

Phần

1.

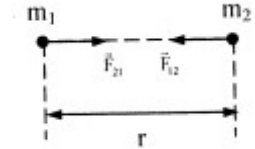
Chuyên đề 7: CÁC LỰC CƠ HỌC

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

1. Lực hấp dẫn

- **Lực hấp dẫn:** Lực hấp dẫn là lực hút giữa hai vật có khối lượng m_1, m_2 đặt cách nhau một khoảng r .

- **Định luật vạn vật hấp dẫn:** Hai chất điểm bất kì hút với nhau bằng một lực tỉ lệ thuận với tích các khối lượng của chúng và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.



$$F_{hd} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (7.1)$$

($G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$ là hằng số hấp dẫn)

- **Trọng lực là trường hợp riêng của lực hấp dẫn:**

+ Trọng lực chính là lực hút giữa Trái Đất và các vật ở gần mặt đất: $P = mg$ ($g = G \frac{M}{R^2}$ là gia tốc trọng trường; R, M là bán kính và khối lượng Trái Đất).

+ Ở độ cao h so với mặt đất: $g = G \frac{M}{(R+h)^2}$.

2 - Lực đàn hồi

- **Lực đàn hồi của lò xo (hay thanh rắn)**

+ Điều kiện xuất hiện: Lực đàn hồi xuất hiện khi một vật bị biến dạng và có xu hướng chống lại nguyên nhân gây ra biến dạng.

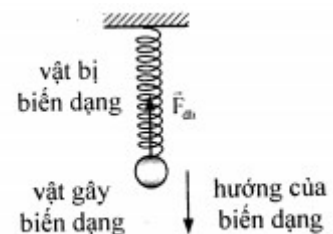
+ Đặc điểm: Lực đàn hồi có đặc điểm:

- góc: trên vật gây ra biến dạng.
- phương: phương của biến dạng (trục lò xo, phương sợi dây căng, vuông góc với mặt tiếp xúc).
- chiều: ngược chiều biến dạng.
- độ lớn: $F_{dh} = k \Delta l$ (7.2)

(k là hệ số đàn hồi của vật, Δl là độ biến dạng (dãn hay nén) của vật đàn hồi).

- **Lực căng và lực pháp tuyến**

+ Lực căng của sợi dây: Xuất hiện khi dây bị kéo căng (biến dạng), có đặc điểm giống như lực đàn hồi của lò xo.



+ Lực pháp tuyến giữa hai mặt tiếp xúc bị biến dạng khi ép vào nhau và có phương vuông góc với mặt tiếp xúc thường gọi là áp lực hay lực pháp tuyến.

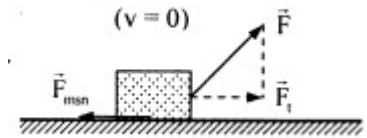
3 - Lực ma sát

- Lực ma sát nghỉ

+ Điều kiện xuất hiện: Lực ma sát nghỉ xuất hiện khi một vật có xu hướng trượt (chưa trượt) trên mặt một vật khác do có ngoại lực tác dụng và có tác dụng cản trở lại xu hướng trượt của vật.

+ Đặc điểm: Lực ma sát nghỉ có:

- góc: trên vật có xu hướng trượt (chỗ tiếp xúc).
- phương: tiếp tuyến với mặt tiếp xúc.
- chiều: ngược chiều với ngoại lực tác dụng làm vật có xu hướng trượt.
- độ lớn: luôn cân bằng với thành phần tiếp tuyến của ngoại lực; có giá trị cực đại tỉ lệ với áp lực ở mặt tiếp xúc: $F_{msn} \leq \mu_n N$; $F_{msn(max)} = \mu_n N$ (μ_n là hệ số ma sát nghỉ; N là áp lực).

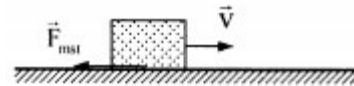


- Lực ma sát trượt

+ Điều kiện xuất hiện: Lực ma sát trượt xuất hiện khi một vật trượt trên mặt một vật khác và có tác dụng cản trở lại chuyển động trượt của vật.

+ Đặc điểm: Lực ma sát trượt có:

- góc: trên vật chuyển động trượt (chỗ tiếp xúc).
- phương: tiếp tuyến với mặt tiếp xúc.
- chiều: ngược chiều với chuyển động trượt.
- độ lớn: tỉ lệ với áp lực ở mặt tiếp xúc: $F_{mst} = \mu_t N$ (μ_t là hệ số ma sát trượt).

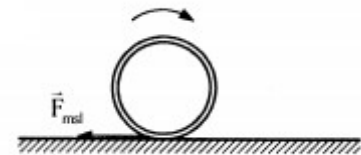


- Lực ma sát lăn

+ Điều kiện xuất hiện: Lực ma sát lăn xuất hiện khi một vật lăn trên mặt một vật khác và có tác dụng cản trở lại chuyển động lăn của vật.

+ Đặc điểm: Lực ma sát lăn có:

- góc: trên vật chuyển động lăn (chỗ tiếp xúc).
- phương: tiếp tuyến với mặt tiếp xúc.
- chiều: ngược chiều với chuyển động lăn.
- độ lớn: tỉ lệ với áp lực ở mặt tiếp xúc: $F_{mst} = \mu_l N$ ($\mu_l \ll \mu_t$ là hệ số ma sát lăn).



4 - Lực cản môi trường

+ Điều kiện xuất hiện: Khi vật chuyển động với vận tốc v trong môi trường (khí, lỏng,...).

+ Đặc điểm: Lực cản môi trường có:

- góc: trên vật chuyển động.
- chiều: ngược chiều với chuyển động của vật.

- độ lớn: $F_c = -kSv$ (v nhỏ); $F_c = -kSv^2$ (v lớn), k phụ thuộc vào hình dạng của vật.

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

☞ VỀ KIẾN THỨC VÀ KỸ NĂNG

- Đối với lực hấp dẫn:

+ hệ thức định luật vạn vật hấp dẫn được áp dụng cho hai chất điểm m_1 và m_2 hoặc hai quả cầu đồng chất (với r là khoảng cách giữa hai tâm hai quả cầu).

+ về độ lớn của lực hấp dẫn: $F_{21} = F_{12} = F_{hd} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$.

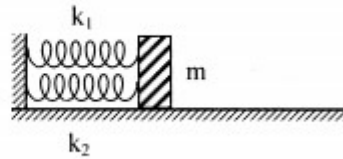
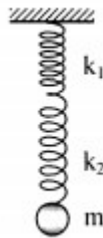
+ lực hấp dẫn cũng tuân theo nguyên lí chồng chất: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$

- Đối với lực đàn hồi:

+ khi hai lò xo mắc nối tiếp thì: $F = F_{1(dh)} = F_{2(dh)}$; $x = x_1 + x_2$

$\Rightarrow \frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$ (k là độ cứng tương đương của hai lò xo)

+ khi hai lò xo mắc song song thì: $F = F_{1(dh)} + F_{2(dh)}$; $x = x_1 = x_2 \Rightarrow k = k_1 + k_2$ (k là độ cứng tương đương của hai lò xo).



