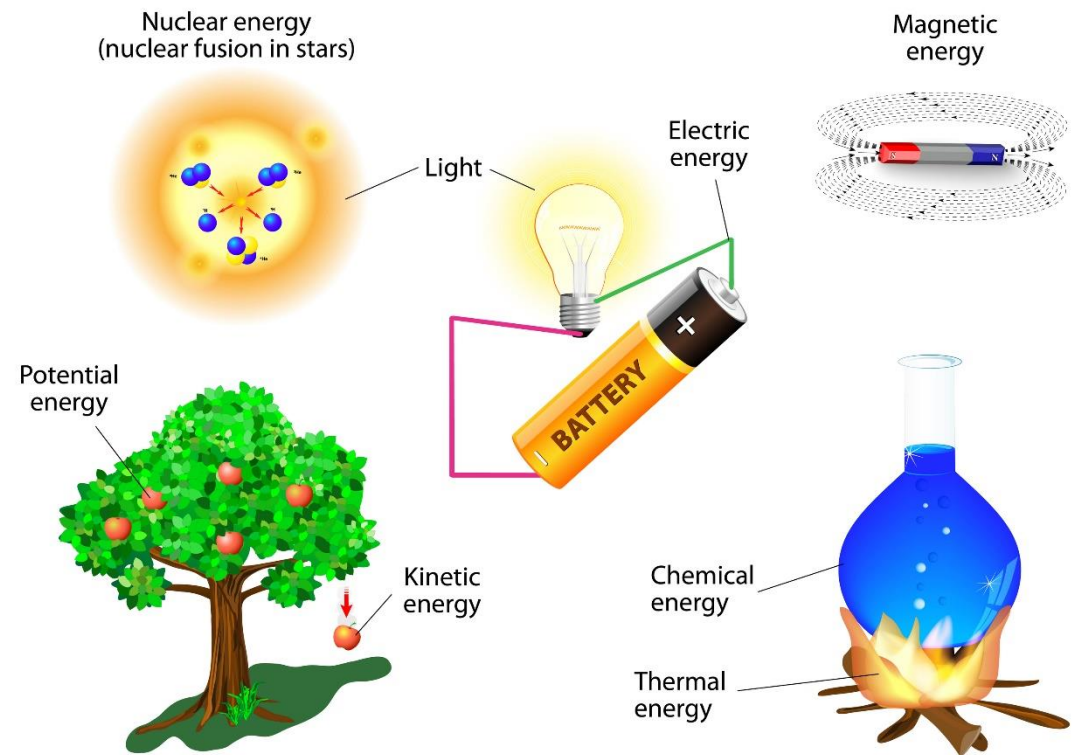


Chapter 7

ENERGY OF SYSTEM

Năng Lượng của một hệ

FORMS OF ENERGY



1. Work → *Work is the application of a force through a distance*

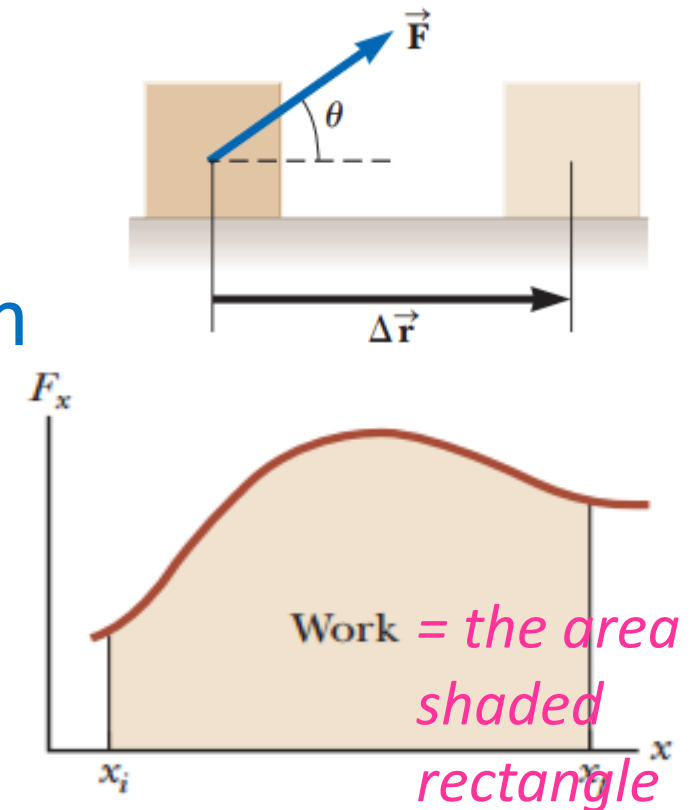
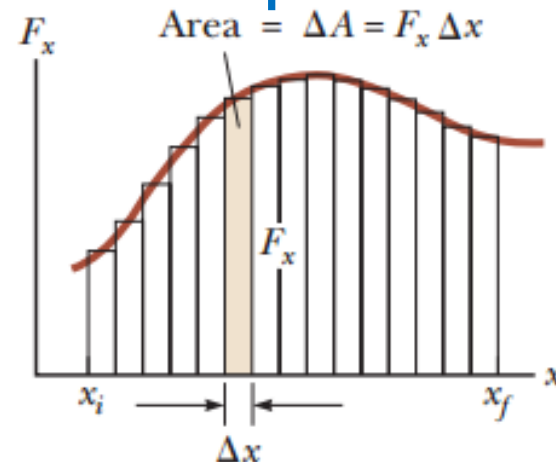


