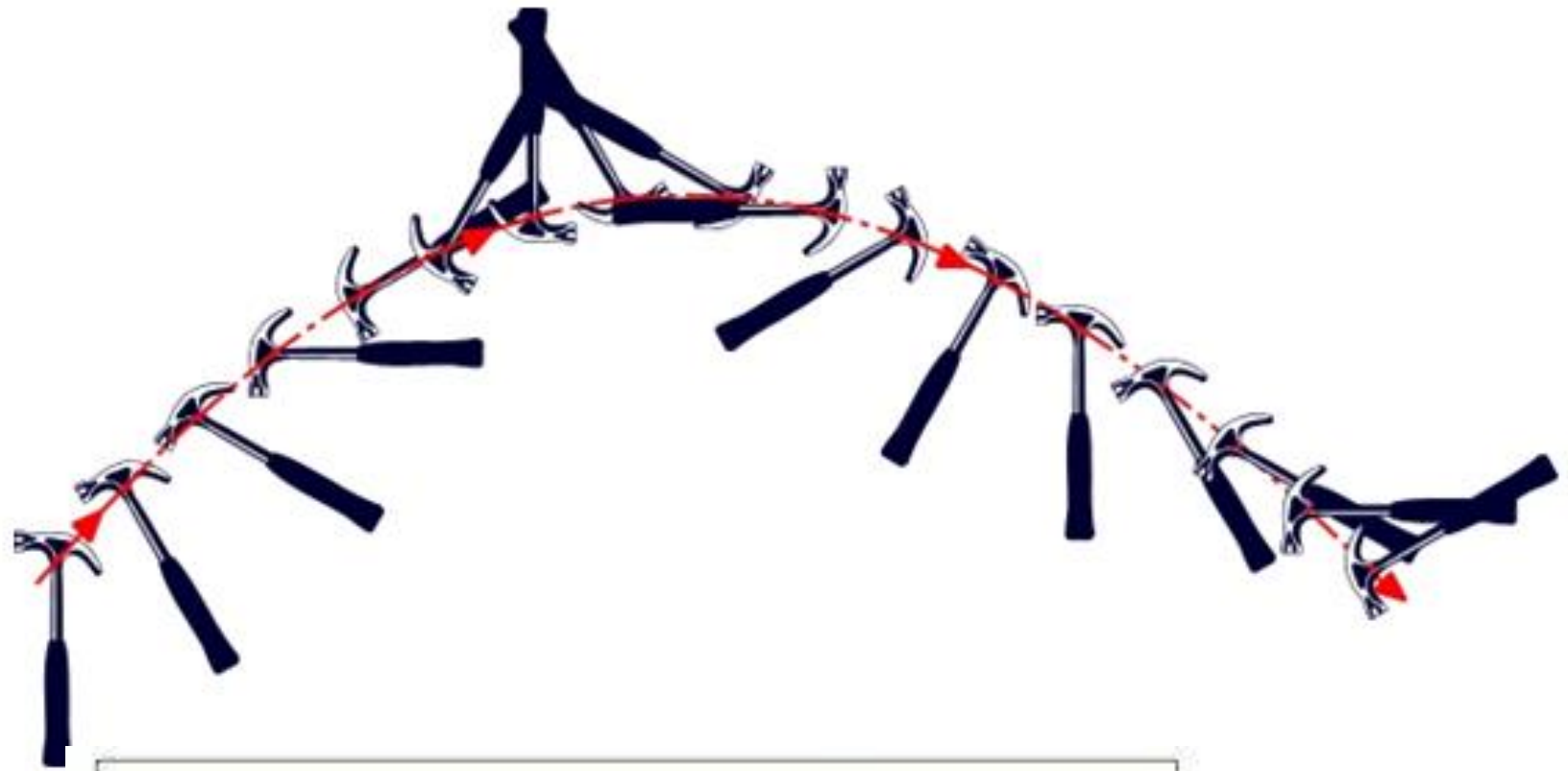
Energy

Heat, sound,
and sometimes
light can be
emitted.

