

Chương 4: NĂNG LƯỢNG

CHƯƠNG 4: NĂNG LƯỢNG

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 của lực

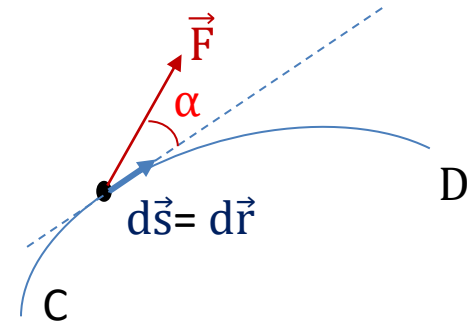
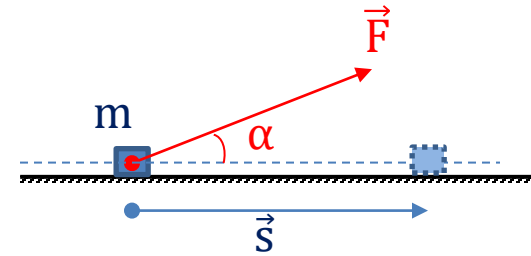
a. Chuyển động thẳng và lực không đổi

$$A = \vec{F} \cdot \vec{s} = F \cdot s \cdot \cos \alpha$$

- Đơn vị: $\text{N} \cdot \text{m} = \text{J}$
- Công có thể âm, dương, bằng 0
- Công là hàm của quá trình

b. Tổng quát

$$A = \int_{CD} dA = \int_{CD} \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_{CD} \vec{F} \cdot d\vec{r}$$



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

4.1. Công và công suất

Ví dụ 1 (BT1): 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?

$$A = \vec{F} \cdot \vec{s} = F \cdot s \cdot \cos \alpha$$

$$A_T = 15 \cdot 0,35 \cdot \cos 180 = -5,25 \text{ J}$$

$$A_P = 25 \cdot g \cdot \cos 90 = 0$$

4.1. Công và công suất

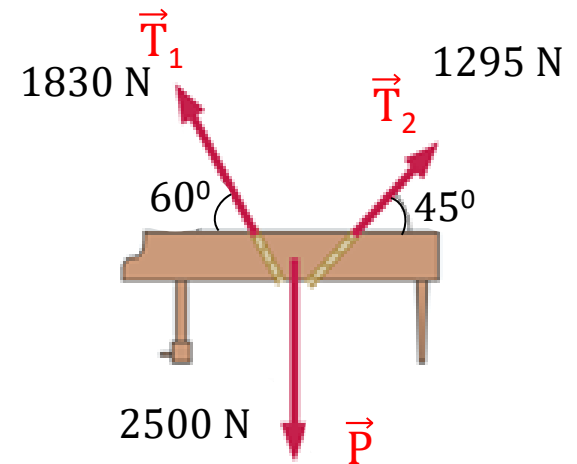
Ví dụ 2 (BT2): Hai sợi dây được dùng để hạ một chiếc đàn piano nặng 255 kg từ cửa sổ tầng 2 cao 5m (so với mặt đất) xuống mặt đất. Tính công thực hiện bởi mỗi lực? Lấy $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

$$A = \vec{F} \cdot \vec{s} = F \cdot s \cdot \cos \alpha$$

$$A_{T_1} = 1830 \cdot 5 \cdot \cos 150 = -7924,13 \text{ J}$$

$$A_{T_2} = 1295 \cdot 5 \cdot \cos 135 = -4578,52 \text{ J}$$

$$A_P = 2500 \cdot 5 \cdot \cos 0 = 12500 \text{ J}$$




4.1. Công và công suất

4.1.2. Công suất

a. Công suất trung bình

$$P_{tb} = \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

➤ Đơn vị: J/s = W



Khoảng thời gian Δt
Lực sinh công ΔA

b. Công suất tức thời

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{dA}{dt}$$

$$P = \frac{\vec{F} \cdot d\vec{r}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

4.1. Công và công suất

Ví dụ (BT 4): Một vận động viên chạy nước rút nặng 50 kg, chạy được 50 m trong 7 giây từ trạng thái nghỉ với gia tốc không đổi.

a. Độ lớn của lực ngang tác dụng lên vận động viên chạy nước rút bằng bao nhiêu?

b. Công suất của vận động viên trên khi chạy được 2 giây, 4 giây và 6 giây là bao nhiêu?