- Đối với lực ma sát:

+ áp lực N có độ lớn bằng tổng đại số các thành phần lực tác dụng theo phương vuông góc với mặt tiếp xúc, trường hợp thường gặp là $N = P$.

+ lực ma sát, lực cản nói chung luôn ngược hướng với hướng của chuyển động.

+ nói chung: $\mu_t > \mu_l$.

Cần sử dụng phối hợp các định luật Niu-ton và các công thức ở phần Động học để giải các bài tập ở phần này.

☞ VỀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

❶. Với dạng bài tập về lực hấp dẫn. Phương pháp giải là:

- Sử dụng công thức: $F_{hd} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ ($N \cdot m^2 / kg^2$): hằng số hấp dẫn; m_1, m_2 là khối lượng 2 vật; r là khoảng cách giữa 2 vật).

- Điều kiện áp dụng:

+ Hai vật được coi là chất điểm.

+ Hai vật có dạng hình cầu, khối lượng phân bố đều: r là khoảng cách giữa hai tâm hai quả cầu.

- **Chú ý:**

* Trọng lực là trường hợp riêng của lực hấp dẫn, đó là lực hút giữa Trái Đất và các vật đặt gần mặt đất:

$F_{hd} = P = mg$, với:

+ Tại mặt đất: $g_0 = G \cdot \frac{M}{R^2}$.

+ Tại độ cao h : $g = G \cdot \frac{M}{(R+h)^2}$

($M = 6 \cdot 10^{24} \text{kg}$ là khối lượng Trái Đất; $R = 6400 \text{km}$ là bán kính Trái Đất).

* Trọng lực luôn hướng xuống, lực hấp dẫn luôn là lực hút.

②. Với dạng bài tập về **lực đàn hồi**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng công thức: $F_{dh} = k \Delta l$; k là độ cứng (hệ số đàn hồi) của vật đàn hồi; Δl là độ biến dạng của vật đàn hồi.

- Điều kiện áp dụng: Vật còn trong giới hạn đàn hồi.

- **Chú ý:**

* Ghép, cắt lò xo:

+ Hệ hai lò xo ghép nối tiếp: $\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \Leftrightarrow k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} < k_1, k_2$.

+ Hệ hai lò xo ghép vào cùng một vật: $k = k_1 + k_2 > k_1, k_2$.

+ Lò xo dài l , độ cứng k bị cắt thành các lò xo l_1, l_2 : $kl = k_1 l_1 = k_2 l_2 = \dots$

* Lực đàn hồi luôn ngược hướng với hướng của biến dạng.

* Với thanh rắn: $k = E \frac{S}{l_0}$, với E là suất đàn hồi hay suất Y-âng, S là tiết diện ngang của thanh, l_0 là chiều dài

ban đầu của thanh.

- Kết hợp thêm điều kiện cân bằng (nếu cần).

③. Với dạng bài tập về **lực ma sát, lực cản môi trường**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

+ Ma sát trượt: $F_{mst} = \mu_t N$; μ_t là hệ số ma sát trượt; N là áp lực của vật lên mặt tiếp xúc.

+ Ma sát nghỉ: $F_{msn} = \mu_n N < \mu_t N$; $F_{msn} = F$ (F là ngoại lực tiếp tuyến).

+ Ma sát lăn: $F_{mst} = \mu_l N$; μ_l là hệ số ma sát lăn; N là áp lực của vật lên mặt tiếp xúc.

+ Lực cản môi trường: $F_c = kSv$ (v nhỏ); $F_c = kSv^2$ (v lớn); S là tiết diện ngang của vật, v là vận tốc của vật.

- Chú ý:

+ Hệ số ma sát lăn rất nhỏ so với hệ số ma sát trượt.

+ Lực ma sát, lực cản luôn ngược hướng với hướng chuyển động tương đối của vật.

C. CÁC BÀI TẬP VẬN DỤNG

7.1. Mặt Trăng và Trái Đất có khối lượng lần lượt là $7,4.10^{22}$ kg và 6.10^{24} kg, ở cách nhau 384000km. Tính lực hút giữa chúng.

Bài giải

Theo định luật vạn vật hấp dẫn, ta có: $F_{hd} = G \frac{Mm}{r^2}$

$$\Rightarrow F_{hd} = 6,67.10^{-11} \frac{7,4.10^{22}.6.10^{24}}{(384000.10^3)^2} \approx 2.10^{20} \text{ N}$$

Vậy: Lực hút giữa Mặt Trăng và Trái Đất là $F_{hd} \approx 2.10^{20}$ N.

7.2. Khoảng cách trung bình giữa tâm Trái Đất và Mặt Trăng bằng 60 lần bán kính Trái Đất. Khối lượng Mặt Trăng nhỏ hơn khối lượng Trái Đất 81 lần.

Tại điểm nào trên đường thẳng nối tâm của chúng, lực hút của Trái Đất và Mặt Trăng lên một vật bằng nhau?

Bài giải

Gọi m_D , m_T , m lần lượt là khối lượng của Trái Đất, Mặt Trăng và vật; x là khoảng cách từ tâm Trái Đất đến tâm vật.

- Lực hấp dẫn giữa Trái Đất và vật là:

$$F_1 = G \frac{m_D m}{x^2}$$

Lực hấp dẫn giữa Mặt Trăng và vật là:

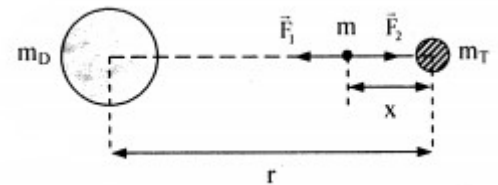
$$F_2 = G \frac{m_T m}{(60R - x)^2}$$

Khi lực hút của Trái Đất và Mặt Trăng lên vật bằng nhau thì: $F_1 = F_2$

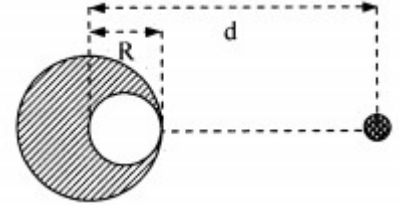
$$\Rightarrow \frac{m_D}{x^2} = \frac{m_T}{(60R - x)^2} \Rightarrow \left(\frac{60R - x}{x} \right)^2 = \frac{m_T}{m_D} = \frac{1}{81}$$

$$\Rightarrow \frac{60R - x}{x} = \frac{1}{9} \Rightarrow x = 54R$$

Vậy: Tại vị trí vật cách tâm Trái Đất một khoảng $x = 54R$ và cách tâm Mặt Trăng một khoảng $60R - 54R = 6R$ thì lực hút của Trái Đất và Mặt Trăng lên vật bằng nhau.