Inelastic Collisions

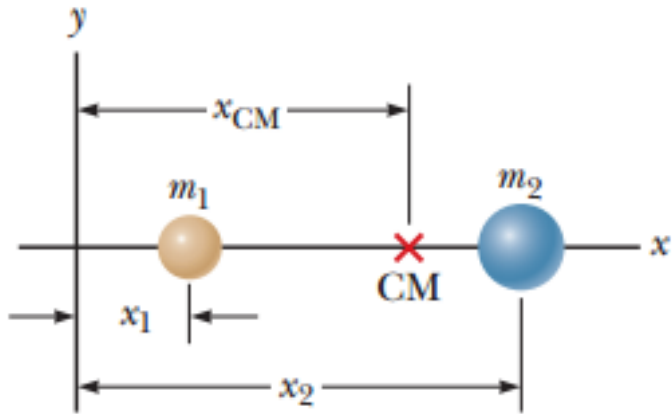
Transfer mechanical energy

$$\Delta E_{mech} = E_f - E_i = K_f - K_i$$



9.5 The Center of Mass

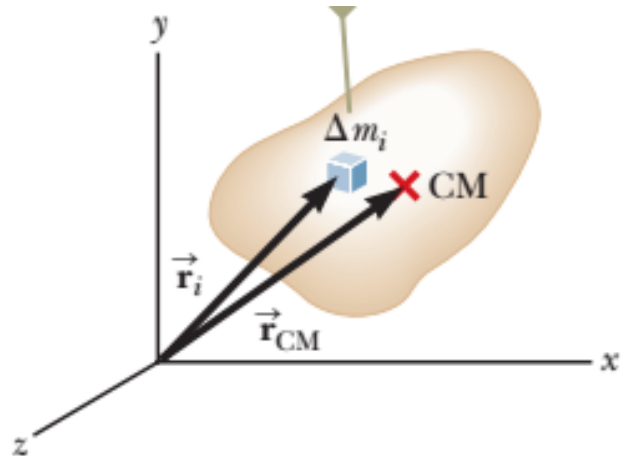
The Center of Mass → the average position of the system's mass:



$$\vec{r}_{CM} = \frac{1}{M} \sum_i m_i \vec{r}_i$$

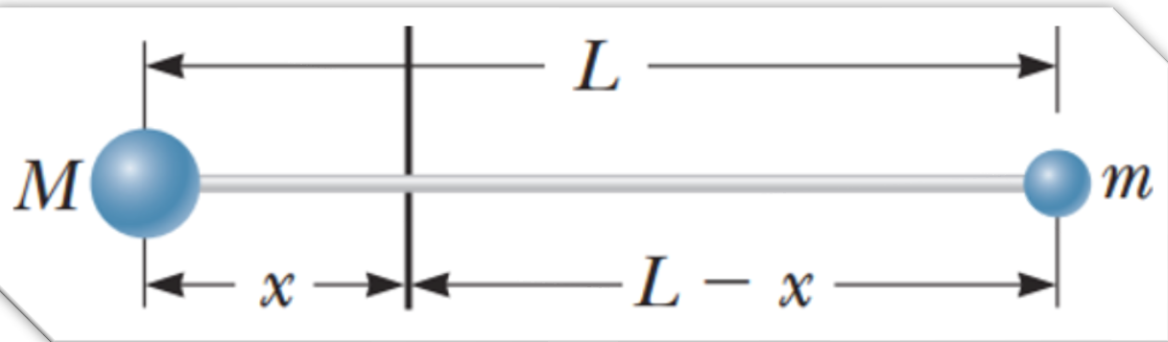
$$\begin{cases} x_{CM} = \frac{1}{M} \sum_i m_i x_i \\ y_{CM} = \frac{1}{M} \sum_i m_i y_i \\ z_{CM} = \frac{1}{M} \sum_i m_i z_i \end{cases}$$

