

Chương 4

NĂNG LƯỢNG

Nội dung giảng dạy:

4.1. Công và công suất.

4.2. Năng lượng. Định luật bảo toàn cơ năng trong trường lực thế.

4.3. Bài toán va chạm.

4.1. Công và công suất

4.1.1. Công

Khi tác dụng lực lên một vật và làm cho vật chuyển dời, ta nói rằng lực đã sinh ra một công. Lực càng lớn, dịch chuyển càng dài thì công của lực sinh ra càng nhiều.

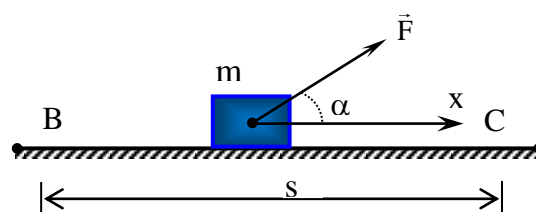
Vậy một lực sinh công khi điểm đặt của nó chuyển dời.

a. Công trong dịch chuyển thẳng và lực không đổi

Xét một vật khối lượng m , chuyển động trên đường thẳng, đi được quãng đường $BC = s$ theo phương x dưới tác dụng của lực \vec{F} không đổi như trên hình 4.1.

Công do lực \vec{F} sinh ra được định nghĩa bằng biểu thức

$$A = \vec{F} \cdot \vec{s} = F.s.\cos \alpha \quad (4.1)$$



Hình 4.1

với α là góc hợp bởi hướng của lực và hướng chuyển dời của vật.

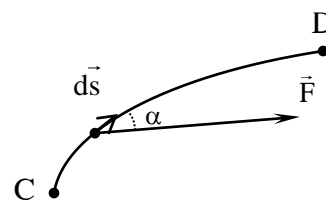
b. Công trong dịch chuyển bất kỳ và lực thay đổi

Trong trường hợp tổng quát, điểm đặt của lực \vec{F} chuyển dời trên một đường cong từ C đến D, trong quá trình đó lực \vec{F} thay đổi. Để tính công trong trường hợp này, ta có thể chia đường cong CD thành nhiều phần vô cùng bé (hình 4.2). Mỗi phần là một dịch chuyển nguyên tố $d\vec{s}$ gần như là thẳng, trên đó lực tác dụng là không đổi. Công sinh ra trong mỗi dịch chuyển nguyên tố đó bằng

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{s} = F.ds.\cos \alpha .$$

Vậy công sinh ra trên cả đường cong dịch chuyển CD là

$$A = \int_{CD} dA = \int_{CD} F.ds.\cos \alpha \quad (4.2)$$



Hình 4.2

Trong tọa độ cong, khi ds nhỏ, ta có $d\vec{s} = d\vec{r}$, vì vậy biểu thức công nguyên tố được viết lại,

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{r}.$$

Và công sinh ra trên toàn đường cong dịch chuyển sẽ là

$$A = \int_{CD} \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_{CD} \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad (4.3)$$

Công là đại lượng vô hướng, phụ thuộc quá trình. Nói cách khác, công là hàm quá trình.

Nếu $0 \leq \alpha < 90^\circ \Rightarrow A > 0$, vật nhận công hay lực sinh công phát động.

Nếu $\alpha = 90^\circ \Rightarrow A = 0$, lực không sinh công.

Nếu $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ \Rightarrow A < 0$, vật sinh công hay lực sinh công cản trở chuyển động.

Theo hệ SI, đơn vị của công là Jun (J).

4.1.2. Công suất

Công suất là đại lượng đặc trưng cho tốc độ sinh công của lực. Công suất được tính bằng công sinh ra trong một đơn vị thời gian.

Công suất trung bình trong khoảng thời gian Δt với công tương ứng ΔA :

$$P_{tb} = \frac{\Delta A}{\Delta t} \quad (4.4)$$

Để tính công suất tại một thời điểm t bất kỳ, người ta có thể tính công suất trung bình trong khoảng thời gian từ t đến $t + dt$ với dt rất nhỏ. Khi đó, công suất trung bình này xem là công suất tại thời điểm t , gọi là công suất tức thời:

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{dA}{dt} \quad (4.5)$$

Vậy công suất có giá trị bằng đạo hàm công theo thời gian.

