

BÀI GIẢNG
Vật lý đại cương 1
(CƠ VÀ NHIỆT)



HUỲNH TRÚC PHƯƠNG
Email: htphuong.oarai@gmail.com

CHƯƠNG 3

CÁC ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN TRONG CƠ HỌC

3.1. Động lượng của chất điểm

3.2. Định luật bảo toàn động lượng

3.3. Định luật bảo toàn mômen động lượng

3.4. Định luật bảo toàn cơ năng

3.5. Bài toán va chạm



3.1. Động lượng của chất điểm

Khái niệm: động lượng của một vật có khối lượng m chuyển động với vận tốc \vec{v} là tích số giữa khối lượng m và vận tốc \vec{v} .

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

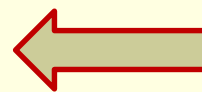
Trong hệ SI: Đơn vị của động lượng p : kg.m/s

Trong không gian: $p_x = mv_x$; $p_y = mv_y$; $p_z = mv_z$

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$$

hay

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$$



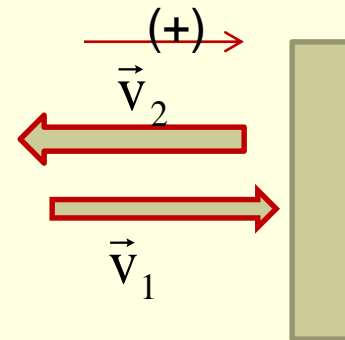
Phương trình cơ bản của động học chất điểm

“Độ biến thiên động lượng trong khoảng thời gian dt của chất điểm bằng tổng hợp lực tác dụng lên chất điểm trong khoảng thời gian đó”.

3.1. Động lượng của chất điểm

Ví dụ 3.1: Một quả bóng khối lượng 0,7kg chuyển động theo phương ngang với tốc độ 5m/s tới va chạm với bức tường thẳng đứng. Bóng bật trở lại với tốc độ 2m/s. Tính độ lớn độ biến thiên động lượng của quả bóng.

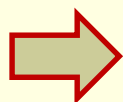
Bài giải:



3.1. Động lượng của chất điểm

Xung lượng

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$$



$$d\vec{p} = \vec{F}dt$$

Độ biến thiên động lượng trong khoảng thời gian dt

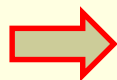
Xung lượng của lực F trong khoảng thời gian dt

$$\vec{J} = \Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}dt$$

(kg.m/s)

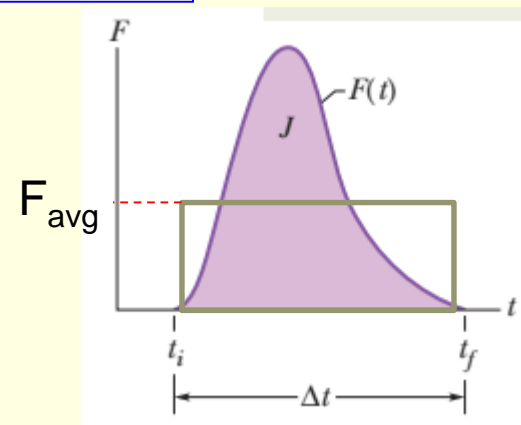
Nếu F không đổi trong Δt

$$\vec{J} = \vec{F} \cdot \Delta t$$



Lực trung bình

$$J = F_{\text{avg}} \cdot \Delta t$$



3.1. Động lượng của chất điểm

Ví dụ 3.2: Một vật có khối lượng $1,5\text{kg}$ bay với vận tốc 20m/s đi thẳng vào 1 bức tường rồi dừng lại sau khoảng thời gian 1s . Tính lực trung bình do vật tác dụng lên bức tường

Bài giải:

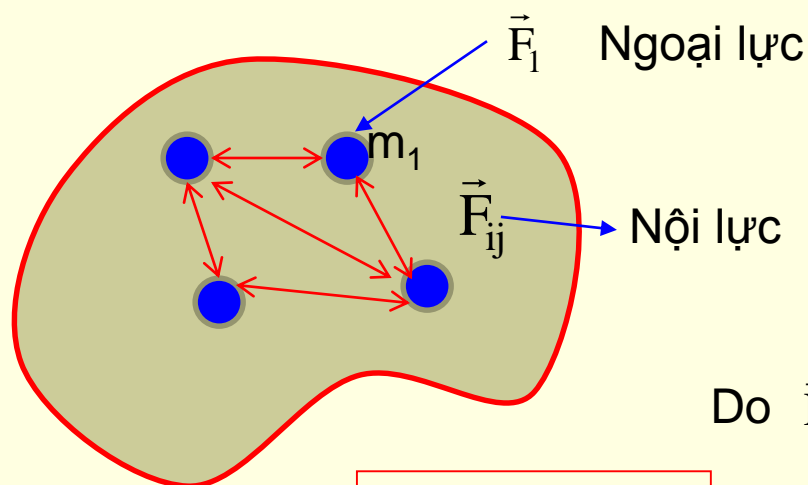
3.1. Động lượng của chất điểm

Ví dụ 3.3: Một cầu thủ ném quả tennis lên vị trí cao nhất rồi dùng vợt đánh quả bóng bay với tốc độ 55m/s theo phương ngang. Biết quả tennis có khối lượng 60g và nó tiếp xúc với vợt trong thời gian $4 \cdot 10^{-3}\text{ s}$. Tính lực tác dụng lên quả tennis.

Bài giải

3.2. Định luật bảo toàn động lượng

Xét một hệ N chất điểm:



$$m_1 \vec{a}_1 = \sum_{k \neq 1}^N \vec{F}_{1k} + \vec{F}_1$$

$$m_N \vec{a}_N = \underbrace{\sum_{k \neq N}^N \vec{F}_{Nk}}_{\text{Nội lực}} + \underbrace{\vec{F}_N}_{\text{Ngoại lực}}$$

Do $\vec{F}_{ik} = -\vec{F}_{ki}$ nên

$$\sum_{i=1}^N m_i \vec{a}_i = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i$$



$$\sum_{i=1}^N m_i \vec{a}_i = \sum_{i=1}^N m_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = \sum_{i=1}^N \frac{d\vec{p}_i}{dt} = \frac{d}{dt} \sum_{i=1}^N \vec{p}_i$$

3.2. Định luật bảo toàn động lượng

Đặt $\vec{P} = \sum_{i=1}^N \vec{p}_i \quad \Rightarrow \quad \frac{d\vec{P}}{dt} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i \quad \Rightarrow \quad \text{Nếu không có ngoại lực } \sum_{i=1}^N \vec{F}_i = 0$

$\Rightarrow \quad \frac{d\vec{P}}{dt} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{P} = \sum_{i=1}^N \vec{p}_i = \text{const.} \quad \Rightarrow \quad \text{Trong một hệ cô lập, vector động lượng của hệ không biến đổi theo thời gian}$

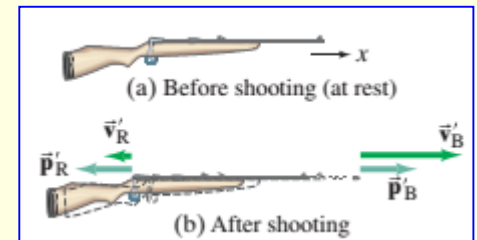
Ví dụ 3.4: Một cung thủ nặng 60kg đứng yên trên mặt băng không ma sát bắn một mũi tên nặng 0,03kg theo phương nằm ngang với tốc độ 85m/s. Tính vận tốc của cung thủ sau khi bắn mũi tên.

Bài giải:

3.2. Định luật bảo toàn động lượng

Ví dụ 3.5: Tính vận tốc giật lùi của súng trường nặng 5kg sau khi bắn ra một viên đạn nặng 0,02kg bay với vận tốc 620m/s theo phương x.