7.3. Trong một quả cầu bằng chì bán kính R người ta khoét một lỗ hình cầu bán kính $\frac{R}{2}$. Tìm lực do quả cầu tác dụng lên vật nhỏ m trên đường nối tâm hai hình cầu, cách tâm hình cầu lớn một khoảng d , biết rằng khi chưa khoét quả cầu có khối lượng M .



Bài giải

Gọi \vec{F}_1 là lực hấp dẫn giữa quả cầu đã bị khoét với vật m ; \vec{F}_2 là lực hấp dẫn giữa quả cầu có bán kính $\frac{R}{2}$ với m ; \vec{F} là lực hấp dẫn giữa quả cầu đặc bán kính R với vật m .

Ta có: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \Rightarrow F = F_1 + F_2 \Rightarrow F_1 = F - F_2$ (1)

$$\Rightarrow F_1 = G \frac{Mm}{d^2} - G \frac{m_1 m}{\left(d - \frac{R}{2}\right)^2} \quad (2)$$

(m_1 là khối lượng của quả cầu đặc đã bị khoét)

- Vì khối lượng tỉ lệ với thể tích nên $\frac{m_1}{M} = \frac{V_1}{V} = \frac{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{R}{2}\right)^3}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{1}{8} \Rightarrow m_1 = \frac{M}{8}$

Thay vào (2) ta được: $F_1 = GMm \left(\frac{1}{d^2} - \frac{1}{8\left(d - \frac{R}{2}\right)^2} \right) \Rightarrow F_1 = GMm \left(\frac{7d^2 - 8dR + 2R^2}{8d^2\left(d - \frac{R}{2}\right)^2} \right)$

Vậy: Lực do quả cầu (đã bị khoét) tác dụng lên vật nhỏ m là

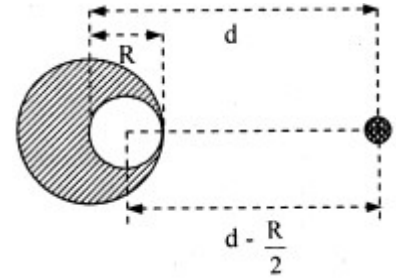
$$F_1 = GMm \left(\frac{7d^2 - 8dR + 2R^2}{8d^2\left(d - \frac{R}{2}\right)^2} \right)$$

7.4. Gia tốc rơi tự do của một vật tại nơi cách mặt đất một khoảng h là $g = 4,9 \text{ m/s}^2$. Biết gia tốc rơi tự do trên mặt đất là $g_0 = 9,8 \text{ m/s}^2$ và bán kính Trái Đất $R = 6400 \text{ km}$. Tìm h .

- Gia tốc rơi tự do tại một điểm cách mặt đất một khoảng h là:

Bài giải

- Gia tốc rơi tự do trên mặt đất là $g_0 = \frac{GM}{R^2}$ (1)



- Gia tốc rơi tự do tại một điểm cách mặt đất một khoảng h là: $g_h = \frac{GM}{(R+h)^2}$ (2)

$$\Rightarrow \frac{g_0}{g_h} = \left(\frac{R+h}{R}\right)^2 \Rightarrow 2 = \left(1 + \frac{h}{R}\right)^2$$

$$\Rightarrow h = (\sqrt{2} - 1)R = (\sqrt{2} - 1) \cdot 6400 \approx 2651 \text{ km}$$

Vậy: Độ cao của vật so với mặt đất là $h \approx 2651 \text{ km}$.

7.5. Biết gia tốc rơi tự do trên mặt đất là $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, khối lượng Trái Đất gấp 81 lần khối lượng Mặt Trăng, bán kính Trái Đất gấp 3,7 lần bán kính Mặt Trăng. Tìm gia tốc rơi tự do trên bề mặt Mặt Trăng.

Bài giải

- Gia tốc rơi tự do trên mặt đất là $g = \frac{GM_D}{R^2}$ (1)

- Gia tốc rơi tự do trên bề mặt Mặt Trăng là: $g_T = \frac{GM_T}{R_T^2}$ (2)

$$\Rightarrow \frac{g_T}{g} = \frac{M_T}{M_D} \cdot \left(\frac{R}{R_T}\right)^2 = \frac{1}{81} \cdot 3,7^2 = 0,169$$

$$\Rightarrow g_T = 0,169g = 0,169 \cdot 9,8 = 1,656 \text{ m/s}^2$$

Vậy: Gia tốc rơi tự do trên bề mặt Mặt Trăng là $g_T = 1,656 \text{ m/s}^2$.

7.6. Một lò xo khi treo vật $m = 100 \text{ g}$ sẽ dãn ra một đoạn 5 cm . Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$.

a) Tìm độ cứng của lò xo.

b) Khi treo vật m' , lò xo dãn 3 cm . Tìm khối lượng m' .

Bài giải

a) Độ cứng của lò xo

- Các lực tác dụng lên vật: trọng lực \vec{P} , lực đàn hồi \vec{F} .

- Tại vị trí cân bằng của vật:

$$\vec{P} + \vec{F} = \vec{0} \quad (1)$$

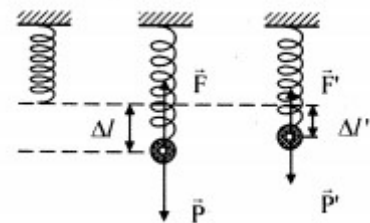
$$\Rightarrow P = F \Leftrightarrow mg = k\Delta l$$

$$\Rightarrow k = \frac{mg}{\Delta l} = \frac{0,1 \cdot 10}{0,05} = 20 \text{ N/m}$$

Vậy: Độ cứng của lò xo là: $k = 20 \text{ N/m}$.

b) Khối lượng m'

- Tương tự, khi treo vật m' thì: $m'g = k\Delta l'$ (2)



$$\Rightarrow m' = \frac{k\Delta l'}{g} = \frac{20,0,03}{10} = 0,06\text{kg} = 60\text{g}$$

Vậy: Khối lượng vật $m' = 60\text{g}$.

7.7. Vật khối lượng $m = 100\text{g}$ gắn vào đầu lò xo dài $l_0 = 20\text{cm}$ độ cứng $k = 20\text{N/m}$ quay tròn đều trong mặt phẳng ngang nhẵn với tần số 60 vòng/phút.

Tính độ dãn của lò xo. Lấy $\pi^2 = 10$.

Bài giải

- Các lực tác dụng lên vật khi vật chuyển động là: trọng lực \vec{P} , lực đàn hồi \vec{F} , phản lực \vec{Q} .

- Theo định luật II Niu-ơn, ta có: $\vec{P} + \vec{F} + \vec{Q} = m\vec{a}$.