An extended object

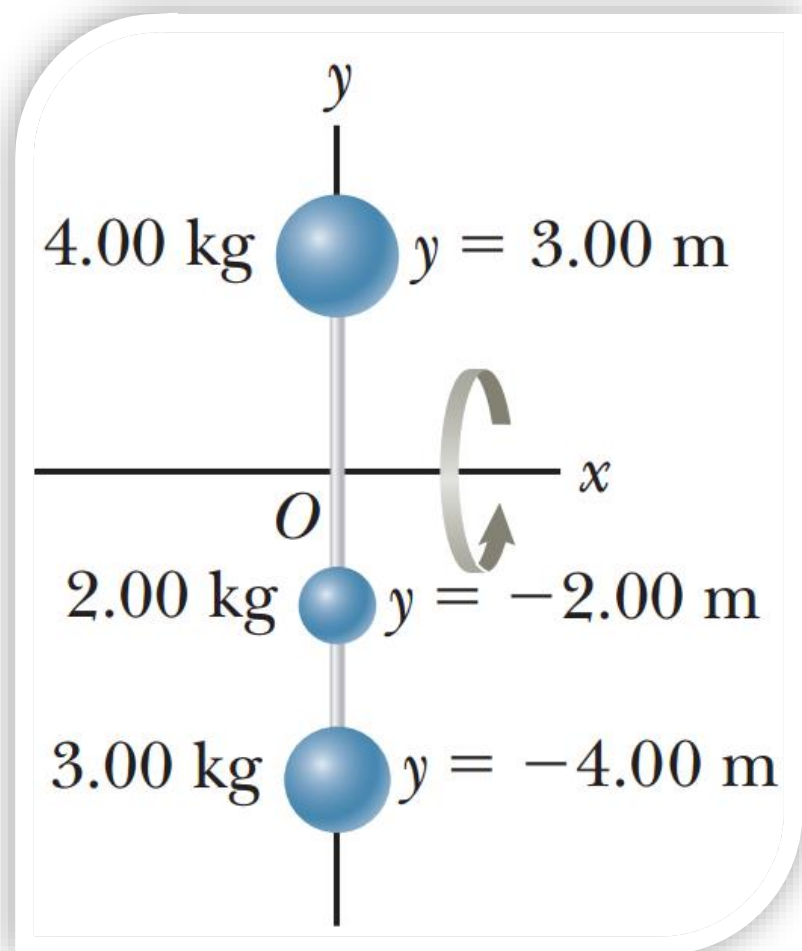


$$\vec{r}_{CM} = \frac{1}{M} \int \vec{r} \cdot dm$$

$$\begin{cases} x_{CM} = \frac{1}{M} \int x dm \\ y_{CM} = \frac{1}{M} \int y dm \\ z_{CM} = \frac{1}{M} \int z dm \end{cases}$$



$$x_{CM} = \frac{1}{M} \sum_i m_i x_i = \frac{M \cdot 0 + m \cdot L}{M + m}$$



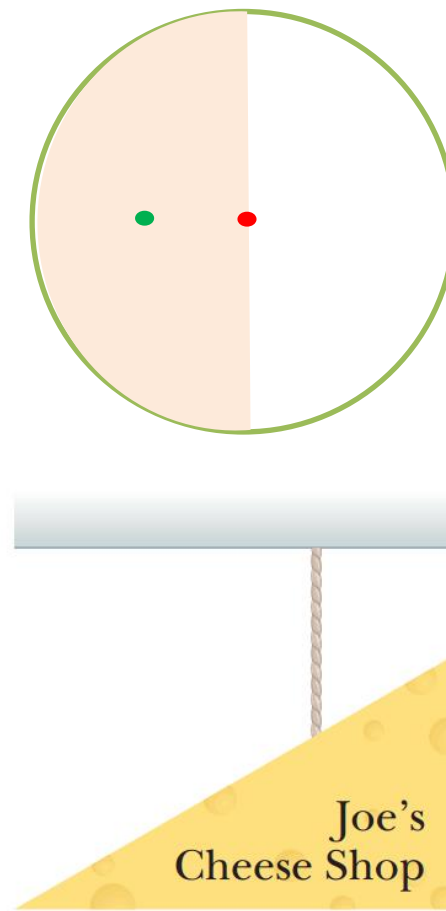
$$y_{CM} = \frac{1}{M} \sum_i m_i y_i$$

$$= \frac{4.3 + 2.(-2) + 3.(-4)}{4 + 2 + 3} = -0,44 \text{ m}$$

$$\begin{cases} x_{CM} = \frac{1}{M} \sum_i m_i x_i \\ y_{CM} = \frac{1}{M} \sum_i m_i y_i \\ z_{CM} = \frac{1}{M} \sum_i m_i z_i \end{cases}$$

- The **center** of an object
- The **center mass** of an object

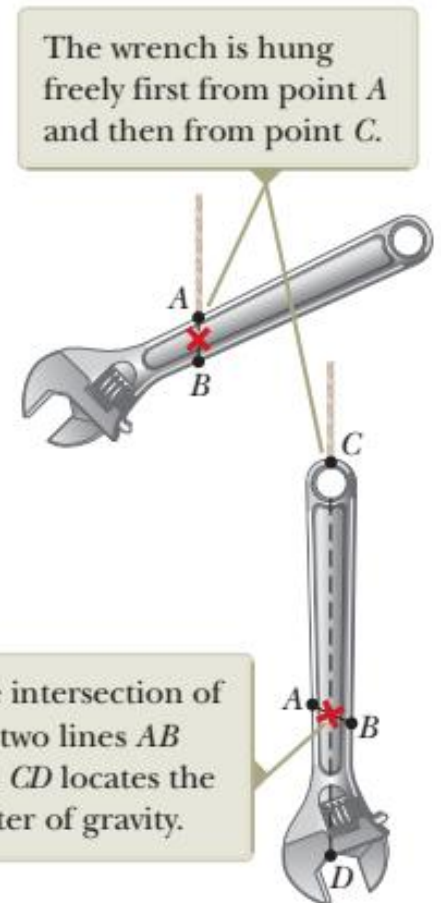
$$x_{CM} = \frac{1}{M} \int x dm$$




An experimental technique for determining the **center gravity** of an irregularly shaped object