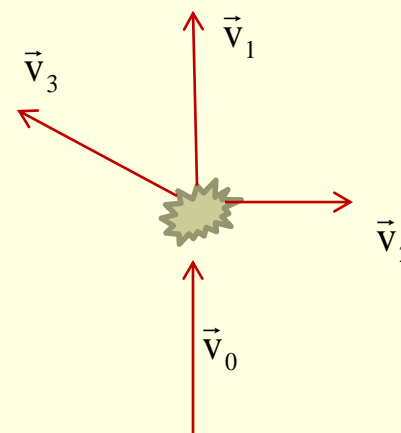
Bài giải:



3.2. Định luật bảo toàn động lượng

Ví dụ 3.6: Một quả tên lửa được bắn lên theo phương thẳng đứng. Khi đạt độ cao 1000m, nó có tốc độ $v_0 = 300\text{m/s}$ thì tên lửa bị nổ và vỡ ra thành 3 mảnh có khối lượng bằng nhau. Một mảnh bay theo hướng lên thẳng đứng với tốc độ $v_1 = 450\text{m/s}$ ngay khi vụ nổ xảy ra. Mảnh thứ hai bay theo hướng đông về bên phải với tốc độ $v_2 = 240\text{m/s}$. Tính vận tốc của mảnh thứ 3 ngay sau vụ nổ.

Bài giải



3.2. Định luật bảo toàn động lượng

TÊN LỬA PHẢN LỰC

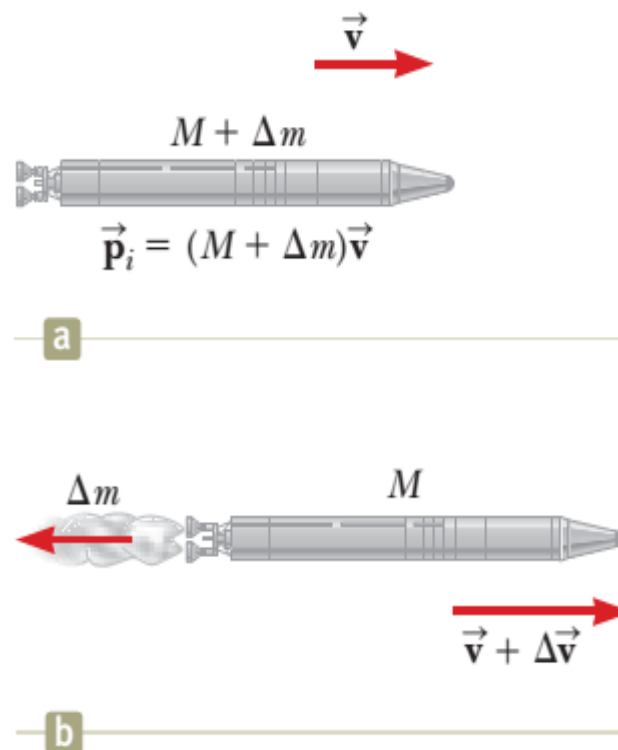
Tại thời điểm t , động lượng của tên lửa + nhiên liệu

$$p_0 = (M + \Delta m)v$$

v là tốc độ của tên lửa so với TĐ

Sau khoảng thời gian Δt , tên lửa phóng ra một lượng nhiên liệu Δm

➡ Khối lượng tên lửa là M và tốc độ $v + \Delta v$



3.2. Định luật bảo toàn động lượng

TÊN LỬA PHẢN LỰC

Nếu nhiên liệu phóng ra với tốc độ $\mathbf{v_e}$ so với tên lửa (tốc độ hơi, khí,..) thì tốc độ của nhiên liệu so với TĐ là $\mathbf{v - v_e}$

Áp dụng định luật bảo toàn động lượng:

$$p_0 = p \Leftrightarrow (M + \Delta m)v = M(v + \Delta v) + \Delta m(v - v_e)$$



$$M\Delta v = v_e \Delta m$$

hay

$$Mdv = v_e dm$$

Do $dm = -dM$ nên

$$Mdv = -v_e dM$$



$$\int_{v_0}^v dv = -v_e \int_{M_0}^M \frac{dM}{M}$$

hay

$$v - v_0 = v_e \ln\left(\frac{M_0}{M}\right)$$

Để tên lửa chuyển động càng nhanh thì $\mathbf{v_e}$ càng lớn càng tốt, khối lượng tên lửa chưa có nhiên liệu càng nhỏ càng tốt hay tên lửa mang càng nhiều nhiên liệu càng tốt.

3.2. Định luật bảo toàn động lượng

TÊN LỬA PHẢN LỰC

Tên lửa bị đẩy về phía trước là do lực tác động từ khối khí phóng ra, theo định luật 2 Newton ta có:

$$F_d = M \frac{dv}{dt} = \left| v_e \frac{dM}{dt} \right|$$



Lực đẩy càng lớn khi tốc độ phóng khối khí càng lớn và tốc độ thay đổi khối lượng (tốc độ cháy nhiên liệu) càng tăng

Ví dụ 3.7: Hai lính cứu hỏa phải dùng lực tổng cộng 600N để giữ yên một vòi nước đang phun với tốc độ 3600 lít/phút. Tính tốc độ của nước khi nó thoát ra khỏi vòi. Biết rằng 1L nước = 1 kg.

Bài giải:

3.2. Định luật bảo toàn động lượng

TÊN LỬA PHẢN LỰC

Ví dụ 3.8: Một tên lửa đang chuyển động trong không gian với tốc độ $3 \cdot 10^3$ m/s so với TĐ. Các động cơ được kích hoạt và nhiên liệu phóng ra theo hướng ngược với hướng chuyển động của tên lửa với tốc độ $5 \cdot 10^3$ m/s so với tên lửa.

- a) Tính tốc độ của tên lửa so với TĐ khi khối lượng của nó giảm $\frac{1}{2}$ so với trước khi kích hoạt.
- b) Tính lực đẩy lên tên lửa khi nhiên liệu cháy ở tốc độ 50kg/s.

Bài giải:

3.3. Định luật bảo toàn mômen động lượng

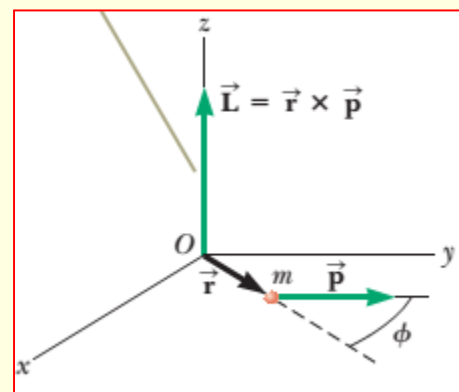
1) Mômen động lượng của một chất điểm

Mômen động lượng \vec{L} của một chất điểm so với một trục có gốc O bằng tích hữu hướng giữa vector vị trí và vector động lượng của chất điểm

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

- Gốc tại O
- Phương: vuông góc với mặt phẳng chứa \vec{r} và \vec{p}
- Chiều: bàn tay phải

