

BÀI GIẢNG
VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG 1
(Cơ và Nhiệt)



HUỲNH TRÚC PHƯƠNG
Email: htphuong@hcmus.edu.vn

THÔNG TIN GIẢNG VIÊN

Tên GV: PGS.TS. Huỳnh Trúc Phương

Khoa/Bộ môn: Khoa Vật lý-VLKT

Email: htphuong@hcmus.edu.vn

THÔNG TIN MÔN HỌC

Tên môn học tiếng Việt:	Vật lý đại cương 1 (Cơ và Nhiệt)
Tên môn học tiếng Anh:	Fundamental physics 1 (M&T)
Mã số môn học	: PHY00001
Thuộc khối kiến thức	: Đại cương
Số tín chỉ	: 4
Số tiết lý thuyết	: 45
Số tiết bài tập	: 30
Số tiết tự học	: 90
Môn học tiên quyết	: Không

MỤC TIÊU MÔN HỌC

- ❖ Giải thích được các khái niệm cơ bản về qui luật vận động của vật thể trong tự nhiên
- ❖ Vận dụng được các định luật, các nguyên lý để giải quyết các bài toán liên quan cơ và nhiệt
- ❖ Nắm được các nguyên tắc đạo đức, trách nhiệm trong học tập

NỘI DUNG MÔN HỌC

Chương 1: Động học chất điểm

Chương 2: Động lực học chất điểm

Chương 3: Các định luật bảo toàn trong cơ học

Chương 4: Cơ học vật rắn

Chương 5: Khí lý tưởng

Chương 6: Nguyên lý thứ nhất của NĐL học

Chương 7: Nguyên lý thứ hai của NĐL học

ĐÁNH GIÁ MÔN HỌC

Mã	Tên	Mô tả (gợi ý)		Tỉ lệ (%)
BTTL	Bài tập tại lớp			10%
BTTL#1	Giải bài tập cơ học	Thực hiện các câu hỏi, các bài tập do giáo viên đề ra		5%
BTTL#2	Giải bài tập nhiệt động lực học	Thực hiện các câu hỏi, các bài tập do giáo viên đề ra		5%
BTVN	Bài tập về nhà			10%
BTVN#1	Giải bài tập cơ học	Thực hiện các câu hỏi, các bài tập do giáo viên đề ra		5%
BTVN#2	Giải bài tập nhiệt động lực học	Thực hiện các câu hỏi, các bài tập do giáo viên đề ra		5%
LTGK	Thi lý thuyết giữa kỳ	Tự luận + Trắc nghiệm		30%
LTCK	Thi lý thuyết cuối kỳ	Tự luận + Trắc nghiệm		50%

TÀI LIỆU HỌC TẬP

Giáo trình

- **Vật lý đại cương 1 (Cơ và Nhiệt)**, Nguyễn Thành Ván, NXB ĐHQG-HCM, 2013.

Tài liệu tham khảo

- **Các bài giảng cơ và nhiệt**, Nguyễn Nhật Khanh, NXB ĐHQG-HCM, 2005.
- **Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics**, Raymond A. Serway, John W. Jewett, Sr, 2014.
- **Physics**, Alan Giambattista, Betty McCarthy Richardson, Robert C. Richardson, 2010.

CHƯƠNG 1

ĐỘNG HỌC CHẤT ĐIỂM

1.1. Một số khái niệm

1.2. Vector vị trí, vận tốc và gia tốc

1.3. Gia tốc tiếp tuyến và pháp tuyến

1.4. Chuyển động tròn

1.5. Rơi tự do

1.6. Chuyển động xiên



1.1. Một số khái niệm

1.1.1. Chuyển động cơ học

- ❖ Là sự thay đổi vị trí của vật này so với vật khác.
- ❖ Mọi sự chuyển động đều có tính tương đối, phụ thuộc vào vật mà ta qui ước đứng yên

1.1.2. Động học

- ❖ Là phần cơ học, nghiên cứu về trạng thái chuyển động của vật mà không quan tâm nguyên nhân làm thay đổi trạng thái chuyển động của vật.

1.1.3. Hệ qui chiếu

- ❖ Vật làm mốc và xem như đứng yên để xét sự chuyển động của các vật khác trong không gian.



Đối với chuyển
động trên mặt đất



Hệ qui chiếu gắn với
Trái đất

1.1. Một số khái niệm

1.1.4. Phương trình chuyển động

❖ Biểu diễn mối liên hệ giữa vị trí của vật trong không gian theo thời gian.

❖ Trong tọa độ Descartes:

$$x = x(t)$$

$$y = y(t)$$

$$z = z(t)$$

❖ Trong tọa độ cầu:

$$r = r(t)$$

$$\theta = \theta(t)$$

$$\varphi = \varphi(t)$$

- Chuyển động thẳng:

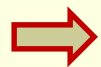
$$x(t) = v.t$$

- Chuyển động tròn:

$$\begin{cases} x = R \cos \omega t \\ y = R \sin \omega t \end{cases}$$

1.1.5. Phương trình quỹ đạo

❖ Mô tả dạng hình học quỹ đạo chuyển động không phụ thuộc thời gian.



Phương trình c.động

khử t/gian



Phương trình q.đạo

1.1. Một số khái niệm

1.1.4. Phương trình chuyển động

Ví dụ 1.1: Trong mặt phẳng Oxy, chất điểm chuyển động với phương trình

$$\begin{cases} x = 5 - 10\sin(2t)(\text{cm}) \\ y = 4 + 10\cos(2t)(\text{cm}) \end{cases} \quad \text{Tìm quỹ đạo của chất điểm}$$

Bài giải

Khử t từ hệ phương trình:

$$\begin{cases} 10\sin(2t) = 5 - x \\ 10\cos(2t) = y - 4 \end{cases} \Leftrightarrow 100 = (5 - x)^2 + (y - 4)^2$$

Vậy quỹ đạo là đường tròn tâm O(5, 4), bán kính R = 10 cm

1.1. Một số khái niệm

1.1.4. Phương trình chuyển động

Ví dụ 1.2: Một chất điểm chuyển động trong mặt phẳng Oxy với phương trình: $x = \cos t$; $y = \cos(2t)$. Tìm quỹ đạo của chất điểm

Bài giải

Khử t từ hệ phương trình:

$$\begin{cases} x = \cos t \\ y = \cos(2t) \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = \cos t \\ y = 2\cos^2 t - 1 \end{cases}$$



$$y = 2x^2 - 1$$



Vậy quỹ đạo là một parabol



$$\begin{cases} x = 2e^{-\omega t} \\ y = 2e^{+\omega t} \end{cases}$$

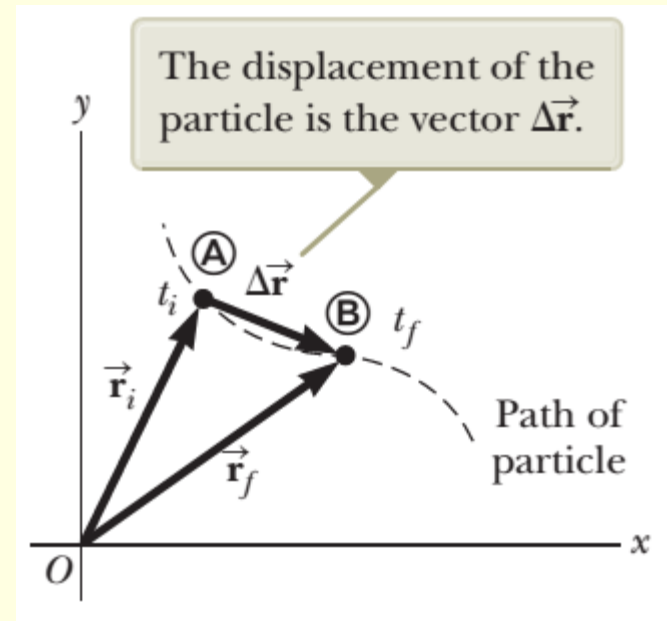
1.2. Vector vị trí, vận tốc và gia tốc

1.2.1. Vector vị trí

- Vector vị trí: $\vec{r} = x.\vec{i} + y.\vec{j} + z.\vec{k}$ (m)

- Độ thay đổi vector vị trí: $\Delta\vec{r} = \vec{r}_f - \vec{r}_i$ (m)

Độ lớn: $|\vec{r}| = r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$



Ví dụ 1.3: Một vật chuyển động trong hệ (Oxy) phụ thuộc thời gian như sau:

$$x = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$

$$y = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

(x, y tính bằng mét, t tính bằng giây)

Tại $t = 15s$, viết biểu thức vector vị trí \vec{r} . Tính độ lớn vector vị trí.

