

TRƯỜNG ĐẠI HỌC TRÀ VINH  
KHOA KHOA HỌC CƠ BẢN



**TÀI LIỆU GIẢNG DẠY**  
**MÔN VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG A1**  
**(PHẦN LÝ THUYẾT)**

*GV biên soạn: Đặng Diệp Minh Tân*

Trà Vinh, .../20...

Lưu hành nội bộ



KHOA KHOA HỌC CƠ BẢN  
BỘ MÔN VẬT LÝ


**TÌNH TRẠNG PHÊ DUYỆT TÀI LIỆU GIẢNG DẠY**

Tên tài liệu giảng dạy: Vật lý đại cương A1  
Ngày hoàn chỉnh: 09/7/2014  
Tác giả biên soạn: Đặng Diệp Minh Tân, Phan Thanh Hùng  
Đơn vị công tác: Khoa Khoa học Cơ bản  
Địa chỉ liên lạc: 126 Quốc lộ 53, Phường 5, TP. Trà Vinh, Tỉnh Trà Vinh

Trà Vinh, ngày 09 tháng 7 năm 2014

Tác giả

(Ký & ghi họ tên)


  
Đặng Diệp Minh Tân

**PHÊ DUYỆT CỦA BỘ MÔN**

Đồng ý sử dụng tài liệu giảng dạy môn Vật lý đại cương A1.....  
do Thầy Đặng Diệp Minh Tân..... biên soạn để giảng dạy môn Vật lý  
đại cương A1.....

Trà Vinh, ngày 09 tháng 7 năm 2014

**TRƯỞNG BỘ MÔN**

  
Cô Thị Thủy

**PHÊ DUYỆT CỦA KHOA**

Trà Vinh, ngày 9 tháng 7 năm 2014

**TRƯỞNG KHOA**

  
Nguyễn Văn Sáu

## MỤC LỤC

Phần I. CƠ HỌC .....	2
<b>Chương 1. MỞ ĐẦU</b> .....	<b>2</b>
Bài 1. Đối tượng, phương pháp nghiên cứu và hệ đơn vị đo lường trong Vật lý học...	2
<b>Chương 2. ĐỘNG HỌC CHẤT ĐIỂM</b> .....	<b>8</b>
Bài 1. Các đại lượng động học chất điểm .....	8
Bài 2. Một số chuyển động đơn giản của chất điểm .....	17
<b>Chương 3. ĐỘNG LỰC HỌC CHẤT ĐIỂM</b> .....	<b>27</b>
Bài 1. Khái niệm về lực .....	27
Bài 2. Các định luật Newton .....	28
<b>Chương 4. NĂNG LƯỢNG</b> .....	<b>39</b>
Bài 1. Các khái niệm về năng lượng và công .....	39
Bài 2. Cơ năng .....	42
<b>Chương 5. ĐỘNG LỰC HỌC CƠ HỆ VÀ CÁC ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN TRONG CƠ HỌC</b> .....	<b>50</b>
Bài 1. Cơ hệ và các định luật bảo toàn trong cơ hệ.....	50
Bài 2. Khối tâm của cơ hệ .....	54
<b>Chương 6. VẬT RẮN</b> .....	<b>56</b>
Bài 1. Động học vật rắn.....	56
Bài 2. Động lực học Vật rắn .....	60
<b>Chương 7. CƠ HỌC CHẤT LƯU</b> .....	<b>66</b>
Bài 1. Tĩnh học chất lưu .....	66
Bài 2. Động lực học chất lưu lí tưởng .....	69
Phần II. NHIỆT HỌC .....	72
<b>Chương 1. NHỮNG CƠ SỞ CỦA THUYẾT ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ</b> .....	<b>72</b>
Bài 1. Mở đầu .....	72
Bài 2. Những cơ sở của thuyết động học phân tử .....	74
<b>Chương 2. NHỮNG NGUYÊN LÝ CƠ BẢN CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC</b> .....	<b>83</b>
Bài 1. Các quá trình Nhiệt động lực học .....	83
Bài 2. Nguyên lý thứ nhất và thứ hai Nhiệt động lực học.....	87
Bài đọc thêm.....	100

## Phần I. CƠ HỌC

### Chương 1. MỞ ĐẦU

#### Bài 1. Đối tượng, phương pháp nghiên cứu và hệ đơn vị đo lường trong Vật lý học

- ❖ **Mục tiêu học tập:** Sau khi học xong bài này, người học có thể:
- Nhận diện được đối tượng, phương pháp nghiên cứu Vật lý học
  - Trình bày được các đơn vị cơ bản được sử dụng trong Cơ học

#### I. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu Vật lý học:

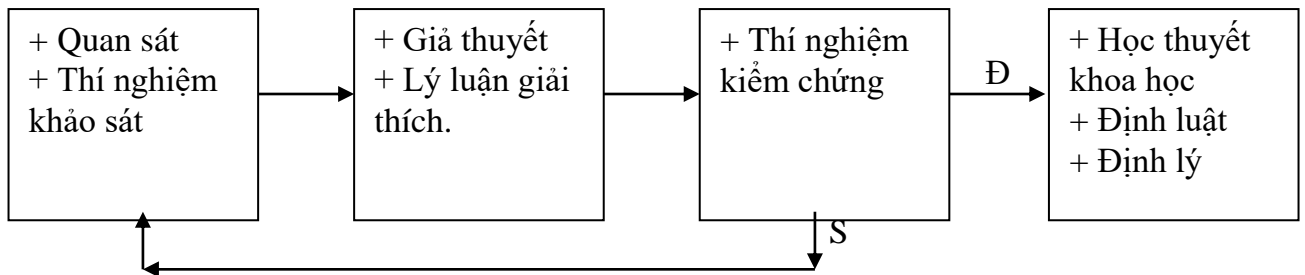
##### 1. Đối tượng nghiên cứu của Vật lý học:

- Vật lý học: là một trong những môn khoa học tự nhiên nghiên cứu những quy luật đơn giản nhất và tổng quát nhất của các hiện tượng tự nhiên, nghiên cứu tính chất và cấu trúc của vật chất và những định luật của sự vận động của vật chất.
- Cơ học: là một bộ phận của Vật lý học. Nghiên cứu sự dịch chuyển của các vật và các bộ phận của các vật. Chuyển động cơ học (hay sự dịch chuyển) là dạng đơn giản nhất của sự vận động của vật chất.

“Nhiệm vụ cơ bản của Cơ học là xác định trạng thái chuyển động của vật ở bất kỳ thời điểm nào”.

##### 2. Phương pháp nghiên cứu Vật lý học:

Phương pháp nghiên cứu Vật lý học được biểu diễn theo sơ đồ sau:



Hình 1.

#### II. Phép đo và đơn vị đo trong Vật lý:

##### 1. Phép đo: được chia thành 2 phép đo như sau:

###### a. Phép đo trực tiếp:

- Đo trực tiếp một đại lượng là so sánh đại lượng cần đo với đại lượng cùng loại được chọn làm đơn vị.
- Thí dụ:
  - + Đo chiều dài: là so sánh nó với chiều dài của thước đo.
  - + Đo một khoảng thời gian: là so sánh nó với thời gian mà kim đồng hồ dịch chuyển qua các vạch trên mặt đồng hồ.

###### b. Phép đo gián tiếp:

- Đo gián tiếp một đại lượng là tính đại lượng đó bằng các công thức Toán học của các định luật Vật lý thông qua các đại lượng đã biết.
- Thí dụ:
  - + Đo khối lượng riêng vật rắn: là tính khối lượng theo công thức ( $d=m/V$ ) thông qua đại lượng đã biết là khối lượng  $m$  và thể tích  $V$ .
  - + Đo Vận tốc: là tính vận tốc theo công thức ( $v=S/t$ ) thông qua hai đại lượng đã biết là quãng đường  $S$  và thời gian  $t$ .
  - + ...

Như vậy, muốn thực hiện các phép đo, phải xác định những đơn vị đo và những công thức để tính.

## 2. Đơn vị đo:

a. Định nghĩa đơn vị cơ bản và đơn vị dẫn xuất.:

- Đơn vị cơ bản: là những đơn vị được qui ước, nghĩa là không thể dùng định luật Vật lý nào để suy từ đơn vị ra đơn vị kia.
- Đơn vị dẫn xuất: là những đơn vị được rút ra từ các đơn vị cơ bản bằng các công thức Vật lý.

b. Hệ đơn vị đo lường Quốc tế SI (System International): là 1 hệ gồm một số các đơn vị cơ bản do Hội nghị toàn thể về đo lường của Quốc tế Quyết định thành lập vào năm 1960. Hiện nay, hệ SI có 7 đơn vị cơ bản như sau:

Bảng 1. Hệ SI

STT	TÊN ĐƠN VỊ	KÝ HIỆU TÊN ĐƠN VỊ	ĐẠI LƯỢNG ĐƯỢC ĐO	KÝ HIỆU TÊN ĐẠI LƯỢNG
1	Mét	m	Độ dài	L
2	Kilôgam	kg	Khối lượng	M
3	Giây	s	Thời gian	t
4	Kenvin	K	Nhiệt độ	T
5	Ampe	A	Cường độ dòng điện	I
6	Cadela	Cd	Cường độ ánh sáng	I
7	Mol	mol	Lượng vật chất	N

## 3. Các đơn vị cơ bản của hệ SI dùng trong Cơ học:

Cơ học sử dụng 3 đơn vị cơ bản đầu tiên của hệ SI, gồm: kilôgam (kg), giây (s) và mét (m):

- a. **kilôgam (kg)**: là khối lượng của vật chuẩn bằng Platin – Iridi được lưu trữ ở phòng cân đo Quốc tế ở Pháp.
- b. **giây (s)**: là thời gian của 9192631770 chu kỳ của bức xạ ứng với sự chuyển giữa hai mức siêu tinh tế của trạng thái cơ bản của nguyên tử Xezi 113.

c. **mét (m)**: là độ dài quãng đường mà ánh sáng truyền đi được trong chân không trong khoảng thời gian  $1/299792458$  giây.

#### 4. Công thức thứ nguyên:

- Là công thức biểu thị sự phụ thuộc của các đơn vị dẫn xuất vào các đơn vị cơ bản.
- Công thức thứ nguyên được suy ra từ công thức toán học của các định luật vật lý, từ đó suy ra đơn vị dẫn xuất của 1 đại lượng, với quy ước cách viết thứ nguyên của một đại lượng như sau:

[tên gọi của đại lượng]      **hay**      [ký hiệu tên đại lượng được viết bằng chữ in hoa]

Thí dụ:      [độ dài] hay [L]      : là thứ nguyên của độ dài  
                  [khối lượng] hay [M]      : là thứ nguyên của khối lượng  
                  [thời gian] hay [T]      : là thứ nguyên của thời gian

và ta có:      [độ dài] = độ dài      hay      ký hiệu:      [L] = L  
                  [khối lượng] = khối lượng      hay      ký hiệu:      [M] = M  
                  [Thời gian] = Thời gian      hay      ký hiệu:      [T] = T

Thí dụ:      Hãy viết công thức thứ nguyên từ các công thức sau:

<u>Công thức Vật lý</u>	<u>Công thức thứ nguyên</u>	<u>Đơn vị trong hệ SI</u>
• Thể tích: $V=d^3$	$[V]=[d][d][d]=L.L.L=L^3$	$m^3$
• Tốc độ: $v = \frac{s}{t}$	$[V]=\frac{[S]}{[T]} = \frac{L}{T} = L.T^{-1}$	$\frac{m}{s} = m.s^{-1}$
• Khối lượng riêng: $d=\frac{m}{V}$	$[D]=\frac{[M]}{[V]} = \frac{M}{L^3} = M.L^{-3}$	$\frac{kg}{m^3} = kg.m^{-3}$

Chú ý: Trong các hệ đơn vị khác nhau, công thức thứ nguyên của 1 đại lượng là không đổi nhưng đơn vị là thay đổi.

Từ công thức thứ nguyên, cho phép kiểm tra sự đúng đắn của các phương trình và công thức Vật lý về mặt thứ nguyên. Đúng về thứ nguyên là điều kiện cần để phương trình và công thức Vật lý đúng về ý nghĩa khoa học Vật lý.

Thí dụ : hãy kiểm tra về mặt thứ nguyên của công thức sau:

Gia tốc pháp tuyến:       $a_n = \frac{v}{R}$

Ta biết thứ nguyên về trái là       $[A_n]= L.T^{-2}$

Thứ nguyên về phải là:       $\frac{[V]}{[R]} = \frac{L.T^{-1}}{L} = T^{-1}$

Thứ nguyên hai về khác nhau, nên công thức trên sai.

Công thức đúng là:       $a_n = \frac{v^2}{R}$

Có thứ nguyên về phải là:  $\frac{[V]}{[R]} = \frac{L^2.T^{-2}}{L} = L.T^{-2}$ , cùng thứ nguyên với về trái.

## 5. Bảng các tiếp đầu ngữ để gọi tên bội số và ước số của đơn vị:

Trong khoa học và kỹ thuật chúng ta thường gặp những đại lượng có độ lớn rất khác nhau. Thí dụ:

- Chiều cao con người vào khoảng 1.6m
- Kích thước hạt nhân nguyên tử vào cỡ  $10^{-15}$ m
- Kích thước Thiên Hà vào cỡ  $10^{20}$ m.

Để thuận tiện trong việc tính toán và ghi các kết quả đo các phép đo, hệ SI còn sử dụng những bội số và ước số thập phân của các đơn vị. Để gọi tên các bội số và ước số đó, người ta gán những tiếp đầu ngữ sau đây vào tên các đơn vị:

Bảng 2. Các tiếp đầu ngữ

Stt	Bội số			Ước số		
	Tiếp đầu ngữ	Kí hiệu	Giá trị	Tiếp đầu ngữ	Kí hiệu	Giá trị
	exa	E	$10^{18}$	đêxi	d	$10^{-1}$
	peta	P	$10^{15}$	centi	c	$10^{-2}$
	têra	T	$10^{12}$	mili	m	$10^{-3}$
	giga	G	$10^9$	micrô	$\mu$	$10^{-6}$
	mega	M	$10^6$	nanô	n	$10^{-9}$
	kilô	k	$10^3$	picô	p	$10^{-12}$
	hectô	h	$10^2$	femtô	f	$10^{-15}$
	đêca	da	$10^1$	attô	a	$10^{-18}$

Chú ý: riêng đối với khối lượng, đơn vị cơ bản là kilôgam,  $1\text{kg}=10^3\text{g}$ , các tiếp đầu ngữ khác gắn với từ “gam”, không gắn với từ “kilôgam”.

Thí dụ:  $1\text{mg}=10^{-3}\text{g}=10^{-6}\text{kg}$ ;  $1\mu\text{g}=10^{-6}\text{g}=10^{-9}\text{kg}$ ;  $1\text{Gm}=10^6\text{m}$ , ...

**PHẦN LUYỆN TẬP**  
**CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM**

**1) Phương pháp nghiên cứu cơ bản của vật lý là :**

- a) Thực nghiệm quy nạp (induction)
- b) Diễn dịch (deduction - gần giống phương pháp suy luận toán học).
- c) Cả hai trên đều đúng.
- d) Không có câu nào đúng.

**2) Hệ SI bao gồm 7 đơn vị đo cơ bản là:**

- a) 7 đơn vị đo cơ bản.
- b) Đơn vị dẫn xuất và đơn vị phụ .
- c) 8 đơn vị đo cơ bản, đơn vị dẫn xuất và đơn vị phụ.
- d) a và b đều đúng.

**3) Các đơn vị cơ bản của hệ SI là:**

- a) m, kg, s, C, K, mol, Cd.
- b) cm, g, s, A, K, mol, Cd.
- c) m, kg, s, A, K, mol, Cd.
- d) Không có câu nào đúng.

**4) Bội số Giga của đơn vị là :**

- a)  $10^6$ .
- b)  $10^9$ .
- c)  $10^{12}$ .
- d)  $10^{15}$ .

**5) Ước số pico của đơn vị là :**

- a)  $10^{-15}$ .
- b)  $10^{-12}$ .
- c)  $10^{-9}$ .
- d)  $10^{-6}$ .

**6) Công thức thứ nguyên của đơn vị lực N (Newton) theo công thức  $F=ma$  là:**

- a)  $\text{kg.m/s}^2$
- b)  $[M][L]/[T]^2$
- c)  $[M][L][T]^{-2}$
- d) b và c đúng.

**7) Vận tốc ánh sáng bằng:**

- a)  $8.10^3$  m/s.
- b)  $3.10^8$  m/s.
- c) 300000 m/s.
- d) Không có câu nào đúng.

**8) Inch cũng là đơn vị đo độ dài dùng trong hệ SI:**

- a) Đúng
- b) Sai.
- c) Dùng ở Anh Mỹ
- d) Không có đơn vị đó



**9) Cơ học nghiên cứu về :**

- a) Chuyển động của các vật thể tức là sự thay đổi vị trí của vật trong không gian theo thời gian.
- b) Chuyển động của các chất điểm tức là sự thay đổi vị trí của chất điểm trong không gian theo thời gian.
- c) Nguyên nhân lực tạo ra chuyển động
- d) Các câu đều sai

**10) Cơ học nghiên cứu về chuyển động với vận tốc lớn gần với vận tốc ánh sáng là:**

- a) Cơ học cổ điển
- b) Cơ học lý thuyết
- c) Cơ học tương đối
- d) Cơ học lượng tử

## Chương 2. ĐỘNG HỌC CHẤT ĐIỂM

### Bài 1. Các đại lượng động học chất điểm

❖ **Mục tiêu học tập:** Sau khi học xong bài này, người học có thể:  
*Xác định được trạng thái chuyển động của chất điểm.*

#### I. Đối tượng nghiên cứu:

##### 1. Khái niệm về chất điểm:

Một vật chuyển động có kích thước rất nhỏ so với quãng đường mà nó chuyển động được xem như là một chất điểm chuyển động.

Thí dụ: khi xét Trái Đất chuyển động trên quỹ đạo quanh Mặt Trời thì Trái Đất được xem là một chất điểm. Nhưng khi xét Trái Đất tự quay thì không thể xem nó là chất điểm.

##### 2. Đối tượng nghiên cứu:

Động học chất điểm là một phần của Cơ học, nghiên cứu chuyển động của chất điểm, mà chưa xét đến nguyên nhân gây ra chuyển động đó.

#### II. Hệ quy chiếu:

**1. Định nghĩa:** là một hệ gồm một vật làm mốc, một hệ trục tọa độ với gốc tọa độ gắn vào vật làm mốc, một đồng hồ để đo thời gian. Hệ quy chiếu được dùng để xác định vị trí trong không gian và đo thời gian chuyển động của chất điểm khi khảo sát chuyển động của chất điểm.

Thông thường hệ quy chiếu được chọn sao cho việc nghiên cứu chuyển động là đơn giản nhất.

