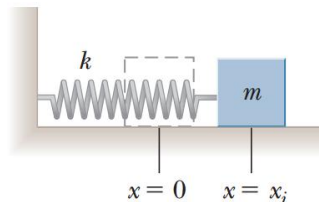


CHƯƠNG 8: ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN NĂNG LƯỢNG

BÀI TẬP MẪU

1. Một khối nặng 2 kg được gắn vào một lò xo có độ cứng $k = 500 \text{ N/m}$ như trên hình vẽ. Khối đó được kéo tới vị trí $x_i = 5 \text{ cm}$ về phía bên phải của vị trí cân bằng và được thả ra từ trạng thái nghỉ. Tìm tốc độ của khối khi đi qua vị trí cân bằng nếu (A) bề mặt ngang không có ma sát và (B) hệ số ma sát giữa khối và bề mặt là $\mu_k = 0,35$.



Giải

Xét hệ vật - lò xo - Trái đất.

- (A) Khi **không có ma sát, cơ năng của hệ bảo toàn**. Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng: $\Delta E_{\text{mech}} = \Delta K + \Delta U = 0$

$$\Leftrightarrow \Delta K + \Delta U_s = 0 \Leftrightarrow \left(\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 \right) + \left(\frac{1}{2}kx_f^2 - \frac{1}{2}kx_i^2 \right) = 0$$

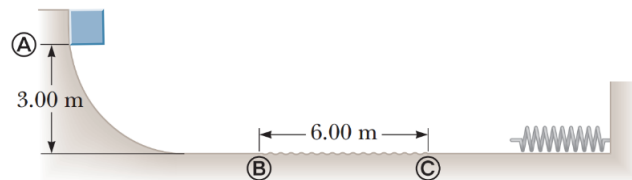
Với $x_i = 5 \text{ cm}$, $x_f = 0 \text{ cm}$, $v_i = 0$, $m = 2 \text{ kg}$, $k = 500 \text{ N/m}$ suy ra tốc độ của khối khi qua vị trí cân bằng là $v_f = 0,8 \text{ m/s}$

- (B) **Có ma sát, cơ năng không bảo toàn**. Áp dụng PT biến đổi năng lượng:

$$\begin{aligned} \Delta E_{\text{mech}} &= \sum W_{\text{lực phi thế}} \Leftrightarrow \Delta K + \Delta U_s = W_{fk} \\ \Leftrightarrow \left(\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 \right) + \left(\frac{1}{2}kx_f^2 - \frac{1}{2}kx_i^2 \right) &= -\mu_k mg \cdot \Delta x \end{aligned}$$

Với $x_i = 5 \text{ cm}$, $x_f = 0 \text{ cm}$, $v_i = 0$, $m = 2 \text{ kg}$, $k = 500 \frac{\text{N}}{\text{m}}$, $\mu_k = 0,35$, $\Delta x = 5 \text{ cm}$ suy ra tốc độ của khối khi qua vị trí cân bằng là $v_f = 0,53 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

2. Một vật khối lượng 10 kg được đẩy khi điểm A đạt tốc độ 2 m/s như hình vẽ. Rãnh trượt là không ma sát ngoại trừ phần giữa điểm B và C, có chiều dài 6 m. Vật trượt xuống rồi va vào một lò xo có độ cứng 2250 N/m đẩy lò xo ép lại một khoảng 0,3 m từ vị trí cân bằng trước khi tạm dừng lại. Hãy xác định hệ số của ma sát động giữa vật và máng trượt trên đoạn giữa điểm B và C.



Giải

Xét hệ vật - lò xo - Trái đất. Vật chuyển động trên rãnh từ A đến khi dừng hẳn, trên đoạn đường này **có ma sát** trên đoạn BC nên **cơ năng không bảo toàn**.