- Chiếu hệ thức vectơ trên lên phương bán kính, chiều hướng vào tâm, ta được:

$$F = ma \Leftrightarrow k(l - l_0) = m\omega^2 l$$

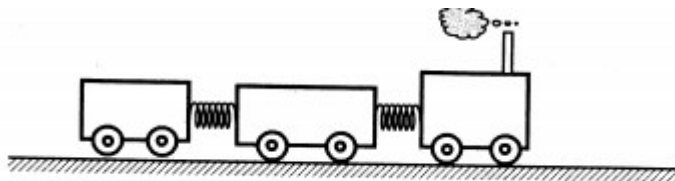
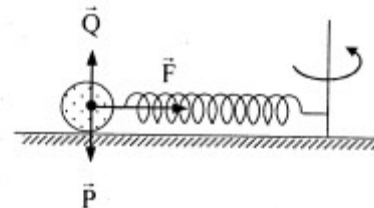
$$\Rightarrow l = \frac{kl_0}{k - m\omega^2} = \frac{kl_0}{k - m \cdot 4\pi^2 n^2} = \frac{20 \cdot 0,2}{20 - 4 \cdot 10 \cdot 1^2} = 0,25\text{m}$$

$$\Rightarrow \Delta l = l - l_0 = 0,25 - 0,2 = 0,05\text{m} = 5\text{cm}$$

Vậy: Độ dãn của lò xo là $\Delta l = 5\text{cm}$.

7.8. Đoàn tàu gồm một đầu máy, một toa 10 tấn và một toa 5 tấn nối với nhau theo thứ tự trên bằng những lò xo giống nhau. Khi chịu tác dụng lực 500 N, lò xo dãn 1 cm. Bỏ qua ma sát. Sau khi bắt đầu chuyển động 10s, vận tốc đoàn tàu đạt 1 m/s.

Tính độ dãn của mỗi lò xo.



Bài giải

- Độ cứng của mỗi lò xo là: $k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{500}{0,01} = 50000\text{N/m}$

- Gia tốc của đoàn tàu là: $a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{1 - 0}{10} = 0,1\text{m/s}^2$.

- Xét chuyển động của toa thứ nhất:

+ Các lực tác dụng: trọng lực \vec{P}_1 , phản lực \vec{Q}_1 , các lực đàn hồi $\vec{F}_1; \vec{F}_2'$.

+ Theo định luật II Niu-ơn, ta có: $\vec{P}_1 + \vec{Q}_1 + \vec{F}_1 + \vec{F}_2' = m_1 \vec{a}$ (1)

+ Chiều (1) lên chiều chuyển động của tàu, ta được: $F_1 - F'_2 = m_1 a$

$$\Rightarrow k\Delta l_1 - k\Delta l'_2 = m_1 a \quad (2)$$

- Xét chuyển động của toa thứ hai:

+ Các lực tác dụng: trọng lực \vec{P}_2 , phản lực \vec{Q}_2 , lực đàn hồi \vec{F}_2 .

+ Theo định luật II Niu-ton, ta có: $\vec{P}_2 + \vec{Q}_2 + \vec{F}_2 = m_2 \vec{a}$ (3)

+ Chiều (3) lên chiều chuyển động của tàu, ta được: $F_2 = m_2 a$

$$\Rightarrow k\Delta l_2 = m_2 a \quad (4)$$

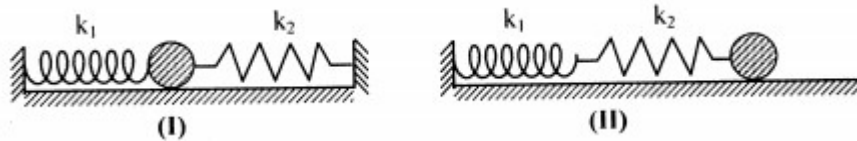
- Từ (2) và (4) suy ra:

$$\Delta l_1 = \frac{(m_1 + m_2)a}{k} = \frac{(10000 + 50000) \cdot 0,1}{50000} = 0,03m = 3cm$$

$$\text{và } \Delta l_2 = \frac{m_2 a}{k} = \frac{5000 \cdot 0,1}{50000} = 0,01m = 1cm$$

Vậy: Độ giãn của các lò xo là $\Delta l_1 = 3cm$; $\Delta l_2 = 1cm$.

7.9. Hệ hai lò xo được ghép theo một trong hai cách sau. Tìm độ cứng của lò xo tương đương.



Bài giải

Giả sử ở vị trí cân bằng của vật, các lò đều không bị biến dạng.

- Trường hợp (I):

+ Xét vật ở vị trí có độ dời x so với vị trí cân bằng và khi đó lò xo (1) bị giãn một đoạn x còn lò xo (2) bị nén một đoạn x .

+ Lực đàn hồi của lò xo (1): $F_1 = k_1 x$; lực đàn hồi của lò xo (2): $F_2 = k_2 x$.

+ Lực đàn hồi do hệ hai lò xo tác dụng lên vật là: $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}$ (1)

+ Vì \vec{F}_1 và \vec{F}_2 cùng hướng nên: $F = F_1 + F_2$

$$\Rightarrow F = k_1 x + k_2 x = (k_1 + k_2) x \quad (2)$$

- Đặt $k = k_1 + k_2$, hệ lò xo trên tương đương với một lò có độ cứng k và tác dụng lên vật một lực F khi vật dời một đoạn x khỏi vị trí cân bằng.

- Trường hợp (II):

+ Xét vật ở vị trí có độ dời x so với vị trí cân bằng và khi đó lò xo (1) giãn một đoạn x_1 còn lò xo (2) giãn một đoạn x_2 .

+ Lực đàn hồi của lò xo (1): $F_1 = k_1 x_1$; lực đàn hồi của lò xo (2): $F_2 = k_2 x_2$.

+ Lực đàn hồi do hệ hai lò xo tác dụng lên vật là: $F = F_1 = F_2$ (3)

+ Độ dãn của hệ hai lò xo trên là: $x = x_1 + x_2$

$$\Rightarrow x = \frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2} = F \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right) \quad (4)$$

$$\Rightarrow \frac{F}{k} = F \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{k} = \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right) \Rightarrow k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} \quad (5)$$

Vậy độ cứng của lò xo tương đương ở hệ (I) là $k = k_1 + k_2$, độ cứng của lò xo tương đương ở hệ (II) là

$$k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}.$$

7.10. Một lò xo nhẹ được treo thẳng đứng. Buộc một vật nặng khối lượng m vào đầu dưới của lò xo. Sau đó buộc thêm một vật m nữa vào giữa lò xo đã bị dãn. Tìm chiều dài lò xo. Biết độ cứng lò xo là k , chiều dài lò xo khi chưa dãn là l_0 .