Độ lớn: $L = r.p.\sin \phi$ $\phi = \widehat{(\vec{r}, \vec{p})}$



❑ Khi \vec{p} song song với \vec{r} thì $L = 0$

❑ Khi \vec{p} vuông góc với \vec{r} thì $L = mvr$

3.3. Định luật bảo toàn mômen động lượng

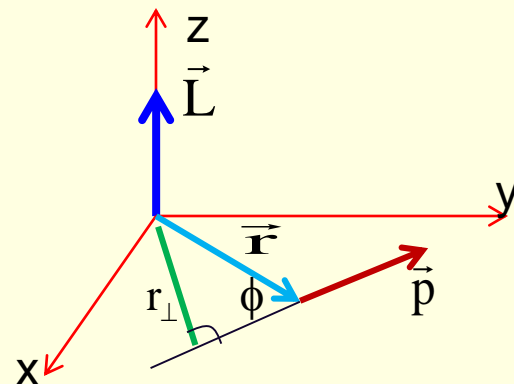
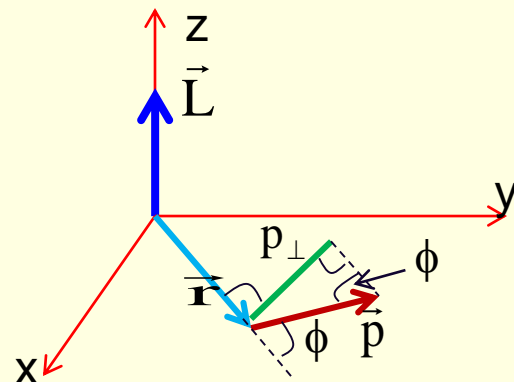
1) Mômen động lượng của một chất điểm

Mặt khác mômen động lượng còn được biểu diễn dưới dạng hình chiếu của vector động lượng:

$$L = r.p_{\perp} = r.m.v_{\perp}$$

Hoặc, mômen động lượng còn được biểu diễn dưới dạng khoảng cách từ \mathbf{r} đến phương của \mathbf{p}

$$L = r_{\perp}.p = r_{\perp}.m.v$$

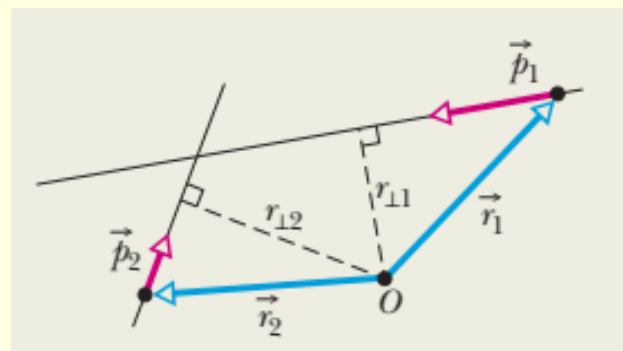


3.3. Định luật bảo toàn mômen động lượng

1) Mômen động lượng của một chất điểm

Ví dụ 3.9: Hình vẽ cho thấy 2 chất điểm đang chuyển động với động lượng không đổi trên mặt phẳng nằm ngang. Chất điểm thứ nhất có độ lớn động lượng $p_1 = 5 \text{ kg.m/s}$ và có vector vị trí \vec{r}_1 , nó sẽ đi qua vị trí cách O một khoảng 2 m. Chất điểm thứ hai có độ lớn động lượng $p_2 = 2 \text{ kg.m/s}$ và có vector vị trí \vec{r}_2 , nó sẽ đi qua vị trí cách O một khoảng 4 m. Xác định độ lớn và chiều của vector mômen động lượng của hệ 2 chất điểm.

Bài giải:



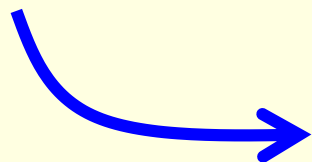
3.3. Định luật bảo toàn mômen động lượng

2) Định luật bảo toàn mômen động lượng

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} \Rightarrow \frac{d\vec{L}}{dt} = \left[\frac{d\vec{r}}{dt} \times \vec{p} \right] + \left[\vec{r} \times \frac{d\vec{p}}{dt} \right] = \vec{r} \times \vec{F}$$

Đại lượng $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$ \Rightarrow Mômen lực \vec{F} đối với điểm O

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M} \Rightarrow \text{Đối với hệ cô lập} \quad \frac{d\vec{L}}{dt} = 0 \Leftrightarrow \vec{L} = \text{const} \Rightarrow \text{Bảo toàn mômen động lượng}$$



$$d\vec{L} = \vec{M} dt \Rightarrow \Delta\vec{L} = \vec{L}_2 - \vec{L}_1 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{M} dt$$

Nếu mômen lực không phụ thuộc thời gian thì

$$\Delta\vec{L} = \vec{M} \Delta t$$

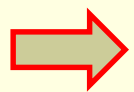
Độ biến thiên mômen động lượng

Xung lượng của mômen lực

3.3. Định luật bảo toàn mômen động lượng

3) Mômen động lượng của một hệ chất điểm

Đối với 1 hệ chất điểm:



Mômen động lượng của một hệ:

$$\vec{L}_{\text{tot}} = \vec{L}_1 + \vec{L}_2 + \dots + \vec{L}_n = \sum_{i=1}^n \vec{L}_i$$

hay

$$\frac{d\vec{L}_{\text{tot}}}{dt} = \sum_{i=1}^n \frac{d\vec{L}_i}{dt} = \sum_{i=1}^n \vec{M}_i$$

$$\vec{M}_{\text{tot}} = \sum_{i=1}^n \vec{M}_i$$

Mômen lực toàn phần

Nếu

$$\vec{M}_{\text{tot}} = 0$$

thì

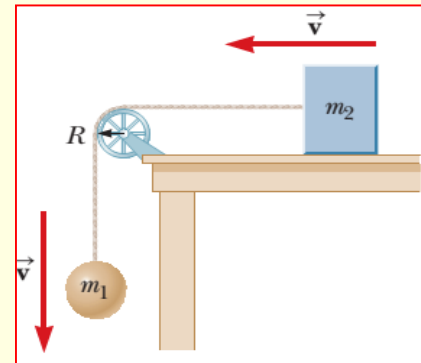
$$\frac{d\vec{L}_{\text{tot}}}{dt} = 0 \Leftrightarrow \vec{L}_{\text{tot}} = \text{const}$$

3.3. Định luật bảo toàn mômen động lượng

2) Mômen động lượng của một hệ chất điểm

Ví dụ 3.10: Một quả cầu khối lượng m_1 và khối vuông khối lượng m_2 nối với nhau bằng dây nhẹ rồi mắc qua 1 ròng rọc cố định như hình vẽ. Ròng rọc có bán kính là R và khối lượng là m . Bỏ qua ma sát giữa m_2 và bàn. Bằng cách dùng các khái niệm về mômen động lượng và mômen lực, hãy tính gia tốc của 2 vật.

Bài giải:



3.4. Định luật bảo toàn cơ năng

Năng lượng là số đo của sự chuyển động và tương tác

↓
Động năng

↓
Thế năng

1) Động năng của chất điểm

Phương trình chuyển động của chất điểm:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}$$

$$\Rightarrow m \frac{d\vec{v}}{dt} d\vec{s} = \vec{F} d\vec{s}$$

\Rightarrow Công thức hiện trên $d\vec{s}$

$$\delta A = \vec{F} d\vec{s}$$

$$\Rightarrow \delta A = d\left(\frac{m\vec{v}^2}{2}\right) = dK$$

$$\Rightarrow K = \frac{m\vec{v}^2}{2}$$

Động năng của chất điểm

\Rightarrow Công mà chất điểm thực hiện từ (1) đến (2)

$$A_{12} = \int_1^2 \vec{F} d\vec{s} = \frac{m\vec{v}_2^2}{2} - \frac{m\vec{v}_1^2}{2}$$

HAY

$$A_{12} = K_2 - K_1$$

\Rightarrow **ĐỊNH LÝ ĐỘNG NĂNG**

3.4. Định luật bảo toàn cơ năng

Ví dụ 3.11: Một người đang lau sàn nhà đẩy máy hút bụi bằng một lực 50N tại góc 30° so với mặt sàn. Tính công thực hiện do lực tác động lên máy hút bụi khi máy hút bụi đi một quãng đường 3m.

