

Bài tập chương 9

ĐỘNG LƯỢNG VÀ VA CHẠM

Ch.	Conceptual Questions	Problems
9	3, 6, 9, 11, 12, 13	3, 6, 8, 11, 14, 19, 22, 28, 31, 33, 35, 41, 43, 46, 50, 53, 58, 60, 79, 81

Conceptual Questions 3

An open box slides across a frictionless, icy surface of a frozen lake. What happens to the speed of the box as water from a rain shower falls vertically downward into the box? Explain.

Một cái hộp mở nắp trượt không ma sát trượt băng qua 1 mặt băng. Tốc độ của cái hộp thay đổi như thế nào khi nước mưa rơi từ trên trời xuống theo phương thẳng đứng đụng cái hộp. Giải thích.

CQ9.3 Its speed decreases as its mass increases. There are no external horizontal forces acting on the box, so its momentum cannot change as it moves along the horizontal surface. As the box slowly fills with water, its mass increases with time. Because the product mv must be constant, and because m is increasing, the speed of the box must decrease. Note that the vertically falling rain has no horizontal momentum of its own, so the box must “share” its momentum with the rain it catches.

Conceptual Questions 6

A sharpshooter fires a rifle while standing with the butt of the gun against her shoulder. If the forward momentum of a bullet is the same as the backward momentum of the gun, why isn't it as dangerous to be hit by the gun as by the bullet?

Một hotgirl đang bắn súng trường, cô tựa súng vào vai. Nếu động lượng tới của viên đạn bằng với động lượng lùi của súng thì tại sao vai cô gái đừng phải cây súng sau khi bắn không nguy hiểm như đừng phải viên đạn.

CQ9.6 The rifle has a much lower speed than the bullet and much less kinetic energy. Also, the butt distributes the recoil force over an area much larger than that of the bullet.

Conceptual Questions 9

- (a) Does the center of mass of a rocket in free space accelerate? Explain.
- (b) Can the speed of a rocket exceed the exhaust speed of the fuel? Explain.

- (a) Gia tốc của khối tâm của một tên lửa trong không gian như thế nào? Giải thích.
- (b) Tốc độ của tên lửa có thể vượt quá tốc độ xả của nhiên liệu không? Giải thích.

CQ9.9

- (a) In empty space, the center of mass of a rocket-plus-fuel system does not accelerate during a burn, because no outside force acts on this system. The rocket body itself does accelerate as it blows exhaust containing momentum out the back.
- (b) According to the text's 'basic expression for rocket propulsion,' the change in speed of the rocket body will be larger than the speed of the exhaust relative to the rocket, if the final mass is less than 37% of the original mass.

Conceptual Questions 11

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.

Có phải một vật chịu tác dụng bởi tổng lực lớn hơn thì luôn thu được độ biến thiên động lượng lớn hơn so với khi vật chịu tác dụng bởi tổng lực nhỏ hơn? Giải thích

CQ9.11 No. Impulse, $\vec{F}\Delta t$, depends on the force and the time interval during which it is applied.

Conceptual Questions 12

Does a larger net force always produce a larger change in kinetic energy than a smaller net force? Explain.

Có phải một vật chịu tác dụng bởi tổng lực lớn hơn thì luôn thu được độ biến thiên động năng lớn hơn so với khi vật chịu tác dụng bởi tổng lực nhỏ hơn? Giải thích

CQ9.12 No. Work depends on the force and on the displacement over which it acts.

Conceptual Questions 13

A bomb, initially at rest, explodes into several pieces.

- (a) Is linear momentum of the system (the bomb before the explosion, the pieces after the explosion) conserved? Explain.
- (b) Is kinetic energy of the system conserved? Explain.

Một quả bom ban đầu ở trạng thái nghỉ, sau đó phát nổ thành nhiều mảnh.

- (a) Động lượng của hệ trước và sau khi nổ có gì bảo toàn không? Giải thích.
- (b) Động năng của hệ có bảo toàn không? Giải thích.

- CQ9.13
- (a) Linear momentum is conserved since there are no external forces acting on the system. The fragments go off in different directions and their vector momenta add to zero.
 - (b) Kinetic energy is not conserved because the chemical potential energy initially in the explosive is converted into kinetic energy of the pieces of the bomb.

Problems 3

At one instant, a 17.5-kg sled is moving over a horizontal surface of snow at 3.50 m/s. After 8.75 s has elapsed, the sled stops. Use a momentum approach to find the average friction force acting on the sled while it was moving.

Tại một thời điểm, một chiếc xe trượt tuyết nặng 17.5kg đang chuyển động trên mặt tuyết theo phương ngang với vận tốc 3.5m/s. Sau 8.75s thì xe dừng lại. Sử dụng các công thức về động lượng, tính lực cản trung bình tác dụng lên xe tuyết trong suốt quá trình nó chuyển động.

P9.3 We apply the impulse-momentum theorem to relate the change in the horizontal momentum of the sled to the horizontal force acting on it:

$$\Delta p_x = F_x \Delta t \rightarrow F_x = \frac{\Delta p_x}{\Delta t} = \frac{mv_{xf} - mv_{xi}}{\Delta t}$$

$$F_x = \frac{-(17.5 \text{ kg})(3.50 \text{ m/s})}{8.75 \text{ s}}$$

$$F_x = \boxed{7.00 \text{ N}}$$

Problems 6

A 45.0-kg girl is standing on a 150-kg plank. Both are originally at rest on a frozen lake that constitutes a frictionless, flat surface. The girl begins to walk along the plank at a constant velocity of $1.50 \, \vec{i}$ m/s relative to the plank. (a) What is the velocity of the plank relative to the ice surface? (b) What is the girl's velocity relative to the ice surface?

Một hotgirl 45kg đang đứng trên một tấm ván nặng 150kg. Cả 2 ban đầu đứng yên trên mặt băng không ma sát. Cô gái bắt đầu đi dọc trên tấm ván với vận tốc không đổi $1.5\vec{i}$ m/s so với tấm ván.

(a) Xác định vận tốc của tấm ván so với mặt băng.

(b) Vận tốc của cô gái so với mặt băng là bao nhiêu?

- P9.6 (a) The girl-plank system is isolated, so horizontal momentum is conserved.

We measure momentum relative to the ice: $\vec{p}_{gi} + \vec{p}_{pi} = \vec{p}_{gf} + \vec{p}_{pf}$.

The motion is in one dimension, so we can write,

$$v_{gi}\hat{i} = v_{gp}\hat{i} + v_{pi}\hat{i} \rightarrow v_{gi} = v_{gp} + v_{pi}$$

where v_{gi} denotes the velocity of the girl relative to the ice, v_{gp} the velocity of the girl relative to the plank, and v_{pi} the velocity of the plank relative to the ice. The momentum equation becomes

$$0 = m_g v_{gi}\hat{i} + m_p v_{pi}\hat{i} \rightarrow 0 = m_g v_{gi} + m_p v_{pi}$$

$$0 = m_g (v_{gp} + v_{pi}) + m_p v_{pi}$$

$$0 = m_g v_{gp} + (m_g + m_p) v_{pi} \rightarrow v_{pi} = -\left(\frac{m_g}{m_g + m_p}\right) v_{gp}$$

solving for the velocity of the plank gives

$$v_{pi} = -\left(\frac{m_g}{m_g + m_p}\right)v_{gp} = -\left(\frac{45.0 \text{ kg}}{45.0 \text{ kg} + 150 \text{ kg}}\right)(1.50 \text{ m/s})$$

$$\boxed{v_{pi} = -0.346 \text{ m/s}}$$

(b) Using our result above, we find that

$$v_{gi} = v_{gp} + v_{pi} = (1.50 \text{ m/s}) + (-0.346 \text{ m/s})$$

$$\boxed{v_{gi} = 1.15 \text{ m/s}}$$

Problems 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 energy of the boy–girl system?
- (c) Is the momentum of the boy–girl system conserved in the pushing-apart process? If so, explain how that is possible considering
- (d) there are large forces acting and
- (e) there is no motion beforehand and plenty of motion afterward.

Một cậu bé nặng 65kg và em gái của cậu nặng 40kg đang mang giày trượt băng, và đều đang đứng yên. Bé em đẩy bé anh 1 cú thật mạnh làm bé anh đi về phía tây với vận tốc 2.9m/s, bỏ qua ma sát với mặt tiếp xúc.

(a) Mô tả chuyển động của bé gái.

(b) Bé gái tiêu tốn 1, ít năng lượng, thế năng (dạng hóa năng dự trữ của cơ thể) khi đẩy bé trai chuyển động với vận tốc như trên, tính năng lượng bé gái tiêu tốn đó.

(c) Động lượng của hệ 2 bé trước và sau khi đẩy có bảo toàn không? Nếu có, hãy giải thích

(d) có những lực tác dụng nào là chủ yếu (lớn) và

(e) tại sao trước khi đẩy thì không thấy chuyển động nào, còn sau khi đẩy thu được nhiều chuyển động (chuyển động của cả 2 bé)?