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t_2 \rightarrow a = \frac{2s}{t_2} = 2,04082 \text{ m} / \text{s}^2$$

$$\vec{F} = m\vec{a} \rightarrow F = ma = 102,041 \text{ N}$$

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v} = Fv = F(v_0 + at) \rightarrow P_2 = 416,494 \text{ W}; P_4 = 832,988 \text{ W}; P_6 = 1249,48 \text{ W}$$

4.1. Công và công suất

4.1.3. Công và công suất trong chuyển động quay

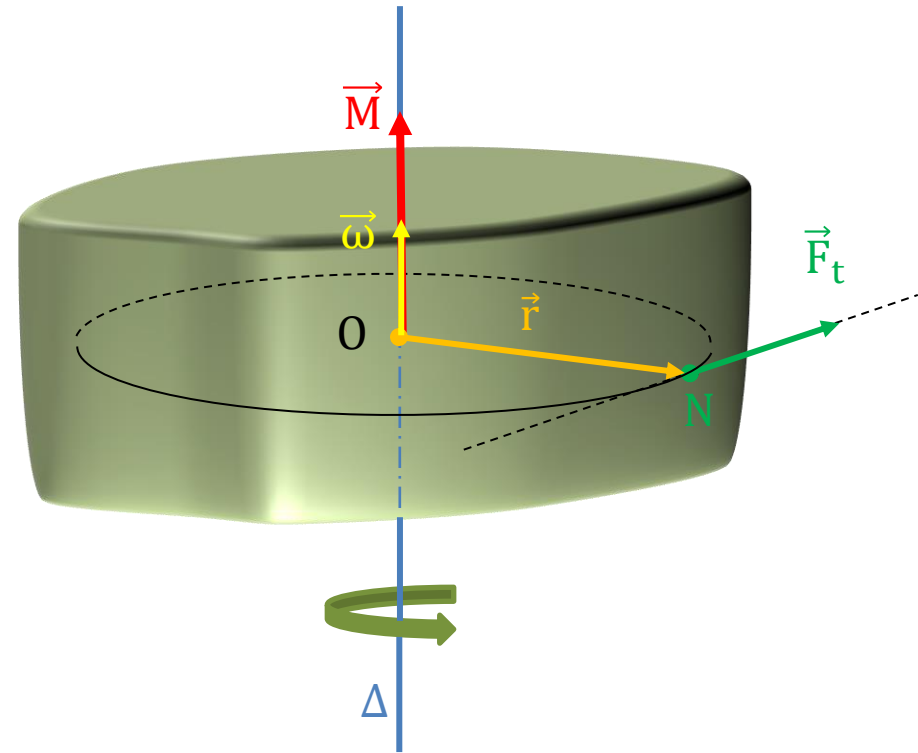
$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{r} = F_t \cdot ds$$

$$\text{Mà } ds = r \cdot d\theta \text{ và } M = r \cdot F_t$$

$$dA = M \cdot d\theta$$

$$P = \frac{dA}{dt} = M \frac{d\theta}{dt} = M \cdot \omega$$

$$P = \vec{M} \cdot \vec{\omega}$$



4.2. Năng lượng. Định luật bảo toàn cơ năng

4.2.1. Tổng quan

- Năng lượng là đại lượng đặc trưng cho mức độ vận động của vật chất.
- Đơn vị: Jun.
- Gồm cơ năng, hóa năng, quang năng, nhiệt năng, ...
- *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 (ĐL BT và chuyển hóa).*
- Công không phải là một dạng năng lượng. Công là đại lượng đặc trưng cho quá trình trao đổi năng lượng giữa các vật.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Năng lượng của hệ ở trạng thái 1 là } W_1 \\ \text{Năng lượng của hệ ở trạng thái 2 là } W_2 \\ \text{Công hệ trao đổi với bên ngoài là } A \end{array} \right\} \Rightarrow \boxed{A = W_2 - W_1}$$