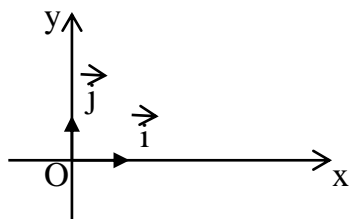
##### 2. Hệ tọa độ ĐềCac (Descartes):

a. Hệ tọa độ Đềcac 2 chiều: (hình 1).

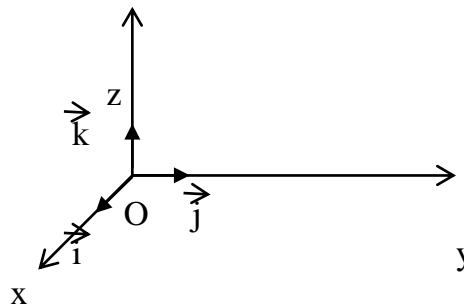
Là hệ gồm hai trục tọa độ vuông góc nhau Ox, Oy chia mặt phẳng thành 4 phần

b. Hệ tọa độ Đềcac 3 chiều: (hình 2)

Là hệ gồm ba trục tọa độ vuông góc từng đôi một Ox, Oy, Oz tạo thành tam diện thuận Oxyz .



hình 1

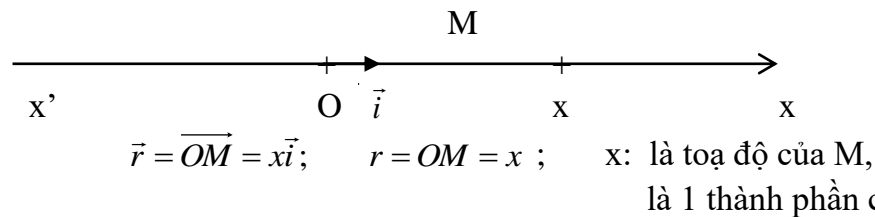


hình 2

### 3. Xác định vị trí của chất điểm chuyển động trong không gian:

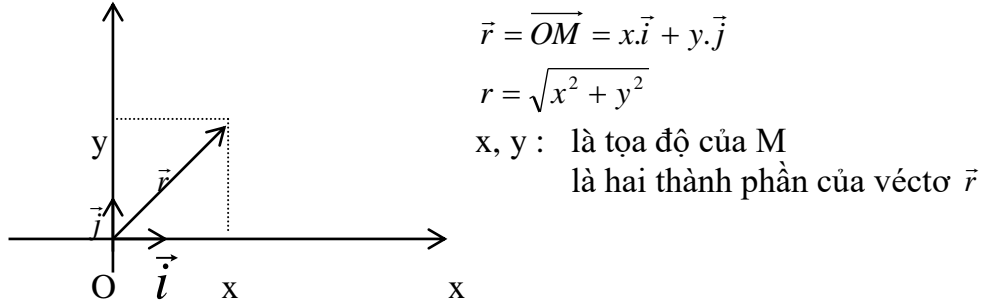
Khi khảo sát chuyển động của chất điểm M bất kỳ trong một hệ quy chiếu với hệ tọa độ xác định, vị trí của chất điểm được xác định bằng bán kính vectơ  $\vec{r}$  (nối từ gốc tọa độ O tới vị trí của chất điểm) và các thành phần tọa độ của hệ. Cụ thể như sau:

- Trong trường hợp chất điểm chỉ chuyển động theo một phương, ta chọn hệ tọa độ là một trục tọa độ ( $x'Ox$ ) theo phương chuyển động, vị trí của chất điểm được xác định bởi:



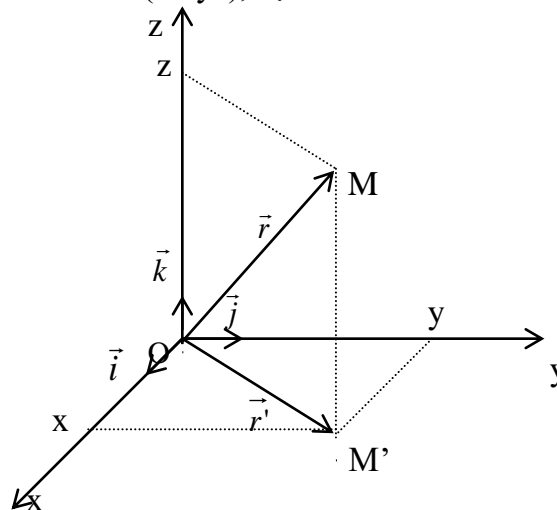
Hình 2.

- Trong trường hợp chất điểm chuyển động trong mặt phẳng, thông thường ta chọn hệ tọa độ Đêcác hai chiều ( $Oxy$ ) trong mặt phẳng đó, vị trí của chất điểm được xác định bởi:



Hình 3.

- Trong trường hợp chất điểm chuyển động trong không gian, thông thường ta chọn hệ tọa độ Đêcác ba chiều ( $Oxyz$ ), vị trí của chất điểm được xác định bởi:



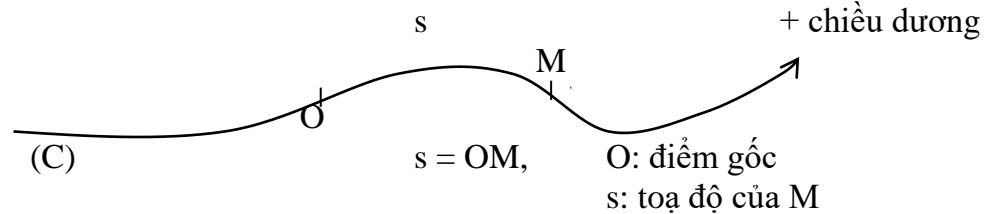
Hình 4.

$$\vec{r} = \overrightarrow{OM} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

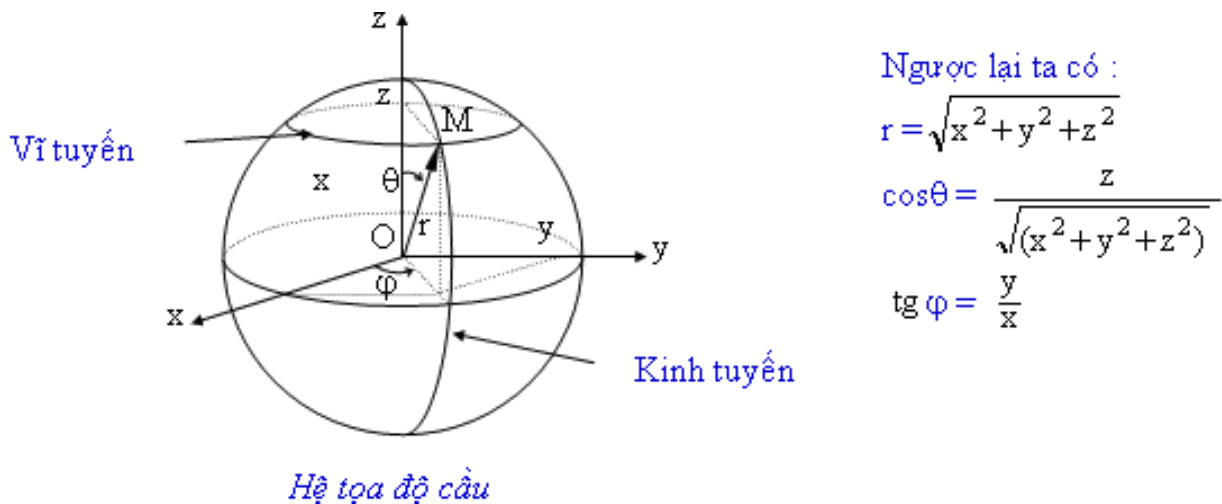
$x, y, z$  : là tọa độ của  $M$ , là ba thành phần của véctor  $\vec{r}$

- Trong trường hợp chất điểm chuyển động trên một đường cong (C) bất kỳ nào đó, ta có thể chọn đường cong (C) làm đường tọa độ, vị trí của chất điểm được xác định bởi:



Hình 5.

- Ngoài các hệ tọa độ trên, người ta còn các hệ tọa độ sau:
  - + Hệ tọa độ Cực cho trường hợp chuyển động trong mặt phẳng
  - + Hệ tọa độ Cầu, Trụ cho trường hợp chuyển động trong không gian.
 (Các hệ tọa độ này được xác định đối với các chuyển động có tính đối xứng Cầu, Trụ)



Ngược lại ta có :

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

$$\cos\theta = \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{y}{x}$$

Hình 7.

### III. Phương trình chuyển động và Phương trình quỹ đạo

#### 1. Phương trình chuyển động

- Định nghĩa: Là phương trình xác định vị trí của chất điểm trong không gian ở mọi thời điểm khác nhau, có dạng là một phương trình biểu diễn sự phụ thuộc của tọa độ theo thời gian như sau:

- Dạng tổng quát:  $\vec{r} = \vec{r}(t)$  (1)

- Trong hệ tọa độ Đề các:  $x = x(t), y = y(t), z = z(t)$  (2)

- Theo đường chuyển động của chất điểm:  $s = s(t)$  (3)

b. Thí dụ: phương trình chuyển động của chất điểm trong hệ tọa độ Đề các như sau:

$$x = 2t^2 + 1, \quad y = t, \quad z = 2.$$

## 2. Phương trình quỹ đạo

a. Quỹ đạo của chất điểm: là một đường liên tục mà chất điểm chuyển động trong không gian vạch ra.

b. Phương trình quỹ đạo: Là phương trình biểu diễn hình dạng của quỹ đạo, có dạng là phương trình biểu diễn quan hệ giữa các thành phần tọa độ  $(x, y, z)$  của chất điểm chuyển động.

Để tìm phương trình quỹ đạo, ta khử tham số thời gian “ $t$ ” ở phương trình chuyển động.

c. Thí dụ: Cho phương trình chuyển động của chất điểm là:

$$x = t, \quad y = 2t^2 + 1, \quad z = 2.$$

Ta có:

- Phương trình quỹ đạo là:  $y = 2x^2 + 1, z = 2$

- Suy ra quỹ đạo của chất điểm là đường Parabol trong mặt phẳng song song với mặt phẳng Oxy.

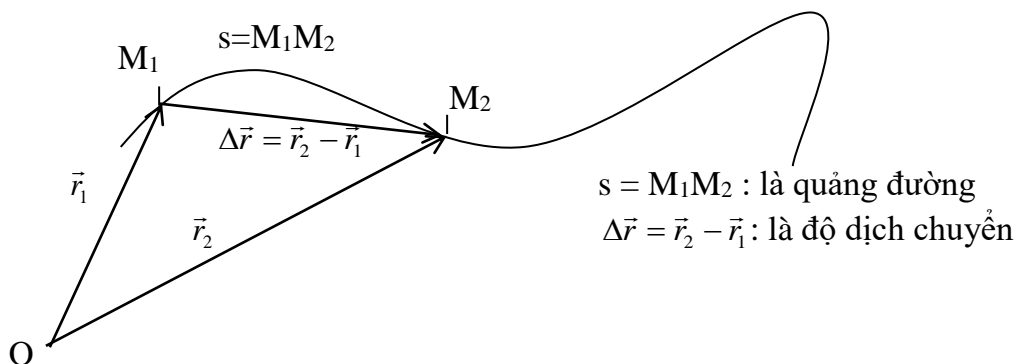
## IV. Vận tốc

### 1. Khái niệm vận tốc

Khi chất điểm chuyển động trong không gian, tọa độ của nó thay đổi theo thời gian, để xác định độ thay đổi nhanh hay chậm của sự biến thiên tọa độ theo thời gian, người ta đưa ra khái niệm vận tốc.

### 2. Tốc độ trung bình và Vận tốc trung bình

- Xét chuyển động của chất điểm M trên quỹ đạo bất kỳ (C), trong một hệ tọa độ nào đó với gốc tọa độ là O.



Hình 8.

- Giả sử:

+ Ở thời điểm  $t_1$  chất điểm ở vị trí  $M_1$  xác định bởi bán kính vectơ  $\vec{r}_1$

- + Ở thời điểm  $t_2$ , tức là sau khoảng thời gian  $\Delta t = t_2 - t_1$ , chất điểm ở vị trí  $M_2$  xác định bởi bán kính vectơ  $\vec{r}_2$
- Khi này, ta xác định được các đại lượng sau:
  - + Quãng đường chất điểm di chuyển được là:  $s = M_1M_2$
  - + Độ dịch chuyển của chất điểm là:  $\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$ , là một vectơ nối điểm đầu và điểm cuối.
- Người ta định nghĩa:
  - + Tốc độ trung bình của chất điểm trên quãng đường  $s$  trong khoảng thời gian  $\Delta t = t_2 - t_1$  là :

$$v_{tb} = \frac{s}{\Delta t} \quad (4)$$

mô tả độ nhanh chậm của chuyển động trong khoảng thời gian  $\Delta t = t_2 - t_1$ .

- + Vận tốc trung bình của chất điểm trên độ dịch chuyển  $\Delta \vec{r}$  trong khoảng thời gian  $\Delta t = t_2 - t_1$  là :

$$\vec{v}_{tb} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \quad (5)$$

với:

- Phương và chiều của  $\vec{v}_{tb}$  cùng phương chiều với  $\Delta \vec{r}$ , mô tả phương và chiều dịch chuyển của chất điểm (từ  $M_1$  đến  $M_2$ ).
- Độ lớn vận tốc trung bình ( $|\vec{v}_{tb}|$ ) mô tả độ nhanh chậm của chuyển động trong khoảng thời gian  $\Delta t = t_2 - t_1$

### 3. Vận tốc tức thời (gọi tắt là vận tốc)

- Nhận xét:
  - + Vận tốc trung bình chưa mô tả được chính xác độ nhanh chậm của chuyển động tại các thời điểm khác nhau trong khoảng thời gian  $\Delta t$ .
  - + Ta thấy: khi cho  $t_2 \rightarrow t_1 \Rightarrow M_2 \rightarrow M_1$  thì vận tốc trung bình sẽ dần đến giới hạn có thể mô tả chính xác độ nhanh chậm của chuyển động tại thời điểm  $t_1$  ở vị trí  $M_1$ .
- Người ta gọi vector:  $\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$  (6) là vector vận tốc tức thời (hay vận tốc) của chất điểm ở thời điểm  $t_1$ , tại điểm  $M_1$  (hay chính xác hơn là trong khoảng thời gian lân cận với thời điểm  $t_1$  và lân cận điểm  $M_1$ ).
- + Ý nghĩa của vector vận tốc:
  - Về Toán học:  $\vec{v}$  bằng đạo hàm của  $\vec{r}$  theo thời gian, cùng phương chiều với vector  $d\vec{r}$ .

- Về Vật lý học: vận tốc tức thời là vận tốc trung bình trong một khoảng thời gian vô cùng bé (vi phân  $dt$ ) tương ứng với độ dịch chuyển vô cùng bé (vi phân  $d\vec{r}$ ).

+ Phương, chiều, độ lớn của vector vận tốc:

- Phương:  $\vec{v}$  có phương tiếp tuyến với quỹ đạo,
- Chiều: là chiều chuyển động của chất điểm (cùng chiều với vector  $d\vec{r}$ ).
- Độ lớn :  $v = |\vec{v}| = \frac{|d\vec{r}|}{dt} = \frac{ds}{dt}$  ( $ds = |d\vec{r}|$ , do cung  $ds$  là vô cùng bé)

#### 4. Thứ nguyên và đơn vị của vận tốc

a. Thứ nguyên :  $[v] = \frac{[L]}{[T]} = \frac{L}{T} = L.T^{-1}$

b. Đơn vị: Trong hệ SI đơn vị của vận tốc là : m/s hay  $m.s^{-1}$

#### 5. Vector vận tốc trong hệ tọa độ ĐềCác:

a. Vector vận tốc trung bình:

$$\vec{r}_1 = x_1\vec{i} + y_1\vec{j} + z_1\vec{k}; \quad \vec{r}_2 = x_2\vec{i} + y_2\vec{j} + z_2\vec{k}$$

$$\Rightarrow \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = (x_2 - x_1)\vec{i} + (y_2 - y_1)\vec{j} + (z_2 - z_1)\vec{k}$$

Ta có: 
$$\Rightarrow \vec{v}_{tb} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}\vec{i} + \frac{y_2 - y_1}{t_2 - t_1}\vec{j} + \frac{z_2 - z_1}{t_2 - t_1}\vec{k}$$

$$\Rightarrow \vec{v}_{tb} = v_{tbx}\vec{i} + v_{tby}\vec{j} + v_{tbz}\vec{k}$$

$$v_{tb} = \sqrt{v_{tbx}^2 + v_{tby}^2 + v_{tbz}^2}$$

Với :  $v_{tbx} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$  : là vận tốc trung bình theo phương x

$v_{tby} = \frac{y_2 - y_1}{t_2 - t_1}$  : là vận tốc trung bình theo phương y

$v_{tbz} = \frac{z_2 - z_1}{t_2 - t_1}$  : là vận tốc trung bình theo phương z

b. Vector vận tốc:

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k};$$

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

Ta có:

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

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

Với :  $v_x = \frac{dx}{dt}$  : là vận tốc theo phương x

$v_y = \frac{dy}{dt}$  : là vận tốc theo phương y

$v_z = \frac{dz}{dt}$  : là vận tốc theo phương z

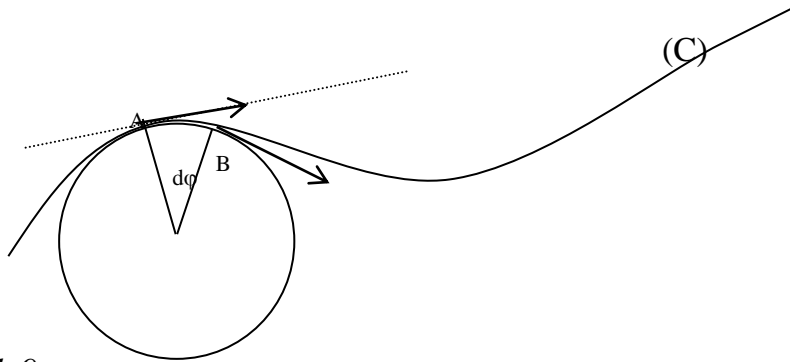
## V. Gia tốc:

### 1. Khái niệm gia tốc:

Nói chung, vận tốc của một chất điểm chuyển động luôn luôn thay đổi cả về phương, chiều và độ lớn. Để xác định mức độ nhanh hay chậm của sự biến thiên vận tốc (cả phương, chiều và độ lớn) của chất điểm theo thời gian, người ta đưa ra khái niệm gia tốc.

### 2. Gia tốc trung bình và gia tốc tức thời:

- Xét chuyển động của chất điểm trên đường cong C bất kỳ.



Hình 9.

- Giả sử, tại thời điểm  $t_1$ , nó đi qua A với vận tốc là  $\vec{v}_1$ , tại thời điểm  $t_2$ , nó đi qua B với vận tốc là  $\vec{v}_2$ .