- Work done by a constant force

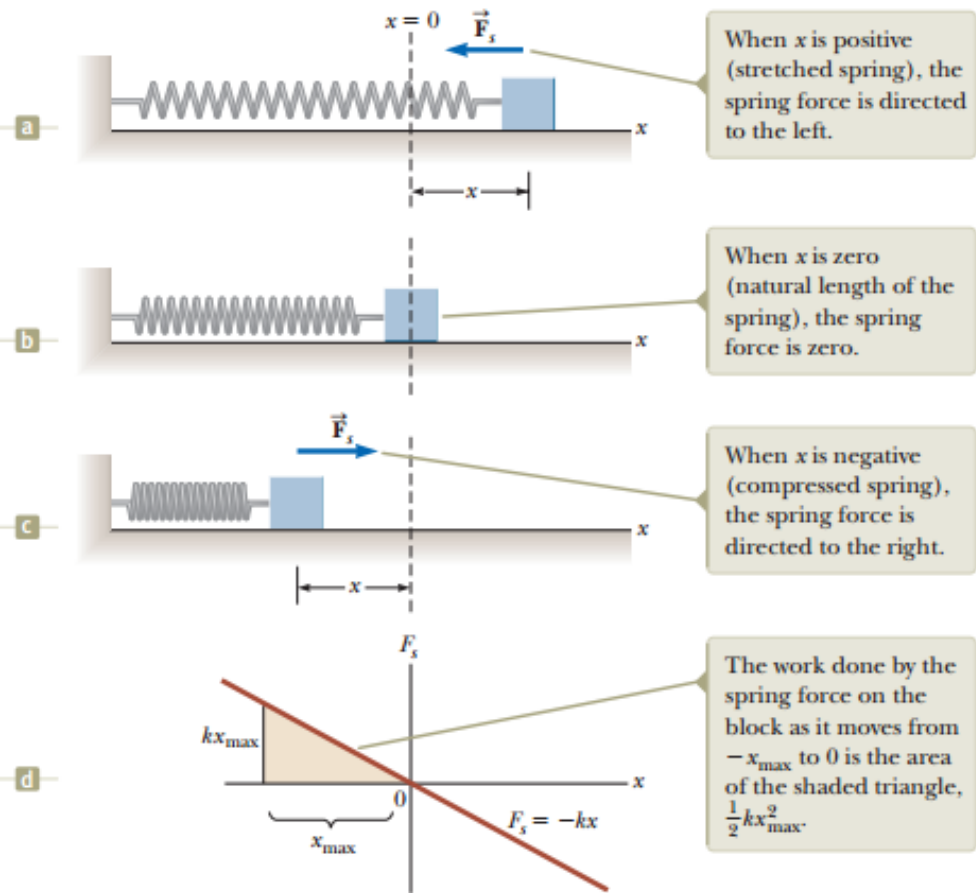
$$W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r} = F \cdot \Delta r \cdot \cos \theta$$

- A force that varies with position

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F_x \cdot dx$$



Work Done By A Spring



The force exerted by the spring
- Hooke's Law

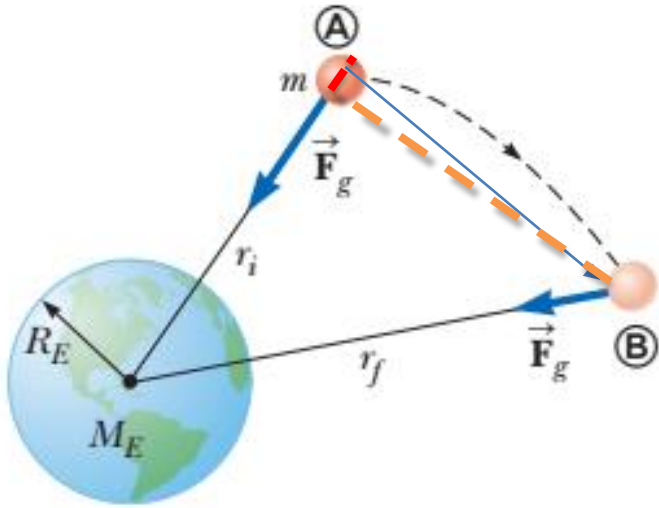
$$F_s = -kx \rightarrow \vec{F}_s = -kx\vec{i}$$

x - the position of the block with respect to the equilibrium position ($x = 0$)
 k - the spring constant