4.2. Năng lượng. Định luật bảo toàn cơ năng

4.2.2. Động năng. Định lý về động năng

- Động năng là phần năng lượng tương ứng với sự chuyển động của vật.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Vật có khối lượng } m \\ \text{Vật có tốc độ } v \end{array} \right\} \Rightarrow W_{\text{đ}} = \frac{1}{2}mv^2 + W_{\text{đ}} = \frac{1}{2}I\omega^2 \Leftarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{Vật có mô men quán tính } I \\ \text{Vật có tốc độ góc } \omega \end{array} \right.$$

- Đơn vị: Jun, $W_{\text{đ}} \geq 0$

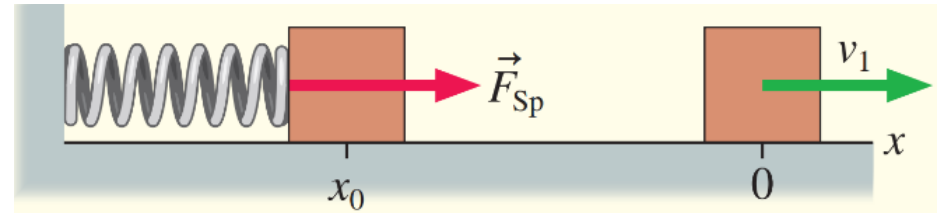
- Định lý động năng:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Vật có động năng ban đầu là } W_{\text{đ1}} \\ \text{Công của ngoại lực thực hiện lên vật là } A \\ \text{Vật có động năng sau đó là } W_{\text{đ2}} \end{array} \right\} \Rightarrow A = W_{\text{đ2}} - W_{\text{đ1}}$$

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

4.2. Năng lượng. Định luật bảo toàn cơ năng

Ví dụ (BT6): Một khối lập phương nặng 100 g 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.



$$A = W_{đ1} - W_{đ0}$$

$$W_{đ0} = \frac{1}{2}mv_0^2 = 0$$

$$W_{đ1} = \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$A = \int_{x_0}^{x_1} F_{đh} dx = - \int_{x_0}^{x_1} kx dx = \frac{k}{2}(x_0^2 - x_1^2)$$

$$\left. \begin{array}{l} W_{đ0} = \frac{1}{2}mv_0^2 = 0 \\ W_{đ1} = \frac{1}{2}mv_1^2 \\ A = \int_{x_0}^{x_1} F_{đh} dx = - \int_{x_0}^{x_1} kx dx = \frac{k}{2}(x_0^2 - x_1^2) \end{array} \right\} v_1 = 3,05941 \text{ m/s}$$

4.2. Năng lượng. Định luật bảo toàn cơ năng

4.2.3. Thế năng. Định lý thế năng

a. Trường lực thế

- Lực thế là lực mà công cơ học do lực thực hiện không phụ thuộc vào dạng của đường đi, chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu và điểm cuối.
- Ví dụ: Lực hấp dẫn, lực tĩnh điện, lực đàn hồi, ...
- Trường lực của lực thế gọi là trường lực thế.

b. Thế năng

- Thế năng là phần năng lượng mà vật có được khi vật đặt trong trường lực thế.
- Đơn vị: Jun
- Thế năng trọng trường: $W_t = m.g.h$
- Thế năng đàn hồi: $W_t = \frac{1}{2}k.x^2$

4.2. Năng lượng. Định luật bảo toàn cơ năng

4.2.3. Thế năng. Định lý thế năng

c. Định lý thế năng

$$\left. \begin{array}{l} \text{Vật có thế năng ban đầu là } W_{t1} \\ \text{Công của lực thế thực hiện lên vật là } A_t \\ \text{Vật có thế năng sau đó là } W_{t2} \end{array} \right\} \Rightarrow A_t = W_{t1} - W_{t2}$$

