

2. BÀI TẬP LUYỆN TẬP TỔNG HỢP

Chuyên đề 1.

ĐỘNG LƯỢNG. BẢO TOÀN ĐỘNG LƯỢNG

1. Một khối gỗ hình hộp chữ nhật được ném từ mặt sàn nằm ngang với vận tốc v_0 hợp góc α so với sàn. Biết rằng trong quá trình chuyển động bề mặt lớn của khối gỗ luôn song song với sàn và khi chạm sàn khối gỗ không nảy lên. Hệ số ma sát trượt giữa khối gỗ và sàn là μ . Xác định góc α để khối gỗ dừng lại cách điểm ném xa nhất. Bỏ qua sức cản của không khí.

Bài giải

Vì chuyển động của khối gỗ giống như chuyển động của vật ném xiên nên:

- Thời gian chuyển động của khối gỗ: $t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$.

- Tầm ném xa của khối gỗ: $s_1 = v_0 \cos \alpha \cdot t = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$.

- Ngay trước khi chạm sàn khối gỗ có vận tốc v_0 hợp với phương ngang góc α và ngay sau khi chạm sàn, khối gỗ có vận tốc v hướng theo phương ngang.

- Vì thời gian va chạm giữa khối gỗ và sàn là rất nhỏ nên ta có:

$$\vec{F} \Delta t = \Delta \vec{p} \Leftrightarrow \begin{cases} F_x \Delta t = \Delta p_x \\ F_y \Delta t = \Delta p_y \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} -F_{ms} \Delta t = mv - mv_0 \cos \alpha \\ Q \Delta t = mv_0 \sin \alpha \end{cases} \quad (1)$$

- Lập tỷ số $\frac{(1)}{(2)}$ và chú ý $F_{ms} = \mu Q$, ta được: $-\mu = \frac{v - v_0 \cos \alpha}{v_0 \sin \alpha}$

$$\Rightarrow v = v_0 (\cos \alpha - \mu \sin \alpha) \quad (\text{với } v > 0)$$

- Khối gỗ trượt trên sàn quãng đường s_2 với gia tốc $a = -\mu g$ và ta có:

$$0 - v^2 = 2as_2 \Rightarrow s_2 = \frac{-v^2}{-2\mu g} = \frac{v_0^2 (\cos \alpha - \mu \sin \alpha)^2}{2\mu g}$$

- Khối gỗ dừng lại cách điểm ném một đoạn: $s = s_1 + s_2$.

$$\Leftrightarrow s = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} + \frac{v_0^2 (\cos \alpha - \mu \sin \alpha)^2}{2\mu g}$$

$$\Leftrightarrow s = \frac{4\mu v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha + v_0^2 \cos^2 \alpha - 2v_0^2 \mu \sin \alpha \cos \alpha + v_0^2 \mu^2 \sin^2 \alpha}{2\mu g}$$

$$\Leftrightarrow s = \frac{v_0^2}{2\mu g} (\cos \alpha + \mu \sin \alpha)^2$$

- Theo bất đẳng thức Bunhiacopski, ta có:

$$(\cos \alpha + \mu \sin \alpha)^2 \leq (1 + \mu^2)(\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) = 1 + \mu^2$$

Dấu “=” xảy ra khi: $\frac{1}{\cos \alpha} = \frac{\mu}{\sin \alpha} \Leftrightarrow \tan \alpha = \mu \Rightarrow s \leq \frac{v_0^2}{2\mu g}(1 + \mu)^2$

- Biện luận:

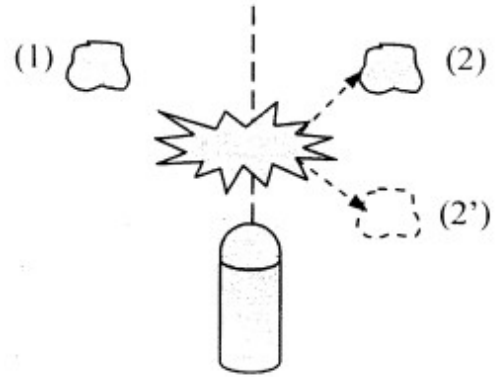
+ Để $v > 0$ thì $\cos \alpha - \mu \sin \alpha > 0 \Rightarrow \mu < \cot \alpha$ và:

$$s_{\max} = \frac{v_0^2}{2\mu g}(1 + \mu)^2 \text{ khi } \mu = \tan \alpha$$

+ Nếu $\mu \geq \cot \alpha$ thì $s_{\max} = s_{l\max} = \frac{v_0^2}{g}$ khi $\alpha = 45^\circ$.