The work done by the spring on
the block:

$$W_s = \int_{x_i}^{x_f} (-kx) dx = \frac{1}{2}kx_i^2 - \frac{1}{2}kx_f^2$$

Work Done By Gravitational Force



$$W_{F_g} = \int \vec{F}_g \cdot d\vec{r} = - \int_{r_i}^{r_f} \frac{GM_E m}{r^2} dr$$
$$= GM_E m \left(\frac{1}{r_f} - \frac{1}{r_i} \right)$$

$$W_{F_g} = mgy_i - mgy_f$$

2. Energy



Energy \equiv The ability to do work or cause change

- Natural energy sources: food, water, plants, trees, gravity, sun, fossil fuels, uranium, plutonium
- Ways that humans have harnessed or converted natural energy sources: hydroelectric dams, coal/oil power plants, nuclear power plants, wind turbines, solar panels, etc.

2 types

Working (kinetic) energy

The energy of motion

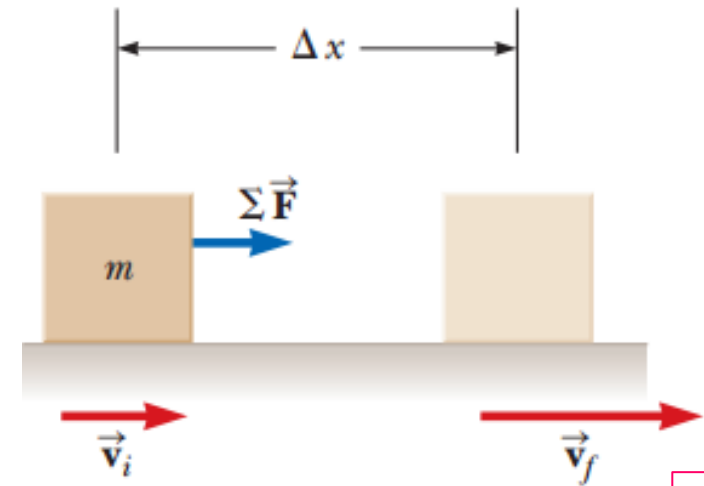
electrical, light, thermal,
solar, sound, wind

Stored (potential) energy

chemical, nuclear,
gravitational, elastic

3. Kinetic Energy and the Work - Kinetic Energy Theorem

Net work done on the block by the external net force:



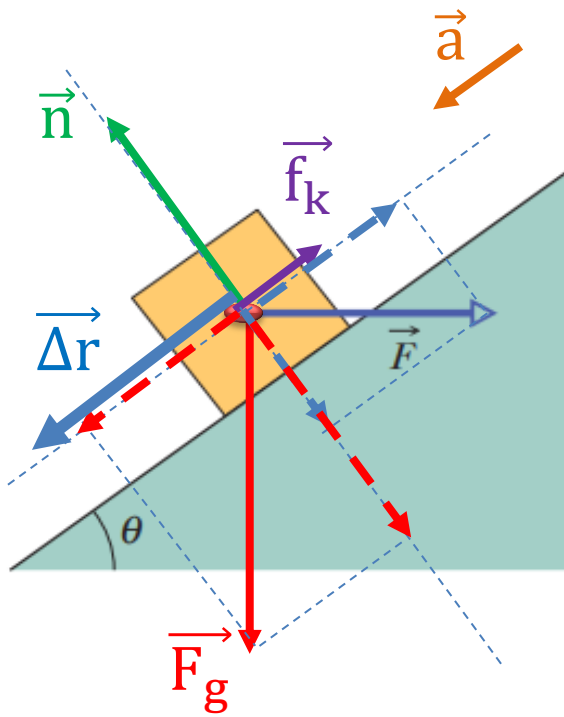
$$W_{ext} = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx = \int_{x_i}^{x_f} m \frac{dv_x}{dt} dx = \int_{v_i}^{v_f} m v_x dv_x$$

$$\Rightarrow W_{ext} = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$$

Call K is Kinetic Energy:

$$K = \frac{1}{2} m v^2$$

$$\Rightarrow W_{ext} = \Delta K$$



VD1: Một thùng hàng nặng 50 kg được đẩy lên dốc bằng lực \vec{F} theo phương ngang như hình vẽ. Biết $\theta = 30^\circ$, $F = 50 \text{ N}$ và $\mu_k = 0,15$. Hãy xác định công thực hiện bởi (a) trọng lực, (b) phản lực, (c) lực ma sát và (d) lực đẩy lên vật theo thời gian.