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

4.2. Năng lượng. Định luật bảo toàn cơ năng

4.2.4. Cơ năng. Định luật bảo toàn cơ năng

a. Cơ năng

- Cơ năng gồm động năng và thế năng $W_c = W_d + W_t$
- Đơn vị: Jun

b. Định luật bảo toàn cơ năng

$$\left. \begin{array}{l} \text{Vật có cơ năng ban đầu là } W_{c1} \\ \text{Công của } \mathbf{ngoại\ lực} \text{ thực hiện lên vật là } A_t \\ \text{Vật có cơ năng sau đó là } W_{c2} \end{array} \right\} \Rightarrow W_{c1} = W_{c2} \Rightarrow W = \text{const}$$

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

$$\left. \begin{array}{l} \text{Vật có cơ năng ban đầu là } W_{c1} \\ \text{Công của } \mathbf{ngoại\ lực} \text{ thực hiện lên vật là } A_0 \text{ và } A_t \\ \text{Vật có cơ năng sau đó là } W_{c2} \end{array} \right\} \Rightarrow W_{c2} - W_{c1} = A_0$$

4.2. Năng lượng. Định luật bảo toàn cơ năng

Ví dụ 1 (BT7): 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° ? Lấy $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

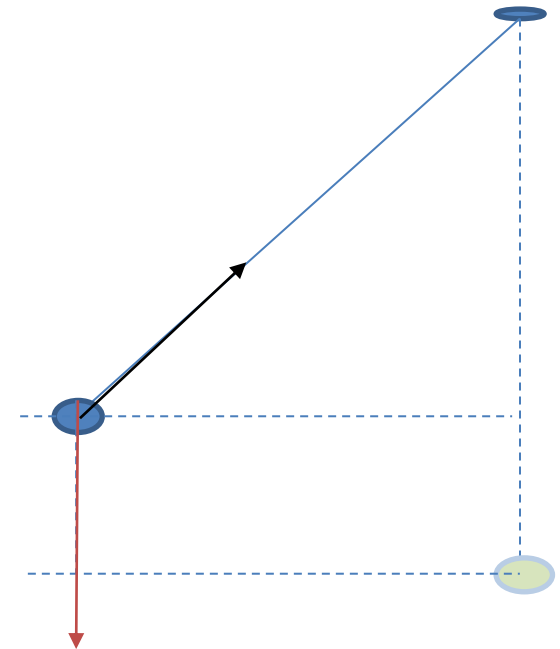
Cơ năng của đứa bé bảo toàn.

Chọn gốc thế năng tại vị trí thấp nhất của đứa bé.

$$\frac{1}{2}mv + mgh = \text{const}$$

$$\frac{1}{2}mv_{\text{max}}^2 = mgh_{\text{max}}$$

$$v_{\text{max}} = 4,14995 \text{ m/s}$$



4.2. Năng lượng. Định luật bảo toàn cơ năng

Ví dụ 2 (BT8): 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?

Cơ năng của quả đạn bảo toàn.

Chọn gốc thế năng tại vị trí xuất phát của quả đạn.

$$W_d + W_t = \text{const}$$

$$\frac{1}{2}mv_{\text{max}}^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1$$

$$v_1 = 18,5203 \text{ m/s}$$

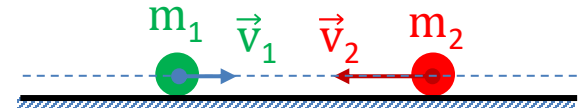


4.3. Bài toán va chạm

4.3.1. Bài toán

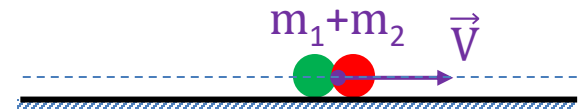
➤ Va chạm là xuyên tâm.

➤ Hệ là cô lập. $m_1 v_1' + m_2 v_2' = m_1 v_1 + m_2 v_2$



4.3.2. Va chạm hoàn toàn mềm

$$V = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$



4.3.3. Va chạm hoàn toàn đàn hồi

$$\frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$$



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

4.3. Bài toán va chạm

Ví dụ 1 (BT 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?