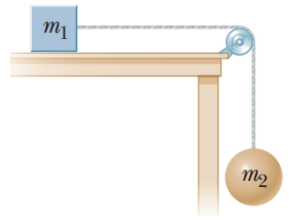
Áp dụng phương trình biến đổi năng lượng từ vị trí A đến vị trí vật dừng lại (vị trí D) với gốc thế năng ngang BC:

$$\begin{aligned} \Delta E_{\text{mech}} &= \Delta K + \Delta U = \sum W_{\text{lực phi thế}} \Leftrightarrow \Delta K + \Delta U_g + \Delta U_s = W_{fk(BC)} \\ \Leftrightarrow \left(\frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 \right) + (mgy_D - mgy_A) + \left(\frac{1}{2}kx_D^2 - \frac{1}{2}kx_A^2 \right) &= -\mu_k mg \cdot BC \end{aligned}$$

Từ thông số đề bài cho: $v_D = 0$; $v_A = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $y_D = 0$; $y_A = 3 \text{ m}$; $k = 2250 \frac{\text{N}}{\text{m}}$; $x_D = 0,3 \text{ m}$; $x_A = 0$; $m = 10 \text{ kg}$; $BC = 6 \text{ m}$

Suy ra hệ số ma sát giữa vật và máng trượt: $\mu_k = 0,36$

3. Cho cơ hệ như hình vẽ, $m_1 = 3 \text{ kg}$ và $m_2 = 5 \text{ kg}$. Hệ số ma sát giữa m_1 với mặt bàn là $\mu_k = 0,4$. Cho hai vật chuyển động từ trạng thái nghỉ. Tính tốc độ của m_2 khi nó đi xuống một đoạn $h = 1,5 \text{ m}$ dùng phương pháp năng lượng.



Giải

Xét hệ hai vật - Trái đất.

Khi các vật chuyển động, có ma sát giữa các vật với sàn nên cơ năng của hệ không bảo toàn. Áp dụng PT biến đổi năng lượng từ vị trí ban đầu đến vị trí m_2 ở dưới một đoạn $h = 1,5 \text{ m}$, chọn gốc thế năng ở vị trí sau:

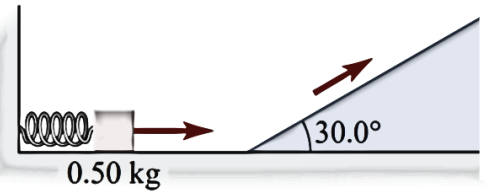
$$\Delta E_{\text{mech}} = \Delta K + \Delta U = \sum \text{lực phi thế} \leftrightarrow \Delta K_1 + \Delta K_2 + \Delta U_{g1} + \Delta U_{g2} = W_{f_{k1}}$$

$$\leftrightarrow \left(\frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 - \frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 \right) + \left(\frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2 - \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2 \right) + (m_1 g y_{1f} - m_1 g y_{1i}) + (m_2 g y_{2f} - m_2 g y_{2i}) = -\mu_k m_1 g h$$

Từ thông số đề bài cho: $m_1 = 3 \text{ kg}$; $m_2 = 5 \text{ kg}$; $v_{1i} = v_{2i} = 0$; $v_{1f} = v_{2f} = v$; $y_{1i} = y_{1f}$; $y_{2i} = h = 1,5 \text{ m}$; $y_{2f} = 0$; $\mu_k = 0,4$

Suy ra tốc độ m_2 sau khi đi được $1,5 \text{ m}$ là: $v = 3,74 \text{ m/s}$

4. Trên mặt phẳng nằm ngang, một lò xo có độ cứng $k = 40 \text{ N/m}$ có đầu bên trái gắn cố định. Vật $m = 0,5 \text{ kg}$ đặt tiếp xúc với đầu bên phải lò xo (vật m không buộc chặt vào lò xo). Ban đầu, giữ cho vật m ở vị trí mà lò xo bị nén lò xo một đoạn 20 cm , sau đó thả cho vật m chuyển động không vận tốc ban đầu



để di chuyển và trượt lên trên mặt phẳng nghiêng. Mặt phẳng nghiêng hợp với mặt phẳng ngang một góc 30° . Người ta đo được quãng đường vật đi được trên mặt phẳng nghiêng cho đến khi nó tạm thời dừng lại là $L = 24 \text{ cm}$. Cho biết giữa vật và mặt phẳng ngang không có ma sát. Lực ma sát trượt do mặt phẳng nghiêng tác dụng lên vật có độ lớn không đổi. Hãy tính độ lớn của lực ma sát trượt tác dụng lên vật.