1.2. Vector vị trí, vận tốc và gia tốc

1.2.1. Vector vị trí

Bài giải

Tại thời điểm $t = 15\text{s}$, ta tìm được: $x = 66$, $y = -57$

⇒ Biểu thức vector vị trí \vec{r} :

$$\vec{r} = x.\vec{i} + y.\vec{j} = 66\vec{i} - 57\vec{j}$$

⇒ Độ lớn:

$$|\vec{r}| = r = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{66^2 + (-57)^2} = 87 \text{ (m)}$$

Vật đang ở hướng Đông - Nam

1.2. Vector vị trí, vận tốc và gia tốc


1.2.2. Vận tốc trung bình

Định nghĩa: vận tốc trung bình của một chất điểm trong khoảng thời gian Δt là độ thay đổi vị trí chia cho khoảng thời gian đó.

$$\vec{v}_{\text{avg}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

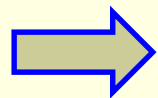
- Là một đại lượng vector cùng chiều với $\Delta \vec{r}$
- Không phụ thuộc vào hình dạng đường đi của chất điểm, mà chỉ phụ thuộc vào vị trí đầu và cuối của đường đi.

$$\vec{v}_{\text{avg}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \vec{i} + \frac{\Delta y}{\Delta t} \vec{j} + \frac{\Delta z}{\Delta t} \vec{k}$$

(m/s) 

$$|\vec{v}_{\text{avg}}| = v_{\text{avg}} = \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{\Delta t}\right)^2 + \left(\frac{\Delta z}{\Delta t}\right)^2}$$

Ví dụ 1.4: Vật có độ thay đổi vị trí $\Delta \vec{r} = (12\text{m})\vec{i} + (3\text{m})\vec{k}$ trong 2s



vận tốc trung bình

$$\vec{v}_{\text{avg}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{(12\text{m})\vec{i} + (3\text{m})\vec{k}}{2} = (6.0\text{m/s})\vec{i} + (1.5\text{m/s})\vec{k}$$



Độ lớn

$$|\vec{v}_{\text{avg}}| = v_{\text{avg}} = \sqrt{(6)^2 + (1.5)^2} = 6,2 (\text{m/s})$$

1.2. Vector vị trí, vận tốc và gia tốc

1.2.3. Vận tốc tức thời

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

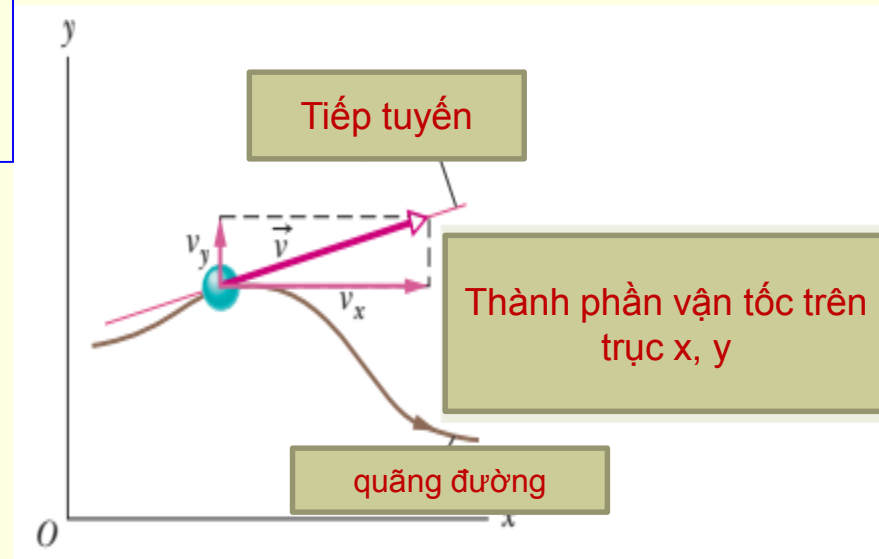
Vận tốc tức thời bằng đạo hàm vector vị trí theo thời gian

Phương của vector vận tốc tức thời luôn tiếp tuyến với đường đi của vật tại điểm đó.

$$\vec{v} = \frac{dx}{dt} \vec{i} + \frac{dy}{dt} \vec{j} + \frac{dz}{dt} \vec{k}$$

$$\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k}$$

$$\begin{cases} v_x = \frac{dx}{dt}; v_y = \frac{dy}{dt}; v_z = \frac{dz}{dt} \end{cases}$$



$$v = |\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

1.2. Vector vị trí, vận tốc và gia tốc

1.2.3. Vận tốc tức thời

Ví dụ 1.5: Một vật chuyển động trong hệ (Oxy) phụ thuộc thời gian như sau:

$$\begin{aligned}x &= -0,31t^2 + 7,2t + 28 \\y &= 0,22t^2 - 9,1t + 30\end{aligned}$$

(x, y tính bằng mét, t tính bằng giây)

Tại $t = 15\text{s}$, viết biểu thức vector vận tốc. Tính độ lớn vector vận tốc.

Giải

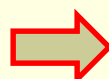
$$v_x = \frac{dx}{dt} = -0,62t + 7,2$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = 0,44t - 9,1$$

tại $t = 15\text{s}$

$$v_x = -2,1(\text{m/s})$$

$$v_y = -2,5(\text{m/s})$$


$$\vec{v} = (-2,1\text{ m/s})\vec{i} + (-2,5\text{ m/s})\vec{j}$$

$$\text{Độ lớn: } v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-2,1)^2 + (-2,5)^2} = 3,3(\text{m/s})$$

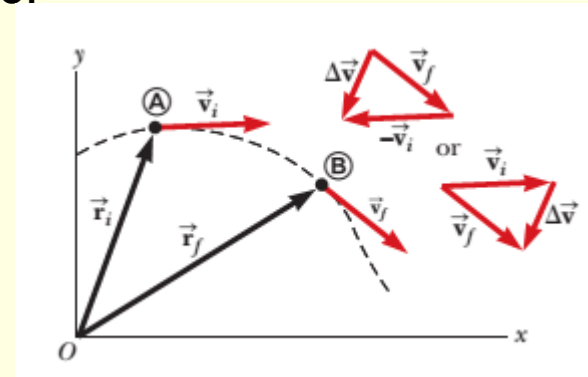
1.2. Vector vị trí, vận tốc và gia tốc

1.2.4. Gia tốc trung bình

Định nghĩa: gia tốc trung bình của một chất điểm trong khoảng thời gian Δt là độ thay đổi vận tốc chia cho khoảng thời gian đó.

$$\vec{a}_{\text{avg}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{\Delta t} \quad (\text{m/s}^2)$$

- Là một đại lượng vector cùng chiều với $\Delta \vec{v}$



1.2.5. Gia tốc tức thời

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}$$

$$(\text{m/s}^2)$$

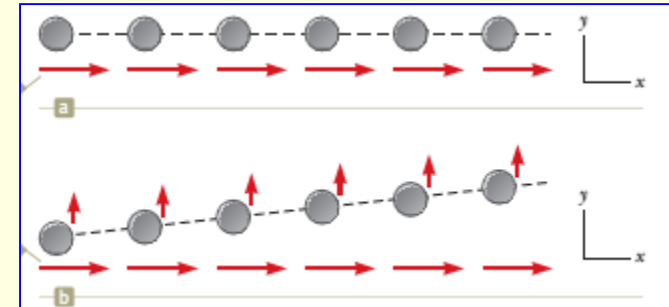
Gia tốc tức thời bằng đạo hàm vector vận tốc theo thời gian

