

Các định luật cơ học của Niu-tơn

Bài 1: Một ô tô tải có khối lượng 5 tấn đang chuyển động trên đường nằm ngang với vận tốc 25 m/s thì tài xế phanh xe. Sau 10 giây vận tốc của xe là 15 m/s. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$. Bỏ qua ma sát.

a. Tính lực phanh xe.

b. Tính quãng đường xe đi được kể từ lúc bắt đầu phanh đến lúc xe dừng lại hẳn.

Giải

a. Áp dụng công thức: $v_1 = v_0 + at$

$$\text{Gia tốc của xe là: } a = \frac{v_1 - v_0}{t} = \frac{15 - 25}{10} = -1 \text{ m/s}^2$$

Theo định luật II của Niu-tơn ta có: $\vec{F} = \vec{N} + \vec{P} + \vec{F}_C = m\vec{a}$ (1)

Chọn trục Ox trùng với phương chuyển động, chiều dương là chiều chuyển động. Chiếu (1) lên trục toạ độ ta có:

$$F = F_k = ma$$

Lực phanh xe: $F_C = F = ma = 5000 \cdot (-1) = -5\,000 \text{ N}$

b. Áp dụng công thức: $v_t^2 - v_0^2 = 2as$

Quãng đường xe đi được từ lúc phanh xe tới lúc dừng lại:

$$s = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2a} = \frac{0 - 25^2}{2 \cdot (-1)} = 312,5 \text{ m}$$

Bài 2 : Cho một viên bi A chuyển động tới va chạm vào viên bi B đang đứng yên, với vận tốc của viên bi A trước khi va chạm là 20 m/s, sau khi va chạm bi A tiếp tục chuyển động với phương chiều cũ và có vận tốc là 10 m/s, thời gian xảy ra va chạm là 0,4 s. Tính gia tốc của viên bi A và gia tốc của viên bi B. Biết khối lượng của viên bi A và B là 200 g và 100 g.

Tóm tắt

$$v_{At} = 20 \text{ m/s} ; v_{As} = 10 \text{ m/s} ; \Delta t = 0,4 \text{ s}$$

$$m_A = 200 \text{ g} = 0,2 \text{ kg} ; m_B = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg} ; a_A = ? ; a_B = ?$$

Hướng dẫn giải

Chọn trục tọa độ và chiều dương trùng với phương, chiều chuyển động của bi A. Gia tốc

$$\text{của bi A là : } a_A = \frac{v_{As} - v_{At}}{\Delta t} = \frac{10 - 20}{0,4} = -25 \text{ m/s}^2$$

Theo định luật III Niu-tơn ta có: $\vec{F}_{AB} = - \vec{F}_{BA} \Rightarrow F_{AB} = - F_{BA} \Rightarrow m_A a_A = - m_B a_B$

$$\Rightarrow a_B = - \frac{m_A a_A}{m_B} = - \frac{0,2 \cdot (-25)}{0,1} = 50 \text{ m/s}^2$$

Bài 3 : Một xe khối lượng 1 tấn đang chuyển động với vận tốc 57,6 km/h thì gặp một dốc dài 50 m cao 30 m. cho hệ số ma sát là 0,25 và $g = 10 \text{ m/s}^2$.

a. Tài xế tắt máy cho xe tự lên dốc. Xe có lên hết dốc không?

b. Tìm thời gian xe đi trên dốc.

c. Để xe lên hết dốc và dừng lại ở đỉnh dốc thì tài xế phải mở máy từ chân dốc. Tìm lực kéo của động cơ?