$$a = \frac{F_g \sin \theta - F \cos \theta - \mu_k (F_g \cos \theta + F \sin \theta)}{m} \quad \rightarrow \quad \Delta r = \frac{1}{2} a t^2$$

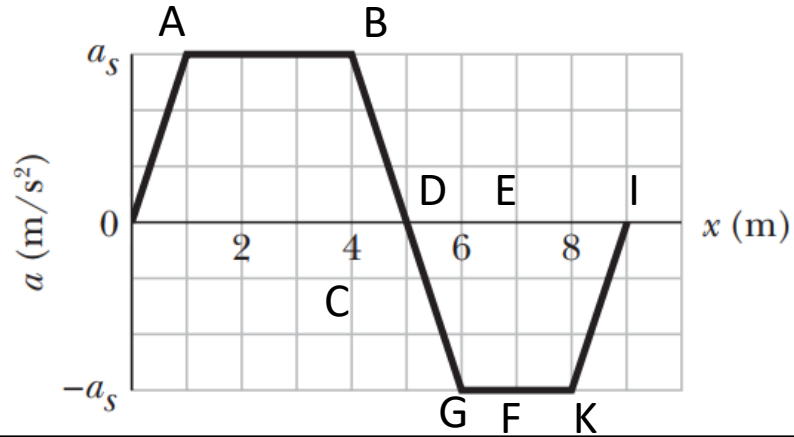
$$W_F = \vec{F} \cdot \vec{\Delta r} = F \cdot \Delta r \cdot \cos 150^\circ$$

$$W_{f_{k1}} = \vec{f}_k \cdot \vec{\Delta r} = f_{g1} \cdot \Delta r \cdot \cos 180^\circ$$

$$W_{F_g} = \vec{F}_g \cdot \vec{\Delta r} = F_g \cdot \Delta r \cdot \cos 60^\circ$$

$$W_n = \vec{n} \cdot \vec{\Delta r} = 0$$

••37  Figure 7-40 gives the acceleration of a 2.00 kg particle as an applied force \vec{F}_a moves it from rest along an x axis from $x = 0$ to $x = 9.0$ m. The scale of the figure's vertical axis is set by $a_s = 6.0 \text{ m/s}^2$. How much work has the force done on the particle when the particle reaches (a) $x = 4.0$ m, (b) $x = 7.0$ m, and (c) $x = 9.0$ m? What is the particle's speed and direction of travel when it reaches (d) $x = 4.0$ m, (e) $x = 7.0$ m, and (f) $x = 9.0$ m?