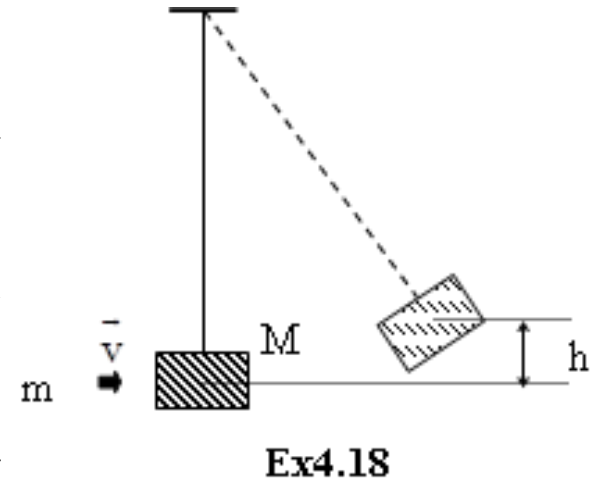
$$v_1' = \frac{(100 - 200)4 + 2 \cdot 200(-3)}{300} = -5,33333 \text{ m/s};$$

$$v_2' = \frac{(200 - 100)(-3) + 2 \cdot 100 \cdot 4}{300} = 1,66667 \text{ m/s}$$

$$V = \frac{100 \cdot 4 + 200 \cdot (-3)}{300} = -0,666667 \text{ m/s}$$

4.3. Bài toán va chạm

Ví dụ 2 (BT 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



$$mv + 0 = (m + M)V \rightarrow V = \frac{mv}{m + M}$$

$$W_d + W_t = \text{const} \rightarrow \frac{1}{2}(m + M)V^2 = (m + M)gh$$

$$\rightarrow v = (m + M)\sqrt{2gh} / m$$

TÓM TẮT

$$A = \vec{F} \cdot \vec{s} = F \cdot s \cdot \cos \alpha$$

$$P_{tb} = \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{dA}{dt} = \frac{\vec{F} \cdot d\vec{r}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

$$dA = M \cdot d\theta$$

$$P = \vec{M} \cdot \vec{\omega}$$

$$W_d = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

$$A = W_{d2} - W_{d1}$$

$$W_t = mgh + \frac{1}{2}kx^2$$

$$A_t = W_{t1} - W_{t2}$$

$$W_c = W_d + W_t$$

$$W_{c2} - W_{c1} = A_0$$

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

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

$$\frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$$

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

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

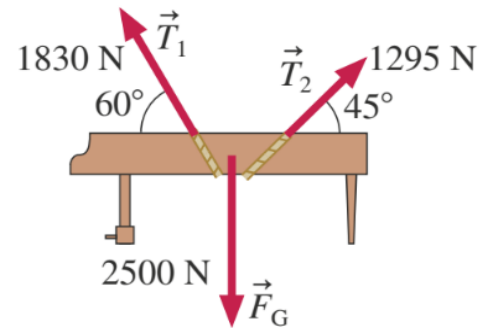
Bài tập chương 4

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



Ex4.2

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

a. Tăng tốc từ 36km/h đến 54km/h

b. 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

Bài tập chương 4

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

a. Độ lớn của lực ngang tác dụng lên vận động viên chạy nước rút bằng bao nhiêu?

b. 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.

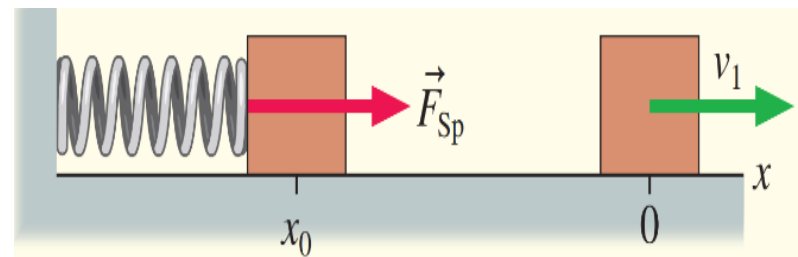
(b) Công suất của bạn là bao nhiêu khi thực hiện việc này?

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

Bài tập chương 4

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 20 cm, 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 30 N.