P9.8

- (a) Brother and sister exert equal-magnitude oppositely-directed forces on each other for the same time interval; therefore, the impulses acting on them are equal and opposite. Taking east as the positive direction, we have

$$\text{impulse on boy: } I = F\Delta t = \Delta p = (65.0 \text{ kg})(-2.90 \text{ m/s}) = -189 \text{ N}\cdot\text{s}$$

$$\text{impulse on girl: } I = -F\Delta t = -\Delta p = +189 \text{ N}\cdot\text{s} = mv_f$$

Her speed is then

$$v_f = \frac{I}{m} = \frac{189 \text{ N}\cdot\text{s}}{40.0 \text{ kg}} = 4.71 \text{ m/s}$$

meaning she moves at 4.71 m/s east.

- (b) original chemical potential energy in girl's body = total final kinetic energy

$$\begin{aligned}U_{\text{chemical}} &= \frac{1}{2}m_{\text{boy}}v_{\text{boy}}^2 + \frac{1}{2}m_{\text{girl}}v_{\text{girl}}^2 \\&= \frac{1}{2}(65.0 \text{ kg})(2.90 \text{ m/s})^2 + \frac{1}{2}(40.0 \text{ kg})(4.71 \text{ m/s})^2 \\&= \boxed{717 \text{ J}}\end{aligned}$$

- (c) Yes. System momentum is conserved with the value zero.
- (d) The forces on the two siblings are internal forces, which cannot change the momentum of the system—the system is isolated.
- (e) Even though there is motion afterward, the final momenta are of equal magnitude in opposite directions so the final momentum of the system is still zero.

Problems 11

Two blocks of masses m and $3m$ are placed on a frictionless, horizontal surface. A light spring is attached to the more massive block, and the blocks are pushed together with the spring between them (Fig. P9.11). A cord initially holding the blocks together is burned; after that happens, the block of mass $3m$ moves to the right with a speed of 2.00 m/s.

- (a) What is the velocity of the block of mass m ?
- (b) Find the system's original elastic potential energy, taking $m = 0.350$ kg.
- (c) Is the original energy in the spring or in the cord?
- (d) Explain your answer to part (c).
- (e) Is the momentum of the system conserved in the bursting-apart process? Explain how that is possible considering
- (f) there are large forces acting and (g) there is no motion beforehand and plenty of motion afterward?

Hai vật có khối lượng m và $3m$ (với $m = 0,35\text{kg}$) đặt trên mặt ngang không ma sát. Ban đầu nối 2 vật với nhau bằng sợi dây mảnh và 2 vật này đẩy nhau làm lò xo ở giữa chúng bị nén 1 đoạn x như hình P9.11. Sau khi dây nối 2 vật bị đứt, lập tức lò xo giãn ra, đẩy 2 vật tách ra, vật $3m$ chuyển động về phía phải với vận tốc 2m/s .

- (a) Xác định vận tốc của vật m .
- (b) Tính thế năng đàn hồi gốc của hệ.
- (c) Năng lượng gốc trong bài này là ở dây hay ở lò xo?
- (d) Giải thích câu c.
- (e) Động lượng của hệ có bảo toàn sau quá trình 2 vật tách rời đó không? Hãy giải thích
 - (f) có những lực tác dụng nào là chủ yếu (lớn) và
 - (g) tại sao trước khi tách thì không thấy chuyển động nào, còn sau khi tách thu được nhiều chuyển động (chuyển động của cả 2 vật)?

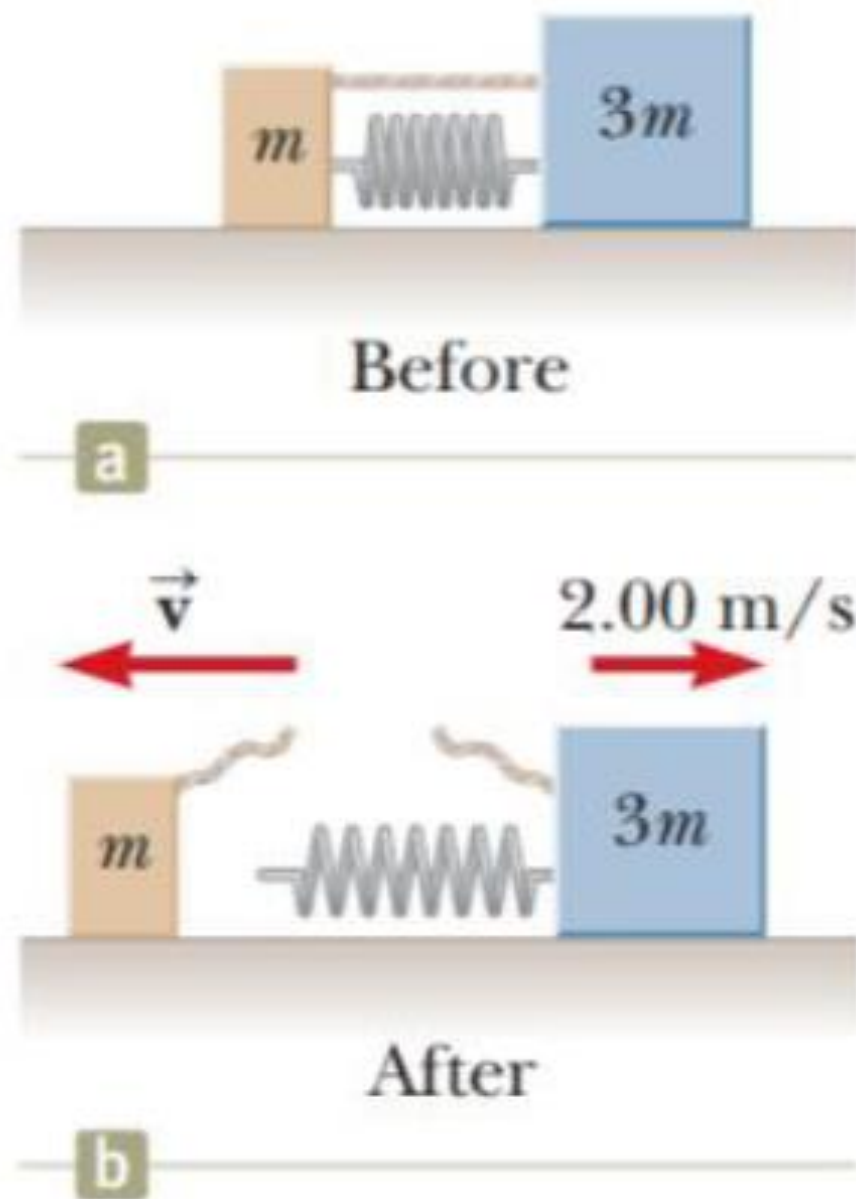


Figure P9.11

P9.11 (a) For the system of two blocks $\Delta p = 0$, or $p_i = p_f$. Therefore,

$$0 = mv_m + (3m)(2.00 \text{ m/s})$$

Solving gives $v_m = \boxed{-6.00 \text{ m/s}}$ (motion toward the left).

$$\begin{aligned} \text{(b)} \quad \frac{1}{2}kx^2 &= \frac{1}{2}mv_M^2 + \frac{1}{2}(3m)v_{3M}^2 \\ &= \frac{1}{2}(0.350 \text{ kg})(-6.00 \text{ m/s})^2 + \frac{3}{2}(0.350 \text{ kg})(2.00 \text{ m/s})^2 \\ &= \boxed{8.40 \text{ J}} \end{aligned}$$

- (c) The original energy is in the spring.
- (d) A force had to be exerted over a displacement to compress the spring, transferring energy into it by work.
The cord exerts force, but over no displacement.
- (e) System momentum is conserved with the value zero.
- (f) The forces on the two blocks are internal forces, which cannot change the momentum of the system— the system is isolated.
- (g) Even though there is motion afterward, the final momenta are of equal magnitude in opposite directions so the final momentum of the system is still zero.

Problems 14

Review. After a 0.300-kg rubber ball is dropped from a height of 1.75 m, it bounces off a concrete floor and rebounds to a height of 1.50 m. (a) Determine the magnitude and direction of the impulse delivered to the ball by the floor. (b) Estimate the time the ball is in contact with the floor and use this estimate to calculate the average force the floor exerts on the ball.

Một quả bóng cao su nặng 0.3kg rơi từ độ cao 1.75m xuống mặt sàn và sau đó nó tung lên lại độ cao 1.5m .

- (a) Xác định độ lớn và chiều của xung lượng của lực do sàn nhà tác dụng lên quả bóng.
- (b) Ước đoán thời gian quả bóng tương tác với mặt sàn và dùng ước đoán này để tính lực trung bình sàn nhà tác dụng lên quả bóng.