- The **center gravity** of an object

$$x_{CG} = \frac{\sum_i m_i g_i x_i}{\sum_i m_i g_i} \rightarrow x_{CG} = \frac{g \cdot \sum_i m_i \cdot x_i}{g \cdot \sum_i m_i} = \frac{\sum_i m_i x_i}{M} = x_{CM}$$



Systems of Many Particles


$$\vec{r}_{CM} = \frac{1}{M} \sum_i m_i \vec{r}_i$$


$$\vec{v}_{CM} = \frac{1}{M} \sum_i m_i \vec{v}_i$$

$$\vec{a}_{CM} = \frac{\sum \vec{F}_{ext}}{M}$$

The total momentum of a system of particles equals the total mass multiplied by the velocity of the center of mass.

The center of mass moves like an imaginary particle of mass M under the influence of the resultant external force on the system.

33. Two blocks are free to slide along the frictionless, **AMT** wooden track shown in Figure P9.33. The block of **W** mass $m_1 = 5.00$ kg is released from the position shown, at height $h = 5.00$ m above the flat part of the track. Protruding from its front end is the north pole of a strong magnet, which repels the north pole of an identical magnet embedded in the back end of the block of mass $m_2 = 10.0$ kg, initially at rest. The two blocks never touch. Calculate the maximum height to which m_1 rises after the elastic collision.

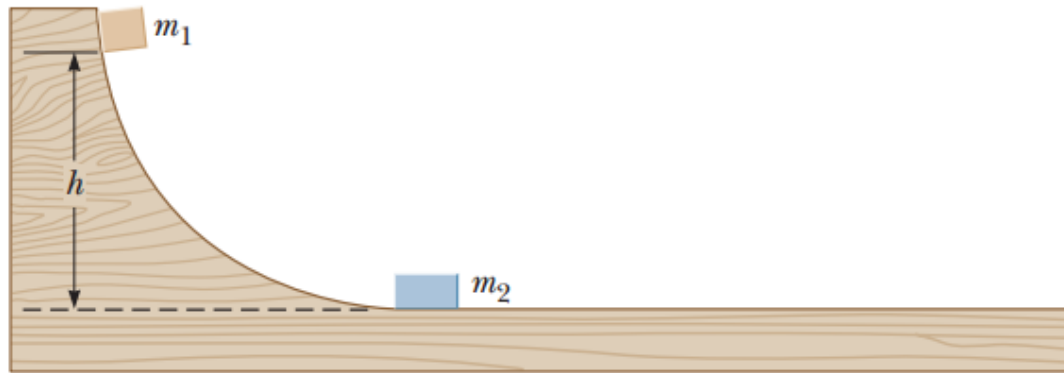


Figure P9.33

Hai vật $m_1 = 5$ kg và $m_2 = 10$ kg có thể trượt không ma sát dọc theo đường ray bằng gỗ như trên hình. Vật m_1 được thả từ vị trí có độ cao $h = 5.00$ m so với phần đường ray nằm ngang để cho va chạm với vật m_2 đang đứng yên. Va chạm giữa hai vật là va chạm đàn hồi. Sau khi va chạm, hãy tính (a) độ cao lớn nhất mà m_1 đạt được và (b) quãng đường m_2 đi được cho đến khi dừng lại. Biết hệ số ma sát giữa m_2 và mặt ngang là 0,4.

- 79.** A 0.400-kg blue bead slides on a frictionless, curved wire, starting from rest at point **A** in Figure P9.79, where $h = 1.50$ m. At point **B**, the blue bead collides elastically with a 0.600-kg green bead at rest. Find the maximum height the green bead rises as it moves up the wire.

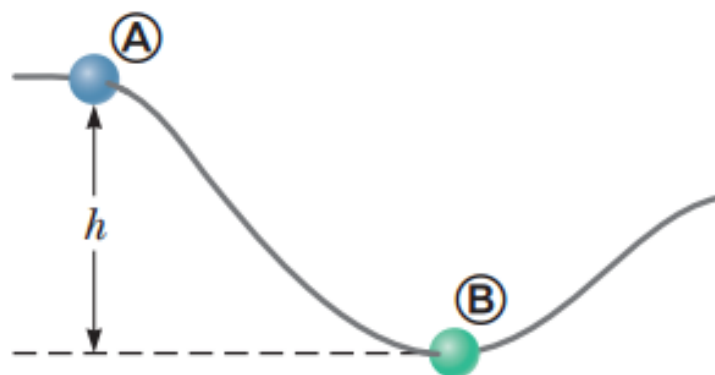


Figure P9.79

The end 😊