Bài giải:

Ví dụ 3.12: Một chất điểm chuyển động trên mặt phẳng Oxy chịu một độ dời vị trí $\Delta \vec{r} = (2\vec{i} + 3\vec{j})$ khi có một lực $\vec{F} = (5\vec{i} + 2\vec{j})$ tác động lên chất điểm. Tính công thực hiện của chất điểm.

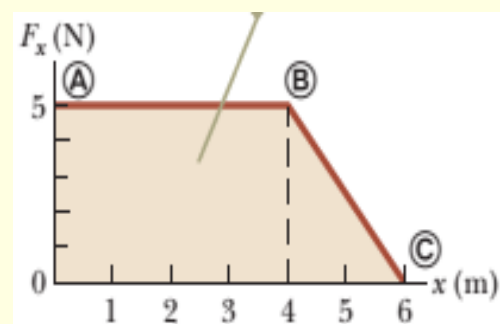
$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = a \cdot b \cdot \cos(\mathbf{a}, \mathbf{b})$$

Bài giải:

3.4. Định luật bảo toàn cơ năng

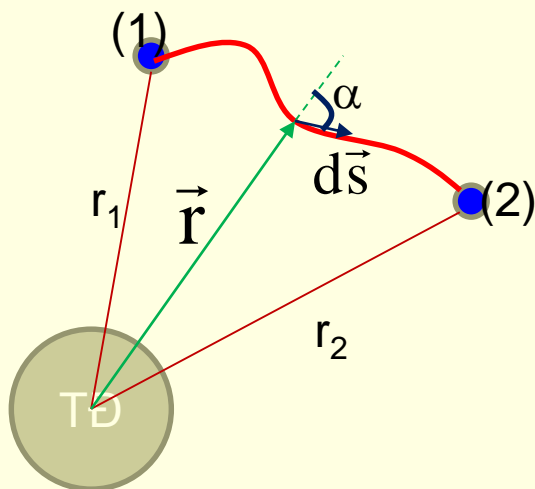
Ví dụ 3.13: Một lực tác động lên hạt biến thiên theo x như hình vẽ. Tính công thực hiện của hạt khi nó đi từ $x = 0$ đến $x = 6\text{m}$

Bài giải:



3.4. Định luật bảo toàn cơ năng

2) Thế năng của chất điểm



Lực hấp dẫn

$$\vec{F}_{hd} = -G \frac{mM}{r^3} \vec{r}$$

Công của trọng lực tác động lên chất điểm từ (1) đến (2)

$$A_{12} = \int_{r_1}^{r_2} \vec{F} d\vec{s} = -GmM \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

- Công không phụ thuộc vào hình dạng đường đi
- Công chỉ phụ thuộc điểm đầu và cuối
- Nếu $r_1 \equiv r_2$ thì $\oint \vec{F} d\vec{s} = 0$

Trường thế



Trường hấp dẫn là trường thế

3.4. Định luật bảo toàn cơ năng

2) Thế năng của chất điểm

$$A_{12} = \left(-G \frac{mM}{r_1} \right) - \left(-G \frac{mM}{r_2} \right)$$

Năng lượng



THẾ NĂNG $U(\vec{r})$

Nếu xét hệ vật và TĐ thì $U(r)$ gọi là thế năng tương tác (hấp dẫn) giữa chúng

Nếu chỉ xét riêng cho vật thì $U(r)$ gọi là thế năng của vật trong trọng trường

Vậy

$$A_{12} = U(\vec{r}_1) - U(\vec{r}_2)$$



Định lý về thế năng

TÓM LẠI: Thế năng của một chất điểm là:

$$U(r) = -G \frac{mM}{r} + C$$

Nếu chọn gốc thế năng ở vô cùng thì $U(r) = 0$ và $C = 0$

Hằng số

3.4. Định luật bảo toàn cơ năng

2) Thế năng của chất điểm

Không có lực hấp dẫn giữa TĐ và vật thì không có thế năng của vật

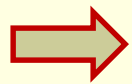


Lực và thế năng phải có mối liên hệ nhau

$$\vec{F}d\vec{s} = -dU$$

hay $F_s ds = -dU$

với F_s là hình chiếu của \vec{F} lên \vec{ds}



$$F_s = -\frac{dU}{ds}$$



$$F_x = -\frac{dU}{dx}; F_y = -\frac{dU}{dy}; F_z = -\frac{dU}{dz}$$

Gọi h là độ cao của chất điểm so với mặt đất: $r = R + h$

$$U(R) = -G \frac{mM}{R} + C = 0 \Rightarrow C = G \frac{mM}{R}$$



$$U(r) = -G \frac{mM}{r} + C = G \frac{mM}{Rr} h$$

Nếu $h \ll R$ thì

$$U(h) = mgh$$

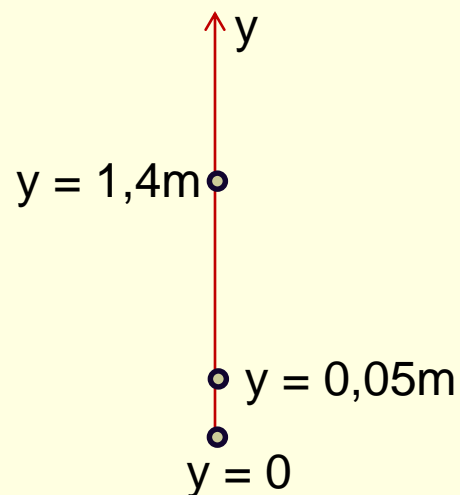
3.4. Định luật bảo toàn cơ năng

2) Thế năng của chất điểm

Ví dụ 3.14: Do bất cẩn, một vận động viên để rơi chiếc cúp nặng 2kg xuống bàn chân. Biết chiều cao điểm rơi là 1,4m và khoảng cách từ bàn chân đến mặt đất là 0,05m.

- a) Chọn gốc thế năng ở mặt đất. Tính độ biến thiên thế năng của chiếc cúp
- b) Chọn gốc thế năng ở đỉnh đầu của VĐV (cách mặt đất 2m). Tính độ biến thiên thế năng của chiếc cúp

Bài giải:



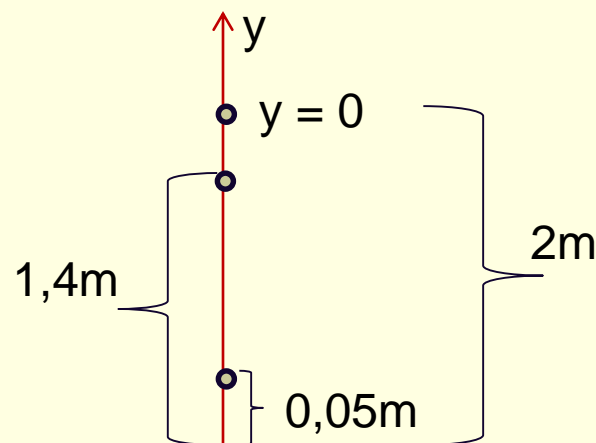
3.4. Định luật bảo toàn cơ năng

2) Thế năng của chất điểm

Ví dụ 3.14: Do bất cẩn, một vận động viên để rơi chiếc cúp nặng 2kg xuống bàn chân. Biết chiều cao điểm rơi là $1,4\text{m}$ và khoảng cách từ bàn chân đến mặt đất là $0,05\text{m}$.