Ngoài ra, do $dA = \vec{F} \cdot d\vec{r}$ nên $P = \vec{F} \cdot \frac{d\vec{r}}{dt}$ hay $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$ là công suất tức thời ứng

với vận tốc tức thời \vec{v} .

Khái niệm công suất được dùng để *đặc trưng cho sức mạnh của các máy*. Trong cùng một khoảng thời gian như nhau nếu máy nào sinh ra công nhiều hơn thì máy đó mạnh hơn.

Theo hệ SI, đơn vị của công suất là Oát (W).

4.1.3. Công và công suất của lực tác dụng trong chuyển động quay

Xem xét trường hợp một vật rắn quay xung quanh một trục Δ , các lực tác

dụng đều là lực tiếp tuyến. Công trong dịch chuyển vi phân của lực tiếp tuyến cho bởi:

$$dA = F_t \cdot ds,$$

mà $ds = r \cdot d\theta$, $M = r \cdot F_t$ là mômen lực, nên $dA = M \cdot d\theta$. Vậy, ta có

$$dA = M \cdot d\theta \text{ và } P = \vec{M} \cdot \vec{\omega} \quad (4.6)$$

4.2. Năng lượng

* Định nghĩa

Ta biết rằng vật chất trong tự nhiên luôn luôn vận động. Mức độ vận động của chúng khác nhau. Để đặc trưng cho mức độ vận động của vật chất người ta dùng đại lượng năng lượng.

Năng lượng là số đo mức độ vận động của vật chất.

Theo hệ SI, đơn vị của năng lượng là Jun (J).

* Các dạng năng lượng phổ biến

Các dạng năng lượng phổ biến bao gồm động năng của vật chuyển động, năng lượng tiềm tàng được lưu trữ bởi vị trí của vật trong trường lực (lực hấp dẫn, điện hoặc từ), năng lượng đàn hồi được lưu trữ bằng cách kéo căng vật thể rắn, năng lượng hóa học được giải phóng khi nhiên liệu bị đốt cháy, năng lượng bức xạ mang theo ánh sáng và năng lượng nhiệt liên quan đến nhiệt độ của một vật thể.

Năng lượng trong chuyển động cơ học gọi là cơ năng. Cơ năng gồm hai phần: động năng ứng với sự chuyển động của vật và thế năng tương ứng với sự tương tác của vật.

$$W_c = W_d + W_t \quad (4.7)$$

* Mối quan hệ giữa công và năng lượng

Trước hết, công và năng lượng có cùng đơn vị đo là jun. Một vật ở một trạng thái xác định thì có một năng lượng xác định. Do đó, *năng lượng là hàm trạng thái*. Trong khi đó *công là hàm của quá trình* hay công phụ thuộc vào quá trình dịch chuyển.

Công là đại lượng đặc trưng cho quá trình trao đổi năng lượng giữa các vật hay *công đặc trưng cho sự biến thiên của năng lượng*.

Chú ý: Công không phải là một dạng của năng lượng. Năng lượng là đại lượng đặc trưng cho khả năng sinh công của một vật, vật nào có năng lượng lớn khả năng sinh công càng nhiều.

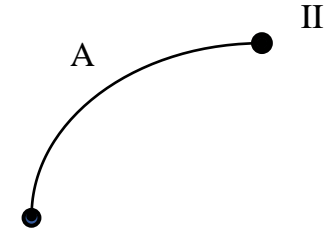
4.2.1. Định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng

Năng lượng không tự mất đi cũng không tự sinh ra, năng lượng chỉ chuyển từ hệ này sang hệ khác, từ dạng này sang dạng khác.

Giả sử ở trạng thái (I) hệ có năng lượng W_1 . Ở trạng thái (II) hệ có năng lượng W_2 (Hình 4.3). Trong quá trình biến đổi từ trạng thái (I) sang trạng thái (II), hệ đã trao đổi một phần năng lượng $W_2 - W_1$ bằng đúng công A mà hệ thực hiện với bên ngoài

$$A = W_2 - W_1 \quad (4.8)$$

tức là độ biến thiên năng lượng của hệ trong quá trình nào đó có giá trị bằng công mà hệ nhận được từ bên ngoài trong quá trình đó.