Giải

(Bài này cô trình bày theo phương trình biến đổi cơ năng trong hệ cô lập mà có lực không bảo toàn giữa các vật trong hệ)

Xét hệ gồm: vật m , lò xo, Trái đất và mặt phẳng nghiêng khi vật đi từ điểm đầu lúc thả vật (điểm A) đến khi dừng hẳn (điểm B). Do có ma sát giữa vật và mặt nghiêng nên cơ năng không bảo toàn. Áp dụng phương trình biến đổi năng lượng, với gốc thế năng hấp dẫn tại A và gốc thế năng đàn hồi tại VTCB của lò xo:

$$\Delta K + \Delta U + \Delta E_{\text{int}} = 0 \leftrightarrow \Delta K + \Delta U_g + \Delta U_s + \Delta E_{\text{int}} = 0$$

$$\leftrightarrow \left(\frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 \right) + (m g y_B - m g y_A) + \left(\frac{1}{2} k x_B^2 - \frac{1}{2} k x_A^2 \right) + f_k \cdot d = 0$$

$$\leftrightarrow (0 - 0) + (m g L \cdot \sin 30^\circ - 0) + \left(0 - \frac{1}{2} k x^2 \right) + f_k \cdot L = 0$$

Với $m = 0,5 \text{ kg}$, $L = 24 \text{ cm} = 0,24 \text{ m}$; $x = 30 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$ ta tính được độ lớn lực ma sát $f_k = 0,88 \text{ N}$

5. Một động cơ điện của một chiếc xe lửa mô hình gia tốc chiếc xe từ trạng thái nghỉ đến tốc độ $0,62 \text{ m/s}$ trong thời gian 21 ms . Khối lượng của chiếc xe là 875 g . (A) Tính công suất trung bình tối thiểu cần cung cấp cho xe lửa trong quá trình gia tốc. (B) Giải thích tại sao đó là gia tốc tối thiểu?

Giải

(A) Gia tốc của xe lửa: $v_f = v_i + at \rightarrow a = \frac{v_f}{t}$

Công suất trung bình tối thiểu cần cung cấp cho xe lửa trong quá trình gia tốc:

$$P_{\text{avg}} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{F \cdot \Delta x}{\Delta t} = \frac{ma \cdot \frac{1}{2} a \Delta t^2}{\Delta t} = \frac{mv_f^2}{2 \cdot \Delta t} = \frac{K_f}{\Delta t} = 8,01 \text{ W}$$

(B) Nhìn biểu thức công suất ở trên ta thấy đó là công suất tối thiểu để làm thay đổi động năng của xe lửa. Thực tế, khi xe lửa chuyển động thì có ma sát với đường ray (năng lượng sẽ mất đi dưới dạng nhiệt) và phát ra âm thanh (năng lượng phát dạng sóng cơ học) là các dạng năng lượng khác ngoài động năng chính vì vậy để làm thay đổi vận tốc như trên thì công suất của động cơ phải lớn hơn $P_{\text{avg}} = 8,01 \text{ W}$

6. Thang máy nặng 1600 kg, tổng hành khách nặng 200 kg. Lực ma sát 4000 N. (a) Công suất của motor cần thiết để thang máy đưa được hành khách đi lên với tốc độ không đổi 3 m/s. (b) Công suất của motor tại tốc độ v khi thang máy đi lên với gia tốc 1 m/s².