- P9.14 (a) The impulse the floor exerts on the ball is equal to the change in momentum of the ball:

$$\begin{aligned}\Delta \vec{p} &= m(\vec{v}_f - \vec{v}_i) = m(v_f - v_i)\hat{j} \\ &= (0.300 \text{ kg})[(5.42 \text{ m/s}) - (-5.86 \text{ m/s})]\hat{j} \\ &= \boxed{3.38 \text{ kg} \cdot \text{m/s} \hat{j}}\end{aligned}$$

- (b) Estimating the contact time interval to be 0.05 s, from the impulse-momentum theorem, we find

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{3.38 \text{ kg} \cdot \text{m/s} \hat{j}}{0.05 \text{ s}} \rightarrow \boxed{\vec{F} = 7 \times 10^2 \text{ N} \hat{j}}$$

Problems 19

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 $22.00 \hat{i}$ m/s, and (d) the average force exerted on the particle for the time interval between 0 and 5.00 s.

Độ lớn của tổng lực tác dụng theo trục x lên chất điểm nặng 2.5kg thay đổi theo thời gian như hình P9.19. Tìm

- (a) xung lượng của lực trong khoảng thời gian 5s trên,
- (b) vận tốc của vật sau 5s nếu ban đầu vật đứng yên,
- (c) vận tốc của vật sau 5s nếu vận tốc đầu của vật là $22\vec{i}$ m/s, và
- (d) lực trung bình tác dụng lên chất điểm trong khoảng thời gian 0 đến 5s.

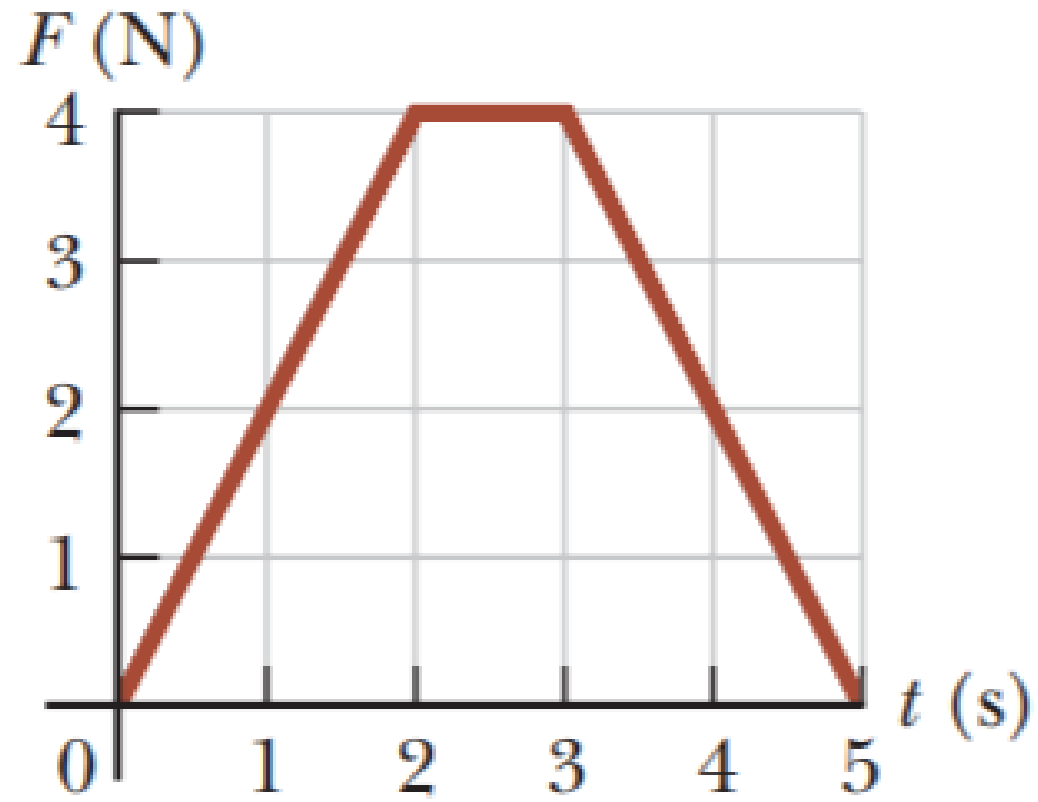


Figure P9.19

- P9.19 (a) The impulse is in the x direction and equal to the area under the F - t graph:

$$I = \left(\frac{0 + 4 \text{ N}}{2} \right) (2 \text{ s} - 0) + (4 \text{ N}) (3 \text{ s} - 2 \text{ s}) + \left(\frac{4 \text{ N} + 0}{2} \right) (5 \text{ s} - 3 \text{ s}) \\ = 12.0 \text{ N} \cdot \text{s}$$

$$\boxed{\vec{I} = 12.0 \text{ N} \cdot \text{s} \hat{i}}$$

- (b) From the momentum-impulse theorem,

$$m\vec{v}_i + \vec{F}\Delta t = m\vec{v}_f$$

$$\vec{v}_f = \vec{v}_i + \frac{\vec{F}\Delta t}{m} = 0 + \frac{12.0 \hat{i} \text{ N} \cdot \text{s}}{2.50 \text{ kg}} = \boxed{4.80 \hat{i} \text{ m/s}}$$

- (c) From the same equation,

$$\vec{v}_f = \vec{v}_i + \frac{\vec{F}\Delta t}{m} = -2.00 \hat{i} \text{ m/s} + \frac{12.0 \hat{i} \text{ N} \cdot \text{s}}{2.50 \text{ kg}} = \boxed{2.80 \hat{i} \text{ m/s}}$$

- (d) $\vec{F}_{\text{avg}}\Delta t = 12.0 \hat{i} \text{ N} \cdot \text{s} = \vec{F}_{\text{avg}}(5.00 \text{ s}) \rightarrow \vec{F}_{\text{avg}} = \boxed{2.40 \hat{i} \text{ N}}$

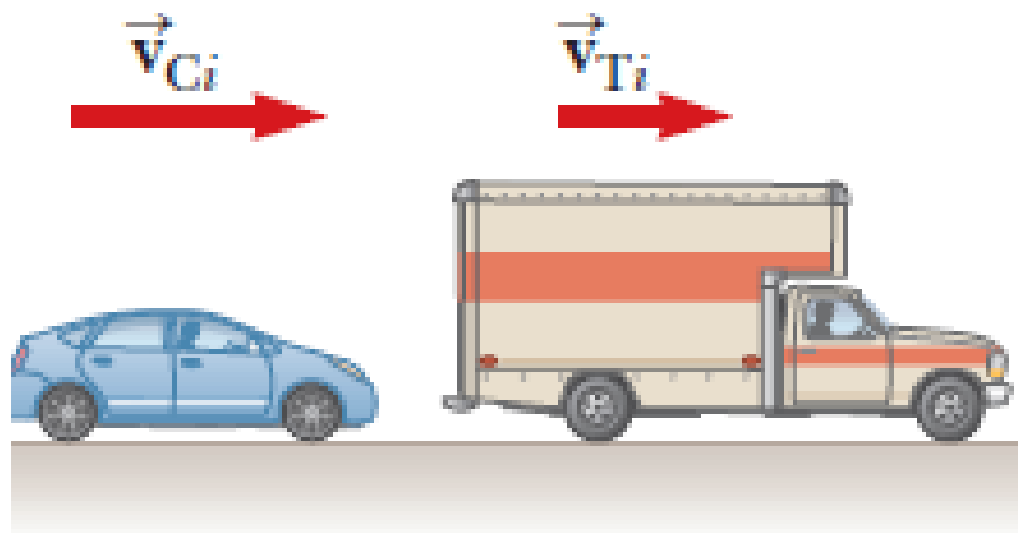
Problems 22

A 1200-kg car traveling initially at $v_{Ci} = \frac{25 \text{ m}}{\text{s}}$ in an easterly direction crashes into the back of a 9000 kg truck moving in the same direction at $v_{Ti} = \frac{20 \text{ m}}{\text{s}}$ (Fig. P9.22). The velocity of the car immediately after the collision is $v_{Cf} = \frac{18 \text{ m}}{\text{s}}$ to the east.

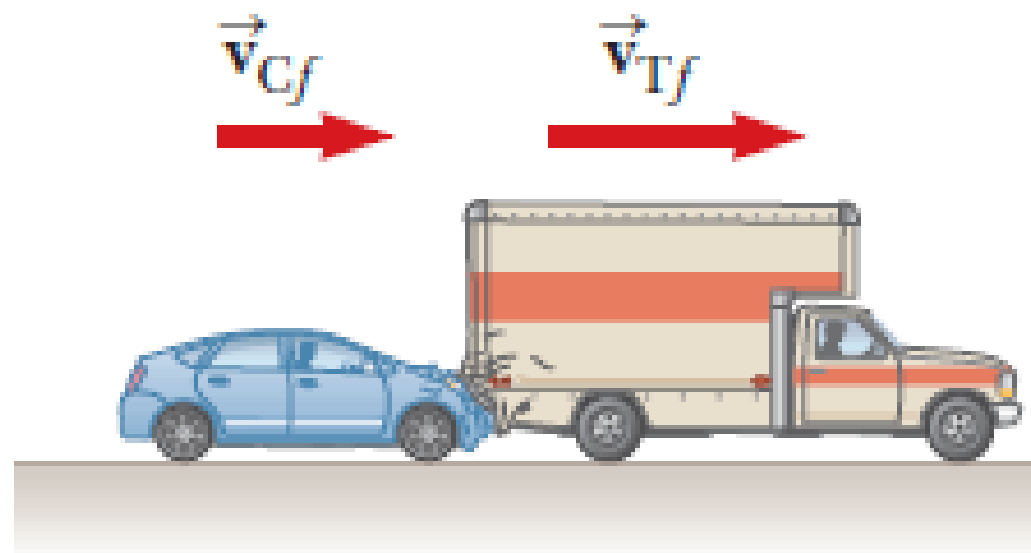
- (a) What is the velocity of the truck immediately after the collision?
- (b) What is the change in mechanical energy of the car–truck system in the collision?
- (c) Account for this change in mechanical energy.