2. Một viên đạn đang bay thẳng đứng lên cao với vận tốc 250(m/s) thì nổ thành hai mảnh có khối lượng bằng nhau. Tìm hướng và độ lớn của mảnh thứ nhất biết mảnh thứ hai bay với vận tốc 500(m/s) theo phương lệch góc 60° với phương thẳng đứng, hướng:

- Lên phía trên
- Xuống phía dưới mặt đất



Bài giải

Chọn hệ khảo sát: Viên đạn. Vì trong quá trình nổ, nội lực lớn hơn rất nhiều so với ngoại lực nên hệ khảo sát là hệ kín trong suốt thời gian xảy ra sự nổ.

Gọi khối lượng cả viên đạn là $2m$, động lượng của đạn trước khi nổ: $\vec{p} = 2mv$.

(Hướng: dưới lên; độ lớn: $p = 2mv = 2m \cdot 250 = 500m$ (kg.m/s).

a) Mảnh thứ hai bay theo phương lệch góc 60° so với phương thẳng đứng, hướng lên:

- Động lượng của mảnh thứ hai sau khi nổ: $\vec{p}_2 = mv_2$

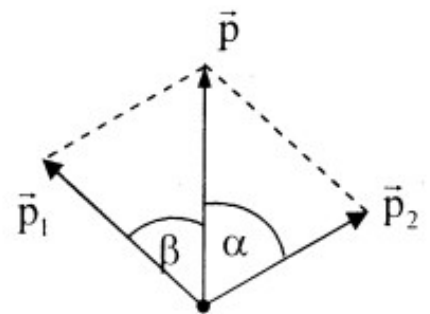
(Hướng: Nắm nghiêng hướng lên 60° so với phương thẳng đứng, độ lớn $p_2 = mv_2 = 500m$ (kg.m/s)).

- Theo định luật bảo toàn động lượng: $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$

- Vì $p = p_2$ và góc $\alpha = 60^\circ$ nên tam giác tạo bởi $\vec{p}_1$ và $\vec{p}_2$ là tam giác đều. Do đó, động lượng $\vec{p}_1$ của mảnh thứ nhất có:

+ Hướng: Nghiêng góc $\beta = 60^\circ$ so với phương thẳng đứng.

+ Độ lớn: $p_1 = p = 500m$ (kg.m/s).



- Vận tốc của mảnh thứ nhất $\vec{v}_1$ có:

+ Hướng: Nghiêng góc $\beta = 60^\circ$ so với phương thẳng đứng (theo hướng $\vec{p}_1$).

+ Độ lớn: $v_1 = \frac{p_1}{m} = \frac{500m}{m} = 500 \text{ (m/s)}$.

Vậy: Mảnh thứ nhất bay lên theo hướng nghiêng góc 60° so với phương thẳng đứng, với vận tốc bằng 500 (m/s) .

b) Mảnh thứ hai bay theo phương lệch góc 60° so với phương thẳng đứng, hướng xuống

- Động lượng của mảnh thứ hai sau khi nổ: $\vec{p}_2 = m\vec{v}_2$.

(Hướng: Nằm nghiêng hướng xuống, nghiêng 60° so với phương thẳng đứng, độ lớn $p_2 = mv_2 = 500m \text{ (kg.m/s)}$).

- Theo định luật bảo toàn động lượng: $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$

- Vì $p = p_2$ nên tam giác tạo bởi $\vec{p}$ và $\vec{p}_2$ là tam giác cân:

$$\beta = \gamma = \frac{\alpha}{2} = \frac{60^\circ}{2} = 30^\circ$$

- Động lượng $\vec{p}_1$ của mảnh thứ nhất sau khi nổ có:

+ Hướng: Nghiêng góc $\beta = 30^\circ$ so với phương thẳng đứng, hướng lên.

+ Độ lớn: $p_1^2 = p^2 + p_2^2 - 2p_1p_2 \cos 120^\circ = 3.(500m)^2$

$$\Rightarrow p_1 = 500m\sqrt{3} \text{ (kg.m/s)}$$

- Vận tốc $\vec{v}_1$ của mảnh thứ nhất có:

+ Hướng: Nghiêng góc $\beta = 30^\circ$ so với phương thẳng đứng, hướng lên (theo hướng $\vec{p}_1$).