Bài giải

- Khi buộc vào vật nặng khối lượng m vào đầu dưới lò xo, lò xo dãn ra một đoạn là:

$$\Delta l_1 = \frac{mg}{k} \quad (1)$$

- Khi buộc thêm một vật m nữa vào giữa lò xo đã bị dãn, nửa trên của lò xo dãn thêm một đoạn là:

$$\Delta l_2 = \frac{\Delta l_1}{2} = \frac{mg}{2k} \quad (2)$$

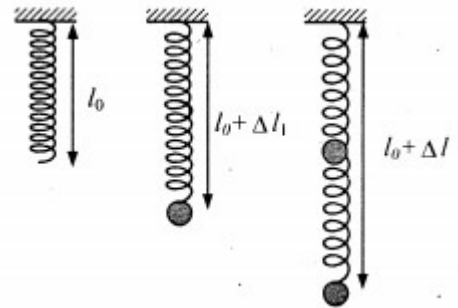
(Vì khi lực tác dụng vào lò xo như nhau thì độ dãn của lò xo tỉ lệ với chiều dài của lò xo)

- Độ dãn của lò xo lúc đó là: $\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2$

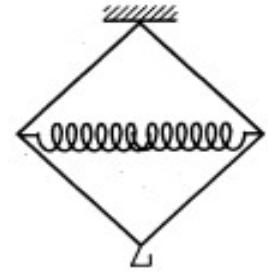
$$\Rightarrow \Delta l = \frac{mg}{k} + \frac{mg}{2k} = \frac{3mg}{2k}$$

- Chiều dài lò xo khi đó là: $l = l_0 + \Delta l = l_0 + \frac{3mg}{2k}$

Vậy: Chiều dài của lò xo khi buộc vật m vào đầu dưới và buộc m vào giữa là $l = l_0 + \frac{3mg}{2k}$



7.11. Một hệ cơ có cấu tạo như hình vẽ gồm 4 thanh nhẹ nối với nhau bằng các khớp và một lò xo nhẹ tạo thành hình vuông và chiều dài của lò xo là $l_0 = 9,8 \text{ cm}$. Khi treo vật $m = 500 \text{ g}$, góc nhọn giữa các thanh là $\alpha = 60^\circ$. Lấy $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Tính độ cứng k của lò xo.

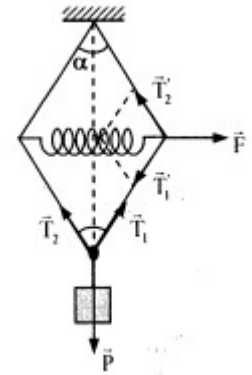


Bài giải

- Xét hệ khi ở trạng thái cân bằng:
$$\begin{cases} \vec{F} + \vec{T}'_1 + \vec{T}'_2 = \vec{0} \\ \vec{P} + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 = \vec{0} \end{cases}$$

Vì $T_1 = T_2 = T'_1 = T'_2$

Do đó:
$$\begin{cases} T_1 = T_2 = \frac{P}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} \Rightarrow F = P \tan \frac{\alpha}{2} = mg \tan \frac{\alpha}{2} \\ F = 2T_2 \sin \frac{\alpha}{2} \end{cases}$$



Mặt khác: $k \Delta l = mg \tan \frac{\alpha}{2}$, với $\Delta l = l_0 - l$ (l_0 là chiều dài của lò xo khi chưa treo vật, l là chiều dài của lò xo sau khi treo vật).

Gọi a là chiều dài mỗi thanh, ta có: $\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{l}{a} \Rightarrow \frac{l}{2} = a \sin \frac{\alpha}{2}$ (1)

Mặt khác, khi chưa treo vật thì: $\sin 45^\circ = \frac{l_0}{a} \Rightarrow a = \frac{l_0}{\sqrt{2}}$ (2)

$\Rightarrow l = 2 \frac{l_0}{\sqrt{2}} \sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{2} l_0 \sin \frac{\alpha}{2}$ (3)

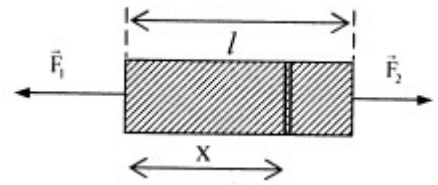
$\Rightarrow \Delta l = l_0 - l = l_0 \left(1 - \sqrt{2} \sin \frac{\alpha}{2} \right)$ (4)

$\Rightarrow k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{mg \tan \frac{\alpha}{2}}{l_0 \left(1 - \sqrt{2} \sin \frac{\alpha}{2} \right)} = \frac{0,5 \cdot 9,8 \cdot \tan 30^\circ}{9,8 \left(1 - \sqrt{2} \sin 30^\circ \right)}$

$\Rightarrow k = \frac{0,5 \cdot 9,8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{3}}{9,8 \left(1 - \sqrt{2} \cdot \frac{1}{2} \right)} = 98,56 \text{ N/m}$

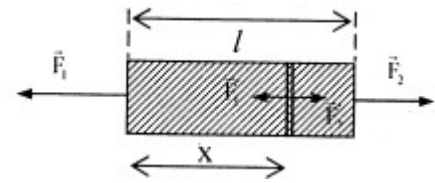
Vậy: Độ cứng của lò xo là $k = 98,56 \text{ N/m}$

7.12. Thanh đồng chất có tiết diện không đổi, chiều dài l , đặt trên mặt bàn nhẵn nằm ngang. Tác dụng lên thanh hai lực kéo ngược chiều \vec{F}_1, \vec{F}_2 ($F_1 > F_2$). Tính lực đàn hồi xuất hiện trong thanh, ở vị trí tiết diện của thanh cách đầu chịu lực \vec{F}_1 một đoạn x .



Bài giải

Cách 1: Xét một phần của thanh đồng chất có chiều dài Δx rất nhỏ ở vị trí tiết diện của thanh cách đầu chịu lực \vec{F}_1 một đoạn x và cách đầu chịu lực \vec{F}_2 một đoạn $l - x - \Delta x$.



- Các lực tác dụng lên phần tử Δx của thanh: \vec{F}_1', \vec{F}_2' .

- Theo định luật II Niu-ton, ta có: $\vec{F}_1' + \vec{F}_2' = \Delta m \cdot \vec{a}$

Vì Δx rất nhỏ nên có thể xem $\Delta x \approx 0$ và $\Delta m \approx 0$. Do đó $F_1' = F_2' = F$.

- Xét chuyển động của phần thanh có chiều dài x , khối lượng m_1 :

+ lực tác dụng: \vec{F}_1, \vec{F}_2' .

+ áp dụng định luật II Niu-ton, ta được: $\vec{F}_1 + \vec{F}_2' = m_1 \vec{a} \Rightarrow F_1 - F_2' = m_1 a$ (1)

- Xét chuyển động của phần thanh có chiều dài $(l - x)$, khối lượng m_2 :

+ lực tác dụng: \vec{F}_2, \vec{F}_1' .