Một chiếc xe 1200 kg ban đầu đi với vận tốc $v_{Ci} = \frac{25 \text{ m}}{\text{s}}$ theo hướng đông đâm vào phía sau của một chiếc xe tải nặng 9000 kg di chuyển theo cùng một hướng tại $v_{Ti} = \frac{20 \text{ m}}{\text{s}}$ (Hình P9.22). Vận tốc của xe ngay sau va chạm là $v_{Cf} = \frac{18 \text{ m}}{\text{s}}$ về phía đông.

- (A) Tốc độ của xe tải ngay sau khi va chạm là bao nhiêu?
- (B) Độ biến đổi cơ năng của hệ xe-xe tải trong vụ va chạm là bao nhiêu?
- (C) Sự mất mát cơ năng này sẽ thành dạng năng lượng nào?



Before



After

P9.22 (a) Conservation of momentum gives

$$m_T v_{Tf} + m_C v_{Cf} = m_T v_{Ti} + m_C v_{Ci}$$

Solving for the final velocity of the truck gives

$$\begin{aligned} v_{Tf} &= \frac{m_T v_{Ti} + m_C (v_{Ci} - v_{Cf})}{m_T} \\ &= \frac{(9\,000\text{ kg})(20.0\text{ m/s}) + (1\,200\text{ kg})[(25.0 - 18.0)\text{ m/s}]}{9\,000\text{ kg}} \end{aligned}$$

$$v_{Tf} = \boxed{20.9\text{ m/s East}}$$

- (b) We compute the change in mechanical energy of the car-truck system from

$$\begin{aligned}\Delta KE &= KE_f - KE_i = \left[\frac{1}{2} m_c v_{cf}^2 + \frac{1}{2} m_T v_{Tf}^2 \right] - \left[\frac{1}{2} m_c v_{ci}^2 + \frac{1}{2} m_T v_{Ti}^2 \right] \\&= \frac{1}{2} \left[m_c (v_{cf}^2 - v_{ci}^2) + m_T (v_{Tf}^2 - v_{Ti}^2) \right] \\&= \frac{1}{2} \left\{ (1\,200 \text{ kg}) [(18.0 \text{ m/s})^2 - (25.0 \text{ m/s})^2] \right. \\&\quad \left. + (9\,000 \text{ kg}) [(20.9 \text{ m/s})^2 - (20.0 \text{ m/s})^2] \right\} \\ \Delta KE &= \boxed{-8.68 \times 10^3 \text{ J}}\end{aligned}$$

Note: If 20.9 m/s were used to determine the energy lost instead of 20.9333 as the answer to part (a), the answer would be very different. We have kept extra digits in all intermediate answers until the problem is complete.

The mechanical energy of the car-truck system has decreased.

Most of the energy was transformed to internal energy with some being carried away by sound.

Problems 28

A 7.00-g bullet, when fired from a gun into a 1.00-kg block of wood held in a vise, penetrates the block to a depth of 8.00 cm. This block of wood is next placed on a frictionless horizontal surface, and a second 7.00-g bullet is fired from the gun into the block. To what depth will the bullet penetrate the block in this case?

Một viên đạn nặng 7g được bắn ra từ một khẩu súng cắm vào khối gỗ nặng 1kg được kẹp trong cái mỏ cặp (vise – như hình), viên đạn đâm thủng khối gỗ 1 đoạn 8cm. Khối gỗ này tiếp theo được đặt trên mặt sàn nằm ngang không ma sát và bắn một viên đạn 7g thứ hai vào nó. Hỏi viên đạn thứ hai cắm vào khối gỗ 1 đoạn bao nhiêu?



***P9.28** Let's first analyze the situation in which the wood block, of mass $m_w = 1.00 \text{ kg}$, is held in a vise. The bullet of mass $m_b = 7.00 \text{ g}$ is initially moving with speed v_b and then comes to rest in the block due to the kinetic friction force f_k between the block and the bullet as the bullet

deforms the wood fibers and moves them out of the way. The result is an increase in internal energy in the wood and the bullet. Identify the wood and the bullet as an isolated system for energy during the collision:

$$\Delta K + \Delta E_{\text{int}} = 0$$

Substituting for the energies:

$$\left(0 - \frac{1}{2} m_b v_b^2 \right) + f_k d = 0 \quad [1]$$

where $d = 8.00$ cm is the depth of penetration of the bullet in the wood.

Now consider the second situation, where the block is sitting on a frictionless surface and the bullet is fired into it. Identify the wood and the bullet as an isolated system for energy during the collision:

$$\Delta K + \Delta E_{\text{int}} = 0$$

Substituting for the energies:

$$\left[\frac{1}{2} (m_b + m_w) v_f^2 - \frac{1}{2} m_b v_b^2 \right] + f_k d' = 0 \quad [2]$$

where v_f is the speed with which the block and imbedded bullet slide across the table after the collision and d' is the depth of penetration of the bullet in this situation. Identify the wood and the bullet as an isolated system for momentum during the collision:

$$\Delta p = 0 \rightarrow p_i = p_f \rightarrow m_b v_b = (m_b + m_w) v_f \quad [3]$$

Solving equation [3] for v_b , we obtain

$$v_b = \frac{(m_b + m_w) v_f}{m_b} \quad [4]$$

Solving equation [1] for $f_k d$ and substituting for v_b from equation [4] above:

$$f_k d = \frac{1}{2} m_b v_b^2 = \frac{1}{2} m_b \left[\frac{(m_b + m_w) v_f}{m_b} \right]^2 = \frac{1}{2} \frac{(m_b + m_w)^2}{m_b} v_f^2 \quad [5]$$

Solving equation [2] for $f_k d'$ and substituting for v_b from equation [4]:

$$\begin{aligned} f_k d' &= -\left[\frac{1}{2} (m_b + m_w) v_f^2 - \frac{1}{2} m_b v_b^2 \right] \\ &= -\left[\frac{1}{2} (m_b + m_w) v_f^2 - \frac{1}{2} m_b \left[\frac{(m_b + m_w) v_f}{m_b} \right]^2 \right] \\ f_k d' &= \frac{1}{2} \left[\frac{m_w}{m_b} (m_b + m_w) \right] v_f^2 \end{aligned} \quad [6]$$

Dividing equation [6] by [5] gives

$$\frac{f_k d'}{f_k d} = \frac{d'}{d} = \frac{\frac{1}{2} \left[\frac{m_w}{m_b} (m_b + m_w) \right] v_f^2}{\frac{1}{2} \left[\frac{(m_b + m_w)^2}{m_b} \right] v_f^2} = \frac{m_w}{m_b + m_w}$$

Solving for d' and substituting numerical values gives

$$d' = \left(\frac{m_w}{m_b + m_w} \right) d = \left[\frac{1.00 \text{ kg}}{0.007 \text{ 00 kg} + 1.00 \text{ kg}} \right] (8.00 \text{ cm}) = \boxed{7.94 \text{ cm}}$$

Problems 31

A 12.0-g wad of sticky clay is hurled horizontally at a 100-g wooden block initially at rest on a horizontal surface. The clay sticks to the block. After impact, the block slides 7.50 m before coming to rest. If the coefficient of friction between the block and the surface is 0.650, what was the speed of the clay immediately before impact?

Một miếng đất sét nặng 12g được ném theo phương ngang vào một khối gỗ nặng 100g đang đứng yên trên mặt ngang. Miếng đất sét dính vào khối gỗ, sau đó khối gỗ đi được 7.5m trước khi dừng lại. Nếu hệ số ma sát giữa khối gỗ và mặt ngang là 0.65 thì tốc độ trước va chạm của miếng đất sét là bao nhiêu?