- Chọn gốc thế năng ở mặt đất. Tính độ biến thiên thế năng của chiếc cúp
- Chọn gốc thế năng ở đỉnh đầu của VĐV (cách mặt đất 2m). Tính độ biến thiên thế năng của chiếc cúp

Bài giải:

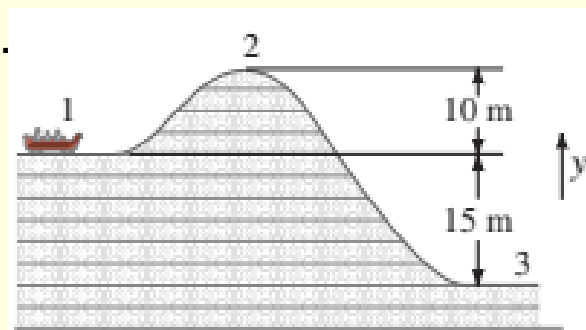


3.4. Định luật bảo toàn cơ năng

2) Thế năng của chất điểm

Ví dụ 3.15: Một xe nặng 1000 kg di chuyển từ điểm 1, đến điểm 2, rồi sau đó đến điểm 3 (hình vẽ).

- a) Tính thế năng của xe tại điểm 2, 3 so với điểm 1.
(Nghĩa là gốc thế năng, $y = 0$, tại điểm 1)
- b) Tính độ biến thiên thế năng khi xe đi từ 2 \rightarrow 3
- c) Lập lại câu a) và b) cho trường hợp gốc thế năng tại điểm 3



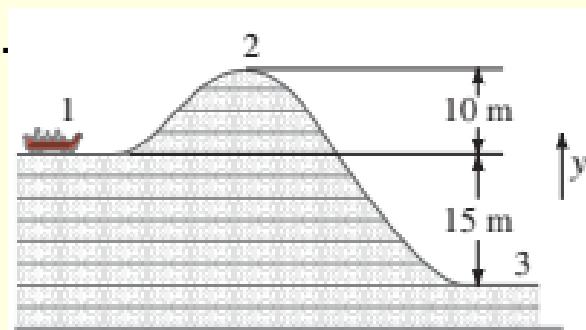
Bài giải:

3.4. Định luật bảo toàn cơ năng

2) Thế năng của chất điểm

Ví dụ 3.15: Một xe nặng 1000 kg di chuyển từ điểm 1, đến điểm 2, rồi sau đó đến điểm 3 (hình vẽ).

- a) Tính thế năng của xe tại điểm 2, 3 so với điểm 1.
(Nghĩa là gốc thế năng, $y = 0$, tại điểm 1)
- b) Tính độ biến thiên thế năng khi xe đi từ 2 \rightarrow 3
- c) Lập lại câu a) và b) cho trường hợp gốc thế năng tại điểm 3



Bài giải:

3.4. Định luật bảo toàn cơ năng

3) Định luật bảo toàn cơ năng

Ta biết công của một chất điểm chuyển động trong trọng trường từ VT1 đến VT2

$$A_{12} = K_2 - K_1 = U(r_1) - U(r_2)$$



$$K_1 + U(r_1) = K_2 + U(r_2)$$

$$E = K + U \quad \text{CƠ NĂNG}$$

$$E_1 = E_2$$

hay

$$E = K + U = \text{const}$$

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

← **Định luật bảo toàn cơ năng**

Cơ năng của chất điểm trong trọng trường cũng chính là năng lượng của hệ cô lập gồm TĐ và chất điểm

Định luật bảo toàn cơ năng



Định luật bảo toàn năng lượng

$$\Delta E = \Delta K + \Delta U = 0$$

3.4. Định luật bảo toàn cơ năng

3) Định luật bảo toàn cơ năng

Ví dụ 3.16: Một hòn đá đang ở độ cao $y_1 = h = 3$ m rơi không vận tốc đầu được một đoạn 1 m so với mặt đất. Tính vận tốc của hòn đá ở độ cao này. Chọn gốc thế năng ở mặt đất.

Bài giải:

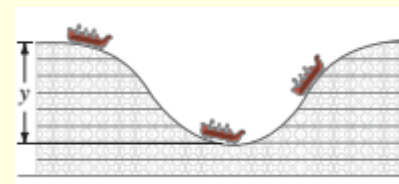
3.4. Định luật bảo toàn cơ năng

3) Định luật bảo toàn cơ năng

Ví dụ 3.17: giả sử chiều cao của một quả đồi là 40 m, và xe đang đứng yên tại đỉnh đồi. (a) Tính tốc độ của xe ở đáy của đồi. (b) Xe ở độ cao bao nhiêu mà tốc độ của nó bằng 1/2 tốc độ ở đáy? Chọn gốc thế năng ở đáy đồi.

Đáp số: a) $v_2 = 28 \text{ m/s}$; b) $y_2 = 30 \text{ m}$

Bài giải:

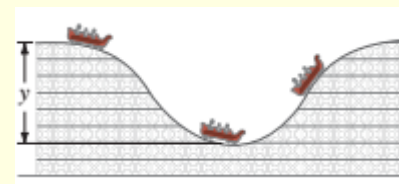


3.4. Định luật bảo toàn cơ năng

3) Định luật bảo toàn cơ năng

Ví dụ 3.17: giả sử chiều cao của một quả đồi là 40 m, và xe đang đứng yên tại đỉnh đồi. (a) Tính tốc độ của xe ở đáy của đồi. (b) Xe ở độ cao bao nhiêu mà tốc độ của nó bằng $1/2$ tốc độ ở đáy? Chọn gốc thế năng ở đáy đồi.

Bài giải:



3.4. Định luật bảo toàn cơ năng

3) Định luật bảo toàn cơ năng

CÔNG THỰC HIỆN TRÊN MỘT HỆ DO TÁC ĐỘNG CỦA NGOẠI LỰC

Công thực hiện là lượng năng lượng truyền cho hệ bởi các ngoại lực tác động lên hệ đó.

a) Không có ma sát

$$A = \Delta E = \Delta K + \Delta U$$



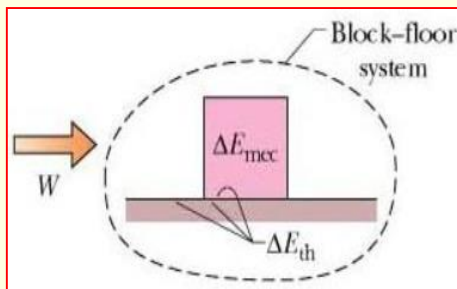
Công thực hiện do ngoại lực bằng độ thay đổi cơ năng của hệ

b) Có ma sát

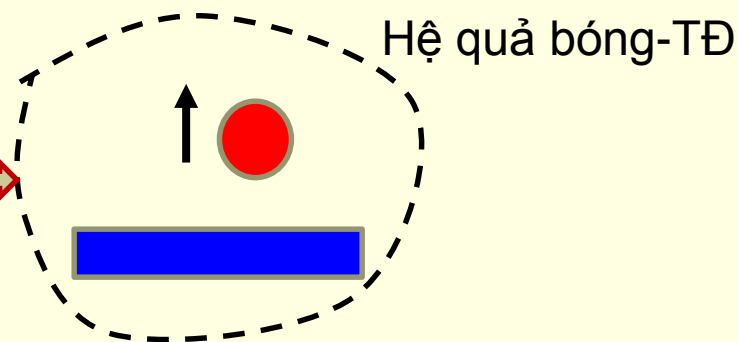
$$A = \Delta E + \Delta E_{\text{nhiet}} = \Delta K + \Delta U + \Delta E_{\text{nhiet}}$$

$$\Delta E_{\text{nhiet}} = F_{\text{ms}} d$$

Lực ma sát



A

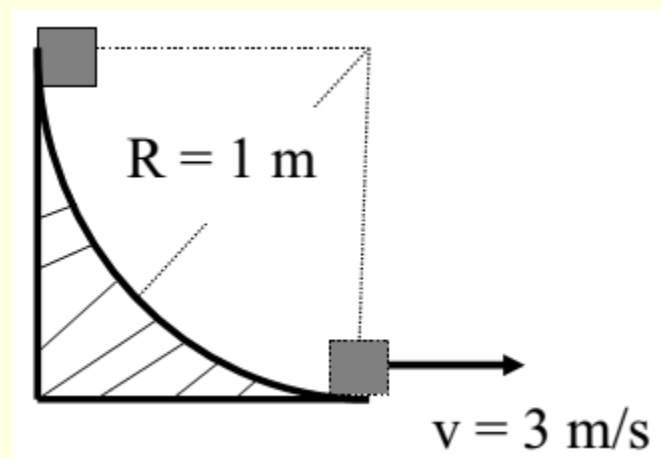


3.4. Định luật bảo toàn cơ năng

3) Định luật bảo toàn cơ năng

Ví dụ 3.18: Một vật có khối lượng 1kg được thả không vận tốc đầu tại đỉnh của một máng trượt cong có bán kính $R = 1\text{m}$. Vật đạt vận tốc tại đáy máng trượt là 3m/s . Tính công thực hiện do lực ma sát tác động lên vật.