Giải

(a) Phân tích lực tác dụng lên hệ thang + hành khách như hình vẽ. Chọn chiều dương là chiều chuyển động (hướng lên). PTĐLH đối với hệ:

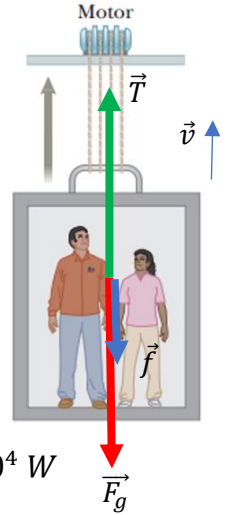
$$\sum F_y = T - f - F_g = ma = 0 \text{ (vì } v = \text{const)} \rightarrow T = Mg + f$$

Công suất cần thiết để đưa hành khách đi lên với tốc độ không đổi 3 m/s là:

$$P = \vec{T} \cdot \vec{v} = T \cdot v \cdot \cos 0 = (Mg + f) \cdot v = [(1600 + 200) \cdot 9,8 + 4000] \cdot 3 = 6,5 \cdot 10^4 \text{ W}$$

(b) Hoàn toàn tương tự câu a, với $a = 1 \text{ m/s}^2$ ta tính được công suất:

$$P = [M(a + g)g + f] \cdot v = 2,34 \cdot 10^4 \cdot v \text{ (W)}$$



BÀI TẬP TỰ GIẢI

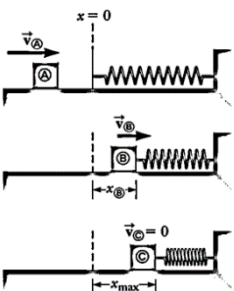
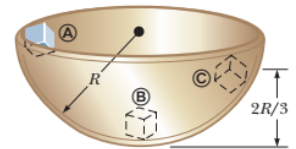
1. Lực ma sát nghỉ có thể sinh công hay không? Nếu không, hãy giải thích tại sao không. Nếu có thì hãy cho một ví dụ.
2. Trái đất chuyển động xung quanh Mặt trời được là nhờ lực hấp dẫn đóng vai trò là lực hướng tâm. Lực hấp dẫn trong trường hợp này có sinh công không? Tại sao?
3. Thảo luận xem liệu có bất kỳ công nào được thực hiện bởi các đối tượng sau đây hay không và nếu có thì liệu công đó là công dương hay công âm: (a) Một con gà bơi đất, (b) một người đang nghiên cứu, (c) một cần cẩu nâng một thùng bê tông, (d) lực hấp dẫn tác dụng lên thùng bê tông trong phần (c) và (e) cơ chân của người trong hành động ngồi.
4. Khi một con lắc dao động qua lại, lực tác dụng lên vật treo gồm có: (a) Trọng lực, (b) lực căng của dây treo, và c) lực cản của không khí. Trong suốt quá trình chuyển động của con lắc (i) Có lực nào trong số đó không sinh công không? Và (ii) Có lực nào trong số đó sinh công âm không? Giải thích.
5. Một chiếc thang máy nặng 650 kg chuyển động đi lên từ trạng thái nghỉ với gia tốc không đổi. Sau thời gian 3s nó đạt tốc độ di chuyển đều bằng 1,75 m/s. (a) Tính công suất trung bình của động cơ thang máy trong khoảng thời gian đó. (b) Hãy so sánh giá trị tính được với công suất của động cơ khi thang máy di chuyển đều.

ĐS: $5,9 \cdot 10^3$ W; $1,1 \cdot 10^3$ W.

6. Một tài xế đạp chân ga làm cho chiếc xe khối lượng 1160 kg tăng tốc từ trạng thái nghỉ. Trong 2 giây đầu tiên, gia tốc của chiếc xe tăng theo thời gian và được biểu diễn bởi phương trình: $a = 1,16t - 0,21t^2 + 0,24t^3$ ($\frac{m}{s^2}$). (a) Tính độ biến thiên động năng của xe từ $t = 0$ s đến $t = 2,5$ s. (b) Tính công suất trung bình tối thiểu của động cơ trong khoảng thời gian trên.

ĐS: $1,38 \cdot 10^4$ J; $5,5 \cdot 10^3$ W.