1.2. Vector vị trí, vận tốc và gia tốc

1.2.5. Gia tốc tức thời

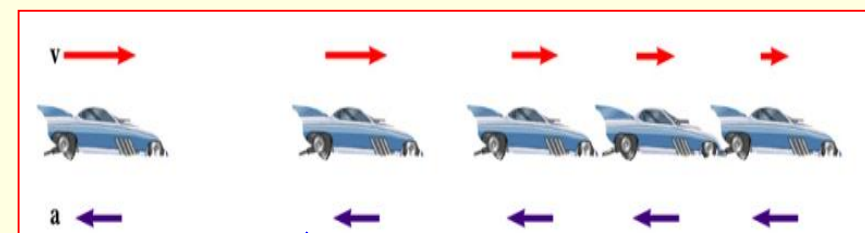
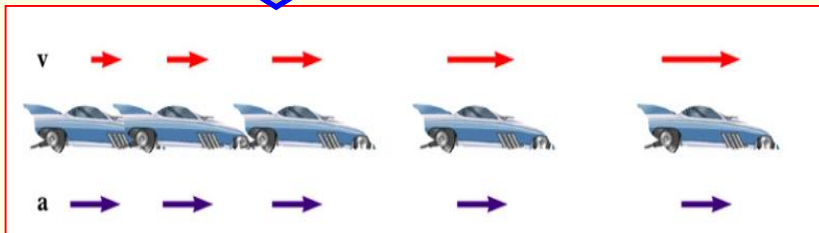
$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt} \cdot \vec{i} + \frac{dv_y}{dt} \cdot \vec{j} + \frac{dv_z}{dt} \cdot \vec{k} = a_x \cdot \vec{i} + a_y \cdot \vec{j} + a_z \cdot \vec{k}$$

$$a_x = \frac{dv_x}{dt}; a_y = \frac{dv_y}{dt}; a_z = \frac{dv_z}{dt} \Rightarrow a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$



- Chuyển động thẳng đều: $\mathbf{v} = \text{const}$ và $\mathbf{a} = 0$
- Chuyển động thẳng biến đổi đều: $\mathbf{a} = \text{const}$

Nhanh dần đều



1.2. Vector vị trí, vận tốc và gia tốc

1.2.5. Gia tốc tức thời

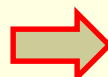
Ví dụ 1.6: Một vật chuyển động trong hệ (Oxy) phụ thuộc thời gian như sau:

$$\begin{cases} x = -0,31t^2 + 7,2t + 28 \\ y = 0,22t^2 - 9,1t + 30 \end{cases} \quad (x, y \text{ tính bằng mét, } t \text{ tính bằng giây})$$

Tại $t = 15\text{s}$, viết biểu thức vector gia tốc. Tính độ lớn vector gia tốc.

Giải

$$\begin{aligned} a_x &= \frac{dv_x}{dt} = -0,62 & \text{tại } t = 15\text{s} & a_x = -0,62 (\text{m/s}^2) \\ a_y &= \frac{dv_y}{dt} = 0,44 & & a_y = 0,44 (\text{m/s}^2) \end{aligned}$$

 $\vec{a} = (-0,62 \text{ m/s}^2)\vec{i} + (0,44 \text{ m/s}^2)\vec{j}$

Độ lớn: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62)^2 + (0,44)^2} = 0,76 (\text{m/s}^2)$

1.2. Vector vị trí, vận tốc và gia tốc

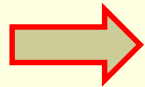
Trong chuyển động biến đổi đều ($a = \text{const}$)

- Vận tốc của chất điểm ở thời điểm t :

$$v_x = v_{x0} + a_x t$$

$$v_y = v_{y0} + a_y t$$

(chọn thời điểm $t = 0$ vật có vận tốc v_{x0} và v_{y0})

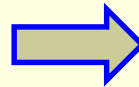


$$\vec{v} = v_x \cdot \vec{i} + v_y \cdot \vec{j} = (v_{x0} + a_x t) \vec{i} + (v_{y0} + a_y t) \vec{j}$$
$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

Tương tự, vị trí của chất điểm ở thời điểm t

$$x = x_0 + v_{x0}t + \frac{1}{2}a_x t^2$$

$$y = y_0 + v_{y0}t + \frac{1}{2}a_y t^2$$



$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{a} t^2$$

1.2. Vector vị trí, vận tốc và gia tốc

Ví dụ 1.7: Một vật chuyển động trên mặt phẳng Oxy, xuất phát từ gốc tọa độ tại $t = 0$ với vận tốc đầu trên trục x và y tương ứng là 20 m/s và -15 m/s . Vật được gia tốc về hướng x là $a_x = 4,0 \text{ m/s}^2$.

- Xác định vector vận tốc toàn phần của vật tại thời điểm bất kỳ.
- Tính vận tốc và tốc độ của vật tại $t = 5,0 \text{ s}$ và tính góc hợp bởi vector vận tốc với trục x .
- Xác định tọa độ x và y của vật tại thời điểm t và vector vị trí tại thời điểm này.

Bài giải

- a) Vì $a_x = 4,0 \text{ m/s}^2$ nên ta biết vật chuyển động thẳng biến đổi đều trên phương x

Và trên phương y : $a_y = 0$

Ta có:
$$\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} \quad (1)$$

Với:
$$v_x = v_{0x} + a_x t = 20 + 4t$$

$$v_y = v_{0y} + a_y t = -15$$

Thay vào (1)

$$\vec{v} = (20 + 4t)\vec{i} - 15\vec{j}$$

1.2. Vector vị trí, vận tốc và gia tốc

Ví dụ 1.7: Một vật chuyển động trên mặt phẳng Oxy, xuất phát từ gốc tọa độ tại $t = 0$ với vận tốc đầu trên trục x và y tương ứng là 20 m/s và -15 m/s . Vật được gia tốc về hướng x là $a_x = 4,0 \text{ m/s}^2$.

- a) Xác định vector vận tốc toàn phần của vật tại thời điểm bất kỳ.
- b) Tính vận tốc và tốc độ của vật tại $t = 5,0 \text{ s}$.
- c) Xác định tọa độ x và y của vật tại thời điểm t và vector vị trí tại thời điểm này.

Bài giải

b) Tại thời điểm $t = 5\text{s}$: $v_x = 20 + 4 \times 5 = 40$
 $v_y = -15$



$$\vec{v} = 40\vec{i} - 15\vec{j}$$

Tốc độ: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(40)^2 + (-15)^2} = 43(\text{m/s})$

1.2. Vector vị trí, vận tốc và gia tốc

Ví dụ 1.7: Một vật chuyển động trên mặt phẳng Oxy, xuất phát từ gốc tọa độ tại $t = 0$ với vận tốc đầu trên trục x và y tương ứng là 20 m/s và -15 m/s . Vật được gia tốc về hướng x là $a_x = 4,0 \text{ m/s}^2$.

- a) Xác định vector vận tốc toàn phần của vật tại thời điểm bất kỳ.
- b) Tính vận tốc và tốc độ của vật tại $t = 5,0 \text{ s}$.
- c) Xác định tọa độ x và y của vật tại thời điểm t và vector vị trí tại thời điểm này.

Bài giải

c) Ta có:

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{1}{2}a_x t^2$$

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}a_y t^2$$



$$x = 20t + 2t^2$$

$$y = -15t$$



Vecto vị trí:

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} = (20t + 2t^2)\vec{i} + (-15t)\vec{j}$$

1.3. Gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến

Trong nhiều bài toán cơ học, thay vì dùng các thành phần a_x , a_y , ... thì người ta hay sử dụng gia tốc tiếp tuyến a_t và gia tốc pháp tuyến a_n .