Nếu $A > 0 \Rightarrow W_2 > W_1$, năng lượng tăng, vật nhận công từ bên ngoài.

Nếu $A < 0 \Rightarrow W_2 < W_1$, năng lượng của vật giảm, vật sinh công cho bên ngoài.

Nếu $A = 0 \Rightarrow W_2 = W_1$, năng lượng của vật được bảo toàn.

Từ định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng ta rút ra: không thể có một hệ sinh công mãi mãi mà không nhận thêm năng lượng từ bên ngoài.

4.2.2. Động năng. Định lý động năng

a. Định nghĩa

Động năng là phần cơ năng ứng với sự chuyển động của một vật (là số đo mức độ chuyển động của vật).

Nếu một vật có khối lượng m chuyển động với vận tốc v thì động năng của vật được tính bằng

$$W_d = \frac{1}{2}mv^2 \quad (4.9)$$

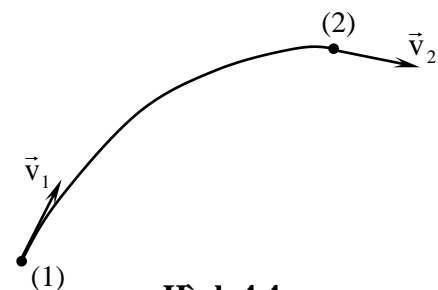
Theo hệ SI, đơn vị của động năng là Jun (J).

b. Định lý về động năng

Độ biến thiên động năng của một chất điểm trong một chuyển động bằng công của ngoại lực tác dụng lên chất điểm trong chuyển động đó.

Chứng minh

Xét một chất điểm có khối lượng m chịu tác dụng của ngoại lực \vec{F} , chuyển dời từ vị trí (1) có vận tốc \vec{v}_1 , sang vị trí (2) có vận tốc \vec{v}_2



(hình 4.4). Công của lực \vec{F} trong chuyển dời đó bằng

$$A = \int_1^2 dA = \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{r}.$$

Mặt khác, $\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$. Thay vào biểu thức tính công ta có:

$$A = \int_1^2 m \frac{d\vec{v}}{dt} d\vec{r} = \int_1^2 m \frac{d\vec{r}}{dt} d\vec{v}.$$

Nên:

$$A = \int_{v_1}^{v_2} m \vec{v} \cdot d\vec{v} = \int_{v_1}^{v_2} m d\left(\frac{\vec{v}^2}{2}\right) = \int_{v_1}^{v_2} m d\left(\frac{v^2}{2}\right).$$

Ta được:

$$A = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2.$$

Trong đó, $\frac{1}{2}mv_1^2 = W_{d1}$ và $\frac{1}{2}mv_2^2 = W_{d2}$ lần lượt là động năng của vật ở vị trí (1) và (2). Viết lại

$$A = W_{d2} - W_{d1} = \Delta W_d \quad (4.10)$$

c. Động năng trong trường hợp vật rắn quay

Phương trình biểu thị định lý về động năng trên đây áp dụng cho một chất điểm hay một vật rắn chuyển động tịnh tiến. Trường hợp vật rắn quay xung quanh một trục Δ , phương trình biểu thị định lý động năng có một dạng khác.

Trong chuyển động của vật rắn quay xung quanh một trục Δ , biểu thức của công vi phân:

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{r} = \vec{M} \cdot \vec{\omega} dt.$$

Theo phương trình cơ bản của chuyển động quay

$$\vec{M} = I\vec{\beta} = I \frac{d\vec{\omega}}{dt}.$$

Nên

$$dA = I \frac{d\vec{\omega}}{dt} \cdot \vec{\omega} dt = I \vec{\omega} \cdot d\vec{\omega} = I d\left(\frac{\vec{\omega}^2}{2}\right).$$

Nghĩa là

$$A = \int_{(1)}^{(2)} dA = \int_{(1)}^{(2)} I d\left(\frac{\vec{\omega}^2}{2}\right).$$

Ta được

$$A = \frac{1}{2}I\omega_2^2 - \frac{1}{2}I\omega_1^2.$$

Ta suy ra biểu thức của động năng của vật rắn quay:

$$W_d = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (4.11)$$

Chú ý: Trong trường hợp tổng quát vật rắn vừa quay vừa tịnh tiến, động năng toàn phần của vật rắn bằng tổng động năng tịnh tiến và động năng quay:

$$W_d = \frac{1}{2} m.v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (4.12)$$