+ áp dụng định luật II Niu-ton, ta được: $\vec{F}_2 + \vec{F}_1' = m_2 \vec{a} \Rightarrow -F_2 + F_1' = m_2 a$ (2)

Từ (1) và (2) suy ra: $\frac{F_1 - F_2'}{-F_2 + F_1'} = \frac{m_1}{m_2}$ (3)

Vì thanh đồng chất nên: $\frac{m_1}{m_2} = \frac{x}{l - x}$ (4)

$$\Rightarrow \frac{F_1 - F}{-F_2 + F} = \frac{x}{l - x} \Leftrightarrow (F_1 - F)(l - x) = x(F - F_2)$$

$$\Rightarrow F = \frac{F_1(l - x) + xF_2}{l} \quad (5)$$

* **Cách 2:** Gọi m là khối lượng của thanh, F là lực đàn hồi ở tiết diện x . Ta có:

- Khối lượng hai phần của thanh: bên trái: $m_1 = \frac{x}{l}m$; bên phải: $m_2 = \frac{l - x}{l}m$.

- Phương trình định luật II Niu-ton cho hai phần của thanh:

+ Phần bên trái: $F_1 - F = m_1 a = \frac{x}{l} m a$ (1)

+ Phần bên phải: $F - F_2 = m_2 a = \frac{l-x}{l} m a$ (2)

- Từ (1) và (2), ta được: $F = \frac{m_2 F_1 + m_1 F_2}{m_1 + m_2} = \frac{(l-x) F_1 + x F_2}{l}$.

Vậy: Lực F giảm tuyến tính từ giá trị F_1 ($x = 0$) xuống giá trị F_2 ($x = l$).

Vậy: Lực đàn hồi xuất hiện trong thanh, ở vị trí tiết diện của thanh cách đầu chịu lực \vec{F}_1 một đoạn x là

$$F = \frac{F_1(l-x) + xF_2}{l}$$

7.13. Một ô tô khối lượng $m = 1$ tấn, chuyển động trên mặt đường nằm ngang. Hệ số ma sát lăn giữa xe và mặt đường là $\mu = 0,1$. Tính lực kéo của động cơ ô-tô trong mỗi trường hợp sau:

a) Ô tô chuyển động thẳng đều.

b) Ô tô chuyển động nhanh dần đều với gia tốc $a = 2 \text{ m/s}^2$.

Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Bài giải

- Các lực tác dụng lên xe: trọng lực \vec{P} , phản lực \vec{Q} , lực kéo của động cơ \vec{F} và lực ma sát lăn của mặt đường \vec{F}_{ms} .

- Theo định luật II Niu-tơn, ta có: $\vec{P} + \vec{Q} + \vec{F} + \vec{F}_{ms} = m\vec{a}$ (1)

- Chiếu (1) lên phương thẳng đứng ta được:

$$-P + Q = 0 \Rightarrow Q = P = mg$$

- Chiếu (1) lên phương nằm ngang ta được:

$$F - F_{ms} = ma \Rightarrow F = ma + F_{ms}$$

a) Khi ô tô chuyển động thẳng đều

$$\text{Ta có: } a = 0 \Rightarrow F = F_{ms} = \mu mg = 0,1 \cdot 1000 \cdot 10 = 1000 \text{ N}$$

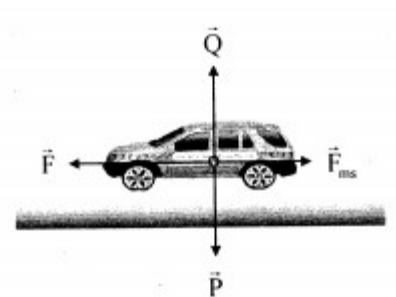
Vậy: Khi ô tô chuyển động thẳng đều thì lực kéo của động cơ ô tô là $F = 1000 \text{ N}$.

b) Khi ô tô chuyển động nhanh dần đều với gia tốc $a = 2 \text{ m/s}^2$

$$\text{Ta có: } F = ma + F_{ms} = ma + \mu mg = m(a + \mu g) = 1000 \cdot (2 + 0,1 \cdot 10) = 3000 \text{ N}$$

Vậy: Khi ô tô chuyển động nhanh dần đều với gia tốc $a = 2 \text{ m/s}^2$ thì lực kéo của động cơ ô tô là $F = 3000 \text{ N}$.

7.14. Một khối gỗ $m = 4 \text{ kg}$ bị ép giữa hai tấm ván. Lực nén của mỗi tấm ván lên khối gỗ là $N = 50 \text{ N}$, hệ số ma sát trượt giữa gỗ và ván là $\mu = 0,5$.



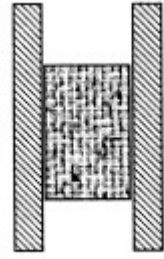
Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$.

a) Hỏi khối gỗ có tự trượt xuống được không?

b) Cần tác dụng lên khối gỗ lực \vec{F} thẳng đứng theo hướng nào, độ lớn bằng bao nhiêu để khối gỗ:

- đi xuống đều?

- đi lên đều?



Bài giải

- Các lực tác dụng lên khối gỗ: trọng lực \vec{P} , áp lực \vec{N}_1, \vec{N}_2 của hai tấm ván, lực ma

sát của mỗi tấm ván $\vec{F}_{ms1}, \vec{F}_{ms2}$.

- Từ định luật II Niu-ton, ta có:

$$\vec{P} + \vec{F}_{ms1} + \vec{F}_{ms2} + \vec{N}_1 + \vec{N}_2 = m\vec{a} \quad (1)$$

a) Khối gỗ có tự trượt xuống được không?

Nếu khối gỗ tự trượt xuống được thì

$$P - 2F_{ms} = ma \Rightarrow P \geq 2F_{ms}$$

$$\text{Mà } P = mg = 4.10 = 40 \text{ N}, F_{ms} = \mu N = 0,5.50 = 25 \text{ N} \Rightarrow P < 2F_{ms}.$$

Vậy: Vật không tự trượt xuống được.

b) Hướng và độ lớn của lực \vec{F}

- Để khối gỗ chuyển động, cần tác dụng lực \vec{F} có phương thẳng đứng.

- Từ định luật II Niu-ton, ta có:

$$\vec{F} + \vec{P} + \vec{F}_{ms1} + \vec{F}_{ms2} + \vec{N}_1 + \vec{N}_2 = m\vec{a} \quad (1)$$

b1) Để khối gỗ trượt xuống đều: ($a = 0$): Lực \vec{F} phải hướng xuống, với:

$$F + P - 2F_{ms} = 0 \Rightarrow F_1 = 2F_{ms} - P = 2.25 - 4.10 = 10 \text{ N}$$

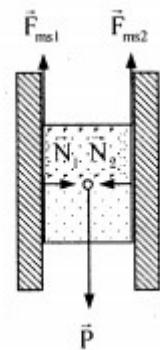
b2) Để khối gỗ đi lên đều: ($a = 0$): Lực \vec{F} phải hướng lên, với:

$$F - P - 2F_{ms} = 0 \Rightarrow F_2 = P + 2F_{ms} = 4.10 + 2.25 = 90 \text{ N}$$

Vậy: Để khối gỗ trượt xuống đều thì lực \vec{F} phải có độ lớn 10 N và hướng xuống; để khối gỗ đi lên đều thì lực \vec{F} phải có độ lớn 90 N và hướng lên.