P9.31 The collision between the clay and the wooden block is completely inelastic. Momentum is conserved by the collision. Find the relation between the speed of the clay (C) just before impact and the speed of the clay+block (CB) just after impact:

$$\vec{p}_{Bi} + \vec{p}_{Ci} = \vec{p}_{Bf} + \vec{p}_{Cf} \rightarrow m_B v_{Bi} + m_C v_{Ci} = m_B v_{Bf} + m_C v_{Cf}$$

$$M(0) + mv_C = mv_{CB} + Mv_{CB} = (m + M)v_{CB}$$

$$v_C = \frac{(m + M)}{m} v_{CB}$$

Now use conservation of energy in the presence of friction forces to find the relation between the speed v_{CB} just after impact and the distance the block slides before stopping:

$$\Delta K + \Delta E_{\text{int}} = 0: \quad 0 - \frac{1}{2}(m + M)v_{CB}^2 - fd = 0$$

$$\text{and } -fd = -\mu nd = -\mu(m + M)gd$$

$$\rightarrow \frac{1}{2}(m + M)v_{CB}^2 = \mu(m + M)gd \rightarrow v_{CB} = \sqrt{2\mu gd}$$

Combining our results, we have

$$v_C = \frac{(m + M)}{m} \sqrt{2\mu gd}$$

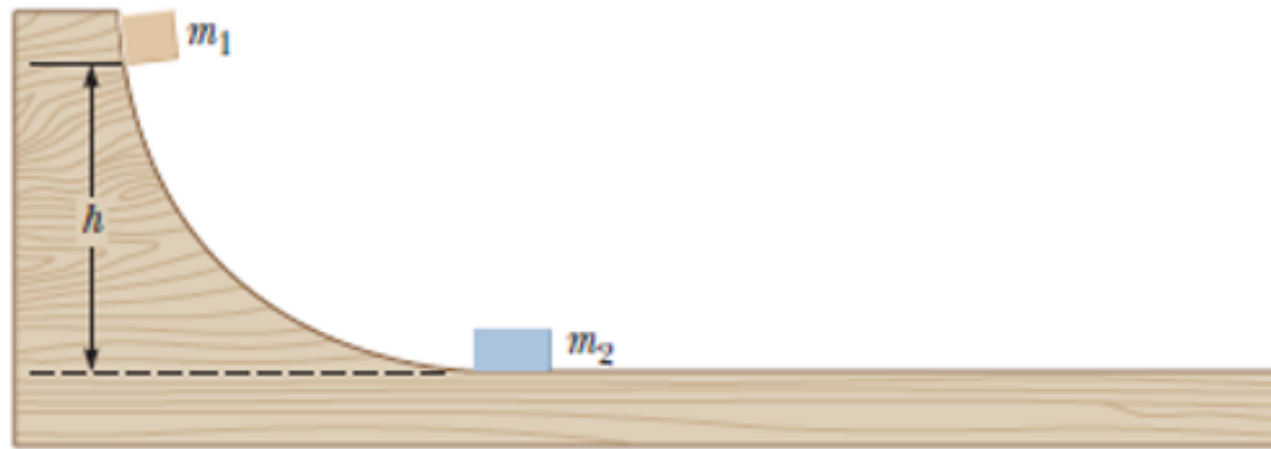
$$= \frac{(12.0 \text{ g} + 100 \text{ g})}{12.0 \text{ g}} \sqrt{2(0.650)(9.80 \text{ m/s}^2)(7.50 \text{ m})}$$

$$\boxed{v_C = 91.2 \text{ m/s}}$$

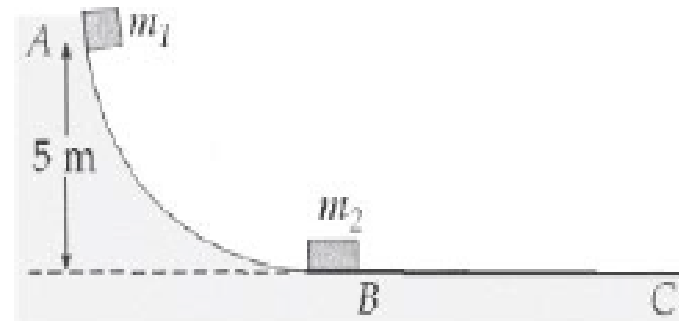
Problems 33

Two blocks are free to slide along the frictionless, wooden track shown in Figure P9.33. The block of 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.

Thả khối gỗ có khối lượng $m_1 = 5\text{kg}$ từ vị trí A như hình $h = 5\text{m}$. Tại vị trí B, m_1 va chạm hoàn toàn đàn hồi vào vật m_2 khối lượng 10kg , đang đứng yên. Tính chiều cao tối đa mà m_1 đạt được sau va chạm



P9.33 The mechanical energy of the isolated block-Earth system is conserved as the block of mass m_1 slides down the track. First we find v_1 , the speed of m_1 at B before collision:



ANS. FIG. P9.33

$$K_i + U_i = K_f + U_f$$

$$\frac{1}{2}m_1 v_1^2 + 0 = 0 + m_1 gh$$

$$v_1 = \sqrt{2(9.80 \text{ m/s}^2)(5.00 \text{ m})} = 9.90 \text{ m/s}$$

Now we use the text's analysis of one-dimensional elastic collisions to find v_{1f} , the speed of m_1 at B just after collision.

$$v_{1f} = \left| \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right| v_1 = -\frac{1}{3}(9.90) \text{ m/s} = -3.30 \text{ m/s}$$

Now the 5-kg block bounces back up to its highest point after collision according to

$$m_1 g h_{\max} = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2$$

which gives

$$h_{\max} = \frac{v_{1f}^2}{2g} = \frac{(-3.30 \text{ m/s})^2}{2(9.80 \text{ m/s}^2)} = \boxed{0.556 \text{ m}}$$

Problems 35

A 0.300-kg puck, initially at rest on a horizontal, frictionless surface, is struck by a 0.200-kg puck moving initially along the x axis with a speed of 2.00 m/s. After the collision, the 0.200-kg puck has a speed of 1.00 m/s at an angle of $\theta=53.0^\circ$ to the positive x axis (see Figure 9.11).

- (a) Determine the velocity of the 0.300-kg puck after the collision.
- (b) Find the fraction of kinetic energy transferred away or transformed to other forms of energy in the collision.

Một quả bóng (loại chơi trên sân băng) nặng 0.3kg ban đầu đứng yên trên mặt ngang không ma sát. Một quả bóng khác nặng 0.2kg đang chuyển động theo trục x với tốc độ 2m/s . Sau va chạm, vật 0.2kg có tốc độ 1m/s di chuyển theo chiều dương trục x và có phương hợp với phương ngang 1 góc $\theta = 53.0^\circ$.

- (a) Xác định vận tốc của vật 0.3kg sau va chạm.
- (b) Tìm phần động năng chuyển đổi thành dạng năng lượng khác sau quá trình va chạm.

- *P9.35** (a) We write equations expressing conservation of the x and y components of momentum, with reference to the figures on the right. Let the puck initially at rest be m_2 . In the x direction,

$$m_1 v_{1i} = m_1 v_{1f} \cos \theta + m_2 v_{2f} \cos \phi$$

which gives

$$v_{2f} \cos \phi = \frac{m_1 v_{1i} - m_1 v_{1f} \cos \theta}{m_2}$$

or

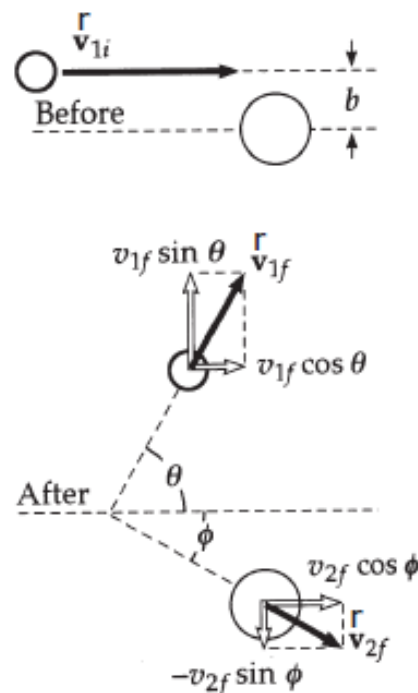
$$v_{2f} \cos \phi = \left(\frac{1}{0.300 \text{ kg}} \right) [(0.200 \text{ kg})(2.00 \text{ m/s}) - (0.200 \text{ kg})(1.00 \text{ m/s}) \cos 53.0^\circ]$$

In the y direction,

$$0 = m_1 v_{1f} \sin \theta - m_2 v_{2f} \sin \phi$$

which gives

$$v_{2f} \sin \phi = \frac{m_1 v_{1f} \sin \theta}{m_2}$$



ANS. FIG. P9.35

or

$$0 = (0.200 \text{ kg})(1.00 \text{ m/s})\sin 53.0^\circ - (0.300 \text{ kg})(v_{2f} \sin \phi)$$

From these equations, we find

$$\tan \phi = \frac{\sin \phi}{\cos \phi} = \frac{0.532}{0.932} = 0.571 \quad \text{or} \quad \boxed{\phi = 29.7^\circ}$$

$$\text{Then } v_{2f} = \frac{0.160 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{(0.300 \text{ kg})(\sin 29.7^\circ)} = \boxed{1.07 \text{ m/s}}$$

$$(b) \quad K_i = \frac{1}{2}(0.200 \text{ kg})(2.00 \text{ m/s})^2 = 0.400 \text{ J} \quad \text{and}$$

$$K_f = \frac{1}{2}(0.200 \text{ kg})(1.00 \text{ m/s})^2 + \frac{1}{2}(0.300 \text{ kg})(1.07 \text{ m/s})^2 = 0.273 \text{ J}$$

$$f_{\text{lost}} = \frac{\Delta K}{K_i} = \frac{K_f - K_i}{K_i} = \frac{0.273 \text{ J} - 0.400 \text{ J}}{0.400 \text{ J}} = \boxed{-0.318}$$

Problems 41

A billiard ball moving at 5.00 m/s strikes a stationary ball of the same mass. After the collision, the first ball moves at 4.33 m/s at an angle of 30.0° with respect to the original line of motion. Assuming an elastic collision (and ignoring friction and rotational motion), find the struck ball's velocity after the collision.