4.2.3. Thế năng. Định lý thế năng

a. Định nghĩa thế năng

* Trường lực thế

Trường lực là một vùng không gian, mà tại mỗi điểm nếu đặt vật thì vật luôn chịu tác dụng của một lực đặc trưng cho trường. Trường lực thế là trường lực mà công của lực đặc trưng cho trường, làm dịch chuyển vật chỉ phụ thuộc tọa độ điểm đầu và điểm cuối mà không phụ thuộc vào dạng đường cong dịch chuyển.

Nói chung, Lực \vec{F} đặc trưng cho trường, tác dụng lên vật là một hàm của tọa độ,

$$\vec{F} = \vec{F}(\vec{r}) = \vec{F}(x, y, z),$$

và được gọi là lực thế hay lực bảo toàn. Khi chất điểm chuyển động từ vị trí M đến vị trí N bất kỳ thì công của lực \vec{F} bằng:

$$A_{MN} = \int_{MN} \vec{F} \cdot d\vec{r}.$$

Thí dụ như *trường hấp dẫn, điện trường tĩnh* là các trường lực thế. Lực hấp dẫn, lực tĩnh điện là các lực thế.

* Tính chất của trường lực thế

Công làm dịch chuyển vật theo một đường cong kín bất kỳ bằng không.

$$A_{MN} = \oint \vec{F} \cdot d\vec{r} = 0.$$

* Thế năng

Thế năng là một dạng năng lượng mà một vật có được do sự tác dụng tương hỗ giữa các vật với trường lực thế.

Ở mỗi trạng thái, vật có một thế năng xác định. Tức là thế năng phụ thuộc trạng thái, hay *thế năng là hàm trạng thái.*

Ví dụ như thế năng của chất điểm trong trọng trường đều tại vị trí có độ cao h,

$$W_t = m.g.h \quad (4.13)$$

Thế năng của chất điểm trong dao động của con lắc lò xo độ cứng k và ly độ x ,

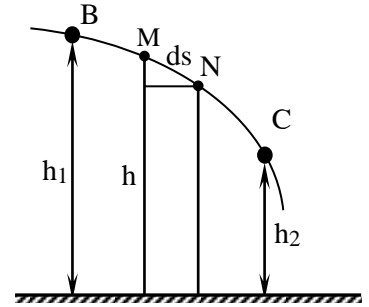
$$W_t = \frac{1}{2} k \cdot x^2 \quad (4.14)$$

Theo hệ SI, đơn vị của thế năng là Jun (J).

b. Định lý thế năng

Công của lực thế mà vật nhận được trong quá trình dịch chuyển giữa hai vị trí bằng độ giảm thế năng của vật giữa hai vị trí đó.

Để chứng minh định lý thế năng, ta xét trường hợp đơn giản nhất. Giả sử có một vật chuyển động trong trọng trường đều không ma sát, không sức cản (hình 4.5). Ta tính công của trọng lực trên đường cong dịch chuyển BC. Xét đoạn dịch chuyển nguyên tố $ds = MN$ với M có độ cao h , N có độ cao h' .



Hình 4.5

Công của trọng lực trên dịch chuyển nguyên tố là:

$$dA = P \cdot ds \cdot \cos \alpha = -m \cdot g \cdot dh.$$

Công trên cả đường cong dịch chuyển là:

$$A = \int_{BC} dA = - \int_{h_1}^{h_2} m \cdot g \cdot dh.$$

Hay

$$A = m \cdot g \cdot h_1 - m \cdot g \cdot h_2,$$

ở đây $m \cdot g \cdot h_1 = W_{t1}$ và $m \cdot g \cdot h_2 = W_{t2}$ là thế năng của vật ở vị trí có độ cao h_1 và h_2 .

Vậy ta có:

$$A = W_{t1} - W_{t2} = -\Delta W_t \quad (4.15)$$

lượng $(W_{t1} - W_{t2})$ gọi là độ giảm thế năng.