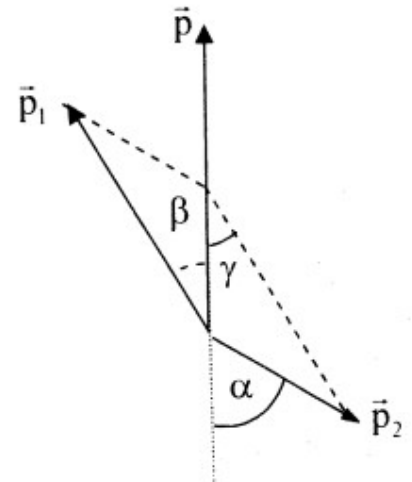
+ Độ lớn: $v_1 = \frac{p_1}{m} = \frac{500m\sqrt{3}}{m} = 500\sqrt{3} = 866 \text{ (m/s)}$

Vậy: Mảnh thứ nhất bay lên theo hướng nghiêng góc 30° so với phương thẳng đứng, với vận tốc bằng 866 (m/s) .

3. Một lựu đạn được ném từ mặt đất với vận tốc $v_0 = 20 \text{ (m/s)}$ theo phương lệch với phương ngang góc $\alpha = 30^\circ$. Lên tới điểm cao nhất nó nổ thành hai mảnh bằng nhau. Mảnh I rơi thẳng đứng với vận tốc đầu $v_1 = 20 \text{ (m/s)}$.

a) Tìm hướng và độ lớn vận tốc mảnh II.

b) Mảnh II lên tới độ cao cực đại cách mặt đất bao nhiêu ?



Bài giải

Chọn hệ khảo sát: Viên đạn. Trong quá trình nổ thì nội lực lớn hơn rất nhiều so với ngoại lực nên hệ khảo sát là hệ kín trong suốt thời gian xảy ra nổ. Suy ra động lượng bảo toàn trong khoảng thời gian nổ.

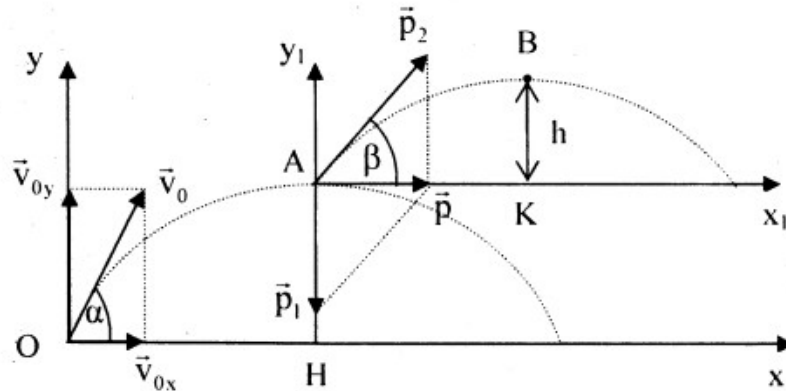
a) Hướng và độ lớn vận tốc của mảnh II ngay sau khi đạn nổ

Chọn hệ trục tọa độ xOy như hình vẽ. Tại điểm cao nhất A (đỉnh parabol) thì vận tốc v có phương nằm ngang và có độ lớn là:

$$v = v_{0x} = v_0 \cos \alpha = 20 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 10\sqrt{3} \text{ (m/s)}$$

- Vị trí A có độ cao là: $h_A = AH = y_A = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = 5m.$

- Xét lựu đạn nổ tại A. Gọi m là khối lượng của mỗi mảnh.



- Theo định luật bảo toàn động lượng, ta có: $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$

Với $\vec{p}$ nằm ngang, $\vec{p}_1$ thẳng đứng hướng xuống và có độ lớn là:

$$p = 2mv = 20\sqrt{3}m; p_1 = mv_1 = 20m$$

- Vì $\vec{p}_1$ vuông góc với $\vec{p}$ nên từ hình vẽ ta có: $p_2^2 = p^2 + p_1^2 = 4 \cdot (20m)^2$

$$\Rightarrow p_2 = 40m$$

- Vận tốc mảnh II ngay sau khi lựu đạn nổ: $v_2 = \frac{p_2}{m} = 40 \text{ (m/s)}$ ($\vec{v}_2$ cùng hướng với $\vec{p}_2$).