Một quả bóng bi-da đang chuyển động với tốc độ 5m/s thì đụng phải 1 quả bóng khác cùng khối lượng đang đứng yên. Sau va chạm, quả bóng thứ nhất di chuyển với tốc độ 4.33m/s theo phương 30° so với phương ban đầu. Giả sử va chạm là đàn hồi (bỏ qua ma sát và chuyển động quay của bóng), tìm vận tốc của quả bóng thứ 2 sau va chạm.

P9.41

By conservation of momentum for the system of the two billiard balls (with all masses equal), in the x and y directions separately,

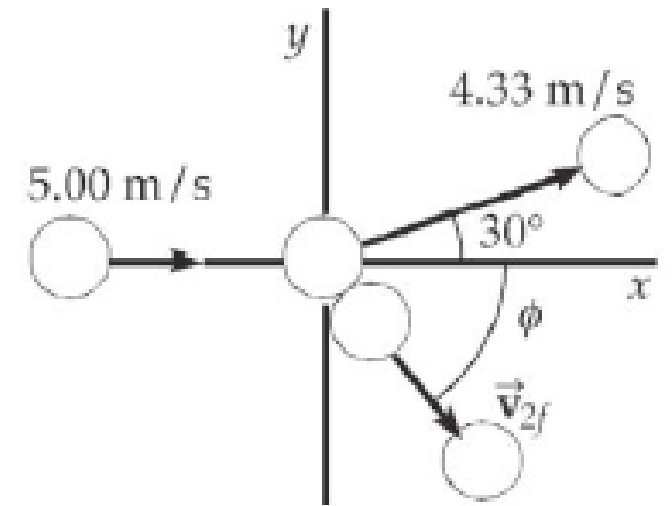
$$5.00 \text{ m/s} + 0 = (4.33 \text{ m/s}) \cos 30.0^\circ + v_{2fx}$$

$$v_{2fx} = 1.25 \text{ m/s}$$

$$0 = (4.33 \text{ m/s}) \sin 30.0^\circ + v_{2fy}$$

$$v_{2fy} = -2.16 \text{ m/s}$$

$$\vec{v}_{2f} = \boxed{2.50 \text{ m/s at } -60.0^\circ}$$



ANS. FIG. P9.41

Note that we did not need to explicitly use the fact that the collision is perfectly elastic.

Problems 43

An unstable atomic nucleus of mass $17 \times 10^{-27} \text{ kg}$ initially at rest disintegrates into three particles. One of the particles, of mass $5 \times 10^{-27} \text{ kg}$, moves in the y direction with a speed of $6 \times 10^6 \text{ m/s}$. Another particle, of mass $8.40 \times 10^{-27} \text{ kg}$, moves in the x direction with a speed of $4 \times 10^6 \text{ m/s}$. Find

- (a) the velocity of the third particle and
- (b) the total kinetic energy increase in the process.

Một hạt nhân nguyên tử không ổn định khối lượng 17×10^{-27} kg ban đầu đứng yên, phân hủy thành 3 hạt. Một trong 3 hạt nặng 5×10^{-27} kg, chuyển động theo chiều y với tốc độ 6×10^6 m/s. Một hạt khác nặng 8.40×10^{-27} kg, chuyển động theo chiều x với tốc độ 4×10^6 m/s. Tìm

(a) vận tốc của hạt thứ 3 và

(b) tổng độ tăng động năng sau quá trình trên.

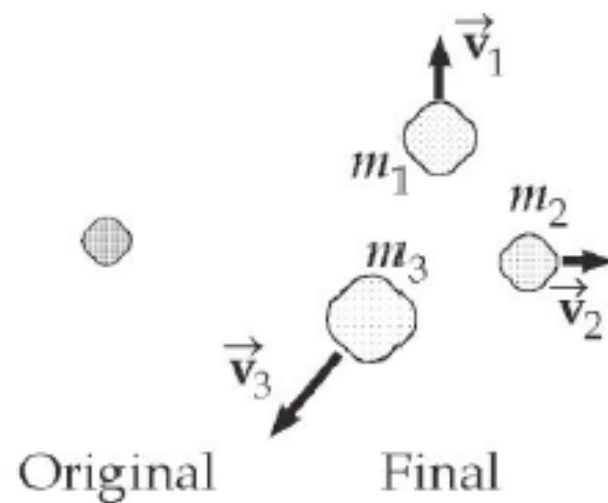
- P9.43 (a) With three particles, the total final momentum of the system is $m_1 \vec{v}_{1f} + m_2 \vec{v}_{2f} + m_3 \vec{v}_{3f}$ and it must be zero to equal the original momentum. The mass of the third particle is

$$m_3 = (17.0 - 5.00 - 8.40) \times 10^{-27} \text{ kg}$$

or $m_3 = 3.60 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Solving $m_1 \vec{v}_{1f} + m_2 \vec{v}_{2f} + m_3 \vec{v}_{3f} = 0$ for \vec{v}_{3f} gives

$$\begin{aligned}\vec{v}_{3f} &= -\frac{m_1 \vec{v}_{1f} + m_2 \vec{v}_{2f}}{m_3} \\ \vec{v}_{3f} &= -\frac{(3.36\hat{i} + 3.00\hat{j}) \times 10^{-20} \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{3.60 \times 10^{-27} \text{ kg}} \\ &= \boxed{(-9.33 \times 10^6 \hat{i} - 8.33 \times 10^6 \hat{j}) \text{ m/s}}\end{aligned}$$



ANS. FIG. P9.43

- (b) The original kinetic energy of the system is zero.

The final kinetic energy is $K = K_{1f} + K_{2f} + K_{3f}$.

The terms are

$$K_{1f} = \frac{1}{2}(5.00 \times 10^{-27} \text{ kg})(6.00 \times 10^6 \text{ m/s})^2 = 9.00 \times 10^{-14} \text{ J}$$

$$K_{2f} = \frac{1}{2}(8.40 \times 10^{-27} \text{ kg})(4.00 \times 10^6 \text{ m/s})^2 = 6.72 \times 10^{-14} \text{ J}$$

$$\begin{aligned} K_{3f} &= \frac{1}{2}(3.60 \times 10^{-27} \text{ kg}) \\ &\quad \times [(-9.33 \times 10^6 \text{ m/s})^2 + (-8.33 \times 10^6 \text{ m/s})^2] \\ &= 28.2 \times 10^{-14} \text{ J} \end{aligned}$$

Then the system kinetic energy is

$$\begin{aligned} K &= 9.00 \times 10^{-14} \text{ J} + 6.72 \times 10^{-14} \text{ J} + 28.2 \times 10^{-14} \text{ J} \\ &= \boxed{4.39 \times 10^{-13} \text{ J}} \end{aligned}$$

Problems 46

The mass of the Earth is 5.97×10^{24} kg, and the mass of the Moon is 7.35×10^{22} kg. The distance of separation, measured between their centers, is 3.84×10^8 m. Locate the center of mass of the Earth–Moon system as measured from the center of the Earth.

Khối lượng của trái đất là 5.97×10^{24} kg, khối lượng của mặt trăng là 7.35×10^{22} kg. Khoảng cách giữa trái đất và mặt trăng (đo giữa 2 tâm của vật) là 3.84×10^8 m. Xác định vị trí khối tâm của hệ Trái đất – Mặt trăng so với tâm trái đất.

P9.46 Let the x axis start at the Earth's center and point toward the Moon.

$$\begin{aligned}x_{\text{CM}} &= \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2} \\&= \frac{(5.97 \times 10^{24} \text{ kg})(0) + (7.35 \times 10^{22} \text{ kg})(3.84 \times 10^8 \text{ m})}{6.05 \times 10^{24} \text{ kg}} \\&= \boxed{4.66 \times 10^6 \text{ m from the Earth's center}}\end{aligned}$$

The center of mass is within the Earth, which has radius $6.37 \times 10^6 \text{ m}$. It is 1.7 Mm below the point on the Earth's surface where the Moon is straight overhead.