Bài giải:

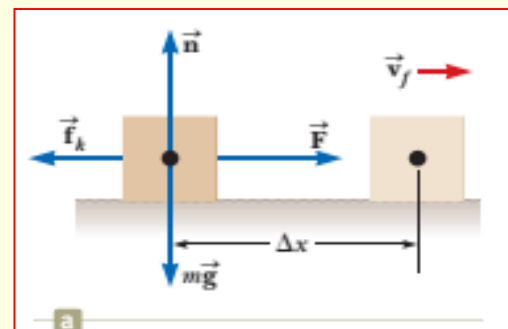


3.4. Định luật bảo toàn cơ năng

3) Định luật bảo toàn cơ năng

Ví dụ 3.19: Một vật có khối lượng 6kg ban đầu đứng yên được đẩy về bên phải dọc theo mặt phẳng nằm ngang bởi một lực không đổi 12N. Tính tốc độ của vật sau khi nó đi được quãng đường 3m. Biết hệ số ma sát là 0,15

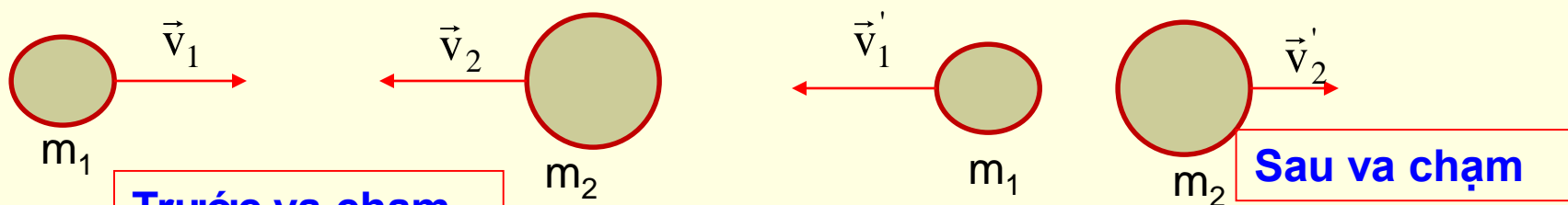
Bài giải:



3.5. Bài toán va chạm

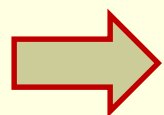
1) Va chạm đàn hồi

là va chạm trong đó có sự bảo toàn cơ năng và bảo toàn động lượng



- Bảo toàn động lượng: $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'$

- Bảo toàn động năng $\frac{1}{2} m_1 \vec{v}_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \vec{v}_2^2 = \frac{1}{2} m_1 \vec{v}_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 \vec{v}_2'^2$



Sau va chạm:

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

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

3.5. Bài toán va chạm

1) Va chạm đàn hồi

a) Trước va chạm, vật m_2 đứng yên:

$$\vec{v}_2 = 0; \quad \vec{v}'_1 = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right) \vec{v}_1$$

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

b) Trước va chạm, vật m_2 đứng yên và $m_2 \gg m_1$

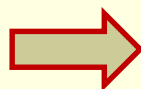
$$\vec{v}_2 = 0; \quad \vec{v}'_1 = -\vec{v}_1; \quad \vec{v}'_2 \approx 0$$



Vật m_1 chuyển động ngược chiều với hướng tới và vật m_2 vẫn đứng yên

c) Trước va chạm, vật m_2 đứng yên và $m_2 = m_1$

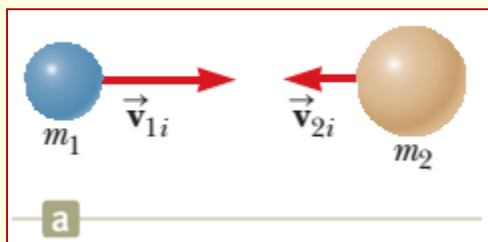
$$\vec{v}_2 = 0; \quad \vec{v}'_1 = 0; \quad \vec{v}'_2 = \vec{v}_1$$



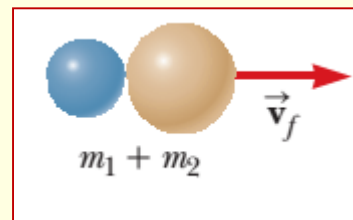
Hai vật trao đổi vận tốc cho nhau

3.5. Bài toán va chạm

2) Va chạm không đàn hồi (va chạm mềm)



Trước va chạm



Sau va chạm

Theo định luật bảo toàn động lượng: vận tốc 2 vật sau va chạm là

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

Động năng sau va chạm:

$$K' = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) \vec{v}^2 = \frac{1}{2} \frac{(m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2)^2}{m_1 + m_2}$$

Sau va chạm động năng giảm 1 lượng:

$$Q = K - K'$$

Biến thành năng lượng khác

Động năng trước va chạm:

$$K = \frac{1}{2} m_1 \vec{v}_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \vec{v}_2^2$$

3.5. Bài toán va chạm

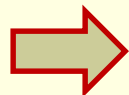
2) Va chạm không đàn hồi (va chạm mềm)

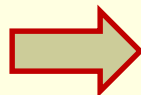
Nếu m_2 đứng yên trước khi va chạm:

$$K = \frac{1}{2} m_1 \vec{v}_1^2 = K_1$$

$$K' = \frac{1}{2} \frac{m_1^2}{m_1 + m_2} \vec{v}_1^2$$

$$Q = \frac{1}{2} \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \vec{v}_1^2$$


$$\frac{Q}{K_1} = \frac{m_2}{m_1 + m_2}$$



Nếu $m_2 \gg m_1$ thì $Q = K_1$



Động năng của vật chuyển hoàn toàn thành dạng năng lượng khác

Nếu $m_2 \ll m_1$ thì $Q = 0$



Dạng năng lượng khác hầu như không sinh ra

3.5. Bài toán va chạm

2) Va chạm không đàn hồi (va chạm mềm)

Ví dụ 3.20: Một ô tô A nặng 1800kg đang dừng chờ đèn giao thông tại một ngã tư thì bị đụng bởi một ô tô B nặng 900kg. Sau va chạm 2 ô tô dính vào nhau và di chuyển dọc theo cùng hướng với hướng di chuyển trước va chạm. Giả sử ô tô B chạy với tốc độ 20m/s trước khi va chạm. Tính vận tốc các ô tô sau khi va chạm.