Vector vận tốc có thể viết: $\vec{v} = v \cdot \vec{\tau}$ ← Vector tiếp tuyến đơn vị

Trong chuyển động cong bất kỳ thì cả v và τ đều thay đổi theo thời gian, nên

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{dv}{dt} \vec{\tau} + v \frac{d\vec{\tau}}{dt}$$

Hướng theo pháp tuyến

Hướng theo tiếp tuyến

$$\vec{a}_t = \frac{dv}{dt} \vec{\tau}$$

Gia tốc tiếp tuyến

$$\vec{a}_n = v \frac{d\vec{\tau}}{dt}$$

Gia tốc pháp tuyến

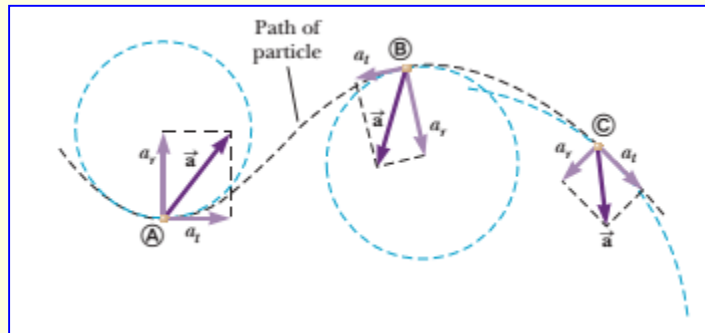
$$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$$

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$$

1.3. Gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến

1. Gia tốc tiếp tuyến

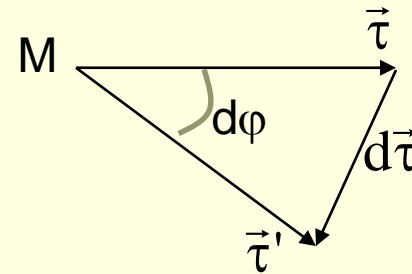
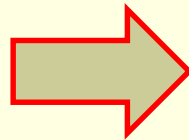
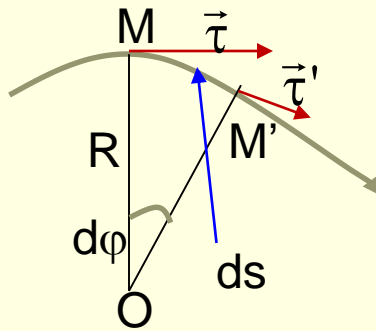
- Độ lớn: $|\vec{a}_t| = \frac{dv}{dt}$
- Nếu tăng vận tốc thì $dv/dt > 0$, khi đó \mathbf{a}_t cùng hướng với \mathbf{v} .
- Nếu giảm vận tốc thì $dv/dt < 0$, khi đó \mathbf{a}_t ngược hướng với \mathbf{v} .



- Nếu chuyển động **đều** thì $dv/dt = 0$, khi đó $\mathbf{a}_t = 0$

1.3. Gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến

2. Gia tốc pháp tuyến



Khi $ds \rightarrow 0$ thì $d\vec{v} \perp \vec{v}$, vector pháp tuyến đơn vị \vec{n} hướng vào tâm O.



$$\frac{d\vec{v}}{ds} = \left| \frac{d\vec{v}}{ds} \right| \vec{n} = \frac{|d\vec{v}|}{ds} \vec{n}$$

Từ hình vẽ



$$\frac{|d\vec{v}|}{|\vec{v}|} = \frac{ds}{R}$$

$$\frac{|d\vec{v}|}{ds} = \frac{1}{R}$$

$$v \frac{d\vec{v}}{dt} = v \frac{d\vec{v}}{ds} \frac{ds}{dt} = v^2 \frac{d\vec{v}}{ds}$$

Vậy

$$\vec{a}_n = \frac{v^2}{R} \vec{n}$$

Độ lớn

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

1.3. Gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến

3. Gia tốc toàn phần

$$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$$

Độ lớn:

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2}$$

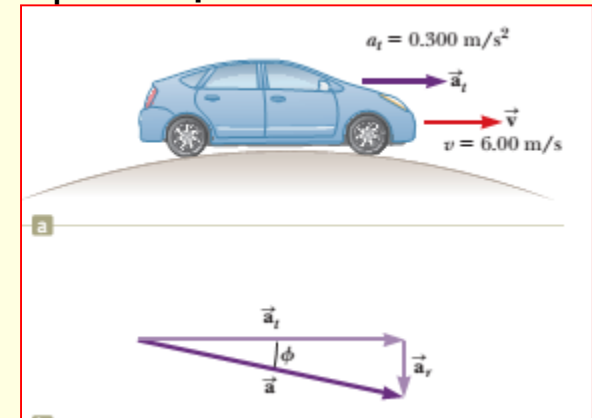
Ví dụ 1.8: Một ô tô di chuyển trên đường với gia tốc không đổi $0,3 \text{ m/s}^2$ song song với mặt đường. Ô tô qua một con dốc có bán kính cong 500 m . Tại đỉnh dốc, ô tô có vector vận tốc song song với mặt đường và có độ lớn 6 m/s . Tính độ lớn và hướng của vector gia tốc toàn phần tại đỉnh dốc.

Bài giải

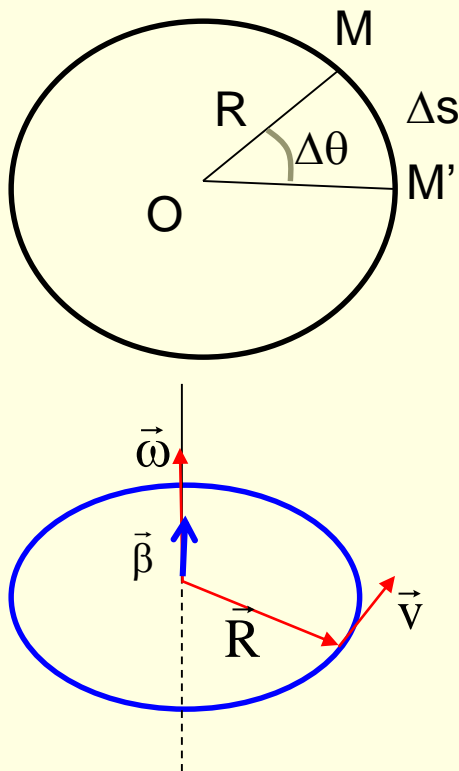
- Gia tốc tiếp tuyến: $a_t = 0,3 \text{ m/s}^2$
- Gia tốc pháp tuyến: $a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{6^2}{500} = 0,072 (\text{m/s}^2)$

➡ Gia tốc toàn phần: $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = 0,309 (\text{m/s}^2)$

$$\tan \phi = \frac{a_n}{a_t} = 0,24 \Rightarrow \phi = 14^\circ$$



1.4. Chuyển động tròn



○ Độ dài cung: $\Delta s = R\Delta\theta$

○ Vận tốc góc trung bình: $\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ (rad/s)

○ Vận tốc góc tức thời: $\omega = \frac{d\theta}{dt}$ (rad/s)

○ Mối liên hệ vận tốc dài và vận tốc góc $v = R\omega$

$$\vec{v} = \vec{R} \times \vec{\omega}$$

○ Gia tốc góc $\beta = \frac{d\omega}{dt}$ \Rightarrow $\vec{\beta} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$ (rad/s²)

○ Mối liên hệ gia tốc tiếp tuyến và gia tốc góc $a_t = R\beta$

$$\vec{a}_t = \vec{R} \times \vec{\beta}$$

○ Mối liên hệ gia tốc pháp tuyến và vận tốc góc

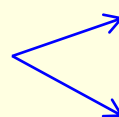
$$a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2$$

1.4. Chuyển động tròn

❖ Chuyển động tròn đều:

$$\omega = \text{const}; \quad \beta = 0; \quad a_t = 0; \quad a_n = \text{const}$$

❖ Chuyển động tròn biến đổi đều: $\beta = \text{const}$



nhanh dần đều $\vec{\beta} \uparrow \uparrow \vec{\omega}$

chậm dần đều $\vec{\beta} \uparrow \downarrow \vec{\omega}$

$$\omega = \omega_0 + \beta t$$

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \beta t^2$$

$$\omega^2 - \omega_0^2 = 2\beta(\theta - \theta_0)$$

1.4. Chuyển động tròn

Ví dụ 1.9: a) Tính gia tốc pháp tuyến của Trái Đất chuyển động quanh Mặt Trời. Biết khoảng cách từ MT đến TĐ $R = 1,496 \cdot 10^{11} \text{m}$. Chu kỳ quay của TĐ quanh MT là 1 năm.

b) Tính vận tốc góc của TĐ.