4.2.4. Cơ năng. Định luật bảo toàn cơ năng

a. Cơ năng

Cơ năng của một vật bao gồm động năng và thế năng

$$W_c = W_d + W_t \quad (4.16)$$

Cơ năng phụ thuộc trạng thái của vật, hay cơ năng là hàm trạng thái.

Theo hệ SI, đơn vị của cơ năng là Jun (J).

b. Định luật bảo toàn cơ năng

Khi vật chỉ chịu tác dụng của các lực thế, cơ năng của vật là một đại

lượng bảo toàn.

Chứng minh:

Giả sử vật chuyển động từ vị trí (1) sang vị trí (2). Trong quá trình đó động năng của vật thay đổi một lượng là

$$\Delta W_d = W_{d2} - W_{d1},$$

và thế năng của vật thay đổi một lượng là

$$\Delta W_t = W_{t2} - W_{t1}.$$

Theo định lý động năng, công của ngoại lực tác dụng lên vật trong chuyển động liên hệ với độ biến thiên động năng:

$$A = \Delta W_d = W_{d2} - W_{d1}.$$

Nếu ngoại chỉ là lực thế, công của ngoại lực tác dụng lên vật trong chuyển động cũng liên hệ với độ giảm thế năng:

$$A = -\Delta W_t = W_{t1} - W_{t2}.$$

Từ đó suy ra:

$$W_{d2} - W_{d1} = W_{t1} - W_{t2},$$

hay

$$W_c = W_d + W_t = \text{const} \quad (4.17)$$

Khi chất điểm chuyển động trong một trường lực thế (mà không chịu tác dụng một lực nào khác) thì cơ năng của chất điểm được bảo toàn.

c. Hệ quả

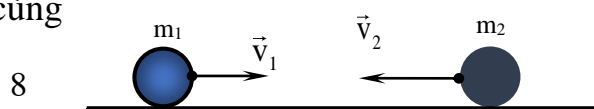
- Động năng và thế năng có thể chuyển hoá lẫn nhau.
- Độ biến thiên của động năng bằng độ giảm của thế năng.
- Tổng độ biến thiên của động năng và thế năng luôn triệt tiêu.

Chú ý: trường hợp khi vật chuyển động, ngoài lực thế, vật còn chịu tác dụng của lực không phải lực thế như lực ma sát, lực cản thì cơ năng của vật không được bảo toàn. Có thể suy ra rằng, độ biến thiên cơ năng của vật có giá trị bằng công của các lực không phải lực thế tác dụng lên vật: $A_0 = \Delta W_c$.

4.3. Bài toán va chạm

Ta khảo sát bài toán va chạm của hai quả cầu nhỏ chuyển động trên đường nối liền hai tâm của chúng. Va chạm này gọi là va chạm xuyên tâm (hình 4.6).

Giả thiết hai quả cầu có khối lượng lần lượt là m_1 và m_2 . Trước va chạm chúng có vector vận tốc \vec{v}_1 và \vec{v}_2 (cùng



Hình 4.6

phương); sau va chạm chúng có vector vận tốc \vec{v}_1' và \vec{v}_2' (cùng phương ban đầu). Giả thiết hệ m_1 và m_2 cô lập, ta hãy xác định \vec{v}_1' và \vec{v}_2' .

Do hệ cô lập nên động lượng của hệ được bảo toàn, phương trình biểu diễn sự bảo toàn của động lượng của hệ trước và sau va chạm:

$$\boxed{m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2' = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2} \quad (4.18)$$

Trong đó các vận tốc mang giá trị đại số (có thể âm hay dương) vì chúng cùng phương. Xem xét hai loại va chạm như sau:

4.3.1. Va chạm hoàn toàn mềm

Va chạm hoàn toàn mềm là va chạm mà sau va chạm hai quả cầu dính vào nhau và chuyển động với cùng vận tốc. Khi đó:

$$\boxed{\vec{v}_1' = \vec{v}_2' = \vec{V}} \quad (4.19)$$

Bảo toàn động lượng dẫn đến

$$(m_1 + m_2) \vec{V} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2.$$

$$\Rightarrow \vec{V} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2}.$$

Như vậy, trong va chạm hoàn toàn mềm, động năng không bảo toàn mà bị giảm một lượng

$$-\Delta W_d = W_{d1} - W_{d2} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 - \frac{1}{2} (m_1 + m_2) V^2$$

hay

$$-\Delta W_d = \frac{1}{2} \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (v_1 - v_2)^2.$$

Theo định luật bảo toàn năng lượng, độ giảm động năng này chuyển hoá thành công làm biến dạng hai quả cầu và toả nhiệt.