Bài giải:

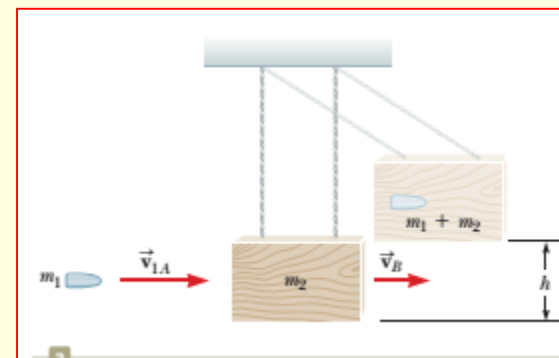


3.5. Bài toán va chạm

2) Va chạm không đàn hồi (va chạm mềm)

Ví dụ 3.21: Một con lắc đơn (hình vẽ) thường được dùng để đo tốc độ của một vật chuyển động rất nhanh như viên đạn. Một vật có khối lượng m_1 bắn thẳng vào khối gỗ lớn có khối lượng m_2 treo bằng 2 sợi dây mảnh. Vật m_1 dính chặt vào khối gỗ và hệ bay lên ở độ cao h . Tính tốc độ của m_1 khi ta đo được độ cao h .

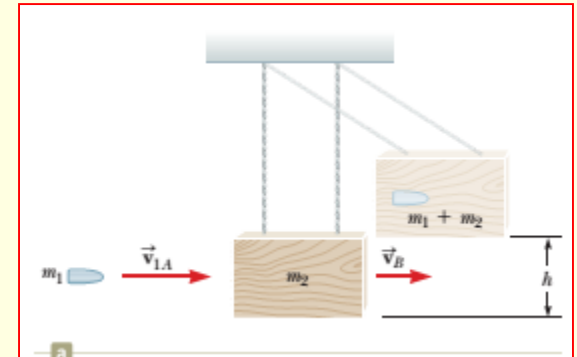
Bài giải:



3.5. Bài toán va chạm

2) Va chạm không đàn hồi (va chạm mềm)

Bài giải:



Vài câu hỏi trắc nghiệm

Câu 1: Một vật A nặng 2kg chuyển động về bên phải với tốc độ 4m/s và chạm đàn hồi trực diện với vật B nặng 1kg đang đứng yên. Vận tốc của vật B sau va chạm là:

- ☒ A. Lớn hơn 4m/s
- ☐ B. Nhỏ hơn 4m/s
- ☐ C. Bằng 4m/s
- ☐ D. Bằng không
- ☐ E. Không thể biết vì các thông tin chưa đầy đủ

Bài giải:

Câu 2: Một vật A nặng 5kg chuyển động về bên phải với tốc độ 6m/s và chạm với bức tường bê tông và bị bật trở lại với tốc độ 2m/s. Độ biến thiên động lượng của vật là:

- A. 0
- ☒ B. 40kg.m/s
- C. -40kg.m/s
- D. -30kg.m/s
- E. -10kg.m/s

Bài giải:

Vài câu hỏi trắc nghiệm

Câu 3: Một quả bóng tennis nặng 57 g chuyển động thẳng về hướng cầu thủ với tốc độ 21m/s. Cầu thủ vô-lê quả bóng ngược lại với tốc độ 25m/s. Nếu bóng tiếp xúc với vợt trong 0,06s thì lực tác động lên bóng là:

- A. 22,6N B. 32,5N **C. 43,7N** D. 72,1N E. 102N

Bài giải

Câu 4: Nếu động lượng của vật tăng 4 lần thì động năng của nó thay đổi một hệ số là:

- A. 16** B. 8 C. 4 D. 2 E. 1

Bài giải

Câu 5: Nếu động năng của vật tăng 4 lần thì động lượng của nó thay đổi một hệ số là:

- A. 16 B. 8 C. 4 **D. 2** E. 1

Bài tập ôn chương 3

Câu 6: Hai vật có động lượng bằng nhau thì chúng có động năng bằng nhau không?

- A. Có, luôn luôn bằng nhau
- B. Không, không bao giờ bằng nhau
- ☒ C. Không, trừ khi chúng có cùng khối lượng
- D. Có, khi chúng di chuyển dọc theo các đường thẳng song song

Bài giải:

Câu 7: Hai vật có động năng bằng nhau thì chúng có động lượng bằng nhau không?

- A. Có, luôn luôn bằng nhau
- B. Không, không bao giờ bằng nhau
- C. Có, nếu như chúng có khối lượng bằng nhau
- ☒ D. Có, nếu như chúng có cả khối lượng và hướng chuyển động như nhau.
- E. Có, nếu như chúng chuyển động dọc theo đường thẳng song song

Bài giải

Bài tập ôn chương 3

Câu 8: Một viên đạn nặng 10g bắn vào khối gỗ nặng 200g đứng yên trên mặt sàn nằm ngang. Sau va chạm, đạn dính chặt vào gỗ, khối gỗ trượt đi 8m rồi dừng lại. Biết hệ số ma sát giữa sàn và khối gỗ là 0,4. Tốc độ của viên đạn trước va chạm là:

- A. 106m/s **B. 166m/s** C. 266m/s D. 286m/s E. 366m/s

Bài giải:

Bài tập ôn chương 3

Câu 9: Một vật khối lượng 3kg chuyển động về bên phải trên một mặt phẳng nằm ngang không ma sát với tốc độ 2m/s thì va chạm trực diện và dính chặt với một vật khối lượng 2kg đang chuyển động về bên trái với tốc độ 4m/s. Sau va chạm, phát biểu nào sau đây là đúng:

- A. Động năng của hệ là 20J
- B. Động lượng của hệ là 14kg.m/s
- C. Động năng của hệ lớn hơn 5J và nhỏ hơn 20J
- ☒ D. Động lượng của hệ là 2kg.m/s
- E. Động lượng của hệ nhỏ hơn động lượng của hệ trước va chạm

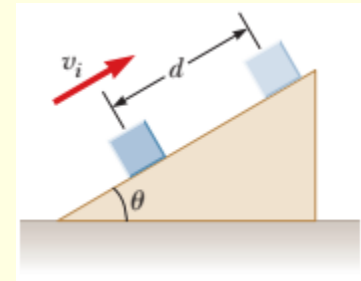
Bài giải:

Bài tập ôn chương 3

PHẦN II: TỰ LUẬN

Bài 1: Một khối gỗ có khối lượng $m = 5\text{kg}$ chuyển động lên một mặt phẳng nghiêng với vận tốc đầu là $v_0 = 8\text{m/s}$. Khối gỗ đứng yên sau khi nó đi được một đoạn $d = 3\text{m}$, góc nghiêng so với mặt phẳng ngang là $\theta = 30^\circ$.

- a) Tính độ biến thiên động năng của khối gỗ
- b) Tính độ biến thiên thế năng của khối gỗ.
- c) Tính lực ma sát tác động lên khối gỗ.
- d) Tính hệ số ma sát giữa khối gỗ và mặt nghiêng.



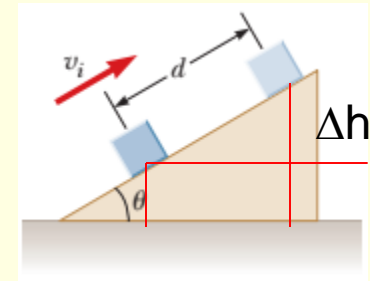
Bài giải:

Bài tập ôn chương 3

PHẦN II: TỰ LUẬN

Bài 1: Một khối gỗ có khối lượng $m = 5\text{kg}$ chuyển động lên một mặt phẳng nghiêng với vận tốc đầu là $v_0 = 8\text{m/s}$. Khối gỗ đứng yên sau khi nó đi được một đoạn $d = 3\text{m}$, góc nghiêng so với mặt phẳng ngang là $\theta = 30^\circ$.

- a) Tính độ biến thiên động năng của khối gỗ
- b) Tính độ biến thiên thế năng của khối gỗ.
- c) Tính lực ma sát tác động lên khối gỗ.
- d) Tính hệ số ma sát giữa khối gỗ và mặt nghiêng.