Bài giải

a) Ta có: gia tốc pháp tuyến
$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{1}{R} \left(\frac{2\pi R}{T} \right)^2 = 4\pi^2 \frac{R}{T^2}$$
$$a_n = 4\pi^2 \frac{1,496 \cdot 10^{11}}{(365 \times 86400)^2} = 5,94 \cdot 10^{-3} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

b) Vận tốc góc:
$$a_n = R\omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{a_n}{R}} = 1,99 \cdot 10^{-7} \text{ (rad/s)}$$

Hoặc
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 1,99 \cdot 10^{-7} \text{ (rad/s)}$$

1.4. Chuyển động tròn

Ví dụ 1.10: Hình bên mô tả gia tốc toàn phần của một vật chuyển động theo chiều kim đồng hồ trên một đường tròn bán kính 2,5 m tại thời điểm t bất kỳ. Tại thời điểm này: (a) tìm gia tốc hướng tâm của vật, (b) tìm tốc độ dài của vật, (c) tìm gia tốc tiếp tuyến.

Bài giải

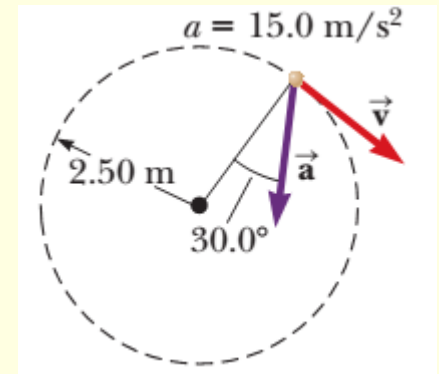
a) Từ hình vẽ, ta có:

$$\cos 30^\circ = \frac{a_n}{a} \Rightarrow a_n = a \cos 30^\circ = 15 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 13 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

b) Tốc độ:

$$a_n = \frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{a_n R} = 5,7 \text{ (m/s)}$$

c) Gia tốc tiếp tuyến: $a_t = \sqrt{a^2 - a_n^2} = 7,5 \text{ (m/s}^2\text{)}$



1.4. Chuyển động tròn

Ví dụ 1.11: Bánh xe máy bay có đường kính 1,1m đang quay với tốc độ 1200 vòng/phút và sau đó chậm dần đến tốc độ 900 vòng/phút trong 30s. Tìm: (a) vận tốc góc lúc đầu, (b) vận tốc góc lúc sau, (c) gia tốc góc.

Bài giải

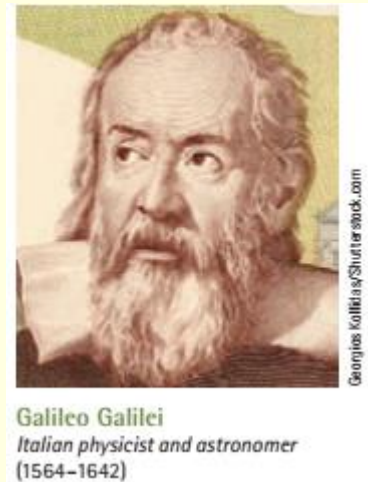
a) Vận tốc góc lúc đầu $\omega_0 = \frac{1200 \times 2\pi}{60} = 40\pi (\text{rad/s})$

b) Vận tốc góc lúc sau $\omega = \frac{900 \times 2\pi}{60} = 30\pi (\text{rad/s})$

c) Gia tốc góc $\beta = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t} = -\pi/3 (\text{rad/s}^2)$

1.5. Rơi tự do

- Mọi vật chuyển động **chỉ chịu sự ảnh hưởng của lực hấp dẫn** thì được cho rằng vật rơi tự do
- Mọi vật rơi gần bề mặt TĐ đều có gia tốc không đổi
- Gia tốc này được gọi là **gia tốc rơi tự do**, kí hiệu: **g**
- **$g = 9,8 \text{ m/s}^2$** (có thể dùng **$g = 10 \text{ m/s}^2$** trong tính toán)
- **g** luôn hướng xuống và hướng về tâm TĐ



- Các vật rơi chạm đất trong cùng thời gian, không phụ thuộc khối lượng
- Mặt trời là tâm vũ trụ (hệ nhật tâm)

1.5. Rơi tự do

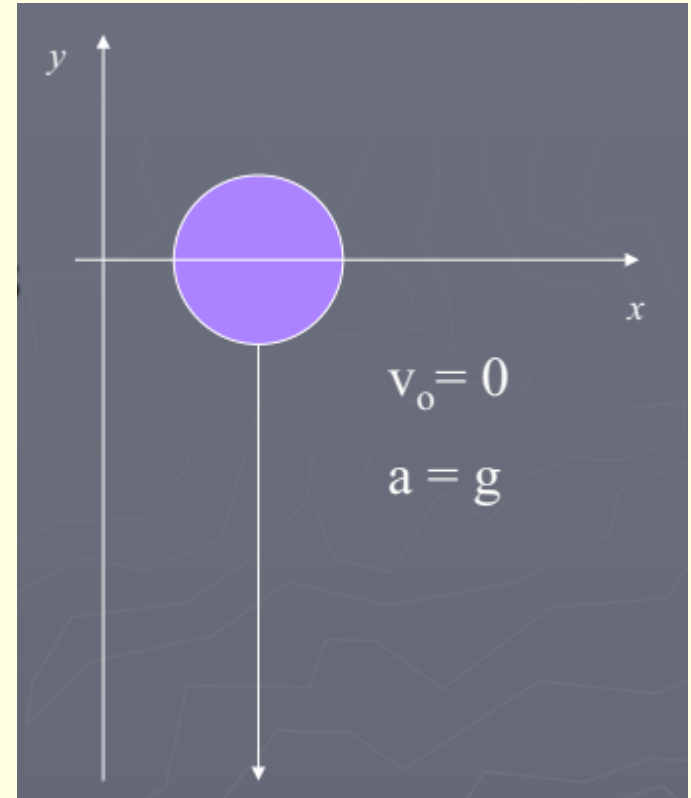
1.5.1. Rơi tự do - vật thả xuống

- Vận tốc đầu bằng 0
- Hệ qui chiếu: Góc tọa độ: Tại vị trí thả vật. Trục dương hướng lên
- Dùng phương trình động học:

$$y = -\frac{1}{2}at^2 = -\frac{1}{2}gt^2$$
$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

❖ Nếu chọn chiều dương hướng xuống:

$$y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}gt^2$$



1.5. Rơi tự do

1.5.1. Rơi tự do - vật thả xuống


Ví dụ 1.12: Bạn đang đứng ở ban công cách mặt đất 4m thả một vật rơi tự do không vận tốc đầu.

- a) Tính thời gian vật chạm đất
- b) Tính vận tốc của vật ngay khi chạm đất

Bài giải

Chọn gốc thời gian bắt đầu thả vật. Chiều dương hướng lên

a) $t = 0, y_0 = 0, v_0 = 0$. Ta có: $y = -\frac{1}{2}gt^2$

Với $y = -4\text{m}$  $t = \sqrt{-\frac{2y}{g}} = \sqrt{-\frac{2 \times (-4)}{9,8}} = \dots(s)$

b) Ta có: $v = v_0 + at = -gt = -9,8 \times 0,82 = -8(\text{m/s})$

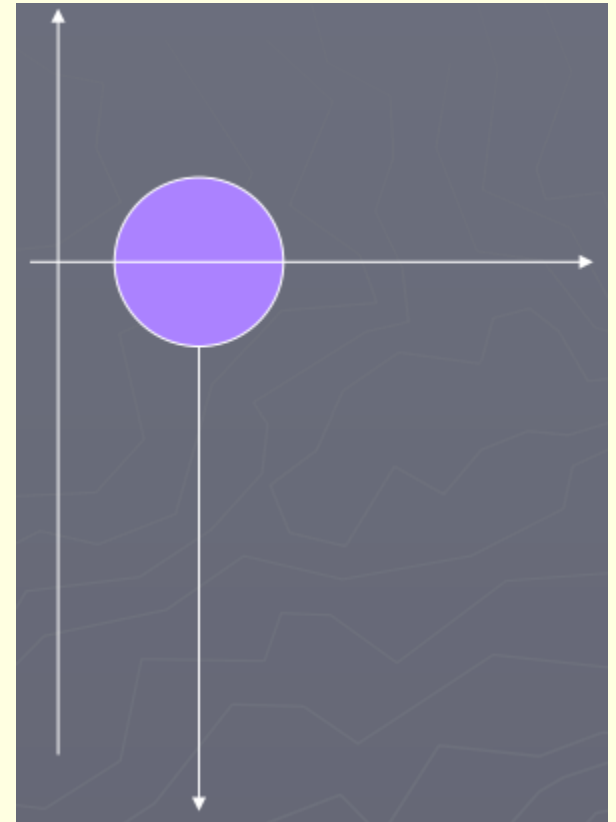
Dấu trừ cho biết vật chuyển động ngược chiều dương