7.15. Một xe lăn, khi được đẩy bằng lực $F = 20 \text{ N}$ nằm ngang thì xe chuyển động thẳng đều. Khi chất lên xe một kiện hàng khối lượng 20 kg thì phải chịu tác dụng lực $F' = 60 \text{ N}$ nằm ngang xe mới chuyển động thẳng đều.

Tính hệ số ma sát giữa xe và mặt đường.



Bài giải

- Chọn chiều dương là chiều chuyển động của xe.

- Khi chưa chát kiện hàng lên xe, xe chuyển động thẳng đều nên: $\vec{P} + \vec{Q} + \vec{F}_{ms} + \vec{F} = \vec{0}$ (1)

$$\Rightarrow -F_{ms} + F = 0 \Rightarrow F = F_{ms} = \mu gm \quad (1')$$

- Khi đã chát kiện hàng lên xe, xe chuyển động thẳng đều nên:

$$\vec{P}' + \vec{Q}' + \vec{F}'_{ms} + \vec{F}' = \vec{0} \quad (2)$$

$$\Rightarrow -F'_{ms} + F' = 0 \Rightarrow F' = F'_{ms} = \mu g(m + m_h) \quad (2')$$

$$\text{Từ (1') và (2') suy ra: } F' - F = \mu gm_h \Rightarrow \mu = \frac{F' - F}{gm_h} = \frac{60 - 20}{10 \cdot 20} = 0,2$$

Vậy: Hệ số ma sát giữa xe và mặt đường là $\mu = 0,2$.

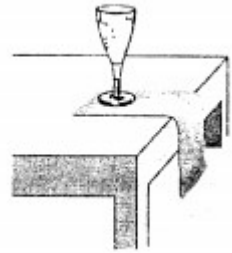
7.16. Đặt một cái li lên trên một tờ giấy nhẹ đặt trên bàn rồi dùng tay kéo tờ giấy theo phương ngang.

a) Cần truyền cho tờ giấy một gia tốc bao nhiêu để li bắt đầu trượt trên tờ giấy?

Biết hệ số ma sát trượt giữa li và tờ giấy là $\mu_1 = 0,3$. Lấy $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

b) Trong điều kiện trên, lực tác dụng lên tờ giấy là bao nhiêu? Biết hệ số ma sát trượt giữa tờ giấy và mặt bàn là $\mu_2 = 0,2$, khối lượng của li $m = 50 \text{ g}$.

c) Kết quả ở hai câu trên có thay đổi không nếu li có nước?



Bài giải

a) Gia tốc cần truyền cho tờ giấy

- Các lực tác dụng lên li: trọng lực \vec{P} , phản lực \vec{Q} , lực ma sát \vec{F}_{ms} .

- Theo định luật II Niu-tơn, ta có:

$$\vec{P} + \vec{Q} + \vec{F}_{ms} = m\vec{a} \quad (1)$$

- Chiếu (1) lên chiều chuyển động của li, ta được:

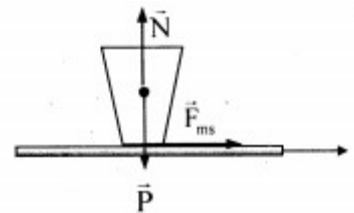
$$F_{ms} = ma \Rightarrow a = \frac{F_{ms}}{m} = \frac{\mu_1 P}{m} = \mu_1 g = 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ m/s}^2$$

- Khi li bắt đầu trượt thì gia tốc của tờ giấy bằng gia tốc của li: $a_g = a = 3 \text{ m/s}^2$.

Vậy: Gia tốc cần truyền cho tờ giấy là $a_g = 3 \text{ m/s}^2$.

b) Lực tác dụng lên tờ giấy

- Các lực tác dụng lên tờ giấy là: lực kéo \vec{F} , phản lực của mặt bàn \vec{Q}_2 , áp lực của li \vec{N}_1 , các lực ma sát \vec{F}_{ms2} và \vec{F}_{ms1} .



Theo định luật II Niu-ton: $\vec{F} + \vec{Q}_2 + \vec{N}_1 + \vec{F}_{ms2} + \vec{F}_{ms1} = \vec{0}$ (2)

Chiếu (2) lên chiều chuyển động của tờ giấy, ta được:

$$F - F_{ms1} - F_{ms2} = 0 \Rightarrow F = F_{ms1} + F_{ms2}$$

Trong đó: $F_{ms1} = \mu_1 mg$; $F_{ms2} = \mu_2 mg$

$$\Rightarrow F = (\mu_1 + \mu_2) mg = (0,3 + 0,2) \cdot 0,05 \cdot 9,8 = 0,25 \text{ N}$$

Vậy: Lực tác dụng lên tờ giấy là $F = 0,25 \text{ N}$.

c) Khi li có nước

- Ở câu a, gia tốc cần truyền cho tờ giấy không phụ thuộc vào khối lượng của li nên nếu li có nước thì kết quả vẫn không thay đổi.

- Ở câu b, lực tác dụng lên tờ giấy phụ thuộc vào khối lượng của li nên nếu li có nước thì kết quả sẽ thay đổi.

7.17. Xe lửa có khối lượng $M = 100$ tấn đang chuyển động thẳng đều trên mặt phẳng nằm ngang thì một số toa có khối lượng tổng cộng là $m = 10$ tấn rời khỏi xe. Khi phần xe lửa tách ra còn chuyển động, khoảng cách giữa hai phần xe thay đổi theo thời gian theo quy luật nào? Biết lực kéo của đầu máy không đổi, hệ số ma sát lăn là $\mu = 0,09$. Cho $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Bài giải

- Các lực tác dụng lên xe lửa: trọng lực \vec{P} , phản lực của đường ray \vec{Q} , lực kéo của động cơ \vec{F} và lực ma sát lăn \vec{F}_{ms} .

- Khi xe lửa chuyển động thẳng đều thì: $F = F_{ms} = \mu Mg$ (1)

- Khi một phần xe lửa bị tách ra, cả phần đầu và phần bị tách ra đều chuyển động thẳng chậm dần đều.