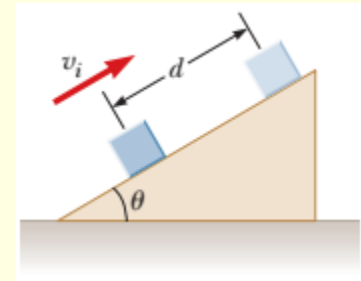
Bài giải:

Bài tập ôn chương 3

PHẦN II: TỰ LUẬN

Bài 1: Một khối gỗ có khối lượng $m = 5\text{kg}$ chuyển động lên một mặt phẳng nghiêng với vận tốc đầu là $v_0 = 8\text{m/s}$. Khối gỗ đứng yên sau khi nó đi được một đoạn $d = 3\text{m}$, góc nghiêng so với mặt phẳng ngang là $\theta = 30^\circ$.

- a) Tính độ biến thiên động năng của khối gỗ
- b) Tính độ biến thiên thế năng của khối gỗ.
- c) Tính lực ma sát tác động lên khối gỗ.
- d) Tính hệ số ma sát giữa khối gỗ và mặt nghiêng.



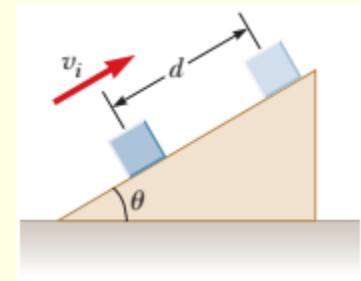
Bài giải:

Bài tập ôn chương 3

PHẦN II: TỰ LUẬN

Bài 1: Một khối gỗ có khối lượng $m = 5\text{kg}$ chuyển động lên một mặt phẳng nghiêng với vận tốc đầu là $v_0 = 8\text{m/s}$. Khối gỗ đứng yên sau khi nó đi được một đoạn $d = 3\text{m}$, góc nghiêng so với mặt phẳng ngang là $\theta = 30^\circ$.

- a) Tính độ biến thiên động năng của khối gỗ
- b) Tính độ biến thiên thế năng của khối gỗ.
- c) Tính lực ma sát tác động lên khối gỗ.
- d) Tính hệ số ma sát giữa khối gỗ và mặt nghiêng.



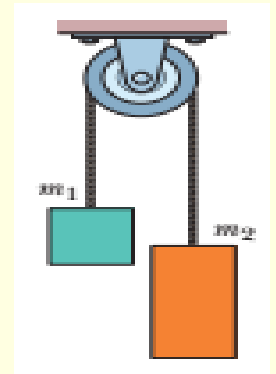
Bài giải:

Bài tập ôn chương 3

PHẦN II: TỰ LUẬN

Bài 2: Một hệ gồm 2 vật được mắc qua ròng rọc như hình vẽ. Biết, $m_1 = 1,3$ kg, $m_2 = 2,8$ kg, bỏ qua khối lượng ròng rọc và dây. Dùng định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng, tìm gia tốc của hai vật.

Bài giải:

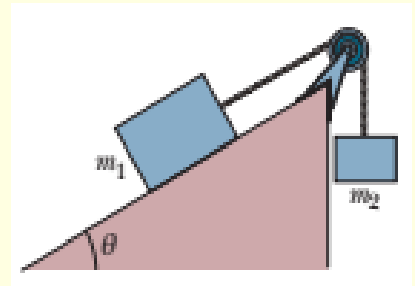


Bài tập ôn chương 3

PHẦN II: TỰ LUẬN

Bài 3: Một vật có khối lượng $m_1 = 3,7 \text{ kg}$ nằm trên mặt nghiêng góc $\theta = 30^\circ$ nối bằng sợi dây qua ròng rọc có khối lượng không đáng kể với vật $m_2 = 2,3 \text{ kg}$. Dùng định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng, tìm gia tốc của hai vật trong trường hợp: a) Bỏ qua ma sát giữa m_1 và mặt nghiêng; b) Hệ số ma sát giữa m_1 và mặt nghiêng là 0,4

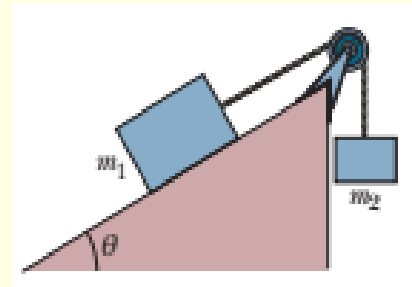
Bài giải:



Bài tập ôn chương 3

PHẦN II: TỰ LUẬN

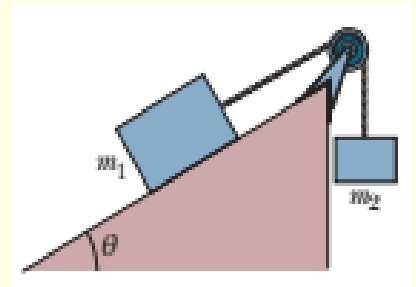
Bài giải:



Bài tập ôn chương 3

PHẦN II: TỰ LUẬN

Bài giải:



Bài tập ôn chương 3

PHẦN II: TỰ LUẬN

PHẦN 2: TỰ LUẬN (6 điểm)

Bài 1 (3 điểm): Một chất điểm chuyển động trên mặt phẳng Oxy có phương trình: $x = 5\cos(2t)$ và $y = 5\sin(2t)$, với t tính bằng giây (s); x, y tính bằng mét (m).

- Tìm phương trình quỹ đạo của chất điểm và cho biết dạng của quỹ đạo chuyển động của nó.
- Tìm vector vận tốc và độ lớn của vận tốc tại thời điểm $t = \pi/6s$.
- Tìm gia tốc tiếp tuyến, gia tốc pháp tuyến và gia tốc toàn phần tại thời điểm $t = \pi/6s$.

Bài 2 (3 điểm): Sáng Chủ nhật Linh đưa bé Na đi công viên chơi. Đến máng trượt bé Na xin trượt và chị Linh đồng ý cho bé trượt. Máng trượt hợp với mặt phẳng ngang một góc $\alpha = 30^\circ$, và có chiều dài $L = 2m$. Bé Na bắt đầu trượt không vận tốc đầu từ đỉnh máng xuống. Biết rằng, hệ số ma sát giữa bé Na và máng trượt là $k = 0,15$. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$.

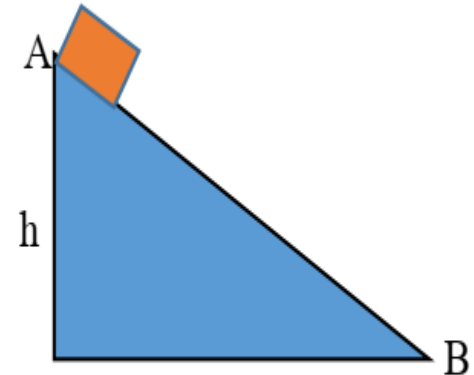
- Tính gia tốc của bé Na
- Tính vận tốc của bé Na ở cuối máng trượt.

Bài tập ôn chương 3

PHẦN II: TỰ LUẬN

PHẦN 2: TỰ LUẬN (5 điểm)

Một vật có khối lượng $m = 2 \text{ kg}$ đang đứng yên (tại A) trên một mặt phẳng nghiêng có chiều cao $h = 1 \text{ m}$, góc nghiêng 45° so với mặt nằm ngang và bắt đầu trượt xuống đáy của mặt phẳng nghiêng. Hệ số ma sát trượt giữa vật và mặt phẳng nghiêng $\mu = 0,2$. Chọn gốc thế năng ở đáy mặt phẳng nghiêng.



- Tính độ biến thiên thế năng của vật giữa đỉnh (tại A) và đáy (tại B) mặt phẳng nghiêng.
- Dùng định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng hãy tính vận tốc của vật tại đáy (B) của mặt phẳng nghiêng.