1.5. Rơi tự do

1.5.2. Rơi tự do - vật ném xuống

- Vận tốc đầu khác 0 và âm
- Trục dương hướng lên
- $a = g = -9,8 \text{ m/s}^2$
- Phương trình động học:

$$y = v_0 t - 1/2 g t^2$$



1.5. Rơi tự do

1.5.2. Rơi tự do - vật ném xuống

Ví dụ 1.13: Đứng trên cầu, bạn ném viên đá xuống. Viên đá chạm vào dòng suối bên dưới, cách nơi viên đá rời khỏi tay bạn 20 m, mất 2s. a) Tính vận tốc viên đá ngay khi nó rời khỏi tay bạn. b) Tính vận tốc viên đá ngay trước khi chạm mặt nước.

Bài giải

a) Chọn gốc thời gian lúc bắt đầu ném, chiều dương hướng xuống

$$\text{Ta có: } y = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad \Rightarrow \quad v_0 = \frac{y - \frac{1}{2} g t^2}{t}$$

$$\text{Với: } y = 20\text{m, } t = 2\text{s, } g = 9,8\text{m/s}^2 \quad \Rightarrow \quad v_0 = \frac{20 - 0,5 \times 9,8 \times 4}{2} = 0,2(\text{m/s})$$

b) Ta có: $v = v_0 + g t = 0,2 + 9,8 \times 2 = 19,8(\text{m/s})$

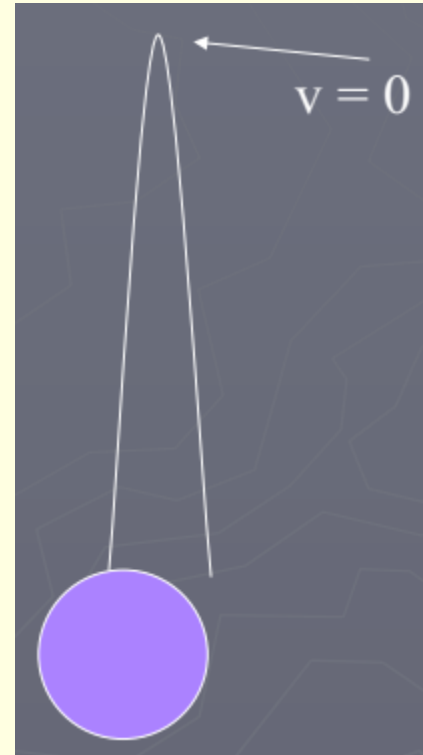
1.5. Rơi tự do

1.5.2. Rơi tự do - vật ném lên

- Vận tốc đầu hướng lên \rightarrow dương
- Vận tốc tức thời tại chiều cao cực đại $= 0$, nhưng gia tốc không thể bằng không.
- $a = g$ tại mọi vị trí, g luôn hướng xuống và < 0 .

Phương trình chuyển động:

$$y = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$



1.5. Rơi tự do

1.5.2. Rơi tự do - vật ném lên

Ví dụ 1.14: Một cầu thủ ném quả bóng chày thẳng lên theo trục y với vận tốc đầu 12m/s.

- a) Tính thời gian quả bóng đạt độ cao cực đại.
- b) Tính chiều cao cực đại mà quả bóng đạt được.
- c) Tính thời gian mà quả bóng ở độ cao 5 m.

Bài giải

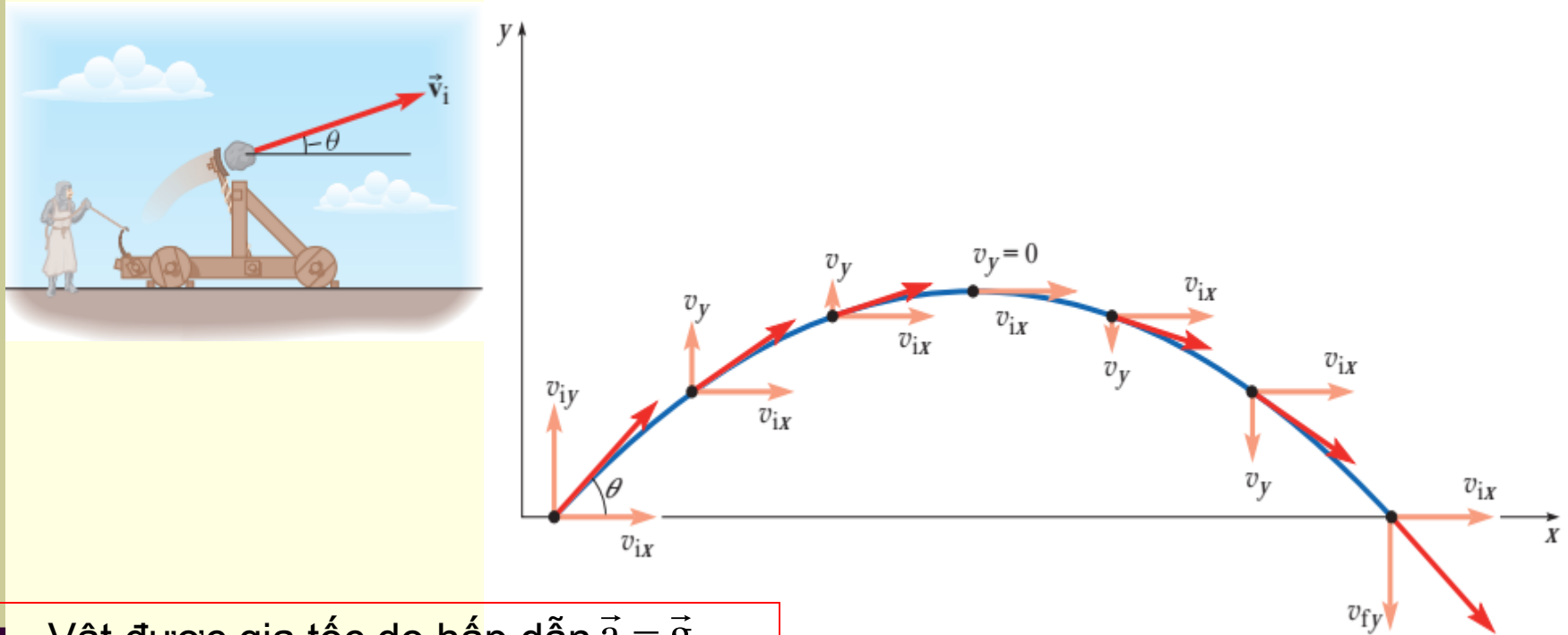
- a) Chọn chiều dương hướng lên. Ta có: $v = v_0 - gt$

Tại chiều cao cực đại thì $v = 0 \Rightarrow 0 = v_0 - gt \Rightarrow t = v_0 / g = 12 / 9,8 = 1,2 \text{ (s)}$

b)
$$y_{\max} = v_0 t_{\max} - \frac{1}{2} g t_{\max}^2 = 7,3 \text{ (m)}$$

c)
$$y = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \Leftrightarrow 5 = 12t - 4,9t^2 \Rightarrow \begin{cases} t_1 = 0,53 \text{ (s)} \\ t_2 = 1,9 \text{ (s)} \end{cases}$$