Problems 50

A water molecule consists of an oxygen atom with two hydrogen atoms bound to it (Fig. P9.50). The angle between the two bonds is 106° . If the bonds are 0.100 nm long, where is the center of mass of the molecule?

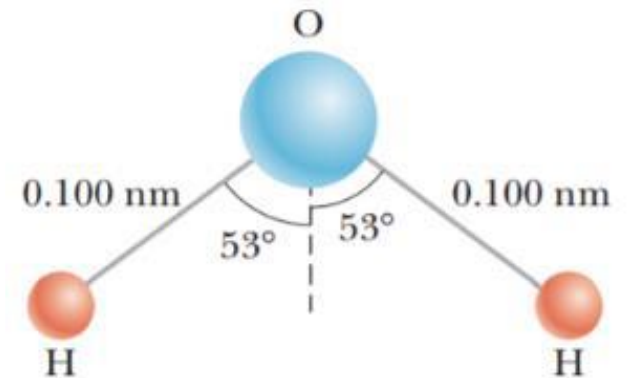


Figure P9.50

Một phân tử nước bao gồm 1 nguyên tử Oxi và 2 nguyên tử Hydro liên kết với nhau như hình P9.50. Góc giữa hai liên kết là 106° . Nếu chiều dài liên kết là 0.1nm thì khối tâm của phân tử ở đâu?

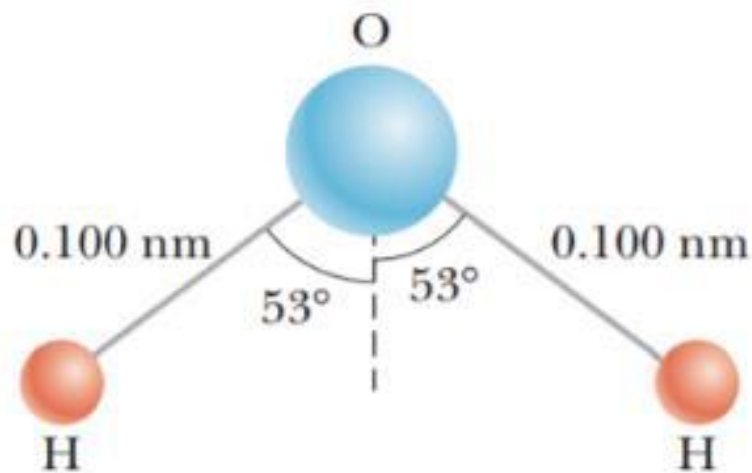


Figure P9.50

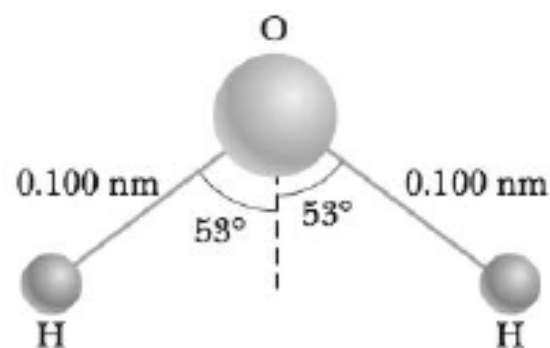
***P9.50** We use a coordinate system centered in the oxygen (O) atom, with the x axis to the right and the y axis upward. Then, from symmetry,

$$x_{\text{CM}} = 0$$

and

$$y_{\text{CM}} = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}$$

$$= \frac{1}{15.999 \text{ u} + 1.008 \text{ u} + 1.008 \text{ u}} \times [0 - 1.008 \text{ u} (0.100 \text{ nm}) \cos 53.0^\circ - 1.008 \text{ u} (0.100 \text{ nm}) \cos 53.0^\circ]$$



ANS. FIG. P9.50

The center of mass of the molecule lies on the dotted line shown in ANS. FIG. P9.50, 0.006 73 nm below the center of the O atom.

Problems 53

Romeo (77.0 kg) entertains Juliet (55.0 kg) by playing his guitar from the rear of their boat at rest in still water, 2.70 m away from Juliet, who is in the front of the boat. After the serenade, Juliet carefully moves to the rear of the boat (away from shore) to plant a kiss on Romeo's cheek. How far does the 80.0-kg boat move toward the shore it is facing?

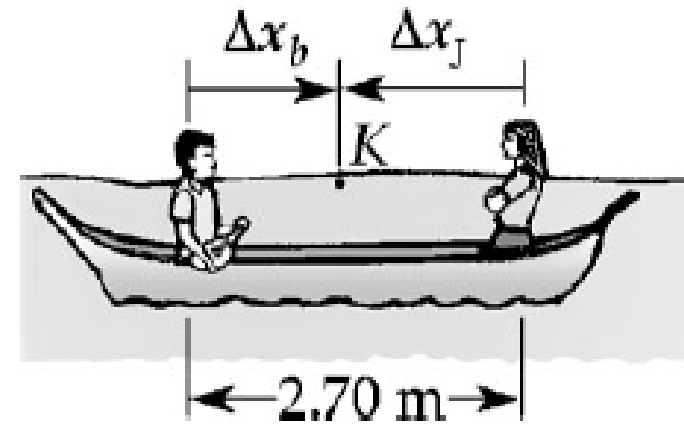
Romeo (nặng 77kg) cùng Juliet (nặng 55kg) đang ngồi trên cái xuồng đứng yên trên mặt nước, họ ngồi cách nhau 2.7m, Juliet ngồi ở mũi thuyền. Trong khung cảnh lãng mạn đó, Romeo đàn cho Juliet nghe. Sau khi Romeo đàn xong, Juliet cẩn thận bước về phía Romeo (hướng về phía bờ) và nhẹ nhàng kiss lên má Romeo. Hỏi cái xuồng nặng 80kg sẽ đi ra xa bờ 1 đoạn bao nhiêu sau quá trình Juliet tiến về phía Romeo?

P9.53 No outside forces act on the boat-plus-lovers system, so its momentum is conserved at zero and the center of mass of the boat-passengers system stays fixed:

$$x_{\text{CM},i} = x_{\text{CM},f}$$

Define K to be the point where they kiss, and Δx_j and Δx_b as shown in the figure.

Since Romeo moves with the boat (and thus $\Delta x_{\text{Romeo}} = \Delta x_b$), let m_b be the combined mass of Romeo and the boat. The front of the boat and the shore are to the right in this picture,



ANS. FIG. P9.53

and we take the positive x direction to the right. Then,

$$m_J \Delta x_J + m_b \Delta x_b = 0$$

Choosing the x axis to point toward the shore,

$$(55.0 \text{ kg}) \Delta x_J + (77.0 \text{ kg} + 80.0 \text{ kg}) \Delta x_b = 0$$

and $\Delta x_J = -2.85 \Delta x_b$

As Juliet moves away from shore, the boat and Romeo glide toward the shore until the original 2.70-m gap between them is closed. We describe the relative motion with the equation

$$|\Delta x_J| + \Delta x_b = 2.70 \text{ m}$$

Here the first term needs absolute value signs because Juliet's change in position is toward the left. An equivalent equation is then

$$-\Delta x_J + \Delta x_b = 2.70 \text{ m}$$

Substituting, we find

$$+2.85 \Delta x_b + \Delta x_b = 2.70 \text{ m}$$

so $\Delta x_b = \frac{2.70 \text{ m}}{3.85} = \boxed{0.700 \text{ m}}$ towards the shore

Problems 58

A 60.0-kg person bends his knees and then jumps straight up. After his feet leave the floor, his motion is unaffected by air resistance and his center of mass rises by a maximum of 15.0 cm. Model the floor as completely solid and motionless.

- (a) Does the floor impart impulse to the person?
- (b) Does the floor do work on the person?
- (c) With what momentum does the person leave the floor?
- (d) Does it make sense to say that this momentum came from the floor? Explain.
- (e) With what kinetic energy does the person leave the floor?
- (f) Does it make sense to say that this energy came from the floor? Explain.

Một người nặng 60kg gập đầu gối sau đó nhảy lên. Sau khi chân anh ta rời khỏi sàn, chuyển động của anh ta không bị ảnh hưởng của lực cản không khí và khối tâm của anh ta đạt độ cao cực đại 15cm. Cho rằng mặt sàn hoàn toàn cứng và không có chuyển động.

- (a) Hỏi mặt sàn có truyền một xung lượng nào cho người không?
- (b) Sàn có thực hiện công lên người không?
- (c) Động lượng của người khi rời khỏi sàn là bao nhiêu?
- (d) Có phải động lượng này xuất phát từ mặt sàn không? Giải thích.
- (e) Động năng khi người rời khỏi sàn là bao nhiêu?
- (f) Có thể nói là động năng này đến từ mặt sàn không? Giải thích.