- Xét chuyển động của phần đầu:

+ Theo định luật II Niu-ton, ta có: $\vec{F} + \vec{F}_{ms1} + \vec{P}_1 + \vec{Q}_1 = (M - m)\vec{a}_1$ (2)

+ Chiếu (2) lên chiều chuyển động của xe lửa ta được: $F - F_{ms1} = (M - m)a_1$

$$\Rightarrow a_1 = \frac{F - \mu(M - m)g}{M - m} = \frac{F - \mu Mg + \mu mg}{M - m}$$

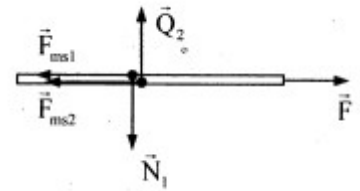
$$\Rightarrow a_1 = \frac{\mu mg}{M - m} = \frac{0,09 \cdot 10000 \cdot 10}{100000 - 10000} = 0,1 \text{ m/s}^2$$

- Xét chuyển động của phần đuôi bị tách ra:

+ Theo định luật II Niu-ton, ta có: $\vec{F}_{ms2} + \vec{P}_2 + \vec{Q}_2 = m\vec{a}_2$ (3)

+ Chiếu (3) lên chiều chuyển động, ta được:

$$-F_{ms2} = ma_2 \Leftrightarrow -\mu mg = ma_2 \Rightarrow a_2 = -\mu g = -0,09 \cdot 10 = -0,9 \text{ m/s}^2$$



- Chọn gốc tọa độ O tại vị trí hai xe tách ra, gốc thời gian lúc một phần xe lửa bị tách ra thì phương trình chuyển động của mỗi phần khi đó là:

$$x_1 = v_0 t + \frac{1}{2} a_1 t^2 \quad \text{và} \quad x_2 = v_0 t + \frac{1}{2} a_2 t^2$$

Khoảng cách giữa hai phần xe là:

$$l = |x_1 - x_2| = \left| \left(v_0 t + \frac{1}{2} a_1 t^2 \right) - \left(v_0 t + \frac{1}{2} a_2 t^2 \right) \right|$$

$$\Rightarrow l = \frac{1}{2} (a_1 - a_2) t^2 = \frac{1}{2} (0,1 + 0,9) t^2 = 0,5 t^2$$

Vậy: Khoảng cách giữa hai phần xe thay đổi theo thời gian theo quy luật $l = 0,5 t^2$.

7.18. Một quả cầu có khối lượng $m = 1 \text{ kg}$, bán kính $r = 8 \text{ cm}$. Tìm vận tốc rơi cực đại của quả cầu. Biết rằng lực cản của không khí có biểu thức là $F = kSv^2$, hệ số $k = 0,024$.

Bài giải

- Các lực tác dụng lên quả cầu trong quá trình rơi là: trọng lực \vec{P} , lực cản \vec{F} .

- Theo định luật II Niu-ton, ta có: $\vec{P} + \vec{F} = m\vec{a}$.

- Chiếu hệ thức vectơ trên lên chiều chuyển động ta được: $P - F = ma \Rightarrow P - kSv^2 = ma$

Khi vật bắt đầu rơi, vận tốc của vật tăng dần, lực cản tăng dần, do đó vận tốc của vật có giá trị lớn nhất khi:

$$P = F \Rightarrow mg = kSv^2$$

$$\Rightarrow v_{\max} = \sqrt{\frac{mg}{kS}} = \sqrt{\frac{mg}{k \cdot \pi r^2}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10}{0,024 \cdot 3,14 \cdot 0,08^2}} = 144 \text{ m/s}$$

Vậy: Vận tốc rơi cực đại của quả cầu là $v_{\max} = 144 \text{ m/s}$.

7.19. Hai quả cầu đồng chất giống nhau về mặt hình học nhưng làm bằng vật liệu khác nhau. Khối lượng riêng của các quả cầu là D_1, D_2 . Hai quả cầu đều rơi trong không khí.

Giả thiết rằng lực cản của không khí tỉ lệ với bình phương vận tốc, hãy xác định tỉ số giữa các vận tốc cực đại của các quả cầu.

Bài giải

- Các lực tác dụng lên quả cầu trong quá trình rơi: trọng lực \vec{P} , lực cản \vec{F} .

- Theo định luật II Niu-ton, ta có: $\vec{P} + \vec{F} = m\vec{a}$ (1)

- Chiếu (1) lên chiều rơi của các vật, ta được: $P - F = ma$ (1')

- Khi vật bắt đầu rơi, vận tốc của vật tăng dần, lực cản tăng dần, do đó vận tốc của vật có

giá trị lớn nhất khi: $P = F \Rightarrow mg = F = kv_{\max}^2$.

$$\Rightarrow DVg = kv_{\max}^2 \quad (2)$$



- Vận tốc cực đại của quả cầu 1: $v_{1max} = \sqrt{\frac{D_1 V g}{k}}$

- Vận tốc cực đại của quả cầu 2: $v_{2max} = \sqrt{\frac{D_2 V g}{k}}$

$$\Rightarrow \frac{v_{1max}}{v_{2max}} = \sqrt{\frac{D_1}{D_2}}$$

Vậy tỉ số giữa các vận tốc cực đại của các quả cầu là $\frac{v_{1max}}{v_{2max}} = \sqrt{\frac{D_1}{D_2}}$

7.20. Một mô hình tàu thủy $m = 0,5 \text{ kg}$ được va chạm truyền vận tốc $v_0 = 10 \text{ m/s}$. Khi chuyển động, tàu chịu lực cản có độ lớn tỉ lệ với vận tốc là $F = 0,5v$. Tìm quãng đường tàu đi được cho tới khi:

a) vận tốc giảm một nửa.

b) tàu dừng lại.

Bài giải

a) Quãng đường tàu đi được tới khi vận tốc giảm còn một nửa

- Chọn chiều dương là chiều chuyển động của tàu. Từ định luật II Niu-ton, ta có:

$$- F = ma = -0,5v$$

$$- \text{Thay } a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \text{ vào hệ thức trên, ta được: } m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = -0,5v$$

$$\Rightarrow \Delta v = -\frac{0,5v \cdot \Delta t}{m} = -\frac{0,5 \cdot \Delta s}{m}$$

$$\Rightarrow \Delta s = -\frac{m \cdot \Delta v}{0,5}$$

- Khi vận tốc tàu giảm một nửa thì $\Delta v = v - v_0 = \frac{v_0}{2} - v_0 = -\frac{v_0}{2}$ nên

$$\Delta s = -\frac{m \cdot \left(-\frac{v_0}{2}\right)}{0,5} = mv_0 = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ m}$$

Vậy: Quãng đường tàu đi được cho tới khi vận tốc giảm một nửa là $\Delta s = 5 \text{ m}$.

b) Quãng đường tàu đi được tới khi dừng lại

Tương tự, $\Delta s' = -\frac{m \cdot \Delta v'}{0,5}$ nhưng với $\Delta v' = v' - v_0 = 0 - v_0 = -v_0$ nên

$$\Delta s' = -\frac{m \cdot (-v_0)}{0,5} = 2mv_0 = 2 \cdot 0,5 \cdot 10 = 10 \text{ m}$$

Vậy: Quãng đường tàu đi được cho tới dừng lại là $\Delta s' = 10 \text{ m}$.