Vậy: trong khoảng thời gian  $\Delta t = t_2 - t_1$ , vận tốc của nó đã biến thiên một lượng là:  $\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ .

- Người ta định nghĩa:

+ Vector :  $\vec{a}_{tb} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$  (7) là gia tốc trung bình của chất điểm trên quãng đường AB

+ Vector :  $\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}$  (8) là gia tốc tức thời (hay gọi tắt là gia tốc) của chất điểm ở thời điểm  $t_1$ , tại điểm A (hay chính xác hơn là trong khoảng thời gian lân cận với thời điểm  $t_1$  và lân cận điểm A).

Với các thành phần về phương và chiều và độ lớn của vector gia tốc  $\vec{a}$  như sau:

- Phương, chiều: cùng phương chiều với độ biến thiên vận tốc,

- Độ lớn được xác định theo biểu thức:  $a = |\vec{a}| = \frac{|d\vec{v}|}{dt}$



### 3. Thứ nguyên và đơn vị của gia tốc

a. Thứ nguyên:  $[A] = \frac{[V]}{[T]} = \frac{L.T^{-1}}{T} = L.T^{-2}$

b. Đơn vị: trong hệ SI, gia tốc có đơn vị là:  $m/s^2$  hay  $m.s^{-2}$

### 4. Vectơ gia tốc trong hệ tọa độ Đêcác:

Trong hệ tọa độ Đêcác, ta có:

$$\begin{aligned}\vec{v} &= v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k} \\ \Rightarrow \vec{a} &= \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt} \vec{i} + \frac{dv_y}{dt} \vec{j} + \frac{dv_z}{dt} \vec{k} \\ \Rightarrow \vec{a} &= a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k} \\ a &= \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}\end{aligned}$$

Với:  $a_x = \frac{dv_x}{dt}$  : thành phần gia tốc theo phương x

$a_y = \frac{dv_y}{dt}$  : thành phần gia tốc theo phương y

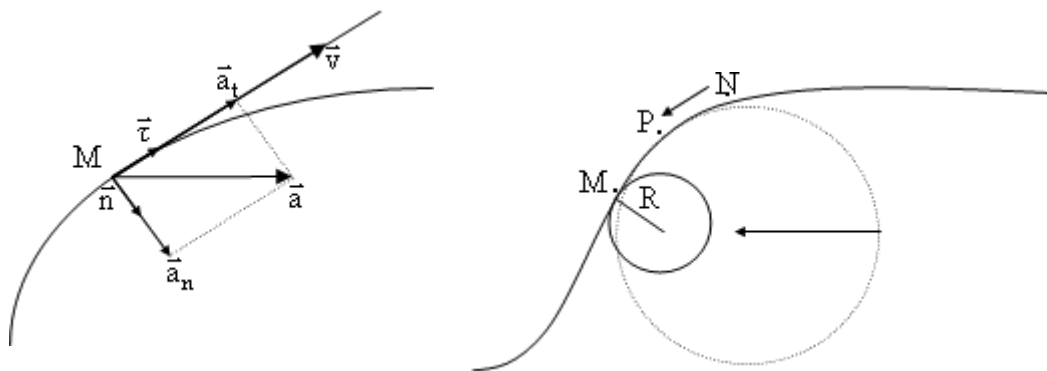
$a_z = \frac{dv_z}{dt}$  : thành phần gia tốc theo phương z

### 5. Thành phần gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến.

Gọi:  $\vec{\tau}$  là vectơ đơn vị theo phương tiếp tuyến của đường cong C tại A.

$\vec{n}$  là vectơ đơn vị theo phương pháp tuyến chính hướng vào tâm vòng tròn mật tiếp với đường cong (C) tại A.

Giải thích: đường tròn mật tiếp với đường cong tại M là đường tròn tiếp xúc với đường cong tại M (đúng ra là tiếp xúc với một khoảng lân cận điểm M); bán kính của đường tròn mật tiếp gọi là “bán kính chính khúc” hay “bán kính cong của đường cong tại điểm tiếp xúc.



Hình 10.

Vận tốc của chất điểm tại A được viết là:

$$\vec{v} = \frac{ds}{dt} \vec{\tau} = v \vec{\tau}$$

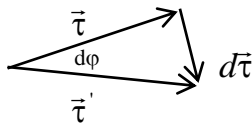
Ta có: 
$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d(v\vec{\tau})}{dt} = \frac{dv}{dt} \vec{\tau} + v \frac{d\vec{\tau}}{dt} \quad (a)$$

Trong đó:

$$\frac{d\vec{\tau}}{dt} = \frac{d\vec{\tau}}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{ds} \cdot \frac{ds}{dt} \quad (b)$$

Với: 
$$\frac{ds}{dt} = v; \quad \frac{d\varphi}{ds} = \frac{1}{R}; \quad |d\vec{\tau}| = d\varphi \quad (c)$$

Gọi:  $\vec{\tau}'$  là vectơ đơn vị theo phương tiếp tuyến với đường cong tại B  
ta có:  $d\vec{\tau} = \vec{\tau}' - \vec{\tau}$  và  $|d\vec{\tau}| = d\varphi$  do  $d\vec{\tau}$  là vô cùng bé.



Vì  $\vec{\tau}$  là vectơ đơn vị nên:

$$\vec{\tau}^2 = 1 \quad \Rightarrow d\vec{\tau}^2 = 2\vec{\tau}d\vec{\tau} = 0; \quad \Rightarrow \vec{\tau} \perp d\vec{\tau}$$

Gọi:  $\vec{n}$  là vectơ đơn vị nằm trên pháp tuyến chính hướng vào tâm vòng tròn mật tiếp ( $\vec{n} // d\vec{\tau}$ )

Từ  $|d\vec{\tau}| = d\varphi$ , ta viết được:  $d\vec{\tau} = |d\vec{\tau}| \vec{n} = d\varphi \vec{n} \Rightarrow \frac{d\vec{\tau}}{d\varphi} = \vec{n} \quad (d)$

Từ (b, c, d), ta có:  $\frac{d\vec{\tau}}{dt} = \frac{v}{R} \vec{n}$ , thay vào biểu thức (6a), ta được:

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{\tau} + \frac{v^2}{R} \vec{n} \quad (10)$$

Vậy vectơ gia tốc có hai thành phần:

- Thành phần:  $\vec{a}_\tau = \frac{dv}{dt} \vec{\tau}$  là gia tốc tiếp tuyến, đặc trưng cho sự thay đổi về độ lớn của vận tốc theo phương quỹ đạo.

- Thành phần:  $\vec{a}_n = \frac{v^2}{R} \vec{n}$  là gia tốc pháp tuyến, đặc trưng cho sự thay đổi phương của vận tốc. Gia tốc pháp tuyến luôn hướng về phía lõm của quỹ đạo, vào tâm vòng tròn mật tiếp, nên cũng được gọi là gia tốc hướng tâm.

Ta gọi vectơ  $\vec{a}$  là gia tốc toàn phần

và biểu thức (10) được viết lại là:

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n = a_\tau \vec{\tau} + a_n \vec{n} \quad (11)$$

với biểu thức độ lớn của gia tốc toàn phần:

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$$

## Bài 2. Một số chuyển động đơn giản của chất điểm

❖ **Mục tiêu học tập:** Sau khi học xong bài này, người học có thể:  
*Nhận diện và phân tích được các loại chuyển động đơn giản của chất điểm.*

Tính chất của vận tốc và gia tốc của chất điểm là căn cứ để xác định tính chất của chuyển động của nó.

### I. Chuyển động đều

1. Định nghĩa: Chuyển động đều là chuyển động mà độ lớn của vận tốc không thay đổi:

- Biểu thức:  $v = v_0 = \text{hằng số}$
- Gia tốc tiếp tuyến:  $\vec{a}_\tau = \frac{dv}{dt} \vec{\tau} = 0$
- Gia tốc pháp tuyến: một cách tổng quát  $\vec{a}_n \neq 0$  (do quỹ đạo có thể là một đường cong bất kỳ trong không gian), nếu đồng thời gia tốc pháp tuyến bằng không thì ta có chuyển động là thẳng đều.

2. Phương trình chuyển động:

Ta có:

$$\begin{aligned}v &= \frac{ds}{dt}; \\ \Rightarrow ds &= v \cdot dt \\ \Rightarrow \int_{s_0}^s ds &= \int_0^t v \cdot dt \\ \Rightarrow s - s_0 &= v_0 t \quad (11)\end{aligned}$$

Phương trình (11) là phương trình chuyển động trên quỹ đạo của chất điểm, ở thời điểm ban đầu  $t = 0$ , chất điểm tọa độ ban đầu trên quỹ đạo là  $s_0$ , ở thời điểm bất kỳ  $t$ , chất điểm tọa độ ban đầu trên quỹ đạo là  $s$ .

### II. Chuyển động biến đổi đều

1. Định nghĩa: chuyển động biến đổi đều là chuyển động mà gia tốc tiếp tuyến có giá trị không đổi:

- Biểu thức:  $a_\tau = \frac{dv}{dt} = \text{hằng số.}$
- Gia tốc pháp tuyến: một cách tổng quát  $\vec{a}_n \neq 0$  (do quỹ đạo có thể là một đường cong bất kỳ trong không gian), nếu đồng thời gia tốc pháp tuyến bằng không thì ta có chuyển động là thẳng biến đổi đều.

2. Phương trình vận tốc:

Ta có: 
$$\int_{v_0}^v dv = \int_0^t a_\tau dt$$

$$\Rightarrow v - v_0 = a_\tau t \quad (12)$$

Phương trình (12) là phương trình vận tốc của chất điểm chuyển động biến đổi đều: tại thời điểm ban đầu  $t = 0$ , độ lớn vận tốc của chất điểm là  $v_0$ ; tại thời điểm  $t$  bất kỳ, độ lớn vận tốc của chất điểm là  $v$ .

3. Phương trình chuyển động:

$$ds = v \cdot dt$$

Ta có: 
$$\Rightarrow \int_{s_0}^s ds = \int_0^t v \cdot dt = \int_0^t (v_0 + a_\tau t) dt$$

$$\Rightarrow s - s_0 = v_0 t + \frac{1}{2} a_\tau t^2 \quad (13)$$

Phương trình (13) là phương trình chuyển động biến đổi đều trên quỹ đạo của chất điểm, ở thời điểm ban đầu  $t = 0$ , chất điểm tọa độ ban đầu trên quỹ đạo là  $s_0$ ; ở thời điểm bất kỳ  $t$ , chất điểm tọa độ trên quỹ đạo là  $s$ .

Từ (12) và (13), ta xác định được công thức sau:

$$v^2 - v_0^2 = 2a_\tau(s - s_0) \quad (14)$$

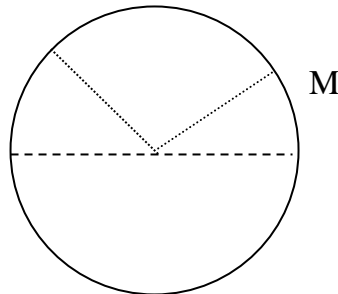
Lưu ý: Trong trường chuyển động bất kỳ, gia tốc biến thiên theo thời gian, ta có các phương trình vận tốc và tọa độ như sau:

$$\int_{v_0}^v dv = \int_0^t a_\tau dt \quad (15)$$

$$\int_{s_0}^s ds = \int_0^t v \cdot dt \quad (16)$$

### III. Chuyển động tròn

1. Định nghĩa: là chuyển động theo quỹ đạo là một đường tròn nằm trong một mặt phẳng xác định:



Hình 11.

2. Vận tốc góc trung bình:

Định nghĩa: 
$$\omega_{tb} = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \quad (17)$$

3. Vận tốc góc:

- Định nghĩa độ lớn: 
$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt} \quad (18)$$

- Phương chiều:

+ Phương: Vuông góc với mặt phẳng quỹ đạo

+ Chiều: theo quy tắc cái đinh ốc, (hoặc bàn tay phải)

+ Ý nghĩa: vectơ vận tốc góc đặc trưng cho độ nhanh hay chậm của sự biến thiên góc quay và chiều quay của chất điểm theo thời gian.

4. Thứ nguyên và đơn vị vận tốc góc:

- Thứ nguyên: 
$$[\omega] = \frac{[\varphi]}{[T]} = \frac{1}{T} = T^{-1} \quad (\text{góc không có thứ nguyên})$$

- Đơn vị: rad/s

5. Liên hệ giữa vận tốc góc và vận tốc dài:

$$ds = R.d\varphi$$

Ta có: 
$$\Rightarrow \frac{ds}{dt} = R \cdot \frac{d\varphi}{dt}$$

$$\Rightarrow v = R\omega \quad (19)$$

$$\text{hay: } \vec{v} = \vec{\omega} \wedge \vec{r} \quad (20)$$

Với :  $\vec{r}$  là bán kính vectơ của chất điểm trong trường hợp chất điểm quay quanh một trục.

6. Vectơ gia tốc góc  $\vec{\varepsilon}$ :

- Định nghĩa: là một vectơ cùng giá với vectơ vận tốc góc, được xác định bằng hệ

thức: 
$$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \quad (21)$$

+ Độ lớn: 
$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2} \quad (22)$$

+ Thứ nguyên:  $[\varepsilon] = T^{-2}$

+ Đơn vị: rad/s<sup>2</sup>

7. Liên hệ giữa gia tốc góc và gia tốc tiếp tuyến trên quỹ đạo:

Ta có: 
$$a_\tau = \frac{dv}{dt} = \frac{d(R\omega)}{dt} = R \frac{d\omega}{dt} = R\varepsilon \quad (23)$$

8. Phương trình vận tốc góc và phương trình chuyển động tròn biến đổi đều:

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon.t \quad (24)$$

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \varepsilon.t^2 \quad (25)$$

#### IV. Một số chuyển động tự do chỉ dưới ảnh hưởng của sức hút của Trái Đất:

##### 1. Sự rơi tự do:

a. Định nghĩa: “Sự rơi của các vật chỉ dưới tác dụng của Trái Đất với vận tốc ban đầu bằng không được gọi là sự rơi tự do”.

b. Gia tốc rơi tự do:

Thực nghiệm chứng tỏ rằng đối với các vật rơi tự do ở gần bề mặt Trái Đất (độ cao  $h \ll R$ : là bán kính Trái Đất), tại một vị trí địa lý nhất định thì có gia tốc không đổi đối với mọi vật và có giá trị bằng  $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ . Người ta gọi  $\vec{g}$  là gia tốc rơi tự do, có chiều thẳng đứng hướng xuống. Gia tốc rơi tự do không phụ thuộc vào các đặc trưng của vật như: khối lượng, khối lượng riêng hoặc hình dáng.

c. Các phương trình chuyển động rơi tự do:

- Ta thấy tính chất của chuyển động rơi tự do là chuyển động thẳng nhanh dần đều.
- Chọn trục tọa độ là trục Oy thẳng đứng có chiều dương từ trên xuống dưới, có gốc O tại vị trí ban đầu của vật Ta có phương trình vận tốc và tọa độ của vật như sau:

$$+ \text{ Vận tốc: } v = v_0 + at = gt \quad (26)$$

$$+ \text{ Tọa độ: } \begin{cases} y - y_0 = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 & (27a) \\ \Rightarrow y = \frac{1}{2} gt^2 & (27b) \end{cases}$$

d. Ghi chú: Đối với một vật bất kỳ chuyển động tự do chỉ dưới tác dụng của Trái Đất thì có gia tốc  $\vec{a} \equiv \vec{g}$ , nghĩa là có chiều thẳng đứng hướng xuống và có độ lớn được xác định như sau:

- $a = g$  nếu  $\vec{a}$  cùng chiều với trục tọa độ.
- $a = -g$  nếu  $\vec{a}$  ngược chiều với trục tọa độ.

##### 2. Chuyển động ném đứng

a. Mô tả: là chuyển động của một vật được ném thẳng đứng từ dưới lên với vận tốc ban đầu là  $v_0$ .

b. Phương trình vận tốc và tọa độ của vật:

Chọn trục tọa độ là trục Oy thẳng đứng có chiều dương từ dưới lên, có gốc O tại vị trí ném vật. Ta có:

$$\text{Gia tốc: } a = -g \quad (28)$$

$$\text{Vận tốc: } v = v_0 - gt \quad (29)$$

$$\text{Tọa độ: } y = v_0 t - \frac{1}{2} gt^2 \quad (30)$$

### 3. Chuyển động ném ngang:

a. Mô tả: là chuyển động của một vật được ném theo phương ngang với vận tốc ban đầu là  $v_0$ .

b. Phương trình vận tốc và tọa độ của vật:

- Chuyển động của vật ném ngang nằm trong mặt phẳng thẳng đứng chứa  $\vec{v}_0$ , bao gồm hai chuyển động thành phần:

+ Chuyển động đều theo phương ngang với vận tốc ban đầu là  $v_{0x} = v_0$

+ Chuyển động rơi tự do theo phương thẳng đứng  $v_{0y} = 0$

- Chọn hệ trục tọa độ là hệ trục tọa độ Đêcac Oxy trong mặt phẳng chuyển động của vật với gốc O tại vị trí ban đầu của vật, trục Ox cùng chiều với chuyển động ngang, trục tung Oy hướng xuống dưới.

Ta có:

$$\text{Gia tốc: } a_x = 0; \quad a_y = g \quad (31)$$

$$\text{Vận tốc: } v_x = v_{0x} = v_0 \quad v_y = gt \quad (32)$$

$$\text{Tọa độ: } x = v_{0x}t = v_0t \quad y = \frac{1}{2}gt^2 \quad (33)$$

### 4. Chuyển động ném xiên

a. Mô tả: là chuyển động của một vật được ném theo phương xiên hợp với phương ngang 1 góc  $\alpha$  với vận tốc ban đầu là  $v_0$ .

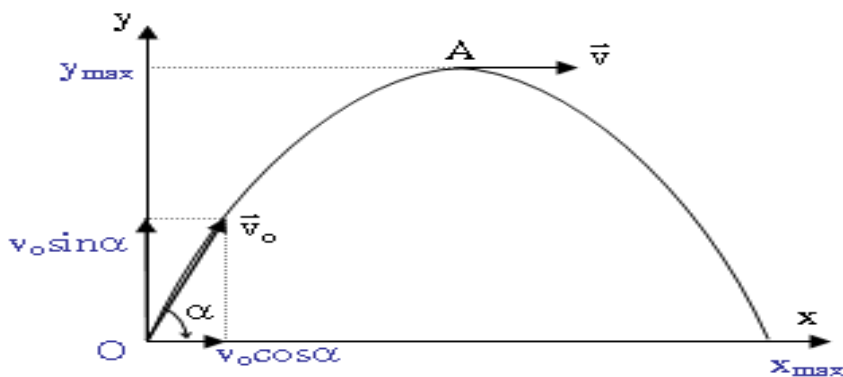
b. Phương trình vận tốc và tọa độ của vật:

- Chuyển động của vật ném xiên nằm trong mặt phẳng thẳng đứng chứa  $\vec{v}_0$ , bao gồm hai chuyển động thành phần:

+ Chuyển động đều theo phương ngang với vận tốc ban đầu là:  $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$

+ Chuyển động theo phương thẳng đứng như chuyển động ném đứng với vận tốc ban đầu là:  $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$

- Chọn hệ trục tọa độ là hệ trục tọa độ Đêcac Oxy trong mặt phẳng chuyển động của vật với gốc O tại vị trí ban đầu của vật, trục Ox cùng chiều với chuyển động ngang, trục tung Oy hướng lên trên.