Hướng dẫn giải

a. Thời gian xe lên dốc: Xe tắt máy lên dốc nên không có lực kéo.

$$\text{Áp dụng định luật II Niu-tơn: } \vec{F}_{\text{ms}} + \vec{P}_T + \vec{P}_N + \vec{N} = m\vec{a} \quad (1)$$

$$\text{Chiếu (1) lên phương chuyển động: } -F_{\text{ms}} - P_t = ma$$

$$\text{Gia tốc của xe ở trên dốc: } a = -g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) \Rightarrow a = -10(0,6 + 0,25 \cdot 0,8) = -8 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Quãng đường xe đi trên dốc: } v_t^2 - v_0^2 = 2as \Rightarrow s = \frac{0 - 16^2}{2 \cdot (-8)} = 16 \text{ m}$$

Ta thấy $s < 50 \text{ m}$ do vậy xe không lên hết dốc.

$$\text{b. Thời gian xe đi trên dốc: } v_t = v_0 + a \cdot t = 0 \Rightarrow t = \frac{-v_0}{a} = \frac{-16}{-8} = 2 \text{ s}$$

c. Lực kéo của động cơ: Xe mở máy lên dốc nên có lực kéo.

$$\text{Áp dụng định luật II Niu-tơn: } \vec{F}_{\text{ms}} + \vec{P}_T + \vec{P}_N + \vec{N} + \vec{F}_k = m\vec{a} \quad (2)$$

$$\text{Chiếu (2) lên phương chuyển động: } -F_{\text{ms}} - P_t + F_k = ma$$

$$F_k = ma + F_{\text{ms}} + P_t$$

$$\text{Gia tốc của xe ở trên dốc: } v_t^2 - v_0^2 = 2as \Rightarrow a = \frac{0 - 16^2}{2 \cdot 50} = -2,56 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Vậy lực kéo của động cơ: } F_k = 1000 \cdot (-2,56) + 0,25 \cdot 1000 \cdot 10 \cdot 0,8 + 1000 \cdot 10 \cdot 0,6 = 5440 \text{ N}$$

Bài 4: Một vật đặt trên mặt phẳng nghiêng 30° so với mặt ngang. Lấy $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ và $\sqrt{3} = 1,73$.

a. Nếu hệ số ma sát của mặt phẳng nghiêng là 0,3 thì gia tốc của vật khi trượt xuống dốc là bao nhiêu?

b. Tìm hệ số ma sát để vật đứng yên.

Đáp số: a) $a = 2,36 \text{ m/s}^2$. b) $\mu \geq \tan \alpha \approx 0,58$

Bài 5: Một xe tải không chở hàng đang chạy trên đường. Nếu người lái xe hãm phanh thì xe trượt một đoạn đường 20 m thì dừng lại. Hỏi:

a. Nếu xe chở hàng có khối lượng hàng bằng $\frac{1}{2}$ khối lượng của xe thì đoạn đường trượt bằng bao nhiêu?

b. Nếu tốc độ của xe chỉ bằng một $\frac{1}{4}$ lúc đầu thì đoạn đường trượt bằng bao nhiêu?

Cho lực hãm không thay đổi.

Đáp số: a) $s' = 30 \text{ m}$; b. $s' = \frac{s}{16} = 1,25 \text{ m}$

Bài 6: Một xe khối lượng 1,5 tấn bắt đầu chuyển động nhanh dần đều trên đường nằm ngang từ A đến B. Biết $AB = 50 \text{ m}$. Lực kéo của động cơ là 2250 N. Hệ số ma sát 0,1. Đến B tài xế tắt máy, xe xuống dốc BC dài 20 m, nghiêng 30° so với phương ngang và có cùng hệ số ma sát như trên đoạn AB.

a. Tìm gia tốc của xe trên đoạn đường AB?

b. Tìm thời gian xe chuyển động từ A đến B và vận tốc tại B?

c. Tính vận tốc của xe ở cuối chân dốc?

Đáp số: a) $a_{AB} = 0,5 \text{ m/s}^2$; b) $t_{AB} = 14 \text{ s}$; $v_B = 7 \text{ m/s}$; c) $v_C = 10,5 \text{ m/s}$

Các lực cơ học

Bài 1: Một khinh khí cầu có khối lượng 500 kg bay ở độ cao $h = 1$ km so với mặt đất.

a. Tính lực hấp dẫn giữa Trái Đất với khinh khí cầu.

b. Ở độ cao nào so với mặt đất khinh khí cầu có trọng lượng bằng $\frac{1}{4}$ trọng lượng của nó trên mặt đất.