1.6. Chuyển động xiên (bài toán ném xiên)



- Vật được gia tốc do hấp dẫn $\vec{a} = \vec{g}$
- Chuyển động trên hướng x là thẳng đều: $v_x = \text{const}$ và $a_x = 0$
- Chuyển động trên hướng y là biến đổi đều: $a_y = -g$

Thành phần vận tốc ban đầu trên trục x và y là:

$$v_{x0} = v_0 \cos \theta$$

$$v_{y0} = v_0 \sin \theta$$



$$v_x = v_0 \cos \theta$$

$$v_y = v_0 \sin \theta - gt$$

1.6. Chuyển động xiên (bài toán ném xiên)

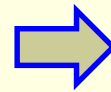
1.6.1. Phương trình quỹ đạo

- Phương trình chuyển động của vật trên trục x và y là

$$\begin{aligned}x &= x_0 + v_{x0}t = (v_0 \cos \theta).t \\ y &= y_0 + v_{y0}t - \frac{1}{2}gt^2 = (v_0 \sin \theta).t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (g = +9,8 \text{ m/s}^2)\end{aligned}$$

Khử t:

$$y = (\tan \theta)x - \frac{g}{2(v_0 \cos \theta)^2} x^2$$



Quỹ đạo là một parabol



(g = +9,8 m/s²)

Phương trình quỹ đạo

1.6. Chuyển động xiên (bài toán ném xiên)

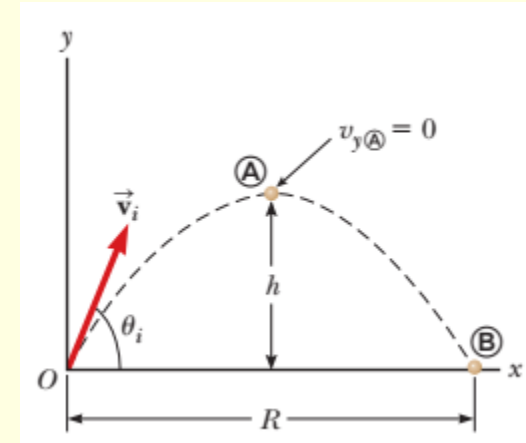
1.6.2. Độ cao cực đại

- Thời gian vật đạt độ cao cực đại ($v_y = 0$)

$$t_{\max} = \frac{v_0 \sin \theta}{g}$$

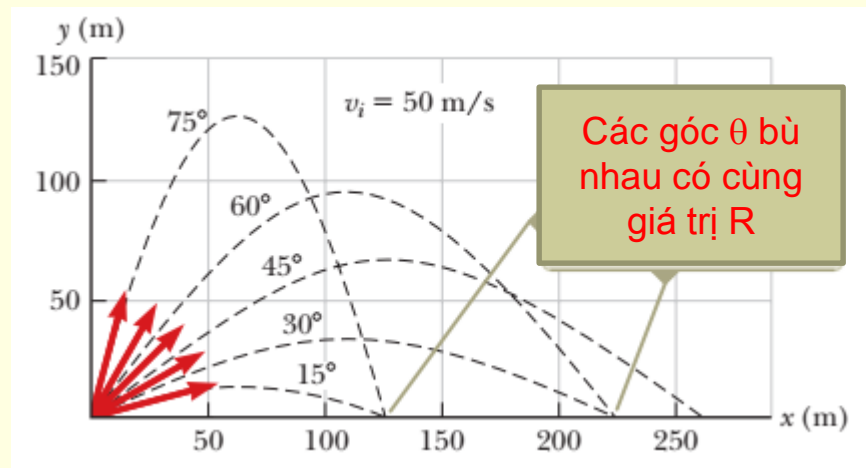
- Độ cao cực đại

$$y_{\max} = h = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$$



1.6.3. Tầm xa

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$$



1.6. Chuyển động xiên (bài toán ném xiên)

Ví dụ 1.15: Một vận động viên nhảy xa bắt đầu phóng khỏi mặt đất tại góc 20° so với mặt đất với tốc độ 11 m/s . Lấy $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

- a) Hỏi vận động viên nhảy được bao xa?
- b) Tính chiều cao cực đại mà vận động viên đạt được.

Bài giải

a) Tầm xa của VĐV
$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g} = \frac{11^2 \times \sin 40^\circ}{9,8} = 7,94(\text{m})$$

- b) Chiều cao cực đại:

$$y_{\max} = h = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g} = \frac{11^2 \times \sin^2(20^\circ)}{2 \times 9,8} = 0,72(\text{m})$$

1.6. Chuyển động xiên (bài toán ném xiên)

Ví dụ 1.16: Một bệnh nhân dương tính với COVID-19, khoảng cách từ miệng đến mặt đất là 1,60 m. Khi người này ho thì con virus phóng ra với vận tốc đầu 3 m/s theo phương ngang. Bỏ qua sức cản không khí. Lấy $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

- a) Tính thời gian con virus chạm đất.
- b) Tính khoảng cách từ bệnh nhân đến vị trí con virus chạm đất.
- c) Tính vận tốc con virus vừa chạm đất

Bài giải

- a) Chọn chiều dương hướng xuống. Gốc tọa độ lúc virus phóng ra từ miệng

Vận tốc đầu theo phương x: $v_{0x} = v_0 \cos 0^\circ = v_0$

Vận tốc đầu theo phương y: $v_{0y} = v_0 \sin 0^\circ = 0$

Phương trình chuyển động: $y = v_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}gt^2$

1.6. Chuyển động xiên (bài toán ném xiên)

Bài giải

a) Thời gian chạm đất: $t = \sqrt{\frac{2y}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 1,6}{9,8}} = 0,57 \text{ (s)}$

b) Khoảng cách từ bệnh nhân đến vị trí chạm đất

$$x = v_{0x} t = v_0 t = 3 \times 0,57 = 1,71 \text{ (m)}$$

c) Vận tốc lúc chạm đất $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

Với: $v_x = v_{0x} + a_x t = v_{0x} = v_0 = 3 \text{ (m/s)}$

$$v_y = v_{0y} + a_y t = gt = 3,2 \text{ (m/s)}$$



$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{3^2 + 3,2^2} = 4,4 \text{ (m/s)}$$

Bài tập ôn

PHẦN I: TRẮC NGHIỆM

Câu 1: Một sinh viên ném quả bóng màu đỏ **nặng** theo phương ngang từ ban công một tòa nhà cao với vận tốc đầu v_0 . Cùng thời điểm đó, một sinh viên khác thả quả bóng màu xanh **nhẹ hơn** cũng từ ban công này. Bỏ qua sức cản không khí. Phát biểu nào sau đây là ĐÚNG?

- a) quả bóng màu xanh chạm đất trước.
- ☒ b) Hai quả bóng chạm đất cùng lúc
- c) Quả bóng màu đỏ chạm đất trước
- d) Cả hai quả bóng chạm đất cùng tốc độ
- e) Không phát biểu nào đúng.