Hình 12.

Ta có:

Gia tốc:  $a_x = 0;$

$$a_y = -g \quad (34)$$

Vận tốc:  $v_x = v_{0x} = v_0 \cos \alpha ;$

$$v_y = v_{0y} - gt = v_0 \sin \alpha - gt \quad (35)$$

Toạ độ :  $x = v_{0x}t = (v_0 \cos \alpha)t$

$$y = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 = (v_0 \sin \alpha)t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (36)$$



**PHẦN LUYỆN TẬP :**  
**Trả lời câu hỏi và giải bài tập về ĐỘNG HỌC CHẤT ĐIỂM**

**CÂU HỎI**

**Các phát biểu sau đây là đúng hay sai? Giải thích.**

1. Một chất điểm chuyển động tròn đều thì gia tốc bằng không?
2. Vectơ gia tốc tức thời luôn luôn cùng phương với chuyển động?
3. Nếu gia tốc tiếp tuyến bằng không thì vectơ vận tốc là không đổi?
4. Vectơ gia tốc tức thời luôn luôn cùng phương với vectơ vận tốc?
5. Chất điểm chuyển động biến đổi đều thì gia tốc bằng hằng số?
6. Vectơ vận tốc cùng phương với vectơ gia tốc?
7. Nếu vận tốc bằng hằng số thì gia tốc phải bằng không?
8. Cho hai vật có khối lượng  $m_1$  và  $m_2$  ( $m_1 > m_2$ ) rơi tự do ở cùng độ cao và cùng thời điểm thì hai vật sẽ chạm đất cùng lúc?
9. Không thể đi theo đường cong mà không có gia tốc?
10. Ở cùng một độ cao và một thời điểm, nếu đồng thời ta bắn ra một viên đạn theo ngang và cho một viên đạn khác rơi tự do. Hỏi hai viên đạn có chạm đất cùng lúc không (bỏ qua mọi sức cản của không khí)? Tại sao?

**CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM**

1 Một giọt nước mưa rơi tự do. Trong giây đầu tiên, nó dịch chuyển một đoạn  $S_1$  Trong giây thứ hai, nó dịch chuyển một đoạn  $S_2$ .. Tỷ số  $S_2/ S_1$  bằng :

- a) 1                      b) 2                      c) 3                      d) 4                      e) 8

2. Hòn đá có khối lượng  $M$ , được ném thẳng đứng với vận tốc là  $V_0$  thì nó đạt đến độ cao cực đại là  $H$ . Hòn đá có khối lượng  $2M$ , được ném thẳng đứng với vận tốc là  $2V_0$  thì nó đạt đến độ cao cực đại là:

- a)  $4H$                       b)  $2H$                       c)  $\sqrt{2} H$                       d)  $H$                       e)  $H/2$

3. Một quả táo rơi từ cửa sổ tầng lầu thứ 15, khi qua khỏi cửa sổ tầng thứ 10, người ta thả rơi tự do qua cửa sổ đó một ly nước. Hãy chọn một câu phát biểu đúng.

- a) Quả táo và ly nước chạm đất cùng một thời điểm.
- b) Khoảng cách giữa ly nước và quả táo trong khi rơi luôn được bảo toàn.
- c) Quả táo chạm đất trước ly nước.
- d) Khi chạm đất, ly nước và quả táo có cùng một vận tốc.

4. Một quả bóng chuyển động có quỹ đạo như hình vẽ. Ở tại vị trí có độ cao cực đại thì:

- a) Vận tốc và gia tốc có phương vuông góc với nhau .
- b) Vận tốc tức thời bằng không, gia tốc khác không.
- c) Gia tốc bằng không, vận tốc không xác định.
- d) Không thể xác định vận tốc.



5. Một hòn đá được ném ngang từ độ cao  $H$  với vận tốc đầu  $V_0$  đồng thời một hòn đá khác được thả rơi tự do cũng ở độ cao  $H$  thì:

- a) Hai hòn đá chạm đất với cùng một vận tốc.
- b) Hai hòn đá chạm đất cùng một thời điểm.
- c) Gia tốc của hai hòn đá là khác nhau.
- d) Hai hòn đá chạm đất cùng một vị trí.

**6. Chọn phát biểu ĐÚNG:**

- a) Vectơ vận tốc biểu thị sự chuyển động của hệ quy chiếu.
- b) Vectơ vận tốc là đạo hàm của quãng đường mà chất điểm đi được.
- c) Vectơ vận tốc có phương tiếp tuyến với quỹ đạo và chiều là chiều chuyển động.
- d) Không có câu nào đúng.

**7. Chọn phát biểu ĐÚNG:**

- a) Vectơ gia tốc biểu thị sự thay đổi nhanh chậm của chuyển động.
- b) Vectơ gia tốc biểu thị sự thay đổi về phương chiều và cả độ lớn của vectơ vận tốc.
- c) Vectơ gia tốc là đạo hàm của độ lớn vận tốc nhân với vectơ đơn vị tiếp tuyến với quỹ đạo.
- d) Vectơ gia tốc là đạo hàm của độ lớn vận tốc nhân với vectơ đơn vị pháp tuyến với quỹ đạo.

**8. Vectơ gia tốc tiếp tuyến:**

- a) Có chiều theo chiều vận tốc và độ lớn bằng đạo hàm độ lớn vận tốc.
- b) Biểu thị sự thay đổi về độ lớn của vận tốc và có chiều phụ thuộc vào sự thay đổi nhanh chậm của vectơ vận tốc.
- c) Biểu thị sự thay đổi hướng của chuyển động và luôn hướng về bề lõm của quỹ đạo.
- d) Không có câu nào đúng.

**9. Vectơ gia tốc pháp tuyến:**

- a) Biểu thị sự thay đổi hướng của chuyển động và luôn hướng về bề lõm của quỹ đạo.
- b) Có chiều theo chiều vận tốc và độ lớn bằng đạo hàm độ lớn vận tốc.
- c) Biểu thị sự thay đổi về độ lớn của vận tốc và có chiều phụ thuộc vào sự thay đổi nhanh chậm của vectơ vận tốc.
- d) Câu a và b đúng.

**10. Một vật chuyển động tròn đều có độ lớn gia tốc:**

- a) Bằng không.
- b) Biến thiên theo thời gian.
- c) Là hằng số khác không.
- d) Là hằng số bằng không hoặc khác không.

**11. Chất điểm chuyển động với phương trình:  $x=A\cos(\omega t)$ ;  $y=\sin(\omega t)$ . Quỹ đạo là:**

- a) Đường tròn tâm O bán kính A.
- b) Elip.
- c) Đường tròn tâm (A,0) và bán kính 1.
- d) Đường tròn tâm O và bán kính A.

**12. Chất điểm chuyển động với phương trình:  $x=A\cos(\omega t)$ ;  $y=B\sin(\omega t)$ . Quỹ đạo là:**

- a) Đường tròn tâm O bán kính A.
- b) Elip.
- c) Đường tròn tâm (A,0) và bán kính B.
- d) Không có câu nào đúng.

**13. Hai vật bị ném lên từ mặt đất với cùng vận tốc ban đầu trong trọng trường trái đất và bỏ qua sức cản không khí với góc ném  $50^\circ$  và  $40^\circ$ , kết luận nào sau đây ĐÚNG:**

- a) Tầm xa của hai vật như nhau
- b) Thời gian từ khi ném đến khi rơi chạm đất của hai vật như nhau.
- c) A và B đều đúng
- d) A và B đều sai

**14. Hai vật có khối lượng khác nhau bị ném lên từ mặt đất với cùng vận tốc ban đầu trong trọng trường trái đất và bỏ qua sức cản không khí, kết luận nào sau đây ĐÚNG:**

- a) Vật nặng rơi xuống trước
- b) Vật nhẹ rơi xuống trước
- c) Hai vật rơi xuống như nhau
- d) Các câu đều sai

**15. Một bánh xe quay nhanh dần đều đạt tốc độ góc  $\omega = 20 \text{ rad/s}$  sau khi quay được 10 vòng. Cho  $\omega_0 = 0$ . Gia tốc góc quay  $\omega$  bằng:**

- a)  $3,2 \text{ rad/s}^2$
- b)  $2,8 \text{ rad/s}^2$
- c)  $3,0 \text{ rad/s}^2$
- d)  $3,6 \text{ rad/s}^2$

## BÀI TẬP

**BÀI 1:** Một vật chuyển động biến đổi đều với vận tốc ban đầu  $v_0=18\text{km/h}$ . Quãng đường nó đi được trong giây thứ năm là  $4,5\text{m}$ . Tính: a. Gia tốc của vật. b. Quãng đường vật đi được sau 10s

**BÀI 2:** Tính vận tốc trung bình của một ô tô chuyển động trong hai trường hợp sau:

- Nửa thời gian đầu ô tô chuyển động với vận tốc  $80\text{km/h}$  và nửa thời gian sau nó chuyển động với vận tốc  $40\text{km/h}$ .
- Nửa quãng đường đầu ô tô chuyển động với vận tốc  $80\text{km/h}$  và nửa quãng đường sau nó chuyển động với vận tốc  $40\text{km/h}$ .

**BÀI 3:** Một chất điểm chuyển động thẳng theo phương trình :  $x = -1 + 3t^2 - 2t^3$  (m)

- Viết phương trình vận tốc và gia tốc của chất điểm.
- Chất điểm chuyển động trong thời gian bao lâu cho đến khi dừng lại?
- Tính vận tốc cực đại của chất điểm
- Tính vận tốc trung bình của chất điểm trong thời gian chuyển động.
- Sau bao lâu vận tốc trung bình của chất điểm đạt giá trị cực đại và giá trị ấy là bao nhiêu?

**BÀI 4:** Một chất điểm chuyển động trên một đường tròn bán kính  $r$  theo phương trình:

$$s = at^2 + bt$$

với  $a$  và  $b$  là những đại lượng không đổi. Tính vận tốc, gia tốc tiếp tuyến, gia tốc pháp tuyến và gia tốc toàn phần của chất điểm. Áp dụng bằng số:  $r = 2\text{m}$ ,  $a = 3\text{m/s}^2$ ,  $b = 1\text{m/s}$ ,  $t = 0,5\text{s}$ .

**BÀI 5:** Một tàu hoả chuyển động chậm dần đều trên quãng đường  $s=800\text{m}$  có dạng là một cung tròn bán kính  $R=800\text{m}$ . Vận tốc ở đầu quãng đường là  $v_0=54\text{km/h}$  và ở cuối quãng đường là  $v=18\text{km/h}$ . Tính: a. Gia tốc toàn phần của tàu tại điểm đầu và điểm cuối quãng đường.

- Thời gian cần thiết để tàu đi hết quãng đường đó.

**BÀI 6:** Một ô tô bắt đầu chuyển động với gia tốc  $0,5\text{m/s}^2$  đúng vào lúc một tàu điện vượt qua nó với vận tốc  $10\text{km/h}$ . Hỏi vận tốc của ô tô khi nó đuổi kịp tàu điện là bao nhiêu? Biết gia tốc của tàu điện là  $0,3\text{m/s}^2$ .

**BÀI 7:** Từ mặt đất người ta ném một vật lên cao theo phương thẳng đứng với vận tốc  $v_0=20\text{m/s}$ . Hãy tính:

- Độ cao cực đại mà vật đạt tới và thời gian để vật lên đến độ cao đó.
- Vận tốc lúc vật rơi đến mặt đất và thời gian từ lúc ném vật đến lúc vật rơi trở lại đến đất. Lấy  $g=10\text{m/s}^2$ .

**BÀI 8:** Một vật được ném lên từ mặt đất với vận tốc ban đầu  $\vec{v}_0$  hợp với phương ngang góc  $\alpha$ . Bỏ qua sức cản của không khí lên vật và độ cong của bề mặt Trái Đất. Cho biết gia tốc trọng trường tại nơi ném vật là  $g$ . Hãy xác định:

- Các phương trình chuyển động, vận tốc, gia tốc trong hệ tọa độ ĐềCac (Descartes) như hình vẽ
- Phương trình quỹ đạo của vật.
- Độ cao cực đại của vật
- Thời gian bay và tầm xa của vật
- Vận tốc của vật tại mỗi vị trí trên quỹ đạo và tại điểm rơi.
- Gia tốc tiếp tuyến, gia tốc pháp tuyến của vật, bán kính cong tại mỗi vị trí trên quỹ đạo

**BÀI 9:** Một máy bay bay ngang với vận tốc  $v_1$  ở độ cao  $h$  so với mặt biển, muốn thả bom trúng một tàu chiến đang chuyển động với vận tốc  $v_2$ , trong cùng mặt phẳng thẳng đứng với máy bay. Hỏi máy bay phải cắt bom khi nó ở cách tàu khoảng cách  $l$  theo phương ngang là bao nhiêu? Giải bài toán trong hai trường hợp (Bỏ qua sức cản của không khí.):

- Máy bay và tàu chiến chuyển động cùng chiều.
- Máy bay và tàu chiến chuyển động ngược chiều.

## Chương 3. ĐỘNG LỰC HỌC CHẤT ĐIỂM

### Bài 1. Khái niệm về lực

❖ **Mục tiêu học tập:** Sau khi học xong bài này, người học có thể:  
*Giải thích được sự tương tác và trình bày được khái niệm về lực*

#### I. Chuyển động và tương tác

##### 1. Đối tượng nghiên cứu của động lực học:

Động lực học chất điểm nghiên cứu chuyển động của chất điểm trong sự tương tác với các chất điểm khác, nghĩa là dự đoán tác dụng của các lực đặt vào nó.

##### 2. Khái niệm về tương tác:

Tương tác là quá trình tác dụng qua lại giữa các vật, quá trình tương tác giữa các vật là nguyên nhân làm thay đổi trạng thái chuyển động của chúng.

Các vật có hai cách tương tác khác nhau:

- Tương tác tiếp xúc diễn ra khi hai vật va chạm nhau, hoặc tiếp xúc nhau, đó là tương tác trực tiếp, diễn ra tức thời vào lúc hai vật tiếp xúc nhau.
- Tương tác từ xa diễn ra đối với các vật cách xa nhau, truyền đi với vận tốc hữu hạn không lớn hơn vận tốc ánh sáng, thông qua các trường vật lý.

#### II. Khái niệm về lực

##### 1. Khái niệm về lực (định tính):

- Lực là số đo tác dụng cơ học lên một vật, do các vật khác hoặc các trường lực đặt vào nó.
- Lực là một đại lượng vectơ: phương và chiều của nó trùng với phương và chiều của tác dụng, độ lớn của nó là độ lớn của tác dụng.

Đây là khái niệm định tính về lực, định nghĩa định lượng về lực sẽ được xác định từ định luật II Newton.

##### 2. Tác dụng của lực:

Lực làm cho vật chịu tác dụng thay đổi trạng thái chuyển động, hoặc bị biến dạng.

## Bài 2. Các định luật Newton

❖ **Mục tiêu học tập:** Sau khi học xong bài này, người học có thể:

- Trình bày 3 định luật của Newton
- Giải thích được bản chất và quy luật tương tác giữa các vật
- Áp dụng được công thức về lực để giải bài toán đề Động lực học chất điểm

### I. Định luật I Newton:

#### 1. Khái niệm về chuyển động quán tính:

Chuyển động với vận tốc giữ nguyên không đổi gọi là chuyển động theo quán tính hay chuyển động quán tính.

Chuyển động quán tính được Newton tổng quát thành định luật sau:

#### 2. Phát biểu Định luật I Newton:

“Nếu không có lực ngoài tác dụng vào vật hoặc các lực ngoài tác dụng vào vật cân bằng nhau, thì nó giữ nguyên trạng thái đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều”.

+ Do định luật I Newton nói lên chuyển động quán tính của các vật nên còn được gọi là định luật quán tính.

+ Quán tính: là tính chất của các vật giữ nguyên không đổi trạng thái chuyển động của chúng, khi không có lực ngoài tác dụng lên chúng hoặc các lực ngoài tác dụng lên chúng cân bằng nhau.

### II. Định luật II Newton:

Theo định luật I Newton, một vật không có lực ngoài tác dụng sẽ giữ nguyên chuyển động quán tính của nó. Vậy khi lực ngoài tác dụng vào vật, nó làm biến đổi chuyển động của vật như thế nào?

#### 1. Định luật II Newton

Qua các thí nghiệm, Newton đã xác định được mối liên hệ giữa lực tác dụng vào vật và gia tốc của vật; Ông phát biểu thành định luật như sau:

##### a. Phát biểu định luật II Newton:

“Gia tốc mà một vật thu được dưới tác dụng của một lực thì tỉ lệ thuận với lực và tỉ lệ nghịch với khối lượng của vật. Phương và chiều của gia tốc trùng với phương và chiều của lực tác dụng”

##### b. Biểu thức:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (37)$$

$$\text{hay: } \vec{F} = m\vec{a} \quad (38)$$

Biểu thức (37) và (38) là 2 biểu thức biểu diễn định luật II Newton.

#### 2. Định nghĩa định lượng về lực:

Từ biểu thức (38), người ta đưa ra định lượng chính xác của lực:

a. Phát biểu: “Lực là tích của khối lượng với gia tốc”

b. Thứ nguyên và đơn vị:

- Thứ nguyên:  $[F] = [M][A] = MLT^{-2}$

- Đơn vị:

Trong hệ SI, lực có đơn vị là:  $kg \cdot m/s^2$

Người ta quy ước sử dụng đơn vị của lực là Newton (ký hiệu: N) với:

$$1N = 1 \text{ kg } 1m/s^2$$

### 3. Định nghĩa định lượng về khối lượng:

- Từ biểu thức (37), ta thấy: để truyền cho vật một gia tốc nhất định nào đó, thì khi khối lượng của vật càng lớn, ta phải tác dụng một lực càng lớn.
- Vậy: khối lượng của một vật đặc trưng cho tính chất của vật đó chống lại sự thay đổi vận tốc, tức là **khối lượng đặc trưng cho quán tính của vật**.
- Ngoài ra, ta đã biết, khối lượng của một vật được xác định bởi phép cân vật. Phép cân vật được thực hiện dựa vào lực hấp dẫn mà Trái Đất tác dụng vào vật cần đo khối lượng. Vì vậy khối lượng đo bằng phép cân gọi là **khối lượng hấp dẫn**.
- Tóm lại, ta có thể phát biểu được định nghĩa tổng quát của khối lượng như sau: *“Khối lượng là một đặc trưng cơ bản của vật chất, xác định những tính chất Quán tính và Hấp dẫn của nó”*.