Lấy bán kính Trái Đất $R = 6400$ km và gia tốc trọng trường trên mặt đất là $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Tóm tắt

$$m = 500 \text{ kg}; h = 1 \text{ km}; R = 6400 \text{ km}; \text{a) } F_{\text{hd}} = ? ; \text{b) } P_h = \frac{P}{4}; h = ?$$

Giải

a. Lực hấp dẫn giữa khinh khí cầu với Trái Đất là:

$$F_{\text{hd}} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m g_h \text{ với } g_h = g \cdot \frac{R^2}{(R + h)^2}$$
$$\Rightarrow F_{\text{hd}} = 500 \cdot 9,8 \cdot \left(\frac{6400}{6400 + 1} \right)^2 = 4898,5 \text{ N}$$

b. Trọng lượng của quả cầu trên mặt đất: $P = mg$

Trọng lượng của quả cầu ở độ cao h : $P_h = m g_h$

$$\text{Trong đó: } g = \frac{GM}{R^2}; g_h = \frac{GM}{(R + h)^2}$$

$$\text{Theo đề: } P_h = \frac{P}{4} \Rightarrow \frac{P_h}{P} = \frac{g_h}{g} = \left(\frac{R}{R + h} \right)^2 = \frac{1}{4} \Rightarrow h = R = 6400 \text{ km}$$

Bài 2: Một lò xo có chiều dài tự nhiên là $l_0 = 40\text{ cm}$ được treo thẳng đứng. Treo vào đầu dưới của lò xo một quả cân khối lượng $m = 500\text{ g}$ thì chiều dài của lò xo là 45 cm . Hỏi khi treo vật có khối lượng $m = 600\text{ g}$ thì chiều dài của lò xo bằng bao nhiêu? Cho $g = 10\text{ m/s}^2$.

Tóm tắt

$$l_0 = 40\text{ cm};\ m = 500\text{ g};\ l = 45\text{ cm}$$
$$m' = 600\text{ g};\ l' = ?$$

Giải

Ta có:

$$\Delta l = l_{CB} - l_0 = l - l_0 = 45 - 40 = 5\text{ cm} = 5 \cdot 10^{-2}\text{ m}$$

Khi lò xo ở vị trí cân bằng thì $P = F_{\text{đh}}$:

$$\Leftrightarrow mg = k\Delta l \Rightarrow k = \frac{mg}{\Delta l} = \frac{0,5 \cdot 10}{5 \cdot 10^{-2}} = 100\text{ N/m}$$

Tương tự:

$$\Leftrightarrow m'g = k\Delta l' \Rightarrow \Delta l' = \frac{m'g}{k} = \frac{0,6 \cdot 10}{100} = 6 \cdot 10^{-2}\text{ m} = 6\text{ cm}$$
$$\Rightarrow l' = l_0 + \Delta l' = 40 + 6 = 46\text{ cm}$$

Bài 3: Một vật khối lượng $m = 40 \text{ kg}$ đặt trên mặt đường nằm ngang. Hệ số ma sát nghỉ và ma sát trượt giữa vật và mặt đường lần lượt là $\mu_n = 0,4$ và $\mu_t = 0,25$. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$.

a. Tính lực ma sát nghỉ cực đại tác dụng lên vật.

b. Kéo vật đi bằng một lực $F = 200 \text{ N}$ theo phương nằm ngang. Tính quãng đường vật đi được sau 10s.

c. Sau đó, ngừng tác dụng của lực F . Tính quãng đường vật đi tiếp cho tới lúc dừng lại.

d. Nếu gắn bánh xe cho vật chuyển động trên mặt phẳng đó thì cần phải tác dụng một lực bằng bao nhiêu để gia tốc chuyển động của vật bằng gia tốc của câu b). Biết hệ số ma sát lăn giữa bánh xe và mặt đường là $\mu_l = 0,15$.