Trả lời

Phương trình chuyển động của QB đỏ

$$y_d = v_{0y} t_d + \frac{1}{2} g t_d^2 = \frac{1}{2} g t_d^2$$

Phương trình chuyển động của QB xanh

$$y_x = \frac{1}{2} g t_x^2$$

Khi chạm đất: $y_d = y_x$



$$t_d = t_x$$

Bài tập ôn

PHẦN I: TRẮC NGHIỆM

Câu 2: Một quả đạn pháo được bắn thẳng lên trên từ mặt đất với vận tốc đầu là 225m/s. Sau khoảng thời gian bao nhiêu thì đạn pháo đạt độ cao 620m và đang chuyển động hướng xuống. Lấy $g = 10\text{m/s}^2$

- a) 2,96s b) 17,3s c) 25,4s d) 33,6s e) 42s

Trả lời

Chọn chiều dương hướng lên. P/t chuyển động:

$$y = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \Leftrightarrow 620 = 225t - 10t^2$$

$$\Rightarrow \begin{cases} t_1 = 2,96(\text{s}) \\ t_2 = 43(\text{s}) \end{cases}$$

Ta chọn t_2 vì đạn đi xuống

Bài tập ôn

PHẦN I: TRẮC NGHIỆM

Câu 3: Trên mặt đất ta ném một vật với vận tốc đầu nào đó và nó chuyển động không bị ảnh hưởng bởi không khí. Cũng là vật đó, trên mặt trăng ta ném nó với cùng vận tốc như trên mặt đất. Biết gia tốc rơi tự do trên mặt trăng bằng $1/6$ gia tốc rơi tự do trên mặt đất. Độ cao cực đại của vật trên mặt trăng so với độ cao cực đại của vật trên mặt đất là:

a) Bằng $1/6$ lần; b) Cùng độ cao; c) Lớn hơn $\sqrt{6}$ lần; **d) Lớn hơn 6 lần;** e) Lớn hơn 36 lần

Trả lời

$$v_y = v_0 - gt$$

Ở độ cao cực đại: $v_y = 0 \Rightarrow t = v_0 / g$

\Rightarrow Độ cao cực đại: $y_{\max} = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 = v_0 (v_0 / g) - \frac{1}{2} g (v_0 / g)^2 = \frac{v_0^2}{2g}$

Trên TĐ: $y_{\max}^{\text{TĐ}} = \frac{v_0^2}{2g_{\text{TĐ}}}$

Trên MT: $y_{\max}^{\text{MT}} = \frac{v_0^2}{2g_{\text{MT}}}$

$\Rightarrow \frac{y_{\max}^{\text{MT}}}{y_{\max}^{\text{TĐ}}} = \frac{g_{\text{TĐ}}}{g_{\text{MT}}} = 6$

Bài tập ôn

PHẦN I: TRẮC NGHIỆM

Câu 4: Ném một hòn đá từ tháp cao 40m thẳng xuống bên dưới với tốc độ ban đầu 12m/s. Bỏ qua sức cản của không khí, tốc độ của hòn đá ngay khi chạm đất gần với giá trị nào nhất?

- a) 28m/s **b) 30m/s** c) 56m/s d) 784m/s e) cần thêm thông tin

Trả lời

Chọn chiều dương hướng xuống

Phương trình chuyển động $y = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$

⇒ Thời gian chạm đất: $40 = 12t + \frac{1}{2} 9,8 t^2 \Rightarrow t = \dots$

Vận tốc khi chạm đất: $v = v_0 + g t = 12 + 9,8 \cdot t = \dots$

Bài tập ôn

PHẦN II: BÀI TẬP

Câu 1: Giả sử vector vị trí của một vật có dạng: $\vec{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j}$, trong đó, $x(t) = at + b$ và $y(t) = ct^2 + d$, với $a = 1,0\text{m/s}$, $b = 1,0\text{ m}$, $c = 0,125\text{m/s}^2$ và $d = 1,0\text{m}$.

- a) Tính vận tốc trung bình trong khoảng thời gian từ $t = 2,0\text{s}$ đến $t = 4,0\text{s}$
- b) Xác định vận tốc và tốc độ tại thời điểm $t = 2,0\text{s}$.

Bài giải

a) Vận tốc trung bình
$$\vec{v}_{\text{avg}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \vec{i} + \frac{\Delta y}{\Delta t} \vec{j} \quad (1)$$

Với: $\Delta x = x_2 - x_1 = at_2 + b - at_1 - b = a(t_2 - t_1) = 2(\text{m})$

$$\Delta y = y_2 - y_1 = ct_2^2 + d - ct_1^2 - d = c(t_2^2 - t_1^2) = 1,5(\text{m})$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 2(\text{s})$$

Thay vào (1) $\vec{v}_{\text{avg}} = (1,00\vec{i} + 0,75\vec{j})(\text{m/s})$

Bài tập ôn

PHẦN II: BÀI TẬP

b) Vecto vận tốc

$$\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j}$$

Với:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = a = 1(\text{m/s}); v_y = \frac{dy}{dt} = 2ct = 0,25t$$

Tại thời điểm $t = 2\text{s}$ $v_x = 1(\text{m/s});$

$$v_y = 0,25t = 0,5(\text{m/s})$$



$$\vec{v} = 1,0\vec{i} + 0,5\vec{j}$$

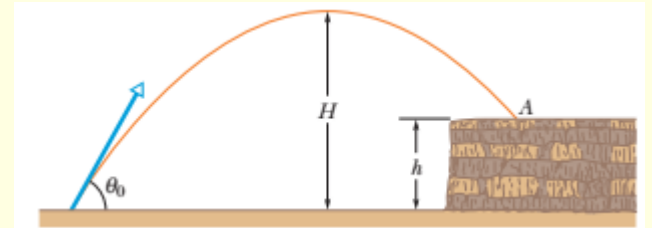
Độ lớn:

$$v = \sqrt{1^2 + 0,5^2} = 1,12(\text{m/s})$$

Bài tập ôn

PHẦN II: BÀI TẬP

Câu 2: Ném một hòn đá lên một vách đá cao h với vận tốc đầu 42m/s tại góc $\theta_0 = 60^\circ$ so với trục nằm ngang. Sau 5s hòn đá chạm vào điểm A (hình vẽ).



- Tìm chiều cao h của vách đá.
- Tính tốc độ của hòn đá ngay trước khi chạm vào A.
- Tính chiều cao cực đại H mà hòn đá đạt được.

Bài giải

a) Phương trình chuyển động của vật $y = v_{oy}t - \frac{1}{2}gt^2 = (v_0 \sin \theta)t - \frac{1}{2}gt^2$

Sau 5s : $y = h$ $\Rightarrow h = (42 \sin 60^\circ) \times 5 - \frac{1}{2}9,8 \times 5^2 = 59,4(\text{m})$

Bài tập ôn

PHẦN II: BÀI TẬP

Bài giải

b) Tốc độ hòn đá chạm vào A

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (1)$$

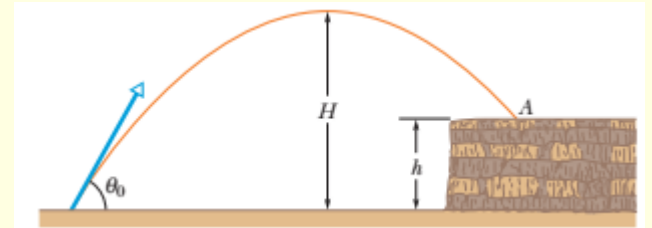
Với: $v_x = v_{0x} = (v_0 \cos 60^\circ) = 21(\text{m/s})$

$$v_y = v_{0y} - gt = (v_0 \sin 60^\circ) - gt = -12,6(\text{m/s})$$

Thay vào (1): $v = \sqrt{21^2 + (-12,6)^2} = 24,5(\text{m/s})$

c) Chiều cao cực đại:

$$y_{\max} = H = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g} = \frac{42^2 \times \sin^2(60^\circ)}{2 \times 9,8} = 67,5(\text{m})$$



Bài tập ôn

PHẦN II: BÀI TẬP

Câu 3: Một vận động viên quay một quả bóng được nối với một đầu sợi dây theo đường tròn nằm ngang. VĐV có thể quay quả bóng với tốc độ 8 vòng/s khi chiều dài của dây bằng 0.6m. Khi chiều dài dây tăng lên 0.9m thì VĐV chỉ có thể quay được 6 vòng/s.

- a) Vận tốc dài trong trường hợp nào lớn hơn?
- b) Tính gia tốc pháp tuyến tại tốc độ 8 vòng/s.
- c) Tính gia tốc pháp tuyến tại tốc độ 6 vòng/s.

Bài giải

a) Trường hợp dây dài 0,6m $v_1 = R_1 \omega_1 = 0,6 \times \frac{8 \times 2\pi}{1} = 30,2 \text{ (m/s)}$

Trường hợp dây dài 0,9m $v_2 = R_2 \omega_2 = 0,9 \times \frac{6 \times 2\pi}{1} = 33,9 \text{ (m/s)}$

b), c) $a_{n1} = \frac{v_1^2}{R_1} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ (m/s}^2\text{)}$ $a_{n2} = \frac{v_2^2}{R_2} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ (m/s}^2\text{)}$