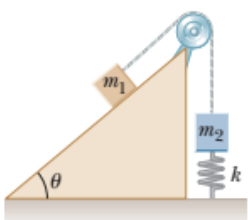
7. Tại sao giá trị ở câu b là giá trị nhỏ nhất? Một vật nhỏ khối lượng $m = 200$ g được thả cho chuyển động dọc theo đường kính bên trong của một cái chén hình bán cầu, không ma sát. Bán kính của cái chén bán cầu là $R = 30,0$ cm. Hãy tính: (a) Thế năng hấp dẫn của hệ vật-Trái đất khi vật ở điểm A, chọn gốc thế năng tại điểm B. (b) Động năng của vật tại điểm B. (c) Tốc độ của vật tại B. (d) Động năng của vật và thế năng của hệ khi vật ở tại điểm C.



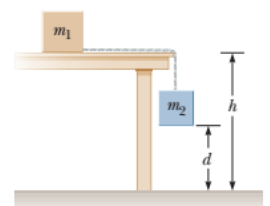
ĐS: 0,59J; 0,59 J; 2,4 m/s; 0,2 J; 0,39 J.

8. Một chiếc hộp có khối lượng 2 kg được cung cấp một vận tốc ban đầu 2 m/s hướng sang bên phải và va chạm với một lò xo khối lượng nhỏ có độ cứng $k = 50$ N/m (như hình bên). Giả sử bề mặt không ma sát. Hãy tính độ nén cực đại của lò xo sau va chạm.

ĐS: 0,4 m



9. Một vật khối lượng $m_1 = 20$ kg nối với vật khối lượng $m_2 = 30$ kg bằng 1 sợi dây mảnh, nhẹ vắt qua một ròng rọc nhẹ, không ma sát. Đầu còn lại của m_2 nối với lò xo có độ cứng $k = 250$ N/m như hình vẽ. Bỏ qua ma sát trên mặt nghiêng, góc nghiêng $\theta = 40^\circ$. Ban đầu, hệ cân bằng, lò xo không bị giãn. Kéo m_1 đi xuống một đoạn $h = 20$ cm rồi thả ra. Tìm tốc độ mỗi vật khi lò xo trở lại trạng thái không bị giãn. ĐS: 1,24 m/s

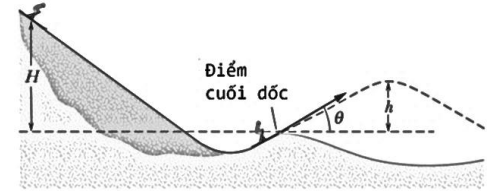


10. Vật $m_1 = 3,50$ kg ban đầu nằm yên trên một mặt bàn nằm ngang cách sàn một khoảng $h = 1,2$ m được nối với vật $m_2 = 1,9$ kg bằng một dây nhẹ không co giãn. Lúc đầu vật m_2 cách mặt sàn một khoảng $d = 0,9$ m.

Mặt bàn và cạnh bàn đều không ma sát. Các vật bắt đầu chuyển động từ trạng thái nghỉ, vật m_1 trượt trên mặt bàn rồi bay ra ngoài còn vật m_2 đi xuống và dừng lại trên sàn. Xem hệ gồm có hai vật và Trái đất. Tính (a) tốc độ của vật m_1 khi rời khỏi mép bàn và (b) tốc độ của m_1 khi chạm mặt sàn. (c) Chiều dài ngắn nhất của sợi dây không bị căng khi m_1 đang bay là bao nhiêu? (d) Năng lượng của hệ khi nó bắt đầu chuyển động có bằng năng lượng của hệ trước khi m_1 chạm đất hay không? Hãy giải thích tại sao bằng hay tại sao không?

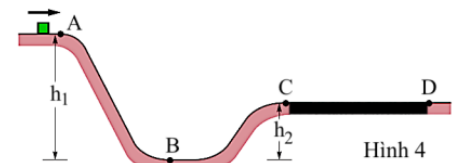
ĐS: 2,5 m/s; 5,5 m/s; 1,23 m; Không

11. Một người trượt tuyết nặng 60 kg bắt đầu trượt từ độ cao $H = 20$ m trên một dốc nghiêng và rời khỏi dốc theo phương hợp với phương ngang một góc $\theta = 28^\circ$ (hình vẽ). Bỏ qua lực cản không khí và ma sát trên dốc nghiêng. Biết rằng cậu bạn giơ tay lên ở độ cao 1,9 m để bắt banh. (a) Xác định độ cao cực đại h mà anh ta đạt được khi bay ra khỏi dốc. (b) Nếu khối lượng của anh ta tăng lên bằng cách mang theo một vật nặng sau lưng thì giá trị h sẽ lớn hơn, nhỏ hơn hay bằng giá trị tính được ở câu a? Giải thích.