$$F_a = ma_s = 2.6 = 12 \text{ N}$$

$$W_{(0-4\text{m})} = A_{OABC} = \frac{1}{2}(3 + 4) \cdot 12 = 42 \text{ J}$$

$$W_{(0-7\text{m})} = A_{OABD} - A_{DEFG} = 30 \text{ J}$$

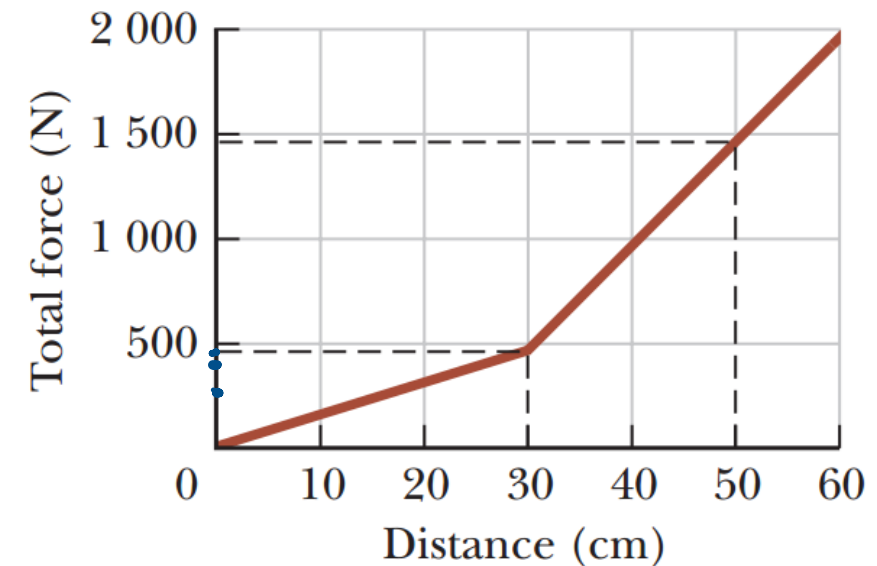
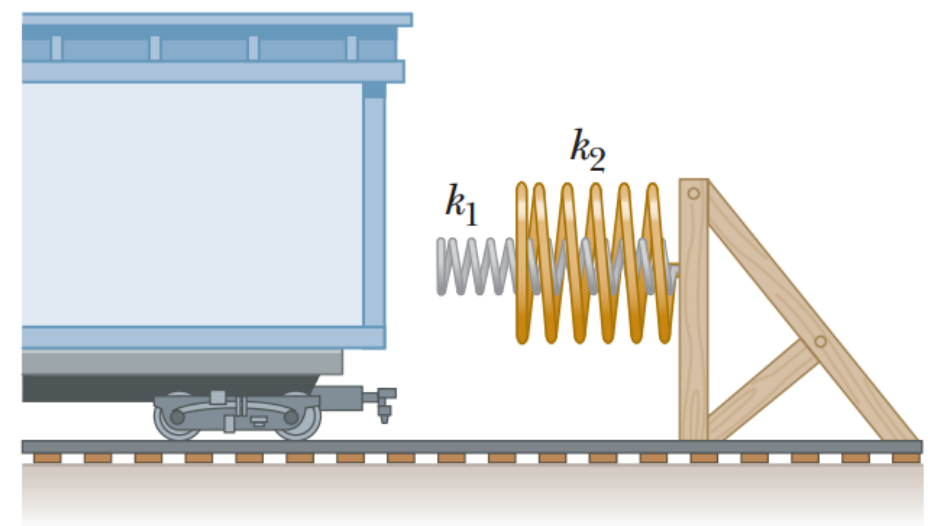
$$W_{(0-9\text{m})} = A_{OABD} - A_{DIKG} = 12 \text{ J}$$

VD2: Lực \vec{F}_a tác dụng vào chất điểm nặng 2 kg để nó chuyển động từ trạng thái nghỉ dọc theo trục x từ $x = 0$ đến $x = 9$ m. Đồ thị gia tốc theo x của nó như hình vẽ, với $a_s = 6 \text{ m/s}^2$. Hãy tính công thực hiện bởi lực trên khi chất điểm đến điểm (a) $x = 4 \text{ m}$, (b) $x = 7 \text{ m}$ và $x = 9 \text{ m}$. Tốc độ của chất điểm và chiều của chuyển động khi nó đến điểm (d) $x = 4 \text{ m}$, (e) $x = 7 \text{ m}$ và (f) $x = 9 \text{ m}$.

$$W_{(0-4\text{m})} = K_{4\text{m}} - K_0 = \frac{1}{2}mv_{4\text{m}}^2 = 42 \text{ J}$$

$$\rightarrow v_{4\text{m}}^2$$

59. A 6 000-kg freight car rolls along rails with negligible friction. The car is brought to rest by a combination of two coiled springs as illustrated in Figure P7.59. Both springs are described by Hooke's law and have spring constants $k_1 = 1\,600\text{ N/m}$ and $k_2 = 3\,400\text{ N/m}$. After the first spring compresses a distance of 30.0 cm, the second spring acts with the first to increase the force as additional compression occurs as shown in the graph. The car comes to rest 50.0 cm after first contacting the two-spring system. Find the car's initial speed.



System: freight car

$$W_{ext} = \Delta K$$

$$W_{F_{S1}} + W_{F_{S2}} = K_f - K_i$$

$$\rightarrow \left(\frac{1}{2} k_1 x_{1i}^2 - \frac{1}{2} k_1 x_{1f}^2 \right) + \left(\frac{1}{2} k_2 x_{2i}^2 - \frac{1}{2} k_2 x_{2f}^2 \right) = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$$