Giải

a. Lực ma sát nghỉ cực đại tác dụng lên vật: $F_{\text{msn max}} = \mu_n \cdot N = \mu_n \cdot mg = 0,4 \cdot 40 \cdot 10 = 160 \text{ N}$

b. Kéo vật đi bằng một lực $F = 200 \text{ N}$ theo phương nằm ngang. Theo định luật II Niu-tơn, ta có:

$$\vec{F} + \vec{F}_{\text{mst}} + \vec{N} + \vec{P} = m\vec{a} \quad (1)$$

Chiếu xuống trục Ox nằm ngang có phương, chiều trùng với phương, chiều chuyển động của vật ta được: $F - F_{\text{mst}} = ma \quad (2)$

$$\text{Gia tốc của vật là: } a = \frac{F - \mu_t mg}{m} = \frac{200 - 0,25 \cdot 40 \cdot 10}{40} = 2,5 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Quãng đường vật đi được sau 10 s là: } s = v_0 t + \frac{at^2}{2} = 0 \cdot 10 + \frac{2,5 \cdot 10^2}{2} = 125 \text{ m}$$

c. Vận tốc của vật ở thời điểm ngừng lực tác dụng F là: $v_{10} = v_0 + at_{10} = 2,5 \cdot 10 = 25 \text{ m/s}$

Khi ngừng tác dụng của F, từ (2) ta có: $-F_{\text{mst}} = ma'$

Gia tốc chuyển động của vật lúc này là:

$$a' = -\frac{F_{\text{mst}}}{m} = -\frac{\mu_t mg}{m} = -\mu_t g = -0,25 \cdot 10 = -2,5 \text{ m/s}^2$$

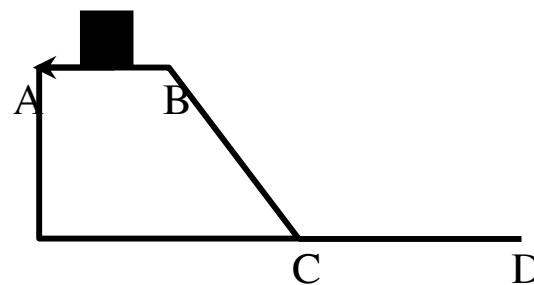
Quãng đường vật đi tiếp cho tới lúc dừng lại:

$$v_t^2 - v_{10}^2 = 2a's' \Rightarrow s' = \frac{v_t^2 - v_{10}^2}{2a'} = \frac{0 - 25^2}{2 \cdot (-2,5)} = 125 \text{ m}$$

d. Nếu gắn bánh xe cho vật chuyển động trên mặt phẳng đó với gia tốc $a = 2,5 \text{ m/s}^2$ thì cần phải tác dụng một lực F'' thỏa điều kiện: $F'' - F_{\text{msl}} = ma$

$$\Rightarrow F'' = F_{\text{msl}} + ma = \mu_l mg + ma = 0,15 \cdot 40 \cdot 10 + 40 \cdot 2,5 = 160 \text{ N}$$

Bài 4: Một vật có khối lượng 200 kg chuyển động trên đường nằm ngang AB. Qua A vật có vận tốc $v_A = 10 \text{ m/s}$ tới B xe có vận tốc 15 m/s. Quãng đường $AB = 50 \text{ m}$ như hình 2.9. Hệ số ma sát trên mặt đường AB và BC là $\mu = 0,15$. Cho $g = 10 \text{ m/s}^2$.



Hình 2.9

- Tính gia tốc và lực kéo vật trên đường ngang AB.
- Tới B xe tắt máy xuống dốc không hãm phanh, dốc cao 10 m, nghiêng 45° so với phương ngang. Tính vận tốc của xe tại chân dốc.
- Tới chân dốc C, xe được hãm phanh với một lực hãm là $F_h = 100 \text{ N}$ và đi thêm được 25 giây nữa thì dừng lại tại D. Tìm hệ số ma sát trên đoạn CD.