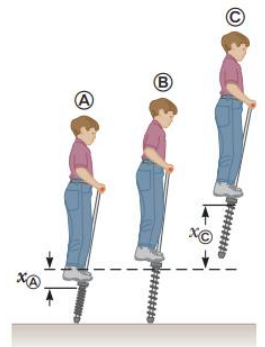
ĐS: 4,41 m.

12. Một khối hộp nhỏ trượt dọc theo máng trượt như hình 4 với vận tốc ban đầu tại điểm A là 7 m/s. Máng trượt không có ma sát cho đến khi đi đến đoạn CD có độ dài 15 m, tại đó hệ số ma sát trượt là 0,5. Độ cao của máng tại A và tại C lần lượt là $h_1 = 2$ m và $h_2 = 0,6$ m. Hãy xác định: (a) Tốc độ của khối hộp tại B và C. (b) Khối hộp có thể di chuyển đến D hay không? Nếu có, hãy xác định tốc độ của khối hộp tại D. Nếu không, hãy xác định quãng đường L mà khối hộp có thể di chuyển được trên đoạn CD.



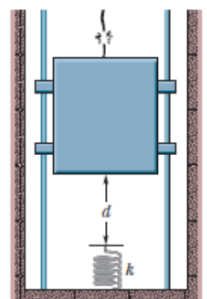
ĐS: 8,74 m/s; 9,4 m/s; hộp không thể đến D.

13. Gậy thể thao pogo của trẻ em được làm từ lò xo có độ cứng $2,5 \cdot 10^4$ N/m. Tại điểm A ($x_A = -0,1$ m) lò xo được nén cực đại và đứa trẻ đang đứng yên tức thời. Tại điểm B ($x_B = 0$), lò xo không bị biến dạng và đứa trẻ đang chuyển động đi lên. Tại điểm C đứa trẻ đứng yên tức thời và đạt được độ cao cực đại. Tổng khối lượng của đứa trẻ và gậy là 25 kg. Giả sử gậy pogo luôn thẳng đứng và đứa trẻ không co chân lại trong quá trình di chuyển. (a) Tính tổng năng lượng của hệ gồm đứa trẻ-gậy-trái đất nếu lấy gốc thế năng hấp dẫn và thế năng đàn hồi tại vị trí tọa độ $x = 0$. (b) Xác định độ cao x_C . (c) Tính tốc độ của đứa trẻ tại vị trí có tọa độ $x = 0$. (d) Xác định tọa độ x mà ở vị trí đó động năng có giá trị lớn nhất.



ĐS: 100,5 J; 0,41 m; 2,84 m/s; -9,8 mm.

14. Một buồng thang máy khi không tải có khối lượng $M = 1800$ kg được treo bằng dây cáp, buồng có thể chuyển động dọc theo hai thanh ray thẳng đứng. Để an toàn khi dây cáp bị đứt, một thiết bị sẽ tạo ra lực ma sát trượt giữa buồng với hai ray thẳng đứng với độ lớn không đổi $f_k = 4,4 \cdot 10^3$ N. Ngoài ra ở đáy của hố chứa thang máy còn có một lò xo độ cứng $k = 1,5 \cdot 10^5$ N/m để hãm chuyển động của buồng nếu dây cáp bị đứt. Giả sử buồng thang máy đang đứng yên khi không tải ở tầng đầu tiên, đáy buồng cách đầu trên của lò xo một đoạn $d = 3,7$ m. Nếu lúc này dây cáp bị đứt, lò xo sẽ bị nén một đoạn x lớn nhất bằng bao nhiêu?



ĐS: 0,9 m.