### 4. Dạng tổng quát của định luật II Newton:

Trong trường hợp tổng quát, dưới tác dụng của lực ngoài, vật thu được một gia tốc, do đó vận tốc của nó thay đổi, và khi vận tốc thay đổi thì khối lượng của vật cũng thay đổi. Cụ thể:

- Khối lượng của một hạt chuyển động với vận tốc lớn, so sánh được với vận tốc ánh sáng, tăng lên đáng kể
- Khối lượng của một tên lửa chuyển động cũng giảm dần, vì nhiên liệu bị đốt cháy và phụt ra ngoài.

Định luật II Newton được phát biểu như trên không áp dụng được cho các trường hợp này; một cách tổng quát định luật II Newton được phát biểu thông qua đại lượng biểu diễn vận tốc và khối lượng của vật như sau:

a. Khái niệm Động lượng: “Động lượng là một đại lượng vector bằng tích của khối lượng với vận tốc của vật đó, nó đặc trưng cho lượng chuyển động cơ học của vật (số đo chuyển động cơ học của vật)”:

- Biểu thức:  $\vec{p} = m\vec{v}$  (39)

$\vec{p}$ : là động lượng của vật.

- Thứ nguyên:  $[P] = [M][V] = MLT^{-1}$

- Đơn vị (hệ SI) là: kg.m/s

b. Phát biểu định luật II Newton dưới dạng tổng quát:

“Độ biến thiên động lượng của vật theo thời gian bằng lực tác dụng vào vật và có cùng hướng với lực”.

- Biểu thức: 
$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) \quad (40)$$

- Khi  $m =$  hằng số thì (40) thành:  $\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$  trở lại công thức (38)

### III. Định luật III Newton:

Ta biết, tác dụng giữa các vật bao giờ cũng là tương tác, nghĩa là quá trình tác dụng qua lại. Định luật I và II Newton mới chỉ nghiên cứu tác dụng một chiều của các vật khác lên vật mà ta xét chuyển động; mà chưa nói đến tác dụng ngược lại của vật ta xét lên các vật khác. Sự tương tác giữa các vật đã được Newton phát biểu thành định luật như sau:

1. **Phát biểu định luật:** “ Tương tác giữa hai vật với nhau thì bằng nhau và hướng ngược chiều nhau”

2. **Biểu thức:**

Xét tương tác giữa hai vật A và B:



Hình 13.

$\vec{F}_{AB}$ : là lực tác dụng của vật A lên vật B

$\vec{F}_{BA}$ : là phản lực của vật B lên vật A.

Ta có: 
$$\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB} \quad (41)$$

Vậy: Lực và phản lực có giá trị bằng nhau, cùng phương, ngược chiều, khác điểm đặt.

3. **Chú ý:** Định luật III Newton chỉ được nghiệm đúng khi trạng thái tương tác là ổn định (không thay đổi), hoặc khi khoảng cách giữa hai vật là nhỏ để có thể bỏ qua được thời gian truyền tương tác. Những lực tuân theo định luật III Newton được gọi là lực Newton.

### IV. Các lực trong tự nhiên

1. **Trọng lực:**

a. Định nghĩa: Là hợp lực của lực hấp dẫn của Trái Đất tác dụng vào vật và lực quán tính li tâm do Trái Đất tự quay gây ra. Thông thường, khi không cần độ chính xác cao, ta có thể bỏ qua lực quán tính li tâm.

b. Biểu thức (bỏ qua lực quán tính li tâm): 
$$\vec{P} = m\vec{g} \quad (42)$$



$\vec{P}$  là trọng lực tác dụng lên vật, có điểm đặt tại trọng tâm của vật; phương thẳng đứng, chiều hướng xuống.

$m$  : khối lượng của vật.

$\vec{g}$  : gia tốc trọng trường hay gia tốc rơi tự do.

**c. Trọng lượng:**

Trọng lượng là lực mà vật tác dụng vào giá đỡ hoặc dây treo đang ngăn cản không cho nó rơi tự do. Trọng lượng có điểm đặt trên giá đỡ hoặc dây treo; có độ lớn bằng độ lớn của trọng lực ( $P=mg$ , khi vật nằm yên hay chuyển động thẳng đều đối với Trái Đất). Độ lớn của trọng lượng thay đổi theo trạng thái chuyển động của giá đỡ hoặc dây treo đối với Trái Đất.

**2. Lực Đàn hồi:**

**a. Điều kiện xuất hiện:** Lực đàn hồi xuất hiện khi vật bị biến dạng trong phạm vi đàn hồi.

**b. Định luật Hooke:** Trong phạm vi giới hạn đàn hồi, lực đàn hồi tỉ lệ với độ biến dạng, cùng phương và hướng theo chiều chống lại chiều biến dạng:

$$\vec{F}_{dh} = -k\vec{x} \quad (43)$$

Với  $\vec{x}$  : là độ biến dạng của lò xo.

$k$ : là hệ số đàn hồi (đối với lò xo, được gọi là độ cứng của lò xo).

Dấu “-“ chỉ lực đàn hồi luôn ngược chiều với chiều biến dạng.

$\vec{F}_{dh}$  : là đàn hồi, là một lực biến thiên trong quá trình biến dạng.

**3. Lực ma sát:**

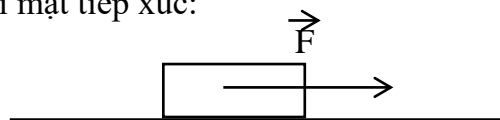
**a. Điều kiện xuất hiện:**

Khi một vật rắn chuyển động, ở mặt tiếp xúc giữa nó và các vật khác, hoặc giữa nó và môi trường lỏng bao quanh nó xuất hiện những lực ngăn cản chuyển động, gọi là lực ma sát (nghĩa là có lực ma sát xuất hiện):

- Lực ma sát giữa vật rắn chuyển động và môi trường lỏng xung quanh gọi là lực ma sát nhớt
- Lực ma sát giữa hai vật rắn tiếp xúc nhau gọi là lực ma sát khô. Có ba loại ma sát khô: ma sát nghỉ, ma sát trượt và ma sát lăn.

**b. Lực ma sát nghỉ:**

Xét một vật nằm yên trên một mặt phẳng nằm ngang. Tác dụng lên vật một lực  $\vec{F}$  song song với mặt tiếp xúc:



- Nếu lực  $F$  còn khá nhỏ, vật vẫn chưa chuyển động được. Nguyên nhân là do phần tiếp xúc của mặt phẳng nằm ngang tác dụng lên vật một lực bằng và ngược chiều với  $F$ , ta gọi là lực ma sát nghỉ.
- Ta tăng dần lực tác dụng  $F$ , vật vẫn chưa chuyển động, chứng tỏ lực ma sát nghỉ cũng tăng dần.
- Khi lực tác dụng đạt tới một giá trị giới hạn  $F_0$ , lực ma sát nghỉ cũng đạt tới giá trị giới hạn  $F_0$ .
- Nếu tiếp tục tăng lực tác dụng lớn hơn  $F_0$  thì lực ma sát nghỉ không tăng được nữa, vật bắt đầu chuyển động.
- Thực nghiệm đã chứng tỏ lực ma sát nghỉ:
  - + Không phụ thuộc diện tích tiếp xúc.
  - + Phụ thuộc vào bản chất và trạng thái mặt tiếp xúc
  - + Tỷ lệ với áp lực vuông góc lên mặt tiếp xúc giữa hai vật (hay phản lực vuông góc):

$$F_{msn} = F_0 = \mu N \quad (44)$$

Với:  $\mu$ : là hệ số ma sát nghỉ, được xác định bằng thực nghiệm.

$N$ : là áp lực vuông góc (cũng là phản lực vuông góc),

Chú ý: từ đây về sau  $N$  được ký hiệu cho phản lực vuông góc mặt tiếp xúc.

**c. Lực ma sát trượt:**

- Xuất hiện ở mặt tiếp xúc giữa hai vật chuyển động trượt đối với nhau, có xu hướng ngăn cản sự trượt đó.
- Lực ma sát trượt phụ thuộc trạng thái mặt tiếp xúc, vận tốc chuyển động tương đối giữa hai vật.
- Thực nghiệm đã chứng tỏ lực ma sát trượt:
  - + Không phụ thuộc diện tích tiếp xúc.
  - + Phụ thuộc vào bản chất và trạng thái mặt tiếp xúc
  - + Với vận tốc không lớn lắm, có thể coi lực ma sát trượt là không đổi và bằng lực ma sát nghỉ cực đại.

$$F_{ms} = \mu N \quad (45)$$

Với:  $\mu$ : là hệ số ma sát trượt, được xác định bằng thực nghiệm.

$N$ : là áp lực vuông góc (cũng là phản lực vuông góc),

- Lực ma sát trượt có phương tiếp tuyến với mặt tiếp xúc và có chiều ngược với vận tốc của vật.

**d. Tác dụng của ma sát:**

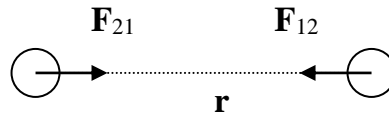
Trong thực tế ma sát có lúc có ích và có lúc có hại. Trong một số trường hợp người ta phải làm tăng ma sát và ngược lại.

#### 4. Lực Vạn vật hấp dẫn:

a. Định luật vạn vật hấp dẫn:

b. Phát biểu: “ Giữa hai chất điểm bất kỳ có khối lượng  $m_1$  và  $m_2$  đặt cách nhau một khoảng  $r$ , có những lực hấp dẫn lẫn nhau  $\mathbf{F}_{12}$  và  $\mathbf{F}_{21}$  hướng từ chất điểm này đến chất điểm kia, cường độ của lực tỉ lệ thuận với tích khối lượng hai chất điểm và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng”.

c. Biểu thức:



Hình 14.

- Biểu thức độ lớn: 
$$F_{12} = F_{21} = F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (46)$$

$$\vec{F}_{12} = -G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^2} \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}}$$

- Biểu thức vectơ: 
$$\vec{F}_{21} = -G \frac{m_1 m_2}{r_{21}^2} \frac{\vec{r}_{21}}{r_{21}} \quad (47)$$

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

Với:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$  là hằng số hấp dẫn.

$F_{12}$  : là lực do chất điểm  $M_1$  tác dụng lên chất điểm  $M_2$

$F_{21}$  : là lực do chất điểm  $M_2$  tác dụng lên chất điểm  $M_1$

- Chú ý:

- + Định luật vạn vật hấp dẫn (46), (47) được áp dụng cho những vật có kích thước nhỏ so với khoảng cách giữa chúng, và chúng áp dụng cho các vật hình cầu đồng chất, trong trường hợp này  $r$  là khoảng cách giữa các tâm của các vật.
- + Đối với các vật có kích thước không thể bỏ qua so với khoảng cách giữa chúng thì ta chia các vật thành những khối nhỏ và sử dụng nguyên lý chồng chất lực.

## PHẦN LUYỆN TẬP

### Trả lời câu hỏi và giải bài tập về ĐỘNG LỰC HỌC CHẤT ĐIỂM

#### CÂU HỎI

Các phát biểu sau đây là đúng hay sai? Giải thích.

1. Lực là nguyên nhân sinh ra chuyển động của các vật?
2. Lực và phản lực không bao giờ tác dụng lên cùng một điểm?
3. Vật không có gia tốc thì không có lực tác dụng vào vật?
4. Một vật đứng yên trên một mặt phẳng nằm ngang là vì có lực masát giữ nó lại?
5. Một vật đang đứng yên trong một hệ quy chiếu quán tính là vì không có lực tác dụng vào nó?
6. Nếu không có lực tác dụng vào vật thì vật không có gia tốc?
7. Nếu vật không có gia tốc thì không có lực tác dụng vào vật?
8. Véc tơ vận tốc luôn luôn cùng phương với hợp lực tác dụng?
9. Chuyển động quán tính của các vật luôn xảy ra trong mọi hệ quy chiếu?

**Trình bày:**

1. Ta biết rằng: trạng thái chuyển động của một vật trong một hệ quy chiếu có thể bị thay đổi do tích chất chuyển động của hệ quy chiếu đó. Hãy cho thí dụ thể hiện hiện tượng trên (chỉ rõ đối tượng chuyển động và hệ quy chiếu)?

#### CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

**1) Trong hệ quy chiếu quán tính một vật đang chuyển động:**

- a) Sẽ tiếp tục chuyển động thẳng đều.
- b) Sẽ tăng tốc cùng với hệ quy chiếu.
- c) Sẽ chuyển động chậm dần cho đến khi đứng yên.
- d) Không có câu nào đúng.

**2) Trong thang máy chuyển động đi xuống với gia tốc  $a > 0$ , trọng lượng  $m$  của vật:**

- a) Tăng lên và có giá trị bằng  $m(1+a/g)$ .
- b) Giảm đi và có giá trị bằng  $m(1-a/g)$ .
- c) Giảm đi và có giá trị bằng  $mg-ma$ .
- d) Không thay đổi

**3) Động lượng là một đại lượng:**

- a) Đặc trưng cho sự thay đổi nhanh chậm của chuyển động

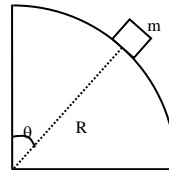
- b) Đặc trưng cho sự chuyển động về mặt động lực học và có giá trị bằng tích của khối lượng và vectơ vận tốc .
- c) Đặc trưng cho sự chuyển động về mặt động lực học và có giá trị bằng tích của khối lượng và độ lớn vận tốc
- d) Đặc trưng cho sự chuyển động về mặt động lực học và có giá trị bằng tích của khối lượng và bình phương độ lớn vận tốc.

**4) Độ biến thiên động lượng có giá trị bằng:**

- a) Là một đại lượng véctơ.
- b) Tích của lực tác dụng với khoảng thời gian đang xét.
- c) Tích của lực tác dụng với quãng đường đang xét .
- d) Câu a và b đúng.

**5) Cho vật khối lượng m trượt xuống dốc dạng cung tròn bán kính R (như hình vẽ) với hệ số ma sát trượt k. Gọi v vận tốc của vật tại vị trí có bán kính hợp với phương thẳng đứng là  $\alpha$ . Độ lớn lực ma sát tại điểm đó được tính bởi biểu thức:**

- a)  $f_{ms} = kmg$
- b)  $f_{ms} = kmg \cdot \cos \alpha$
- c)  $f_{ms} = k \cdot (mg \cos \alpha - m \cdot v^2/R)$
- d)  $f_{ms} = k \cdot (mg \cos \alpha + m \cdot v^2/R)$



**6) Một chiếc xe khối lượng 500kg đang chạy với vận tốc 36 km/giờ thì quẹo. Hỏi bán kính cong R của khúc cua tối thiểu là bao nhiêu để cho xe không bị trượt ra khỏi mặt đường, biết hệ số ma sát tĩnh giữa bánh xe và mặt đường là 0,1 và cho  $g = 10m/s^2$ :**

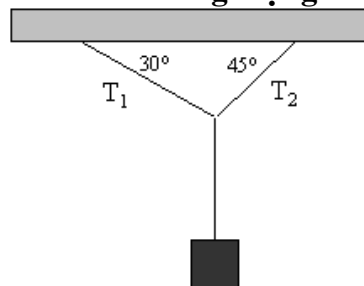
- a)  $R > 0,5m$
- b)  $R > 100m$
- c)  $R < 20m$
- d)  $R < 150m$

**7) Hệ quy chiếu quán tính là hệ quy chiếu trong đó :**

- a) Mọi vật đều bị tác dụng của lực quán tính
- b) Vectơ động lượng của chất điểm được bảo toàn
- c) Các vật đều chuyển động thẳng đều theo quán tính
- d) Vectơ vận tốc của chất điểm cô lập được bảo toàn

**8) Cho vật M treo bằng hệ dây như hình vẽ trong trọng trường. T1 và T2 là lực căng trên 2 sợi dây xiên. Ta có:**

- a)  $T_1 > T_2$
- b)  $T_1 < T_2$
- c)  $T_1 = T_2$
- d)  $T_1 = 2T_2$



9) Một sợi dây được vắt qua một ròng rọc có khối lượng không đáng kể , hai đầu sợi dây buộc hai vật có khối lượng  $m_1$  và  $m_2$  ( $m_1 > m_2$ ) . Coi ma sát không đáng kể . Sức căng của sợi dây bằng:

a)  $\frac{2 m_1 m_2 g}{m_1 + m_2}$

b)  $\frac{m_1 m_2}{2 (m_1 + m_2)} g$

c)  $\frac{m_1 m_2 g}{m_1 + m_2}$

d)  $\frac{4 m_1 m_2}{m_1 + m_2} g$

## BÀI TẬP

**Bài 1:** Một vật có khối lượng  $m$  có thể chuyển động trượt trên mặt phẳng nằm ngang, hệ số ma sát trượt giữa vật và mặt ngang là  $\mu$ . Hãy xác định lực kéo cần thiết để vật chuyển động với vận tốc không đổi trong hai trường hợp:

- Lực kéo song song với mặt ngang.
- Lực kéo hợp với mặt ngang một góc  $\alpha$

**Bài 2:** Một người có khối lượng  $m$  đứng ở trong một thang máy. Tính áp lực của người đó lên sàn thang máy trong các trường hợp sau:

- Thang máy đi lên nhanh dần đều với gia tốc  $a$ .
- Thang máy đi lên chậm dần đều với gia tốc  $a$ .
- Thang máy đi xuống nhanh dần đều với gia tốc  $a$ .
- Thang máy đi xuống chậm dần đều với gia tốc  $a$ .

Gia tốc trọng trường là  $g$ .