4. Potential Energy of a System

Gravitational potential energy

Elastic Potential Energy

$$W_{F_g} = mgy_i - mgy_f$$

$$U_g = mgy$$

$$W_{F_g} = Gm_1m_2 \left(\frac{1}{r_f} - \frac{1}{r_i} \right)$$

$$U_g = -\frac{Gm_1m_2}{r}$$

$$W_{F_g} = -\Delta U_g$$

$$W_{F_s} = \frac{1}{2}kx_i^2 - \frac{1}{2}kx_f^2$$

$$U_s = \frac{1}{2}kx^2$$

$$\Rightarrow W_{F_s} = -\Delta U_s$$

- *POTENTIAL STEM at Ground*
- *At POTENTIAL STEM → Potential Energy equals 0*

5. Conservative and Non-conservative Force

$$W_{F_g} = mgy_i - mgy_f$$

$$W_{F_s} = \frac{1}{2}kx_i^2 - \frac{1}{2}kx_f^2$$

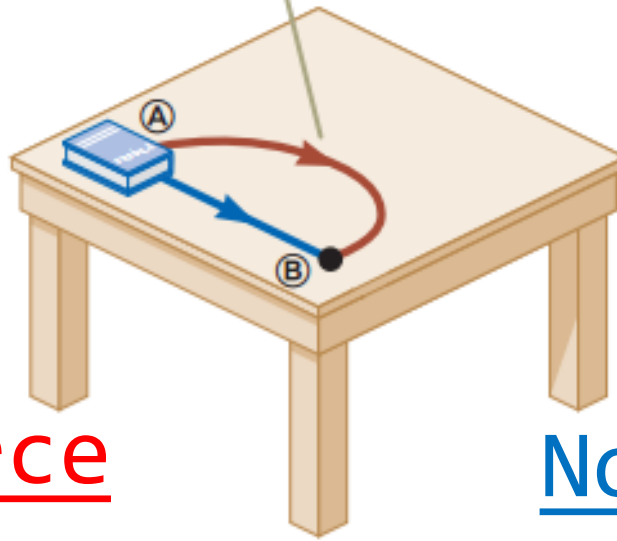


Conservative Force



1. The work done by a conservative force on a particle moving between any two points is independent of the path taken by the particle.
2. The work done by a conservative force on a particle moving through any closed path is zero.

The work done in moving the book is greater along the brown path than along the blue path.



$$W_{f_k} = \vec{f}_k \cdot \vec{\Delta r} = -f_k \cdot d$$

$$W_F = \vec{F} \cdot \vec{\Delta r} = F \cdot d \cdot \cos \theta$$



Nonconservative Force

CÔNG - W

$$W = \vec{F} \cdot \vec{\Delta r} = F \cdot \Delta r \cdot \cos \theta$$



Lực thay đổi

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F_x \cdot dx \longrightarrow |W| = \text{diện tích}$$

Cơ hệ với $a = \text{const} \rightarrow \Delta r = \frac{1}{2}at^2$

Công một số lực cơ bản

$$W_n = 0 \quad W_{f_k} = -f_k d$$

$$W_{F_g} = mgy_i - mgy_f$$

$$W_{F_s} = \frac{1}{2}kx_i^2 - \frac{1}{2}kx_f^2$$

$$W_{F_g} = GM_E m \left(\frac{1}{r_f} - \frac{1}{r_i} \right)$$

Review C7

ĐỘNG NĂNG - K

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$



Định Lý CÔNG
- ĐỘNG NĂNG

$$W_{ext} = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

Tổng công ngoại Lực bằng
độ biến thiên động năng.

- Lực thế (lực bảo toàn): lực có CÔNG không phụ thuộc đường đi, chỉ phụ thuộc điểm đầu và cuối \rightarrow F_g (trọng lực), F_s (lực đàn hồi), F_g (lực hấp dẫn).
- Lực phi thế (lực không bảo toàn): lực có CÔNG không phụ thuộc đường đi

THẾ NĂNG - U

$$U_g = mgy$$

$$U_s = \frac{1}{2}kx^2$$

$$U_g = -\frac{Gm_1m_2}{r}$$

Liên hệ CÔNG của
Lực thế - Thế năng



$$W_{\text{lực thế}} = -\Delta U$$

Công Lực thế bằng
trừ hiệu thế năng.

$$W_{F_g(O \rightarrow C)P} = W_{F_g(O \rightarrow A)} + W_{F_g(A \rightarrow C)} = F_g \cdot OA \cdot \cos 90^\circ + F_g \cdot AC \cdot \cos 180^\circ = -196 \text{ J}$$

$$W_{F_g(O \rightarrow C)B} = F_g \cdot OC \cdot \cos 135^\circ = -196 \text{ J}$$

$$W_{F_g(O \rightarrow C)R} = W_{F_g(O \rightarrow B)} + W_{F_g(B \rightarrow C)} = F_g \cdot OB \cdot \cos 180^\circ + F_g \cdot BC \cdot \cos 90^\circ = -196 \text{ J}$$

Một chất điểm di chuyển từ gốc tọa độ đến điểm có tọa độ (5, 5). Trọng lực tác dụng lên chất điểm theo chiều âm Oy. Hãy tính công của trọng lực thực hiện khi chất điểm dịch chuyển (a) theo đường màu đỏ $O \rightarrow B \rightarrow C$; (b) theo đường màu xanh $O \rightarrow C$ và (c) theo đường màu tím $O \rightarrow A \rightarrow C$. (d) Từ các câu trên, rút ra kết luận trọng lực là lực thế hay phi thế? Tại sao.