Đáp án: 60 J

Bài tập chương 4

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

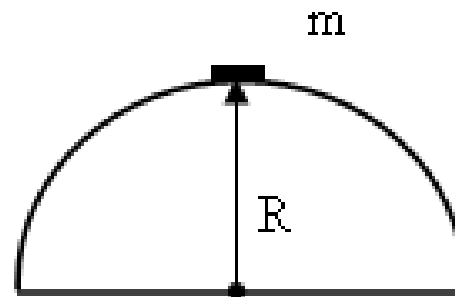
13. Một tên lửa trong không gian có khối lượng là 150 kg khi chưa nạp nhiên liệu và có tốc độ thải khí nóng là 2500 m/s. Nó được nạp 600 kg nhiên liệu và cháy trong 30 giây. Tính tốc độ của tên lửa sau khi phóng được 10s? 20s?

Đáp án: 775 m/s; 1905 m/s

Bài tập chương 4

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 rời khỏi mặt cầu. Biết bán kính mặt cầu .

Đáp án: 30 cm



Ex4.14

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 rời khỏi mặt cầu.

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

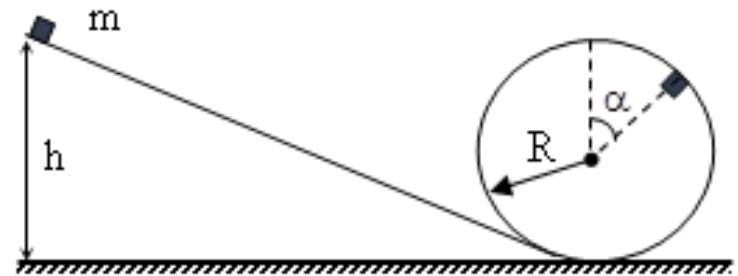
Bài tập chương 4

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?

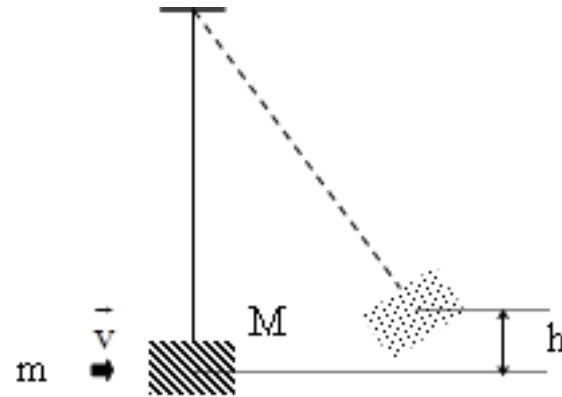
b. Độ cao lớn nhất mà vật sẽ đạt được sau khi rời khỏi vòng xiếc?

Đáp án: a. $5R/3$ b. $5gR/27$

Bài tập chương 4

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: $(m + M)\sqrt{2gh} / m$

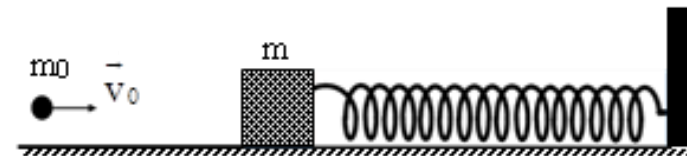


Ex4.18

Bài tập chương 4

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 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 Δl .

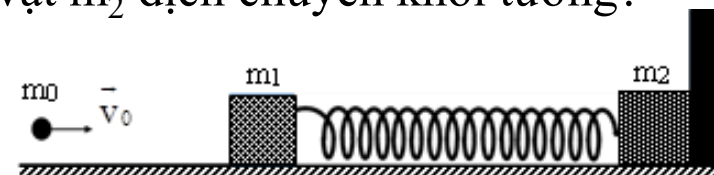
Đáp án:
$$v_0 = \frac{\Delta l}{m_0} \sqrt{k(m_0 + m)}$$



Ex4.19

20. Có hai vật có khối lượng m_1 và m_2 ($m_2 = 2 m_1$) 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:
$$v_0 = \frac{8\mu g \sqrt{231 m_1}}{\sqrt{5k}}$$



Ex4.20