4.3.2. Va chạm hoàn toàn đàn hồi

Va chạm hoàn toàn đàn hồi là va chạm mà thời gian tiếp xúc giữa hai vật va chạm rất ngắn. Trong va chạm hoàn toàn đàn hồi, động năng của hệ được bảo toàn.

$$\boxed{\frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}} \quad (4.20)$$

Giải (4.18) và (4.19), ta được:

$$\vec{v}_1' = \frac{(m_1 - m_2) \vec{v}_1 + 2m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2}; \quad \vec{v}_2' = \frac{(m_2 - m_1) \vec{v}_2 + 2m_1 \vec{v}_1}{m_1 + m_2}.$$

* Ta có các trường hợp đặc biệt sau

- ✓ Nếu $m_1 = m_2$ thì $v_1' = v_2$; $v_2' = v_1$. Ta nói hai quả cầu trao đổi vận tốc cho nhau.
- ✓ Nếu ban đầu quả cầu hai đứng yên ($v_2 = 0$) ta có:

$$v_1' = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2} v_1; \quad v_2' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1.$$

Trường hợp $m_1 = m_2$ thì $v_1' = 0$; $v_2' = v_1$ như đã nói ở trên chúng trao đổi vận tốc cho nhau. Sau va chạm quả cầu 1 sẽ đứng yên, quả cầu 2 chuyển động với vận tốc đúng bằng vận tốc quả cầu 1 trước va chạm.

Trường hợp $m_1 \ll m_2$ thì $v_1' \approx -v_1$; $v_2' \approx 0$, nghĩa là sau va chạm thì quả cầu 2 vẫn tiếp tục đứng yên, quả cầu 1 bật ngược trở lại với vận tốc về độ lớn bằng vận tốc của nó trước va chạm.

=====

BÀI TẬP CHƯƠNG 4

1. Một chiếc hộp nặng 25 kg đang trượt sang trái trên một mặt phẳng ngang thì bị một lực kéo 15 N hướng sang phải nên vật đi được một đoạn dài 35 cm thì dừng lại. Công thực hiện bởi (a) lực căng và (b) trọng lực là bao nhiêu?

Đáp án: (a) 5,25 J (b) 0 J

2. Hai sợi dây được dùng để hạ một chiếc đàn piano nặng 255 kg từ cửa sổ tầng 2 cao 5m (so với mặt đất) xuống mặt đất. Tính công thực hiện bởi mỗi lực?

Đáp án: $1,25 \cdot 10^4$ J; $-7,92 \cdot 10^3$ J, $-4,58 \cdot 10^3$ J

3. Tính công cần thiết để một đoàn tàu có khối lượng 80 tấn:

- Tăng tốc từ 36km/h đến 54km/h
- Dừng lại nếu vận tốc ban đầu là 72km/h

Đáp án: a. $5 \cdot 10^7$ J; b. $-1,6 \cdot 10^8$ J

4. Một vận động viên chạy nước rút nặng 50 kg, chạy 50 m trong 7 giây với gia tốc không đổi.

- Độ lớn của lực ngang tác dụng lên vận động viên chạy nước rút bằng bao nhiêu?
- Công suất của vận động viên trên khi chạy được 2 giây, 4 giây và 6 giây là bao nhiêu?

Đáp án: a. 100 N b. 420 W; 830 W; 1,3 kW

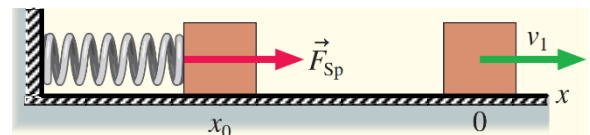
5. (a) Bạn phải thực bao nhiêu công để đẩy một khối thép nặng 10 kg trên bàn thép với tốc độ không đổi 1 m/s trong 3 giây? Biết hệ số ma sát trượt là 0,6.

(b) Công suất của bạn là bao nhiêu khi thực hiện việc này?