P9.58

- (a) Yes The floor exerts a force, larger than the person's weight over time as he is taking off.
- (b) No The work by the floor on the person is zero because the force exerted by the floor acts over zero distance.
- (c) He leaves the floor with a speed given by $\frac{1}{2}mv^2 = mgy_f$, or

$$v = \sqrt{2gy_f} = \sqrt{2(9.80 \text{ m/s}^2)(0.150 \text{ m})} = 1.71 \text{ m/s}$$

so his momentum immediately after he leaves the floor is

$$p = mv = (60.0 \text{ kg})(1.71 \text{ m/s up}) = \boxed{103 \text{ kg} \cdot \text{m/s up}}$$

(d) Yes. You could say that it came from the planet, that gained momentum $103 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ down, but it came through the force exerted by the floor over a time interval on the person, so it came through the floor or from the floor through direct contact.

(e) His kinetic energy is

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(60.0 \text{ kg})(1.71 \text{ m/s})^2 = \boxed{88.2 \text{ J}}$$

(f) No. The energy came from chemical energy in the person's leg muscles. The floor did no work on the person.

Problems 60

A model rocket engine has an average thrust of 5.26 N. It has an initial mass of 25.5 g, which includes fuel mass of 12.7 g. The duration of its burn is 1.90 s.

- (a) What is the average exhaust speed of the engine?
- (b) This engine is placed in a rocket body of mass 53.5 g. What is the final velocity of the rocket if it were to be fired from rest in outer space by an astronaut on a spacewalk? Assume the fuel burns at a constant rate.

Một động cơ tên lửa có lực xả thải trung bình là 5.26N . Khối lượng ban đầu của nó 25.5g , bao gồm lượng nhiên liệu là 12.7g . Thời gian đốt là 1.9s . (a) Tính tốc độ xả thải của động cơ. (b) Động cơ được đặt trong một tên lửa nặng 53.5g . Tìm vận tốc cuối của tên lửa nếu nó được bắn ra từ trạng thái nghỉ, giả sử tốc độ đốt nhiên liệu là hằng số.

P9.60 (a) The fuel burns at a rate given by

$$\frac{dM}{dt} = \frac{12.7 \text{ g}}{1.90 \text{ s}} = 6.68 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$$

From the rocket thrust equation,

$$\text{Thrust} = v_e \frac{dM}{dt}: 5.26 \text{ N} = v_e (6.68 \times 10^{-3} \text{ kg/s})$$

$$v_e = \boxed{787 \text{ m/s}}$$

$$(b) \quad v_f - v_i = v_e \ln \left(\frac{M_i}{M_f} \right):$$

$$v_f - 0 = (787 \text{ m/s}) \ln \left(\frac{53.5 \text{ g} + 25.5 \text{ g}}{53.5 \text{ g} + 25.5 \text{ g} - 12.7 \text{ g}} \right)$$

$$v_f = \boxed{138 \text{ m/s}}$$

Problems 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

Một hòn bi blue nặng 0.4kg bắt đầu trượt từ vị trí A, không ma sát, dọc theo đường như trong hình 9.79. Cho độ cao của vị trí A cách B một khoảng $h = 1.5\text{m}$. Tại B, bi blue va chạm đàn hồi với bi green nặng 0.6kg đang đứng yên. Tìm độ cao cực đại mà bi green đạt được sau va chạm.



Figure P9.79

P9.79 We will use the subscript 1 for the blue bead and the subscript 2 for the green bead. Conservation of mechanical energy for the blue bead-Earth system, $K_i + U_i = K_f + U_f$, can be written as

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + 0 = 0 + mgh$$

where v_1 is the speed of the blue bead at point B just before it collides with the green bead. Solving for v_1 gives

$$v_1 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2(9.80 \text{ m/s}^2)(1.50 \text{ m})} = 5.42 \text{ m/s}$$

Now recall Equations 9.21 and 9.22 for an elastic collision:

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

For this collision, the green bead is at rest, so $v_{2i} = 0$, and Equation 9.22 simplifies to

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

Plugging in gives

$$v_{2f} = \left(\frac{2(0.400 \text{ kg})}{0.400 \text{ kg} + 0.600 \text{ kg}} \right) (5.42 \text{ m/s}) = 4.34 \text{ m/s}$$

Now, we use conservation of the mechanical energy of the green bead after collision to find the maximum height the ball will reach. This gives

$$0 + m_2 g y_{\max} = \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2 + 0$$

Solving for y_{\max} gives

$$y_{\max} = \frac{v_{2f}^2}{2g} = \frac{(4.34 \text{ m/s})^2}{2(9.80 \text{ m/s}^2)} = \boxed{0.960 \text{ m}}$$

Problems 81

A bullet of mass $m = 8.00$ g is fired into a block of mass $M = 250$ g that is initially at rest at the edge of a table of height $h = 1.00$ m (Fig. P9.81). The bullet remains in the block, and after the impact the block lands $d = 2.00$ m from the bottom of the table. Determine the initial speed of the bullet.

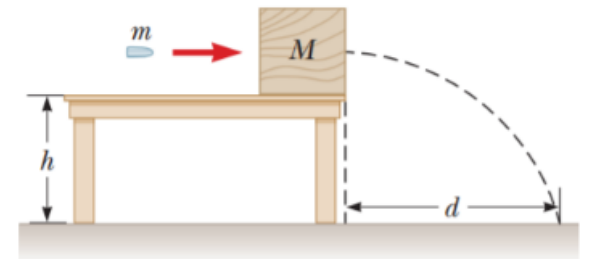


Figure P9.81 Problems 81 and 82.

Bắn một viên đạn khối lượng $m = 8\text{g}$ cắm vào khối gỗ $M = 250\text{g}$ đang đứng yên ở mép bàn cao $h = 1\text{m}$ (hình P9.81). Viên đạn cùng khối gỗ rớt xuống mặt sàn nằm ngang tại vị trí cách bàn 1 đoạn $d = 2\text{m}$. Xác định tốc độ ban đầu của viên đạn.

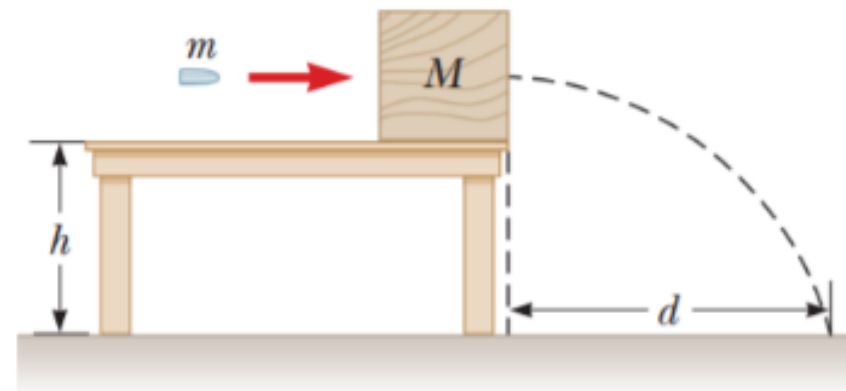


Figure P9.81 Problems 81 and 82.

***P9.81** Using conservation of momentum from just before to just after the impact of the bullet with the block:

$$mv_i = (M + m)v_f$$

or
$$v_i = \left(\frac{M + m}{m} \right) v_f \quad [1]$$

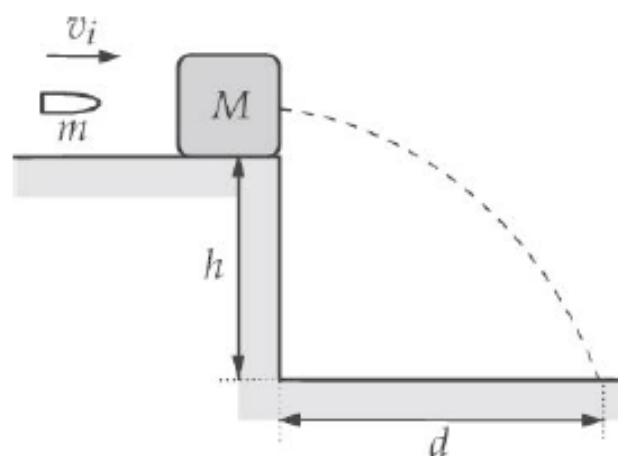
The speed of the block and embedded bullet just after impact may be found using kinematic equations:

$$d = v_f t \quad \text{and} \quad h = \frac{1}{2}gt^2$$

Thus,
$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad \text{and} \quad v_f = \frac{d}{t} = d\sqrt{\frac{g}{2h}} = \sqrt{\frac{gd^2}{2h}}$$

Substituting into [1] from above gives

$$\begin{aligned} v_i &= \left(\frac{M + m}{m} \right) \sqrt{\frac{gd^2}{2h}} = \left(\frac{250 \text{ g} + 8.00 \text{ g}}{8.00 \text{ g}} \right) \sqrt{\frac{(9.80 \text{ m/s}^2)(2.00 \text{ m})^2}{2(1.00 \text{ m})}} \\ &= \boxed{143 \text{ m/s}} \end{aligned}$$



ANS. FIG. P9.81