- Từ hình vẽ ta có: $\tan \beta = \frac{p_1}{p} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \beta = 30^\circ.$

Vậy: Sau khi lựu đạn nổ, mảnh II bay theo phương $\vec{v}_2$ hợp với phương ngang góc $\beta = 30^\circ$, hướng lên và có độ lớn vận tốc $v_2 = 40 \text{ (m/s)}$.

b) Độ cao cực đại của mảnh II so với mặt đất

- Sau khi đạn nổ, mảnh II chuyển động như vật bị ném xiên góc $\beta = 30^\circ$ so với phương ngang từ A, với vận tốc đầu $v_2 = 40 \text{ (m/s)}$.

- Khảo sát chuyển động của mảnh II trong hệ trục tọa độ x_1Ay_1 (hình vẽ) thì độ cao cực đại của nó so với A là:

$$h_B = BK = y_{1B} = \frac{v_2^2 \sin^2 \beta}{2g} = \frac{40^2 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2}{2 \cdot 10} = 20 \text{ m}$$

Độ cao cực đại của mảnh II so với đất là: $h = h_A + h_B = 5 + 20 = 25 \text{ m}$.

4. Một hạt nhân phóng xạ ban đầu đứng yên phân rã thành ba hạt: electron, notrinô và hạt nhân con. Động lượng của electron là $9 \cdot 10^{-23} \text{ (kg.m/s)}$, động lượng của notrinô vuông góc với động lượng của electron và có độ lớn $12 \cdot 10^{-23} \text{ (kg.m/s)}$. Tìm hướng và độ lớn động lượng của hạt nhân con.

Bài giải

Chọn hệ khảo sát: Hạt nhân phóng xạ. Trong quá trình nổ thì nội lực lớn hơn rất nhiều so với ngoại lực nên hệ khảo sát là hệ kín trong suốt thời gian xảy ra nổ.

- Áp dụng định luật bảo toàn động lượng, ta có:

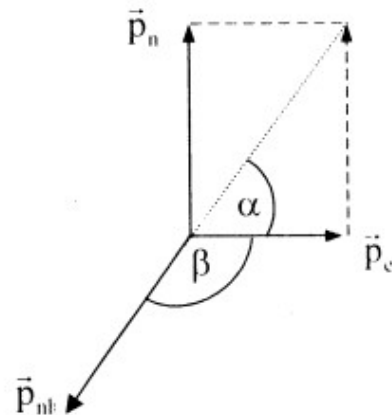
$$\vec{p}_e + \vec{p}_n + \vec{p}_{nh} = 0$$

- Vì $\vec{p}_n$ vuông góc với $\vec{p}_e$ nên ta có: $p_{nh} = \sqrt{p_e^2 + p_n^2}$

$$\Rightarrow p_{nh} = \sqrt{(9 \cdot 10^{-23})^2 + (12 \cdot 10^{-23})^2} = 15 \cdot 10^{-23} \text{ (kg.m/s)}$$

$$\text{và } \tan \alpha = \frac{p_n}{p_e} = \frac{12 \cdot 10^{-23}}{9 \cdot 10^{-23}} = \frac{4}{3} \Rightarrow \alpha = 53^\circ$$

$$\beta = 180^\circ - 53^\circ = 127^\circ$$

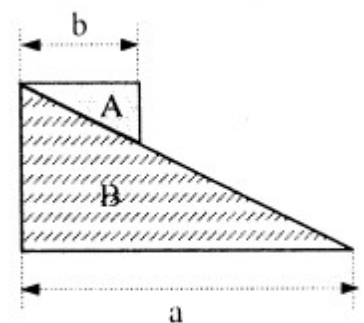


Vậy: Vector động lượng của hạt nhân con nằm trong mặt phẳng chứa vector động lượng của electron và của notrinô, có hướng tạo góc 127° với vector động lượng của electron và có độ lớn bằng $15 \cdot 10^{-23} \text{ (kg.m/s)}$.

5. Hai lăng trụ đồng chất A, B có khối lượng m_1, m_2 như hình vẽ. Bỏ qua

ma sát, độ dài đáy các thiết diện của lăng trụ là a và b. Khi B trượt từ đỉnh đến chân lăng trụ A thì A dời chỗ một khoảng bao nhiêu?

Bài giải



Chọn hệ khảo sát: ‘Hai lăng trụ’. Bỏ qua ma sát nên ngoại lực cân bằng theo phương ngang và hệ khảo sát là hệ kín theo phương ngang. Gọi v_1 và v_2 lần lượt là độ lớn vận tốc của hai lăng trụ A và B.