Đáp án: a. 176 J b. 59 W

6. Một khối lập phương nặng 100g được phóng ra bằng cách kéo lò xo trở lại 12 cm rồi thả. Độ cứng lò xo là 65 N/m. Tốc độ của khối lập phương khi nó rời khỏi lò xo là bao nhiêu? Giả sử rằng bề mặt không có ma sát.

Đáp án: 3,1 m/s



Ex4.6

7. Một đứa bé nặng 20 kg đang ngồi trên một chiếc xích đu treo trên sợi xích dài 3 m. Tốc độ tối đa của đứa bé là bao nhiêu nếu xích đu có thể văng xa tới 45° ?

Đáp án: 4,2 m/s

8. Một quả đạn pháo nặng 5 kg được bắn thẳng lên với tốc độ 35 m/s. Tốc độ của nó là bao nhiêu sau khi lên được 45 m?

Đáp án: 18 m/s

9. Một toa xe lửa không có nóc nặng 5000 kg đang chạy trên đường ray không ma sát với tốc độ 22 m/s thì trời bắt đầu đổ mưa. Vài phút sau, tốc độ của xe là 20 m/s.

Khối lượng nước đã thu được trong toa là bao nhiêu?

Đáp án: 500 kg

10. Tính công cần thiết để kéo một lò xo giãn ra 20cm, biết rằng lực kéo tỷ lệ với độ giãn của lò xo. Biết rằng để lò xo giãn ra 1cm thì phải cần một lực 30N.

Đáp án: 60 J

11. Một quả bóng 100 g đang lăn sang phải với tốc độ 4 m/s thì va chạm trực diện với quả bóng 200 g đang di chuyển sang trái với tốc độ 3 m/s. Vận tốc của mỗi quả bóng sau va chạm như thế nào nếu (a) va chạm là hoàn toàn đàn hồi? (b) va chạm là hoàn toàn mềm?

Đáp án: a. -5,3 m/s; 1,7 m/s b. -0,7 m/s

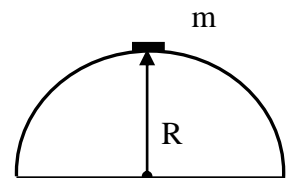
12. Một vật đang nằm yên trên một mặt phẳng nằm ngang thì phát nổ thành hai mảnh, một mảnh lớn gấp bảy lần mảnh còn lại. Mảnh nặng hơn trượt 8 m trước khi dừng lại. Mảnh nhẹ hơn trượt được bao xa? Giả sử rằng hệ số ma sát trượt là như nhau.

Đáp án: 392 m

13. Một tên lửa trong không gian có khối lượng là 150 kg khi chưa nạp nhiên liệu và có tốc độ thải khí nóng là 2500 m/s. Nó được nạp 600 kg nhiên liệu và cháy trong 30 giây. Tính tốc độ của tên lửa sau khi phóng được 10s? 20s?

Đáp án: 775 m/s; 1905 m/s

14. Một vật có khối lượng m trượt không ma sát từ đỉnh một mặt cầu xuống dưới (hình Ex4.14). Hỏi từ khoảng cách Δh nào (tính từ đỉnh mặt cầu) vật bắt đầu rơi khỏi mặt cầu. Biết bán kính mặt cầu $R = 90\text{cm}$.



Ex4.14

Đáp án: 30 cm

15. Vật có khối lượng m trong hình Ex4.14 được truyền vận tốc v_0 theo phương ngang. Xác định v_0 để vật này không rời khỏi mặt cầu ngay thời điểm ban đầu. Khi v_0 thỏa mãn điều kiện trên, xác định khoảng cách Δh (tính từ đỉnh mặt cầu) vật bắt đầu rơi khỏi mặt cầu.

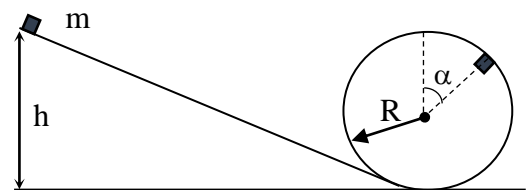
Đáp án: $v_0 \leq \sqrt{gR}$, $\Delta h = \frac{gR - v_0^2}{3g}$

16. Vật nhỏ khối lượng m trượt không ma sát từ trạng thái nghỉ ở độ cao h qua vòng xiếc bán kính R như hình Ex4.16.

a. Tính lực nén của vật lên vòng xiếc tại vị trí xác định bởi góc α như hình vẽ.

b. Tính h để vật có thể vượt qua vòng xiếc?