Giải

- Chọn trục tọa độ Ox song song với AB như hình 2.9a.

Chiều dương là chiều chuyển động.

Các lực tác dụng vào xe là:

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

Chiếu (1) lên trục tọa độ Ox :

$$-F_{ms} + F_k = ma$$

$$\Rightarrow F_k = F_{ms} + ma_{AB} = m(\mu g + a_{AB}) \quad (2)$$

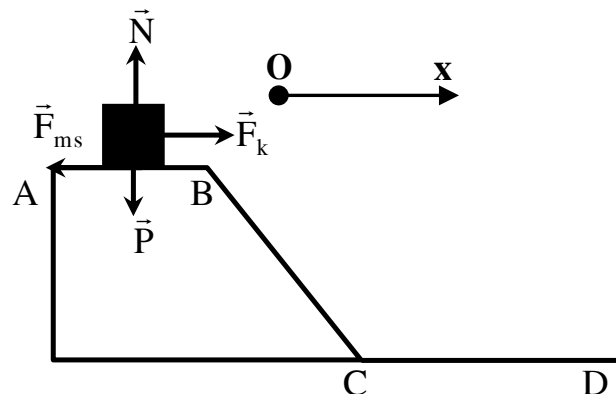
Gia tốc của xe trên AB:

$$v_B^2 - v_A^2 = 2a_{AB}s_{AB}$$

$$\Rightarrow a_{AB} = \frac{v_B^2 - v_A^2}{2s_{AB}} = \frac{15^2 - 10^2}{2 \cdot 50} = 1,25 \text{ m/s}^2$$

Thay a_{AB} vào (2) ta có lực kéo vật trên đoạn AB là :

$$F_k = 200 \cdot (0,15 \cdot 10 + 1,25) = 550 \text{ N}$$



Hình 2.9a

b. Từ hình 2.9b chọn trục toạ độ song song với BC. Chiều dương là chiều chuyển động.

Các lực tác dụng vào xe là: $\vec{N} + \vec{P} + \vec{F}_{ms} = m\vec{a}_{BC}$ (3)

Chiếu (3) lên phương pháp tuyến với mặt phẳng

nghiêng: $N - P\cos\alpha = 0 \Rightarrow N = mg\cos\alpha$ (4)

Chiếu (3) lên trục toạ độ: $-F_{ms} + mg\sin\alpha = ma_{BC}$

$$\Leftrightarrow -\mu N + mg\sin\alpha = ma_{BC}$$

$$\Leftrightarrow -\mu mg\cos\alpha + mg\sin\alpha = ma_{BC} \quad (5)$$

Từ (4) và (5) suy ra:

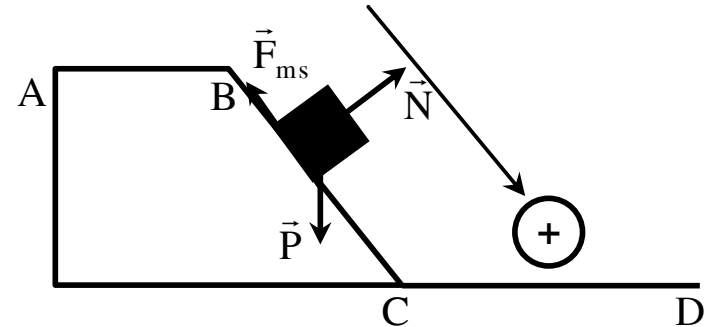
$$a_{BC} = -\mu g \cos\alpha + g \sin\alpha = -0,4.10.\frac{\sqrt{2}}{2} + 10.\frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$a_{BC} = 3\sqrt{2} \text{ m/s}^2$$

Áp dụng công thức: $v_t^2 - v_o^2 = 2.a_{BC}.s_{BC}$

Quãng đường BC bằng: $s_{BC} = \frac{h_{BC}}{\sin\alpha} = \frac{10}{\sin 45^\circ} = 10\sqrt{2} \text{ m}$

Vận tốc của xe tại C là: $v_C^2 = v_B^2 + 2a_{BC}s_{BC} \Rightarrow v_C = \sqrt{v_B^2 + 2as} = \sqrt{15^2 + 2.3\sqrt{2}.10\sqrt{2}} = 18,57 \text{ m/s}$



Hình 2.9b

c. Từ hình 2.9c, chọn trục tọa độ song song với CD.