Áp dụng:

Trên sàn nhà, một người đứng lên một cái cân thì chỉ số của cân là 50 (50kg). Hỏi:

- Khi ở trong thang máy đang đi lên với gia tốc  $a=1\text{m/s}^2$  cái cân đó chỉ bao nhiêu?
- Khi thang máy đi xuống với gia tốc bằng bao nhiêu thì chỉ số của cái cân là 0 (trạng không trọng lượng)

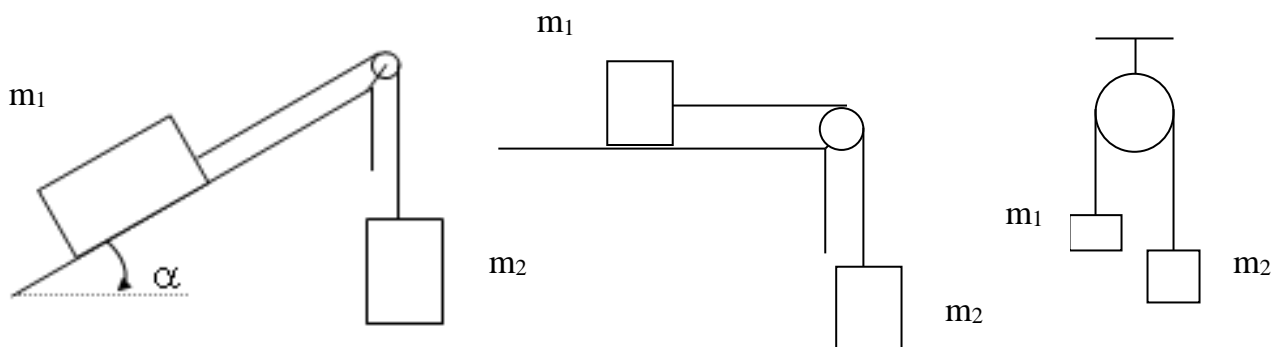
(ĐS: a) 54; b)  $a=g$ )

**Bài 3:** Tính lực căng của dây treo trong con lắc đơn khi nó đi qua vị trí hợp với vị trí cân bằng góc  $\varphi=60^\circ$  và có vận tốc là  $3\text{m/s}$ . Biết con lắc có chiều dài  $l=90\text{cm}$  và có khối lượng  $m=50\text{g}$ . Gia tốc trọng trường là  $g=10\text{m/s}^2$ .

**Bài 4:** Một ô tô có khối lượng  $m=1700\text{kg}$  chạy với vận tốc không đổi  $v=36\text{km/h}$  qua một cái cầu vồng lên có bán kính  $R=85\text{m}$ . Tính áp lực của ô tô lên cầu ở vị trí cao nhất của cầu. Lấy  $g=10\text{m/s}^2$ .

**Bài 5:** Cho một cơ hệ như hình vẽ (mặt nghiêng, mặt ngang, thẳng đứng), giả sử hệ chuyển động theo chiều  $m_2$  đi xuống dưới. Tính:

- Gia tốc của  $m_1$  và  $m_2$
- Lực căng của sợi dây



**Bài 6:** Một người làm xiếc đi xe đạp trên mặt trong đường tròn bán kính  $R$  có mặt phẳng thẳng đứng.

- a. Tìm sự phụ thuộc của áp lực do người đi xe đạp tác dụng lên mặt đường tròn vào góc  $\varphi$  và vận tốc  $v$  tại mỗi vị trí trên đường tròn đó.
- b. Tìm vận tốc nhỏ nhất mà người đó cần có tại mỗi vị trí trên đường tròn để không bị rơi. Tại vị trí nào vận tốc đó là lớn nhất?

**Bài 7:** Một xe trượt có khối lượng  $m=5\text{kg}$  được kéo bởi một lực  $F=20\text{N}$  có phương ngang trong thời gian  $t=5\text{s}$ . Hệ số ma sát giữa xe và đường là  $\mu=0,3$ . Tính quãng đường mà xe đi được cho đến khi nó dừng lại.

**Bài 8:** Một chiếc xe khối lượng  $m$  đang chuyển động trên mặt đường nằm ngang với vận tốc  $v$  thì tắt máy. Tính thời gian để xe dừng lại dưới tác dụng của lực ma sát với mặt đường (hệ số ma sát là  $\mu$ ). Thời gian này phụ thuộc khối lượng của xe như thế nào?



## Chương 4. NĂNG LƯỢNG

### Bài 1. Các khái niệm về năng lượng và công

❖ **Mục tiêu học tập:** Sau khi học xong bài này, người học có thể:

- *Giải thích được khái niệm năng lượng, các dạng năng lượng; khái niệm công và công suất.*

#### I. Khái niệm năng lượng:

Năng lượng là số đo gắn với trạng thái chuyển động hoặc tương tác của một hay nhiều vật, chẳng hạn: ta có các dạng năng lượng như sau:

1. Gắn với trạng thái chuyển động cơ học của các vật, gọi là động năng.
2. Gắn với trạng thái tương tác giữa các vật, gọi là thế năng:
  - Gắn với trạng thái tương tác đàn hồi, ta có thế năng đàn hồi.
  - Gắn với trạng thái tương tác hấp dẫn, ta có thế năng thế hấp.
  - ...
3. Gắn với trạng thái chuyển động hỗn độn của các nguyên tử và phân tử trong một vật, một khối chất lỏng, chất khí, ... gọi là nhiệt năng. (Sự thay đổi nhiệt năng được biểu hiện bằng sự thay đổi nhiệt độ của vật).

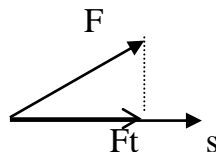
#### II. Công:

1. **Định nghĩa:** “Công là số đo sự truyền chuyển động, tức là sự truyền năng lượng từ vật này sang vật khác, thông qua tác dụng lực và điểm đặt của lực di chuyển trên một quãng đường nào đó”.

2. **Công của lực:**

a. Trường hợp lực không đổi ( $F$ =hằng số):

Xét một vật đang chuyển động theo đường thẳng, và một vật thứ hai tác dụng lên nó một lực  $\mathbf{F}$  trên quãng đường  $s$ . Khi này, ta có công cơ học của lực  $\mathbf{F}$  trên quãng đường  $s$  là:



Hình 15.

$$A = \vec{F} \cdot \vec{s} \quad (48)$$

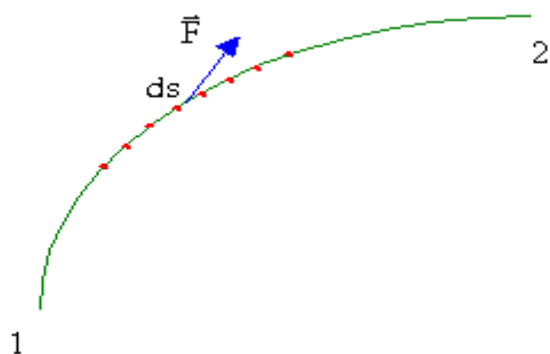
$$\text{hay } A = F \cdot s \cdot \cos \alpha = F_t s \quad (F_t = F \cdot \cos \alpha)$$

- Nếu:  $0 \leq \alpha < 90$ , thì  $A > 0$ , lực  $\mathbf{F}$  thực hiện công dương, gọi là công phát động.
- Nếu:  $90 < \alpha \leq 180$ , thì  $A < 0$ , lực  $\mathbf{F}$  thực hiện công âm, gọi là công cản.
- Nếu:  $\alpha = 90$ , thì  $A = 0$ , lực  $\mathbf{F}$  không thực hiện công.

**Chú ý:** Nếu lực  $\vec{F}$  cùng phương với phương dịch chuyển thì toàn bộ lực  $\vec{F}$  thực hiện công; nếu không cùng phương thì chỉ có phần hình chiếu của lực trên phương dịch chuyển là thực hiện công.

**b. Trường hợp tổng quát:**

Vật và điểm đặt của lực dịch chuyển trên một đường cong bất kỳ, độ lớn và phương tác dụng của lực thay đổi.



Hình 16.

Công của lực  $\vec{F}$  trên quãng đường  $s$  bất kỳ, được tính như sau:

- Tính công nguyên tố ( $dA$ ):

Chia đường cong thành các dịch chuyển nguyên tố  $d\vec{s}$ , trên đó lực  $\vec{F}$  xem như không đổi. Ta có: công nguyên tố của lực  $\vec{F}$  trên dịch chuyển nguyên tố  $d\vec{s}$  là:

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{s} = F \cdot ds \cdot \cos \alpha \quad (49)$$

- Công toàn phần của lực  $F$  trên quãng đường  $s$  là:

$$A = \int_1^2 dA = \int \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad (50)$$

Với  $\vec{r}$  là bán kính vectơ của từng điểm trên quỹ đạo.

**c. Thứ nguyên và đơn vị của công:**

- Thứ nguyên:  $[A] = [F] \cdot [S] = L^2MT^{-2}$

- Đơn vị: trong hệ (SI), đơn vị của công là N.m : 1N.m = 1J (Jun).

### 3. Công suất:

Nhận xét: Sự sinh công và tiêu thụ công, tức là sự truyền năng lượng từ vật này sang vật khác, không xảy ra tức thời, mà phải kéo dài trong một khoảng thời gian nào đó. Để đặc trưng cho sự truyền năng lượng theo thời gian, người ta đưa ra khái niệm công suất với định nghĩa như sau:

**a. Định nghĩa:** “Công suất là công sinh ra hoặc tiêu thụ trong một đơn vị thời gian”.  
Hay: “Công suất là tốc độ truyền năng lượng”.

**b.** Công suất trung bình:

$$P_{tb} = \frac{\Delta A}{\Delta t} \quad (51)$$

Với :  $\Delta A$  là phần công được sinh ra hoặc tiêu thụ trong thời gian  $\Delta t$ .

**c.** Công suất tức thời (hay công suất):

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{dA}{dt} \quad (52)$$

Với:  $dA$  là phần công nguyên tố được sinh ra hoặc tiêu thụ trong thời gian nguyên tố  $dt$ .

Theo ý nghĩa toán học thì công suất bằng đạo hàm của công theo thời gian.

**d.** Công suất của lực:

Nếu lực  $\mathbf{F}$  thực hiện công  $dA = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s}$ , trong khoảng thời gian  $dt$  thì ta có công suất của lực là :

$$P = \frac{dA}{dt} = \vec{F} \cdot \frac{d\vec{s}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v} \quad (53)$$

**e.** Thứ nguyên và đơn vị của công suất:

- Thứ nguyên:  $[P] = \frac{[A]}{[T]} = L^2MT^{-3}$

- Đơn vị: trong hệ SI, đơn vị của công suất là: J/s:  $1\text{J/s} = 1\text{W}$  (Watt)

## Bài 2. Cơ năng

❖ **Mục tiêu học tập:** Sau khi học xong bài này, người học có thể:

- *Áp dụng biểu thức cơ năng để giải thích về năng lượng gắn với sự chuyển động của chất điểm.*

### I. Động năng:

1. **Định nghĩa Động năng ( $E_d$ ):** là một số đo của chuyển động, nó đặc trưng cho dự trữ năng lượng của một chất điểm đang chuyển động, được xác định bởi biểu thức sau:

$$E_d = \frac{1}{2}mv^2 \quad (54)$$

Với:  $m$ : là khối lượng của chất điểm.

$v$ : là vận tốc của chất điểm.

#### 2. Định lý biến thiên động năng:

- a. Phát biểu: “Độ biến thiên động năng của chất điểm trên một quãng đường đi bằng công của lực tác dụng lên chất điểm trên quãng đường đi đó”.

- b. Biểu thức:

$$\Delta E_d = E_{d2} - E_{d1} = A(1 \rightarrow 2) \quad (55)$$

Với:  $E_{d1} = \frac{1}{2}mv_1^2$  : động năng của chất điểm ở vị trí 1.

$E_{d2} = \frac{1}{2}mv_2^2$  : động năng của chất điểm ở vị trí 2.

$A(1 \rightarrow 2)$ : Công của lực tác dụng lên chất điểm từ vị trí 1 đến vị trí 2.

### II. Thế năng:

#### 1. Khái niệm định tính:

Thế năng là dạng năng lượng gắn với trạng thái tương tác giữa các vật, hay giữa các phần của vật, hay giữa vật với trường lực ngoài. Tùy theo loại tương tác mà thế năng có biểu thức riêng.

#### 2. Thế năng trong trọng trường:

Đây là năng lượng gắn với trạng thái tương tác hấp dẫn giữa trọng trường với một vật nào đó:

- Xét một vật khối lượng  $m$  đặt ở độ cao  $z_1$  so với mặt đất.
- Cho vật rơi tự do từ độ cao  $z_1$  đến một độ cao  $z_2$  bất kỳ (vật chỉ chịu tác dụng của trọng lực thẳng đứng hướng xuống).
- Công của trọng lực trên quãng đường vật rơi là:

$$A_p = \vec{p} \cdot \vec{s} \quad (56)$$

$$A_p = ps = mg(z_1 - z_2) = mgz_1 - mgz_2 \quad (57)$$

- Theo định lý biến thiên động năng, ta có:

$$A_p = E_{d2} - E_{d1}$$

$$mgz_1 - mgz_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

- Nếu cho vật rơi từ độ cao h đến đất ( $z_1=h, z_2=0, v_1=0$ ) thì (57) được viết là:

$$mgh = \frac{1}{2}mv_d^2 \quad \text{với } v_d : \text{ vận tốc lúc chạm đất.}$$

Ta thấy khi vật ở độ cao h, thì nó có khả năng sinh công cực đại bằng mgh hoặc thu được động năng cực đại bằng mgh.

- Nếu vật rơi xuống một cái hố có độ sâu là a so với mặt đất thì (3.9b) được viết lại

$$\text{là: } mg(h+a) = \frac{1}{2}mv_a^2 \quad \text{với } v_a : \text{ vận tốc lúc chạm đáy hố}$$

Tức là khi vật ở độ cao h+a, thì nó có khả năng sinh công cực đại bằng mg(h+a) hoặc thu được động năng cực đại bằng mg(h+a).

- Nếu vật rơi xuống một mặt bàn có độ cao là a so với mặt đất thì (3.9b) được viết

$$\text{lại là: } mg(h-a) = \frac{1}{2}mv_a^2 \quad \text{với } v_a : \text{ vận tốc lúc chạm mặt bàn}$$

Tức là khi vật ở độ cao h-a, thì nó có khả năng sinh công cực đại bằng mg(h-a) hoặc thu được động năng cực đại bằng mg(h-a).

Người ta gọi :

- + Đại lượng mgh là thế năng của vật so với mặt đất (h là độ cao so với mặt đất)
- + Đại lượng mg(h+a) là thế năng của vật so với đáy hố (h+a là độ cao so với đáy hố).
- + Đại lượng mg(h-a) là thế năng của vật so với mặt bàn (h-a là độ cao so với mặt bàn).
- Vậy thế năng của vật trong trọng trường là một lượng tương đối, phụ thuộc vào vị trí được chọn để tính độ cao, ở vị trí này thì h=0 suy ra  $E_t = 0$ , tức phụ thuộc vào việc chọn vị trí nào là vị trí có thế năng bằng 0 (gọi là gốc thế năng).
- Tổng quát biểu thức thế năng trong trọng trường được viết như sau:

$$E_t = mgh \quad (58)$$

Với: h là độ cao so với gốc thế năng.

- Mặt khác ta có mối liên hệ giữa động năng và thế năng như sau:

Biểu thức (57) có thể được viết lại như sau:

$$E_{t1} - E_{t2} = E_{d2} - E_{d1} \quad (59)$$

$$\text{hay: } -\Delta E_t = \Delta E_d$$

Từ biểu thức này ta phát biểu như sau: độ giảm thế năng của một vật trên một quãng đường đi bằng độ tăng động năng trên quãng đường đó, không phụ thuộc vào góc thế năng.

### 3. Thế năng đàn hồi:

- Xét một lò xo có độ cứng là  $k$ , chịu tác dụng của một lực ngoài làm nó biến dạng (bị dãn hoặc nén) một đoạn  $x$ :

Ta có : Lực đàn hồi của lò xo là:  $F_{dh} = -kx$

Công của lực đàn hồi trên dịch chuyển biến dạng  $x$  là:

$$A = \int_1^2 dA = \int_0^x \vec{F}_{dh} d\vec{x}$$

$$\Rightarrow A = \int_0^x -kx dx = -\frac{1}{2}kx^2$$

- Đại lượng  $\frac{1}{2}kx^2$  chính là phần năng lượng mà lò xo lấy của vật ngoài tác dụng lên lò xo, người ta gọi nó là thế năng đàn hồi của lò xo:

$$E_t = \frac{1}{2}kx^2 \quad (60)$$

Ta thấy, thế năng đàn hồi phụ thuộc vào độ biến dạng (hay vị trí biến dạng) của lò xo.

### 4. Thế năng trong trường thế:

#### a. Khái niệm về trường lực và trường lực thế:

- Trường lực là khoảng không gian trong đó có các lực tác dụng.
- Trường lực thế: là trường lực mà trong đó các lực tác dụng là các lực thế.

#### b. Khái niệm lực thế:

“Lực thế là lực mà công của nó không phụ thuộc đường đi khi điểm đặt của nó dịch chuyển từ điểm đầu đến điểm cuối”.

Người ta đã chứng minh được các lực: trọng lực, lực đàn hồi, lực tĩnh điện, và các lực xuyên tâm khác là các lực thế.

#### c. Thế năng trong trường thế:

- Nhận xét: tại mỗi điểm bất kỳ, ứng với một trạng thái tương tác so một điểm gốc nào đó trong trọng trường và trong phạm vi biến dạng đàn hồi, luôn dự trữ một giá trị năng lượng và ta gọi là thế năng hấp dẫn và thế năng đàn hồi.
- Xét một trường lực thế :

Gọi:  $P_0(x_0, y_0, z_0)$  là một điểm cố định tùy ý.

$P(x, y, z)$  là một điểm bất kỳ.

Ta có: công mà lực thế thực hiện để dịch chuyển một chất điểm từ  $P$  đến  $P_0$  là :

$$A_{(P \rightarrow P_0)} = \int_P^{P_0} F \cdot ds \quad (61)$$

Công này chỉ phụ thuộc vào vị trí của P và P<sub>0</sub>, do đó nó là hàm số của tọa độ (x, y, z). Vì P<sub>0</sub> được chọn cố định nên x<sub>0</sub>, y<sub>0</sub>, z<sub>0</sub> là hằng số (không đổi), ta viết lại biểu thức trên như sau:

$$A_{(P \rightarrow P_0)} = E_t(x, y, z) \quad (62)$$

Chúng ta tại điểm P(x, y, z) có dự trữ năng lượng, được biểu diễn bởi hàm E<sub>t</sub>(x, y, z) và ta gọi là thế năng của chất điểm tại P trong trường thế. Còn tại điểm P<sub>0</sub> thế năng của chất điểm bằng không (không có năng lượng dự trữ) vì công để dịch chuyển chất điểm từ P<sub>0</sub> đến P<sub>0</sub> là bằng 0, ta gọi P<sub>0</sub> là điểm gốc thế năng.

Nếu ta thay đổi quy ước và chọn một điểm cố định khác là P<sub>0</sub>' làm điểm gốc thế năng thì ta có:

$$E_t' = A_{(P \rightarrow P_0')} = A_{(P \rightarrow P_0)} + A_{(P_0 \rightarrow P_0')}$$

Vì P<sub>0</sub> và P<sub>0</sub>' là những điểm cố định, nên A(P<sub>0</sub> - P<sub>0</sub>') = hằng số.

$$\Rightarrow E_t' = E_t + \text{hằng số}$$

Vậy thế năng trong trường thế là hàm số theo tọa độ được xác định sai kém một hằng số tùy theo việc chọn gốc thế năng, ứng với hai điểm bất kỳ 1, 2 ta có:

$$\begin{aligned} E_{t1}(x_1, y_1, z_1) - E_{t2}(x_2, y_2, z_2) &= A(1 \rightarrow 2) \\ \text{hay} \quad -\Delta E_t &= A(1 \rightarrow 2) \quad (63) \\ \text{vi phân:} \quad -dE_t &= dA \end{aligned}$$

- Biểu thức thế năng (hay hàm thế năng) và lực thế:

$$\text{Ta có:} \quad dA = \vec{F} \cdot d\vec{s} = F_t \cdot ds = -dE_t$$

$$F_t = -\frac{dE_t}{ds} \quad (64)$$

Với: F<sub>t</sub> là hình chiếu của F trên phương dịch chuyển

$$\text{Biểu thức (64) được viết trong hệ tọa độ Đề các như sau: } \vec{F} = -\text{grad}E_t \quad (65)$$

**d.** Mặt đẳng thế: là một mặt tập hợp các điểm có cùng thế năng. Lực thế tại từng điểm vuông góc với mặt đẳng thế và hướng về phía giảm thế năng.