- Theo phương ngang, động lượng được bảo toàn nên:

$$m_1 v_1 = m_2 v_2 \text{ hay } \frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1} \quad (1)$$

Gọi s_1 , s_2 lần lượt là quãng đường hai lăng trụ đã đi được theo phương ngang; Δt là thời gian di chuyển động của hai lăng trụ, ta có:

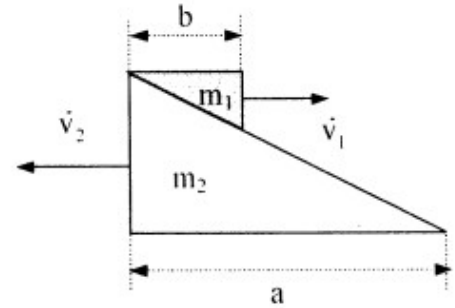
$$s_1 = v_1 \Delta t ; s_2 = v_2 \Delta t \Rightarrow \frac{s_1}{s_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad (2)$$

$$\text{- Từ (1) và (2), ta có: } \frac{s_1}{s_2} = \frac{m_2}{m_1} \Rightarrow s_2 = \frac{m_1}{m_2} s_1 \quad (3)$$

$$\text{Mặt khác: } s_1 + s_2 = a - b \quad (4)$$

$$\text{- Thay (3) vào (4), ta được: } s_1 + \frac{m_1}{m_2} s_1 = a - b \Rightarrow s_1 = \frac{m_2(a - b)}{m_1 + m_2}.$$

$$\text{Vậy: Khi B trượt từ đỉnh đến chân lăng trụ A thì A dời chỗ một khoảng là } s_1 = \frac{m_2(a - b)}{m_1 + m_2}.$$



6. Một tên lửa chứa $m_n = 15$ tấn nhiên liệu và có khối lượng tổng cộng là $M = 21$ tấn. Tốc độ tiêu thụ nhiên liệu của tên lửa là $m = 190(\text{kg/s})$ và khí đốt phụt ra với tốc độ $u = 2800(\text{m/s})$. Cho biết tên lửa phóng lên theo phương thẳng đứng. Hãy tính:

a) Lực đẩy tên lửa.

b) Hợp lực tác dụng lên tên lửa vào lúc bắt đầu phóng, lúc sắp cạn nhiên liệu và lúc đã hết nhiên liệu.

c) Tốc độ của tên lửa vào lúc toàn bộ nhiên liệu đã cạn hết. Bỏ qua sức cản của không khí, lấy $g = 9,8(\text{m/s}^2)$.

Bài giải

a) Lực đẩy tên lửa

$$\text{Ta có: } F_d = mu = 190.2800 = 5,32.10^5 N.$$

$$\text{Vậy: Lực đẩy tên lửa là } F_d = 5,32.10^5 N.$$

b) Hợp lực tác dụng lên tên lửa

$$\text{Ta có: } F_{hl} = F_d - Mg.$$

- Lúc bắt đầu phóng (có lực đẩy, khối lượng tổng cộng $M = 21$ tấn):

$$F_{hl} = 5,32.10^5 - 0,21.10^5.9,8 = 3,26.10^5 N.$$

- Lúc sắp cạn nhiên liệu (còn lực đẩy, hết nhiên liệu):

$$F_{hl} = 5,32.10^5 - (0,21.10^5 - 0,15.10^5).9,8 = 4,73.10^5 N.$$

- Lúc đã hết nhiên liệu (không còn lực đẩy, hết nhiên liệu):

$$F_{hl} = -mg = -(0,21.10^5 - 0,15.10^5).9,8. = 5,88.10^5 N.$$

Vậy: Hợp lực tác dụng lên tên lửa trong ba trường hợp lần lượt là $3,26.10^5 N$; $4,73.10^5 N$; $5,88.10^5 N$.

c) Tốc độ của tên lửa vào lúc toàn bộ nhiên liệu đã cạn hết

Ta có: $v = -gt + u \ln \frac{M_0}{M}$; $t = \frac{m_{nl}}{m} = \frac{15000}{190} = 79s$: Thời gian để đốt hết nhiên liệu.

$$\Rightarrow v = -9,8.79 + 2800 \cdot \ln \frac{21000}{6000} = 2,73.10^3 \text{ (m/s)} = 2,73 \text{ (km/s)}.$$

Vậy: Tốc độ của tên lửa vào lúc toàn bộ nhiên liệu đã cạn hết là $v = 2,73 \text{ (km/s)}$.