Chiều dương là chiều chuyển động.

Các lực tác dụng vào xe là:

$$\vec{N} + \vec{P} + \vec{F}_{ms} + \vec{F}_h = m\vec{a} \quad (5)$$

Chiếu (5) lên trục tọa độ:

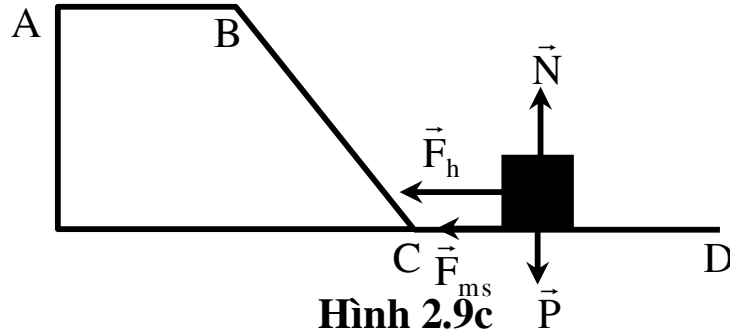
$$-F_{ms} - F_h = ma \quad (6)$$

Gia tốc của xe trên đoạn CD:

$$a_{CD} = \frac{v_D - v_C}{t} = \frac{0 - 18,57}{25} = -0,74 \text{ m/s}^2$$

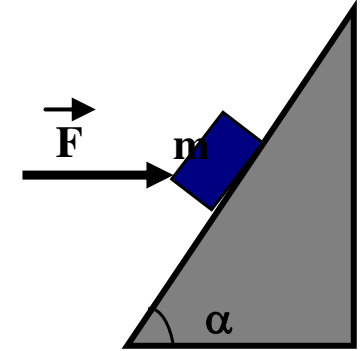
Từ (6) suy ra:

$$\begin{aligned} -\mu_{CD}mg - F_h &= ma_{CD} \Rightarrow \mu_{CD} = \frac{-F_h - ma_{CD}}{mg} \\ \Rightarrow \mu &= \frac{-100 - 200(-0,74)}{200 \cdot 10} = 0,024 \end{aligned}$$



Hình 2.9c

Bài 4: Một vật chuyển động đều trên một mặt phẳng nghiêng một góc $\alpha = 45^\circ$ so với mặt phẳng nằm ngang, dưới tác dụng của lực đẩy F theo phương ngang như hình 2.10 và có độ lớn $F = 50 \text{ N}$. Tính khối lượng m của vật và phản lực N của mặt phẳng nghiêng tác dụng lên vật. Bỏ qua ma sát. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$.



Hình

Giải

Chọn hệ trục tọa độ Oxy như hình 2.10a. Vì vật chuyển động thẳng đều nên theo định luật II Niuton ta có:

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

Chiếu (1) xuống trục Ox ta có:

$$\begin{aligned} F \cdot \cos \alpha - P \cdot \sin \alpha &= 0 \\ \Rightarrow P = mg &= \frac{F \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{F}{\tan \alpha} = \frac{50}{\tan 45^\circ} = 50 \text{ N} \end{aligned}$$

Khối lượng m của vật:

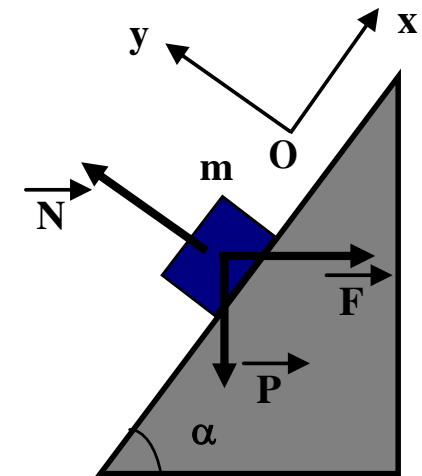
$$m = \frac{P}{g} = 5 \text{ kg}$$

Chiếu (1) xuống trục Oy ta có:

$$\begin{aligned} -F \cdot \sin \alpha + N - P \cdot \cos \alpha &= 0 \\ \Rightarrow N &= F \cdot \sin \alpha + P \cos \alpha \end{aligned}$$

Phản lực của mặt phẳng nghiêng tác dụng lên vật:

$$N = 50 \cdot \sin 45^\circ + 50 \cdot \cos 45^\circ = 50\sqrt{2} \text{ N}$$



Hình 2.10a

Bài 5: Gia tốc tự do ở trên bề mặt Mặt Trăng là $1,6 \text{ m/s}^2$ và bán kính Mặt Trăng là 1740 km. Hỏi ở độ cao nào so với Mặt Trăng thì gia tốc rơi tự do bằng $\frac{1}{9}$ gia tốc rơi tự do ở bề mặt Mặt Trăng?

Đáp số: $h = 3\,480 \text{ km}$

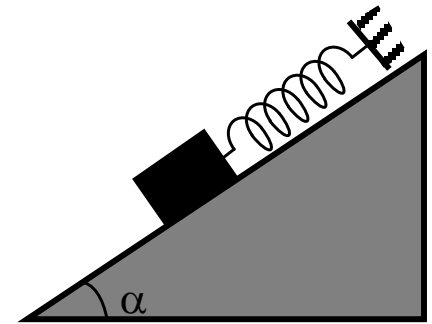
Bài 6: Khối lượng của Mộc tinh lớn hơn khối lượng Trái Đất 318 lần và bán kính Mộc Tinh lớn hơn bán kính Trái Đất 11,2 lần. Biết gia tốc rơi tự do ở bề mặt Trái Đất là $9,81 \text{ m/s}^2$.

- Xác định gia tốc rơi tự do trên bề mặt Mộc Tinh.
- Một vật có trọng lượng trên mặt đất là 20 N. Tính trọng lượng của nó trên bề mặt Mộc Tinh.

Đáp số: a) $g_{MT} = 24,87 \text{ m/s}^2$; b) $P_{MT} = 50,7 \text{ N}$

Bài 7: Một vật có khối lượng $m = 2 \text{ kg}$ được giữ yên trên một mặt phẳng nghiêng một góc $\alpha = 45^\circ$ bằng một lò xo có độ cứng $k = 100\sqrt{2} \text{ N/m}$ như hình 2.11. Bỏ qua lực ma sát. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- Nêu tên và tính độ lớn của các lực đã tác dụng vào vật.
- Tính độ biến dạng của lò xo khi vật ở vị trí cân bằng.



Hình

Đáp số: a) $F_{dh} = N = \frac{P}{\sqrt{2}} = 10\sqrt{2} \text{ N}$; b) $\Delta l = 10 \text{ cm}$

Bài 8: Một người đứng trên một băng chuyền đang chuyển động với gia tốc $a = 2 \text{ m/s}^2$. Hệ số ma sát nghỉ tối thiểu bằng bao nhiêu để ngăn cản chân người đó khỏi bị trượt trên băng chuyền. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Đáp số: $\mu_{\min} = 0,2$

Bài 9: Một chiếc xe máy kéo một khúc gỗ có khối lượng là 150 kg trượt trên mặt đường nằm ngang có hệ số ma sát trượt là $\mu_t = 0,2$. Khi xe máy kéo khúc gỗ với lực kéo F_k thì khúc gỗ trượt nhanh dần đều với gia tốc $a = 2 \text{ m/s}^2$. Biết dây kéo hợp với phương ngang một góc 45° . Tính F_k .

Đáp số: $F_k = 707 \text{ N}$