### III. Định luật biến thiên và bảo toàn cơ năng:

#### 1. Cơ năng của chất điểm:

Cơ năng của chất điểm chuyển động bằng tổng động năng và thế năng của nó:

$$E = E_t + E_d \quad (66)$$

#### 2. Định luật bảo toàn cơ năng:

Xét một chất điểm chuyển động từ vị trí 1 đến vị trí 2 trong một trường thế,

Giả sử chất điểm chỉ chịu tác dụng của các lực thế:

- Theo định lý động năng, ta có:

$$A_t = E_{d2} - E_{d1} \quad (67)$$

- Theo công thức thế năng trong trường thế, ta có:

$$\text{và} \quad A_t = E_{t1} - E_{t2}$$

$$\text{hay} \quad -A_t = E_{t2} - E_{t1} \quad (68)$$

$$\text{từ (67) và (68), suy ra:} \quad (E_{d2} + E_{t2}) - (E_{d1} + E_{t1}) = 0$$

$$\Rightarrow \quad E_2 - E_1 = 0$$

$$\text{hay} \quad E_2 = E_1 = \text{hằng số} \quad (69)$$

Vậy: “Khi lực tác dụng lên chất điểm chỉ là lực thế, cơ năng của chất điểm là một đại lượng không đổi (bảo toàn)”. Đây là nội dung của định luật bảo toàn cơ năng.

### 3. Định luật biến thiên cơ năng:

Trong trường hợp ngoài các lực thế, chất điểm còn chịu tác dụng của các lực khác, không phải là lực thế (thí dụ lực ma sát), thì :

- Theo định lý động năng, ta có:  $A_t + A_k = E_{d2} - E_{d1} \quad (70)$

với  $A_k$ : là công của các lực khác không phải lực thế

- Theo công thức thế năng trong trường thế, ta cũng có:

$$-A_t = E_{t2} - E_{t1} \quad (71)$$

$$\text{Từ (70) và (71), suy ra:} \quad (E_{d2} + E_{t2}) - (E_{d1} + E_{t1}) = A_k$$

$$\Rightarrow \quad \Delta E = E_2 - E_1 = A_k \quad (72)$$

Vậy: “ Độ biến thiên cơ năng của chất điểm bằng công của các lực khác, không phải lực thế tác dụng lên nó”. Đây là nội dung của định luật biến thiên cơ năng của chất điểm.



**PHẦN LUYỆN TẬP:**  
**Trả lời câu hỏi và giải bài tập về CÔNG VÀ NĂNG LƯỢNG**

**CÂU HỎI**

**Các phát biểu sau đây là đúng hay sai? Giải thích.**

1. Tất cả các lực tác dụng lên vật đang chuyển động, đều thực hiện công.
2. Công của lực luôn là số dương
3. Công của lực là một vector, có độ lớn  $A = F.s.\cos\alpha$
4. Công suất là tốc độ truyền năng lượng.
5. Công suất của lực là đại lượng vector, có độ lớn  $P = F.v.\cos\alpha$

**CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM**

**1) Lực thế là :**

- a) Lực có công do nó thực hiện không phụ thuộc vào dạng đường đi.
- b) Lực có công do nó thực hiện không phụ thuộc vào điểm đầu và điểm cuối.
- c) Lực có công do nó thực hiện trên mọi quỹ đạo kín bằng không.
- d) Không có câu nào đúng.

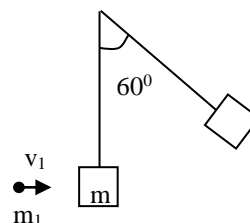
**2) Độ biến thiên động năng có giá trị bằng :**

- a) Công của lực tác dụng trên quỹ đạo đang xét.
- b) Tích của lực tác dụng với khoảng thời gian đang xét.
- c) Thế năng của trường lực thế.
- d) Xung lượng trong khoảng thời gian đang xét

**3) Cho vật ban đầu đứng yên trượt có ma sát từ đỉnh dốc trên mặt phẳng nghiêng đến cuối dốc:**

- a) Thế năng ở đỉnh dốc biến đổi hoàn toàn thành động năng ở cuối dốc.
- b) Động năng ở cuối dốc lớn hơn thế năng ở đỉnh dốc.
- c) Động năng ở cuối dốc nhỏ hơn thế năng ở đỉnh dốc.
- d) Cơ năng không thay đổi.

**4) Một viên đạn khối lượng  $m_1 = 10g$  được bắn với vận tốc  $v_1$  vào một bia gỗ có khối lượng  $m = 1kg$  được treo bởi một sợi dây khối lượng không đáng kể dài  $1m$  và bị giữ lại trong đó. Sau khi bắn, bia và đạn lệch đi một góc  $60^\circ$  so với phương thẳng đứng.**



**Bỏ qua nhiệt lượng mất mát do ma sát khi đạn di chuyển trong gỗ và cho  $g=10m/s^2$ . Hãy xác định vận tốc ban đầu  $v_1$ .**

- a)  $1000 m/s$
- b)  $500 m/s$
- c)  $550 m/s$
- d) Tất cả kết quả trên đều sai

6) Một đoàn tàu khối lượng 1 tấn chuyển động trên đường ray nằm ngang với vận tốc không đổi bằng 36km/h. Công suất đầu máy là 10kW. Gia tốc trọng trường bằng 10m/s<sup>2</sup>. Hệ số ma sát giữa tàu và đường ray bằng:

- a) 0,1
- b) 0,2
- c) 1,0
- d) 0,01

7) So sánh công của lực tác dụng lên một xe để vận tốc tăng từ 0 m/s đến 30 m/s:

- a) Nhỏ hơn công của lực tác dụng để xe tăng vận tốc từ 30 m/s đến 60 m/s.
- b) Bằng với công của lực tác dụng để xe tăng vận tốc từ 30 m/s đến 60 m/s
- c) Lớn hơn công của lực tác dụng để xe tăng vận tốc từ 30 m/s đến 60 m/s.
- d) Bằng với công của lực tác dụng để xe tăng vận tốc từ 40 m/s đến 70 m/s.

8) Một trường thế được biểu diễn bằng hàm thế năng :  $U(x,y,z) = 2x^3y^4 + z^2xy - 8$

(J). Công dịch chuyển chất điểm từ điểm P ( 1 ,1, 2) đến điểm Q ( 0,0,1) bằng :

- a) 6 J
- b) -6 J
- c) 10 J
- d) -10 J

## BÀI TẬP

**Bài 1:** Một vật có khối lượng  $m=100\text{kg}$  được kéo lên một mặt phẳng nghiêng với góc nghiêng  $\alpha=30^\circ$ , chiều dài là  $s=2\text{m}$ . Cho biết hệ số ma sát giữa vật và mặt phẳng nghiêng là  $\mu=0,1$ , vận tốc ban đầu của vật bằng không và gia tốc của vật trong khi chuyển động là  $a=1\text{m/s}^2$ . Tính: a. Công cần thiết để đưa một vật lên đỉnh mặt phẳng nghiêng.

b. Tính công suất trung bình và công suất cực đại của công cụ đã dùng để đưa vật đó lên.

**Bài 2:** Một thang máy có khối lượng  $m=1\text{tấn}$ , chuyển động đi lên nhanh dần đều với vận tốc ban đầu bằng không và gia tốc là  $2\text{m/s}^2$ . Tính:

a. Công của lực kéo thang máy thực hiện trong năm giây đầu tiên.

b. Công suất trung bình và công suất cực đại cũng trong năm giây đầu tiên.

**Bài 3:** Một động cơ có công suất là 3 mã lực. Hiệu suất của máy là 75%. Động cơ được dùng để nâng một vật lên cao với vận tốc không đổi là 3m/phút. Hãy tính khối lượng tối đa của vật được nâng?

**Bài 4:** (3.0đ) Một quả cầu có khối lượng 0,75kg treo vào đầu một sợi dây, đầu kia của sợi dây được buộc cố định vào trần nhà. Đưa quả cầu lệch khỏi phương thẳng đứng một góc  $\alpha_1 = 60^\circ$  rồi buông ra với vận tốc ban đầu bằng không. Tính:

a. Vận tốc của quả cầu khi nó tới vị trí tạo với vị trí cân bằng một góc  $\alpha_2 = 30^\circ$ .

b. Tính lực căng của dây cũng tại vị trí có góc lệch  $\alpha_2 = 30^\circ$

**Bài 5:** Một khẩu súng khối lượng  $M=450\text{kg}$  được đặt nằm ngang khi bắn một viên đạn khối lượng  $m=5\text{kg}$  với vận tốc  $v=450\text{m/s}$  theo phương ngang, khẩu súng giật lùi một đoạn  $s=45\text{cm}$ . Tính lực ma sát trung bình của mặt đường lên súng.

**Bài 6:** Khối lượng của một máy bay lên thẳng kể cả tải trọng là  $m=6.10^3\text{ kg}$ . Sau khi cất cánh được 2,5 phút, máy bay lên tới độ cao  $h=2259\text{m}$ . Tính công của động cơ máy bay trong thời gian ấy. Coi chuyển động lên cao của máy bay là nhanh dần đều.

**Bài 7:** Một xe ô-tô chuyển động nhanh dần đều từ nghỉ, sau khi đi được quãng đường  $s=100\text{m}$  thì đạt vận tốc  $v=72\text{km/h}$ . Tính công của động cơ ô-tô trên đoạn đường ấy. Biết khối lượng của ô-tô kể cả tải trọng là  $m=1800\text{kg}$  và hệ số ma sát giữa ô-tô và đường là  $\mu=0,005$ .

**Bài 8:** Một con ngựa kéo một xe nặng 3920N lên một dốc có góc nghiêng  $\alpha=15^\circ$ . Biết hệ số ma sát giữa xe và đường là  $\mu=0,02$ , hãy tính công do con ngựa thực hiện trên đoạn đường dốc dài 200m nếu chuyển động của xe là thẳng đều.

**Bài 9:** Hòn đá khối lượng  $m=200\text{g}$  được ném với góc nào đó đối với phương ngang và rơi đến đất ở khoảng cách  $s=5\text{m}$  sau thời gian  $t=1,2\text{s}$ . Tìm công ném, biết sức cản của không khí là không đáng kể.

## Chương 5. ĐỘNG LỰC HỌC CƠ HỆ VÀ CÁC ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN TRONG CƠ HỌC

### Bài 1. Cơ hệ và các định luật bảo toàn trong cơ hệ

❖ **Mục tiêu học tập:** Sau khi học xong bài này, người học có thể:  
- *Mô tả được cơ hệ và các định luật bảo toàn trong cơ hệ.*

#### I. Cơ hệ

1. **Định nghĩa:** Một hệ gồm nhiều chất điểm (hay nhiều vật mà ta có thể coi là chất điểm) tương tác với nhau được gọi là một cơ hệ.

2. **Khái niệm về nội lực và ngoại lực:**

a. Nội lực : là lực tương tác giữa các chất điểm trong cơ hệ với nhau.

b. Ngoại lực: là lực tương tác giữa một chất điểm trong cơ hệ và các chất điểm ở ngoài cơ hệ.

3. **Hệ kín (hay hệ cô lập):**

a. **Khái niệm:** Một cơ hệ chỉ gồm các vật tương tác với nhau, và không tương tác với bất kỳ vật nào ngoài cơ hệ, được gọi là hệ kín hay hệ cô lập. Vấn đề xác định một hệ nào đó là hệ kín tùy thuộc vào vấn đề mà ta xét.

b. **Lực tác dụng trong hệ kín:**

- Mọi lực tương tác trong hệ kín đều là nội lực.

- Tổng nội lực của một cơ hệ kín luôn luôn bằng không:

Gọi  $\vec{F}_{(i)}$  : là tổng các nội lực của cơ hệ, ta có:

$$\vec{F}_{(i)} = \sum_{j,k=1}^n \vec{F}_{jk} = 0 \quad (73)$$

Với  $\mathbf{F}_{jk}$  : là lực tác dụng của chất điểm j lên chất điểm k (j khác k)

4. **Nhận xét:**

Nói chung, khi một cơ hệ chuyển động, mỗi chất điểm của nó phải chịu tác dụng của cả các nội lực và ngoại lực. Đối với một hệ cô lập, bài toán chuyển động sẽ đơn giản hơn nhiều.

Để giải bài toán cơ hệ, về nguyên tắc, có thể sử dụng các định luật của động lực học chất điểm để giải bài toán động lực học cơ hệ. Tuy nhiên cách giải này rất khó khăn trong phân tích lực tác dụng (thí dụ như trong va chạm giữa các chất điểm) và phải lập rất nhiều phương trình; để đơn giản hơn, người ta dùng phương pháp trong đó áp dụng các định luật bảo toàn để giải bài toán động lực học cơ hệ.

## II. Định luật Bảo toàn và Biến thiên động lượng của cơ hệ:

### 1. Động lượng của cơ hệ:

Xét một cơ hệ gồm n chất điểm, có khối lượng là:  $m_1, m_2, \dots, m_n$ , với vận tốc tương ứng là  $v_1, v_2, \dots, v_n$ : động lượng của cơ hệ bằng tổng động lượng của tất cả n chất điểm của cơ hệ, tức ta có biểu thức sau:

$$\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n = \sum_{i=1}^n \vec{p}_i \quad (74)$$

### 2. Định luật bảo toàn động lượng:

Xét trường hợp tổng quát của một cơ hệ cô lập gồm n chất điểm chuyển động và tương tác lẫn nhau: Mỗi một chất điểm trong hệ sẽ chịu tác dụng của tất cả các chất điểm khác, theo định luật II Newton, ta có:

$$m_1 \vec{a}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} + \dots + \vec{F}_{n1}$$

$$m_2 \vec{a}_2 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} + \dots + \vec{F}_{n2}$$

.....

Cộng từng vế một, và chú ý rằng vế phải là tổng các nội lực của hệ, ta có:

$$m_1 \vec{a}_1 + m_2 \vec{a}_2 + \dots + m_n \vec{a}_n = 0$$

$$\Rightarrow m_1 \frac{d\vec{v}_1}{dt} + m_2 \frac{d\vec{v}_2}{dt} + \dots + m_n \frac{d\vec{v}_n}{dt} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{d}{dt} (m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{d}{dt} (\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{d\vec{P}}{dt} = 0$$

$$\Rightarrow \vec{P} = \text{hằng số} \quad (75)$$

Từ biểu thức trên, người ta phát biểu định luật bảo toàn động lượng như sau:

**“Động lượng của một cơ hệ cô lập không biến đổi theo thời gian”.**

Chú ý: động lượng của từng chất điểm trong cơ hệ có thể biến đổi.

### 3. Định luật biến thiên động lượng:

Xét một cơ hệ gồm n chất điểm chịu tác dụng của những ngoại lực xác định.

Gọi:  $\vec{F}_{ik}$  là tổng tất cả các nội lực tác dụng lên chất điểm thứ k

$\vec{F}_{ek}$  là tổng tất cả các ngoại lực tác dụng lên chất điểm thứ k

Theo định luật II Newton, ta có:

$$\vec{F}_{ik} + \vec{F}_{ek} = \frac{d}{dt} \vec{p}_k$$

Đối với các chất điểm khác, ta cũng viết được phương trình như trên. Cộng 2 vế theo tất cả các chất điểm trong hệ:

$$\sum_{k=1}^n \vec{F}_{ik} + \sum_{k=1}^n \vec{F}_{ek} = \sum_{k=1}^n \frac{d}{dt} \vec{p}_k = \frac{d}{dt} \sum_{k=1}^n \vec{p}_k$$

$$\text{hay} \quad \vec{F}_i + \vec{F}_e = \frac{d}{dt} \vec{P}$$

Với:  $\vec{F}_i = \sum_{k=1}^n \vec{F}_{ik} = 0$ : tổng các nội lực trong cơ hệ

$\vec{F}_e = \sum_{k=1}^n \vec{F}_{ek}$ : tổng các ngoại lực tác dụng lên cơ hệ

$$\Rightarrow \quad \vec{F}_e = \frac{d}{dt} \vec{P} \quad (76)$$

Vậy: “Độ biến thiên động lượng của cơ hệ theo thời gian bằng tổng các ngoại lực tác dụng vào cơ hệ và có cùng hướng với vectơ tổng của các ngoại lực.” Đây là nội dung của định luật biến thiên động lượng của cơ hệ.

### **III. Định luật bảo toàn và Biến thiên cơ năng của cơ hệ**

#### **1. Cơ năng của cơ hệ:**

Xét một cơ hệ gồm n chất điểm: Cơ năng của cơ hệ được định nghĩa bằng tổng cơ năng của các chất điểm trong cơ hệ:

$$E = \sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^n E_{dk} + \sum_{k=1}^n E_{tk}$$

$$\Rightarrow \quad E = E_d + E_t$$

Với:  $E = \sum_{k=1}^n E_k$ : là cơ năng của cơ hệ.

$E_d = \sum_{k=1}^n E_{dk}$ : là động năng của cơ hệ.

$E_t = \sum_{k=1}^n E_{tk}$ : là thế năng của cơ hệ.

#### **2. Định luật bảo toàn cơ năng của cơ hệ:**

Xét một cơ hệ gồm n chất điểm, chỉ chịu tác dụng của các lực thế:

- Đối với chất điểm thứ k, ta có:

$$E_k = E_{dk} + E_{tk} = \text{hằng số} \quad (\text{bảo toàn cơ năng của chất điểm})$$

- Tương tự đối với các chất điểm khác, cộng tất cả các phương trình:

$$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^n E_{dk} + \sum_{k=1}^n E_{tk} = \text{hằng số}$$

$$\text{hay:} \quad E = E_d + E_t = \text{hằng số} \quad (77)$$

Vậy: “Khi một cơ hệ chỉ chịu tác dụng của những lực thế, cơ năng của hệ là một đại lượng không đổi”. Đây là nội dung định luật bảo toàn cơ năng của cơ hệ.