Đáp án: a. $N = mg(2h/R - 2 - 3\cos\alpha)$ b. $h \geq 2,5R$



Ex4.16

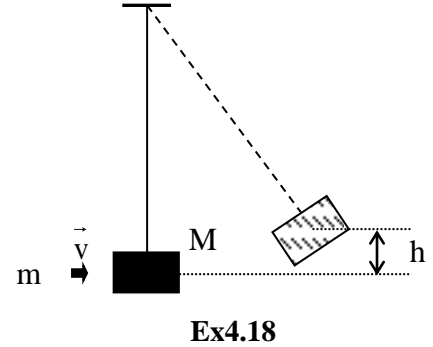
17. Vật nhỏ khối lượng m trong hình Ex4.16 được thả không có vận tốc ban đầu từ độ cao $h = 2R$. Hỏi:

a. Ở độ cao nào vật rời khỏi vòng xiếc?

b. Độ cao lớn nhất mà vật sẽ đạt được sau khi rời khỏi vòng xiếc?

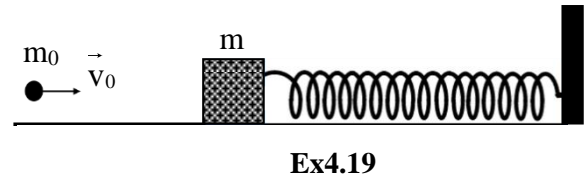
Đáp án: a. $5R/3$ b. $5gR/27$

18. Để đo vận tốc của viên đạn người ta dùng con lắc thử đạn. Đó là một bì cát treo ở đầu một sợi dây (hình Ex4.18). Khi viên đạn xuyên vào bì cát, nó bị mắc tại đó và bì cát được nâng lên một độ cao h nào đó. Tìm vận tốc của đạn lúc nó sắp xuyên vào bì cát. Biết khối lượng của viên đạn là m , khối lượng của bì cát là M .



Đáp án: $(m + M)\sqrt{2gh} / m$.

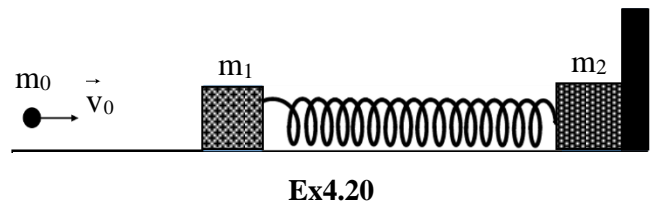
19. Một vật có khối lượng m nằm trên mặt phẳng ngang không ma sát, nối với tường bằng lò xo có độ cứng k . Một viên đạn có khối lượng m_0 bay theo phương ngang với vận tốc \vec{v}_0 song



song với lò xo đến cắm vào vật khối lượng m (hình Ex4.19). Tìm giá trị của v_0 , biết sau va chạm thì lò xo nén một đoạn tối đa là $\Delta\ell$.

Đáp án: $v_0 = \frac{\Delta\ell}{m_0} \sqrt{k(m_0 + m)}$

20. Có hai vật có khối lượng m_1 và m_2 ($m_2 = 2m_1$) đặt trên mặt phẳng nằm ngang và nối với nhau bằng một lò xo nhẹ, có độ cứng k (hình Ex4.20). Biết rằng hệ số ma sát giữa mặt phẳng nằm ngang và mỗi



vật đều bằng μ và coi bằng hệ số ma sát nghỉ, vật m_2 dựa vào tường thẳng đứng, ban đầu hai vật nằm ở vị trí lò xo không bị biến dạng. Một viên đạn có khối lượng m_0 ($m_0 = m_1 / 10$) bay theo phương ngang với vận tốc v_0 đến cắm vào vật m_1 . Hỏi v_0 có vận tốc nhỏ nhất bằng bao nhiêu để vật m_2 dịch chuyển khỏi tường?

Đáp án: $v_0 = \frac{8\mu g \sqrt{231 m_1}}{\sqrt{5k}}$