43. A 4.00-kg particle moves

M from the origin to position ©, having coordinates $x = 5.00 \text{ m}$ and $y = 5.00 \text{ m}$ (Fig. P7.43). One force on the particle is the gravitational force acting in the negative y direction. Using Equation 7.3, calculate the work done by the gravitational force on the particle as it goes from O to © along (a) the purple path, (b) the red path, and (c) the blue path. (d) Your results should all be identical. Why?

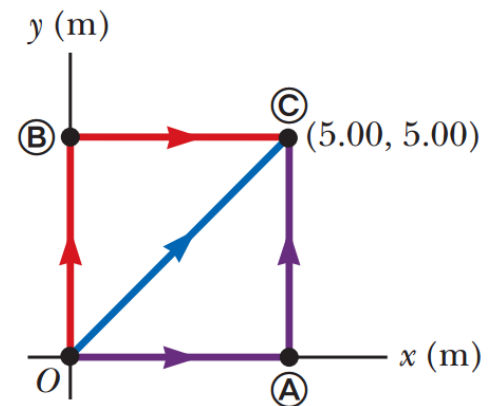
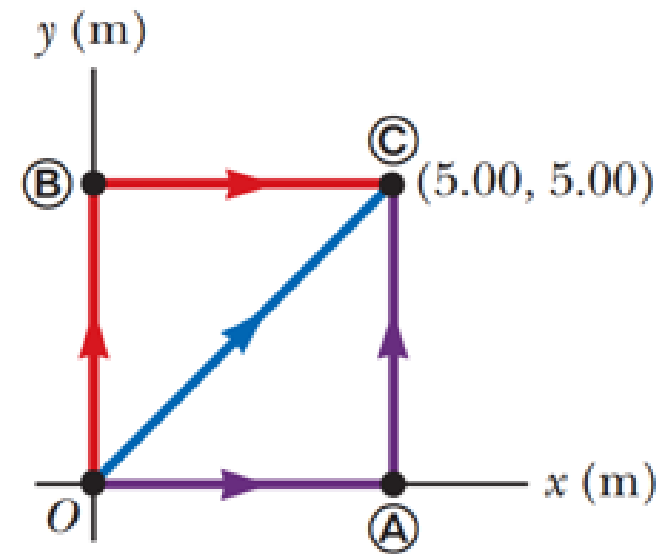


Figure P7.43

Problems 43 through 46.

45. A force acting on a particle moving in the xy plane is given by $\vec{F} = (2y\hat{i} + x^2\hat{j})$, where \vec{F} is in newtons and x and y are in meters. The particle moves from the origin to a final position having coordinates $x = 5.00$ m and $y = 5.00$ m as shown in Figure P7.43. Calculate the work done by \vec{F} on the particle as it moves along (a) the purple path, (b) the red path, and (c) the blue path. (d) Is \vec{F} conservative or nonconservative? (e) Explain your answer to part (d).



Một chất điểm di chuyển từ gốc tọa độ đến điểm có tọa độ (5, 5) bởi lực $\vec{F} = 2y\hat{i} + x^2\hat{j}$ với F tính bằng N; x, y tính bằng m. Hãy tính công của lực \vec{F} thực hiện khi chất điểm dịch chuyển (A) theo đường màu đỏ $0 \rightarrow B \rightarrow C$; (B) theo đường màu xanh $0 \rightarrow C$ và (C) theo đường màu tím $0 \rightarrow A \rightarrow C$. (D) Từ các câu trên, rút ra kết luận về lực F, là lực thế hay phi thế?

(A) Công lực \vec{F} thực hiện theo đường màu đỏ:

$$W_{OBC} = \int \vec{F} d\vec{r} = W_{OB} + W_{BC} = \int_{O \rightarrow B} (2y\hat{i} + x^2\hat{j})(dx\hat{i} + dy\hat{j}) + \int_{B \rightarrow C} (2y\hat{i} + x^2\hat{j})(dx\hat{i} + dy\hat{j})$$

- Xét dịch chuyển từ $O \rightarrow B$: $x = 0; dx = 0 \rightarrow W_{OB} = \int_{O \rightarrow B} (2y\hat{i} + x^2\hat{j})(dy\hat{j}) = 0$

- Xét dịch chuyển từ $B \rightarrow C$: $y = 5; dy = 0 \rightarrow W_{BC} = \int_{B \rightarrow C} (2y\hat{i} + x^2\hat{j})(dx\hat{i}) = \int_0^5 2y dx = 10 \int_0^5 dx = 50 J$

Vậy công lực \vec{F} thực hiện theo đường màu đỏ: $W_{OBC} = 0 + 50 = 50 J$

(B) Công lực \vec{F} thực hiện theo đường màu xanh:

$$W_{OC} = \int \vec{F} d\vec{r} = \int_{O \rightarrow C} (2y\hat{i} + x^2\hat{j})(dx\hat{i} + dy\hat{j}) = \int_{O \rightarrow C} 2y dx + \int_{O \rightarrow C} x^2 dy$$

Đối với dịch chuyển từ $O \rightarrow C$: $x = y \rightarrow dx = dy \rightarrow W_{OC} = \int_0^5 (2x + x^2) dx = 66,7 J$

(C) Công lực \vec{F} thực hiện theo đường màu tím:

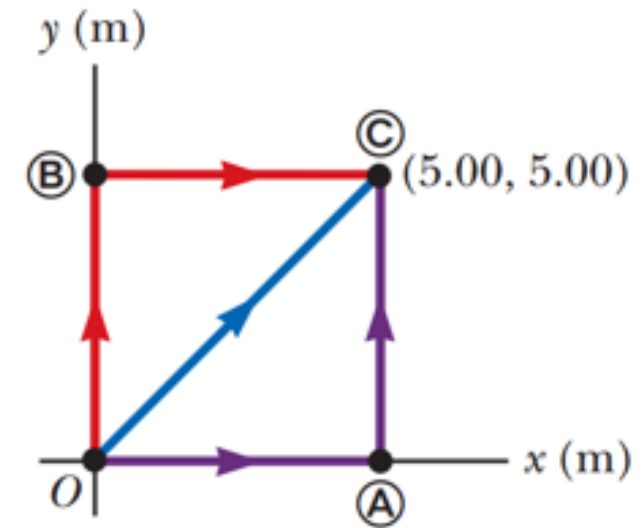
$$W_{OAC} = \int \vec{F} d\vec{r} = W_{OA} + W_{AC} = \int_{O \rightarrow A} (2y\hat{i} + x^2\hat{j})(dx\hat{i} + dy\hat{j}) + \int_{A \rightarrow C} (2y\hat{i} + x^2\hat{j})(dx\hat{i} + dy\hat{j})$$

- Xét dịch chuyển từ $O \rightarrow A$: $y = 0; dy = 0 \rightarrow W_{OA} = 0$

- Xét dịch chuyển từ $A \rightarrow C$: $x = 5; dx = 0 \rightarrow W_{AC} = \int_0^5 x^2 dy = 25 \int_0^5 dy = 125 J$

Vậy công lực \vec{F} thực hiện theo đường màu tím: $W_{OAC} = 0 + 125 = 125 J$

Một vật chuyển động trong mặt phẳng xy như trong hình vẽ và chịu một lực ma sát với độ lớn không đổi 3 N, luôn hướng ngược với vận tốc của vật. Hãy tính công mà bạn phải thực hiện để trượt vật với tốc độ không đổi khi vật chuyển động (a) Dọc theo đường màu tím từ O đến A rồi quay lại theo đường màu tím trở về O. (b) Dọc theo đường màu tím từ O đến C rồi theo đường dẫn màu xanh dương trở về O. (c) Theo đường màu xanh từ O tới C rồi theo đường màu xanh dương trở về O. (d) Mỗi câu trả lời của bạn phải khác không. Ý nghĩa của việc quan sát này là gì?



46. An object moves in the xy plane in Figure P7.43 and experiences a friction force with constant magnitude 3.00 N, always acting in the direction opposite the object's velocity. Calculate the work that you must do to slide the object at constant speed against the friction force as the object moves along (a) the purple path O to \textcircled{A} followed by a return purple path to O , (b) the purple path O to \textcircled{C} followed by a return blue path to O , and (c) the blue path O to \textcircled{C} followed by a return blue path to O . (d) Each of your three answers should be nonzero. What is the significance of this observation?

$$\vec{f}_k + \vec{F} = m\vec{a} = 0 \rightarrow \vec{F} = -\vec{f}_k \rightarrow W_F = -W_{f_k} = f_k \cdot d$$

$$\rightarrow W_{F(OAO)} = f_k \cdot (OA + AO) = 30 \text{ J}$$

$$\rightarrow W_{F(OACO)} = f_k \cdot (OA + AC + CA) = 51,2 \text{ J}$$

$$\rightarrow W_{F(OCO)} = f_k \cdot (OC + CO) = 42,4 \text{ J}$$

The end 😊