### 3. Định luật biến thiên cơ năng của cơ hệ:

Trong trường hợp, ngoài những lực thế, cơ hệ còn chịu tác dụng của các lực khác không phải lực thế: trên cơ sở biến thiên cơ năng của chất điểm, ta xác định được biến thiên cơ năng của cơ hệ theo biểu thức sau:

$$d(E_d + E_t) = dA_k \quad (78)$$

Với  $dA_k$  : công của các lực khác không phải lực thế tác dụng lên cơ hệ trong khoảng thời gian  $dt$ .

+ Người ta phát biểu định luật biến thiên cơ năng của cơ hệ như sau:

“ Độ biến thiên cơ năng của cơ hệ trong một khoảng thời gian bằng công của các lực khác không phải lực thế tác dụng lên cơ hệ trong khoảng thời gian đó”.

**Chú ý**: các lực khác ở đây bao gồm cả nội lực và ngoại lực

## Bài 2. Khối tâm của cơ hệ

❖ **Mục tiêu học tập:** Sau khi học xong bài này, người học có thể:

- *Mô tả được sự phân bố khối lượng của cơ hệ*
- *Trình bày được các biểu thức về vị trí, vận tốc và gia tốc của khối tâm*

Khi nghiên cứu chuyển động của cơ hệ, người ta nhận thấy có 1 vị trí đặc biệt trong cơ hệ, có những quy tắc chuyển động nhất định, được gọi là khối tâm của cơ hệ, với định nghĩa đầy đủ như sau:

### 1. Định nghĩa khối tâm:

“Khối tâm của một cơ hệ là một điểm đặt trung cho sự phân bố khối lượng trong cơ hệ; khi cơ hệ chuyển động, khối tâm chuyển động như một chất điểm tại đó tập trung toàn bộ khối lượng của cơ hệ”.

### 2. Các biểu thức về khối tâm:

- Vị trí của khối tâm (C): một cơ hệ gồm n chất điểm chuyển động bất kỳ, vị trí của khối tâm được xác định theo biểu thức:

$$\vec{r}_C = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \dots + m_n \vec{r}_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \vec{r}_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (79)$$

- Vận tốc của khối tâm:

$$\vec{v}_C = \frac{d\vec{r}_C}{dt} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \frac{d\vec{r}_i}{dt}}{\sum_{i=1}^n m_i} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (80)$$

$$\text{hay: } \vec{v}_C = \frac{\vec{P}}{M}$$

Với  $\vec{P}$  là động lượng của cơ hệ

$M$  là khối lượng của cơ hệ.

Nếu không có ngoại lực tác dụng vào cơ hệ, động lượng của cơ hệ được bảo toàn,  $\vec{P}$  = hằng số, do đó:

$$\vec{v}_C = \frac{\vec{P}}{M} = \text{hằng số} \quad (81)$$

Trong trường hợp này hệ quy chiếu gắn với khối tâm của cơ hệ là một hệ quy chiếu quán tính.

Nếu có ngoại lực tác dụng thì ta có gia tốc của cơ hệ là:



$$\begin{aligned}\vec{a}_C &= \frac{d\vec{v}_C}{dt} = \frac{d\vec{P}}{dt} \\ \Rightarrow \vec{a}_C &= \frac{\vec{F}_e}{M}\end{aligned}\quad (82)$$

Từ (49), ta thấy chuyển động của khối tâm của cơ hệ giống như chuyển động của chất điểm tại đó tập trung toàn bộ khối lượng của cơ hệ.

## PHẦN LUYỆN TẬP

### CÂU HỎI

**Các phát biểu sau đây là đúng hay sai? Giải thích.**

1. Động cơ phản lực hoạt động trên cơ sở sự bảo toàn xung lượng của hệ hai vật.
2. Một người nhảy từ trên bờ xuống thuyền theo phương ngang với vận tốc lớn thì người và thuyền cùng đi xa bờ.
3. Khi viên đạn bắn ra khỏi nòng súng, cả súng và đạn đều chuyển động về phía trước.
4. Dùng một búa cao su để đóng đinh, thì đầu đinh sẽ không bị biến dạng.
5. Khi chống xuống trên kính rạch, không có ngoại lực tác dụng lên hệ người và xuống.
6. Khi rèn dao phải đặt thanh sắt dưới một chiếc đe thật nặng.
7. Thổi căng một quả bóng bay, không buộc chặt miệng rồi buông tay ra, quả bóng sẽ chuyển động.

## Chương 6. VẬT RẮN

### Bài 1. Động học vật rắn

- ❖ **Mục tiêu học tập:** Sau khi học xong bài này, người học có thể:
- *Phân biệt chất điểm và vật rắn*
  - *Giải thích được các đặc trưng trong chuyển động của vật rắn*

#### 1. Khái niệm về vật rắn:

Vật rắn là vật có hình dạng và kích thước không đổi. Ta có thể xem vật rắn như là một hệ chất điểm đặc biệt mà khoảng cách giữa chúng không đổi.

#### 2. Chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay:

- a. Chuyển động tịnh tiến: là chuyển động trong đó một đoạn thẳng nối hai điểm bất kỳ của vật luôn luôn song song với chính nó:
  - Chuyển động tịnh tiến có thể là chuyển động thẳng, thí dụ như chuyển động của một toa tàu (trừ các bánh xe) trên đoạn đường thẳng.
  - Chuyển động tịnh tiến cũng có thể là chuyển động cong, thí dụ như chuyển động của Pêđan xe đạp khi ta đi xe trên đường thẳng.
- b. Chuyển động quay: là chuyển động trong đó mọi điểm của vật rắn vẽ nên những quỹ đạo tròn có tâm nằm trên cùng một đường thẳng gọi là trục quay, (những điểm nằm trên trục quay có vận tốc bằng không). Tùy theo hệ quy chiếu mà trục quay của một vật có thể là cố định hay không cố định

#### 3. Trục quay tức thời:

Trong những chuyển động phức tạp, người ta đưa ra khái niệm trục quay tức thời như sau: “*Trục quay tức thời của một vật quay ở một thời điểm nào đó là tập hợp những điểm của vật có vận tốc bằng không đối với hệ quy chiếu khảo sát*”.

Thí dụ: trong chuyển động lăn không trượt của một vật hình trụ, tại một thời điểm bất kỳ nào đó, hình trụ tiếp xúc với mặt phẳng theo một đường thẳng, tất cả những điểm nằm trên đường thẳng này đều có vận tốc bằng không đối với mặt phẳng. Đường tiếp xúc này là trục quay tức thời của hình trụ ở thời điểm khảo sát

#### 4. Các đặc trưng của chuyển động quay quanh một trục cố định:

Khi một vật rắn quay quanh một trục cố định thì mọi điểm của vật:

- Vẽ những vòng tròn nằm trong những mặt phẳng vuông góc với trục quay và có tâm trên trục quay.
- Trong cùng một khoảng thời gian quay được một góc  $\varphi$  như nhau.
- Tại cùng một thời điểm có cùng một vận tốc góc và gia tốc góc:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \quad ; \quad \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$$

- Càng xa trục thì vận tốc dài ( $v$ ) và gia tốc dài ( $a$ ) càng lớn:

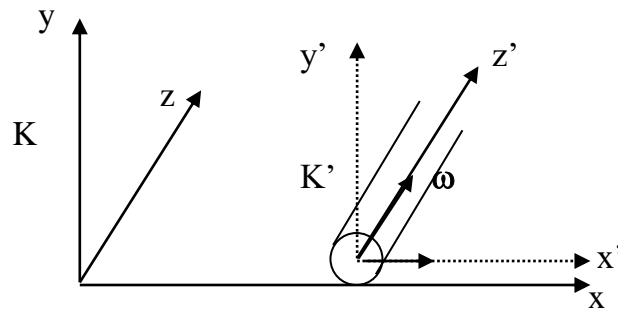
$$v = \omega.r \quad \text{hay} \quad \vec{v} = \vec{\omega} \wedge \vec{r}$$

$$a_{\tau} = \varepsilon r \quad \text{hay} \quad \vec{a}_{\tau} = \vec{\omega} \wedge \vec{r}$$

## 5. Chuyển động song phẳng:

### a. Định nghĩa:

Xét một vật rắn hình trụ bán kính  $R$  quay quanh một trục với vận tốc góc không đổi  $\omega$  đối với hệ quy chiếu  $K'$  gắn với trục quay; hệ  $K'$  chuyển động tịnh tiến đối với hệ đứng yên  $K$  với vận tốc  $v_0$  theo trục  $Ox$  (hình vẽ):



Chuyển động song phẳng

Hình 17.

- Trong trường hợp này mọi điểm của hình trụ chuyển động trong những mặt phẳng song song với mặt phẳng  $xOy$ . Chuyển động này của vật gọi là chuyển động *song phẳng*.
- Vậy: chuyển động song phẳng của một vật là chuyển động vừa tịnh tiến vừa quay mà mọi điểm của vật chuyển động trong những mặt phẳng song song với một mặt phẳng cố định nào đó.

### b. Vận tốc của các điểm trên mặt trụ đối với hệ quy chiếu đứng yên $K$ :

Liên hệ giữa vận tốc của chuyển động tịnh tiến  $v_0$  của hình trụ đối với hệ  $K$  và vận tốc góc  $\omega$  của chuyển động quay của hình trụ:

- Nếu hình trụ lăn không trượt thì cứ mỗi vòng lăn thì hình trụ (hay trục của nó) dịch chuyển được một đoạn bằng  $2\pi R$ .
- Nếu xét trong khoảng thời gian  $dt$ , thì nó dịch chuyển một đoạn là:

$$- \quad dl = d\varphi.R$$

$$- \quad \Rightarrow v_0 = v_x = \frac{dl}{dt} = \frac{d\varphi}{dt} R$$

$$\Rightarrow v_0 = \omega R$$

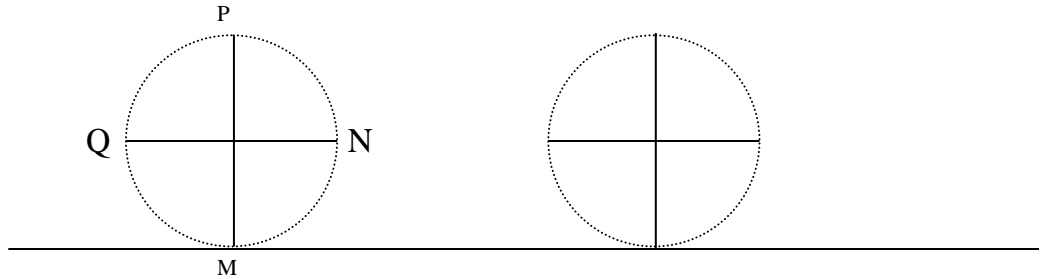
- Đối với hệ  $K'$ , vận tốc của mỗi điểm trên mặt hình trụ đều có độ lớn là:

$v' = \omega.R$  và có phương tiếp tuyến với quỹ đạo.

- Theo nguyên lý cộng vận tốc cổ điển, thì ta có: vectơ vận tốc tuyệt đối  $\vec{v}$  của mỗi điểm trên mặt trụ đối với hệ K được tính theo công thức sau:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{v}' \quad (83)$$

Cụ thể ta xác định vận tốc của một số vị trí trên mặt trụ như hình sau:



Hình 18.

Đối với điểm M:

$$\vec{v}_M = \vec{v}_0 + \vec{v}'_M$$

$$\Rightarrow v_M = v_0 - v'_M = \omega.R - \omega.R = 0$$

Đối với điểm N:

$$\vec{v}_N = \vec{v}_0 + \vec{v}'_N$$

$$\Rightarrow v_N = \sqrt{v_0^2 + v'^2_N} = \omega.R\sqrt{2}$$

Đối với điểm P:

$$\vec{v}_P = \vec{v}_0 + \vec{v}'_P$$

$$\Rightarrow v_P = v_0 + v'_P = 2\omega.R$$

Đối với điểm Q:

$$\vec{v}_Q = \vec{v}_0 + \vec{v}'_Q$$

$$\Rightarrow v_Q = \sqrt{v_0^2 + v'^2_Q} = \omega.R\sqrt{2}$$

## 6. Chuyển động bất kỳ của vật rắn:

- Chuyển động bất kỳ của vật rắn dù phức tạp đến đâu cũng có thể quy về hai chuyển động thành phần:
  - + Chuyển động tịnh tiến của một điểm nào đó của vật (gọi là điểm cơ bản)
  - + Chuyển động quay quanh trục tức thời đi qua điểm cơ bản ấy.
- Ta dễ dàng chứng minh được :
  - + Vận tốc chuyển động tịnh tiến là khác nhau, đối với các điểm cơ bản được chọn khác nhau.
  - + Vận tốc góc quay quanh trục quay tức thời là như nhau đối với các điểm cơ bản khác nhau.
- Vận tốc của một điểm bất kỳ của vật rắn trong chuyển động bất kỳ có dạng:

$$\vec{v}_M = \vec{v}_0 + \vec{v}'_M$$

hay  $\vec{v}_M = \vec{v}_0 + (\vec{\omega} \wedge \vec{r})$

Với:  $\vec{v}_0$  : vận tốc chuyển động tịnh tiến của điểm cơ bản O

$\vec{v}'_M = (\vec{\omega} \wedge \vec{r})$ : vận tốc dài của điểm M của chuyển động quay quanh trục tức thời qua O

$\vec{\omega}$ : vận tốc góc của chuyển động quay quanh trục tức thời qua O

$\vec{r}$  : bán kính vectơ của điểm M.

## Bài 2. Động lực học Vật rắn

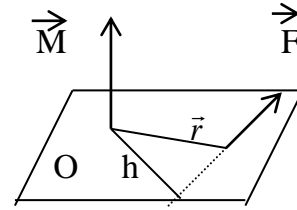
❖ **Mục tiêu học tập:** Sau khi học xong bài này, người học có thể:

- Giải thích được tác dụng lực đối với vật rắn
- Mô tả được phương trình cơ bản của chuyển động quay của vật rắn

### 1. Momen lực:

Là đại lượng đặc trưng cho tác dụng của lực trong chuyển động quay. Người ta gọi mômen của lực  $F$  đối với điểm  $O$  là vector  $M$  được xác định bằng hệ thức:

$$\vec{M} = \vec{r} \wedge \vec{F} \quad (84)$$
$$\Rightarrow M = |\vec{M}| = r.F.\sin \alpha = F.h$$



Hình 19.

Trong đó:  $\vec{r}$  : là bán kính vector của điểm đặt của lực đối với điểm  $O$

$h$ : là khoảng cách từ điểm  $O$  đến phương của lực, được gọi là cánh tay đòn của lực  $F$  đối với điểm  $O$ .

Thứ nguyên và đơn vị của mômen lực:

- Thứ nguyên :  $[M]=[R].[F]=L.M.L.T^{-2}=L^2.M.T^{-2}$
- Đơn vị: N.m

### 2. Mômen động lượng của chất điểm:

Là đại lượng đặc trưng cho chuyển động quay của chất điểm. Người ta định nghĩa mômen động lượng của chất điểm đối với điểm  $O$  là vector  $l$  được xác định bằng hệ thức:

$$\vec{l} = \vec{r} \wedge \vec{p} = \vec{r} \wedge m\vec{v} \quad (85)$$

Trong đó:  $\vec{r}$  : là bán kính vector của chất điểm đối với điểm  $O$ .

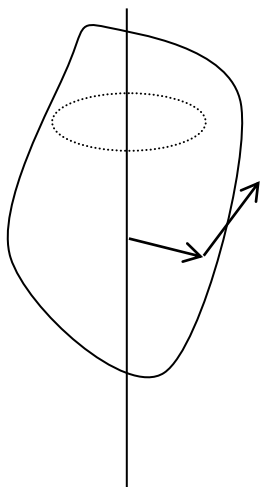
Thứ nguyên và đơn vị của mômen lực:

- Thứ nguyên :  $[L]=[R].[P]=L.M.L.T^{-1}=L^2.M.T^{-1}$
- Đơn vị: kg.m/s<sup>2</sup>

### 3. Phương trình cơ bản của chuyển động quay của vật rắn:

- a. Phương trình cơ bản của chuyển động quay của vật rắn quanh một trục cố định:  
Xét một vật rắn dạng bất kỳ có thể quay quanh một trục cố định  $\Delta$  (hình vẽ).

Người ta xác định được phương trình chuyển động quay của nó có dạng như sau:



$$\vec{M}_z = I\vec{\varepsilon} \quad (86)$$

Với:  $\vec{M}_z$  : mômen lực,  
 $\vec{\varepsilon}$  : gia tốc góc  
 $I$ : mômen quán tính.

(86) là phương trình cơ bản của chuyển động quay của vật rắn quanh một trục cố định.

Hình 20.

### b. Khái niệm mômen quán tính (ký hiệu I):

Mômen quán tính là đại lượng đặc trưng cho khối lượng của vật trong chuyển động quay, được định nghĩa như sau:

- Đối với một cơ hệ gồm n chất điểm đối với một trục quay nào đó:

$$I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2$$

- Đối với một vật rắn quay quanh một trục:  $I = \int r^2 dm$

Với : r là khoảng cách từ phần tử khối lượng nguyên tố dm đến trục quay.

### c. Thí dụ về tính mômen quán tính:

**Thí dụ 1:** Tính mômen quán tính của một thanh đồng chất có chiều dài L khối lượng m đối với trục quay  $\Delta$  đi qua trung điểm O của thanh và vuông góc với thanh (hình vẽ).

Tính:

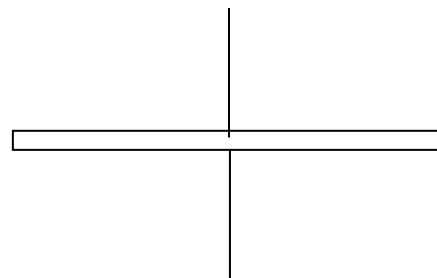
Ta lấy một phần tử dm với chiều dài dx cách O một đoạn x. Mômen quán tính của phần tử này đối với trục  $\Delta$  là:

$$dI = x^2 dm$$

Vì thanh là đồng chất nên khối lượng của các đoạn tỉ lệ với chiều dài của chúng.

$$dm = \frac{m}{l} dx$$

từ đó:  $dI = \frac{m}{l} x^2 dx$



và mômen quán tính của cả thanh đối với trục là:

$$I = \int dI = \int_{-l/2}^{+l/2} \frac{m}{l} x^2 dx = \frac{ml^2}{12}$$

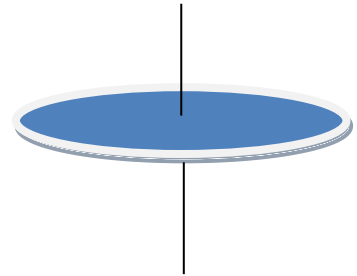
**Thí dụ 2:** Tính momen quán tính của một đĩa tròn đồng chất bán kính R, khối lượng m đối với trục  $\Delta$  là trục đối xứng của đĩa.

Tính:

Ta phân đĩa thành những phần tử hình vành khăn bán kính x và rộng dx (hình vẽ):

Diện tích vành khăn là:

$$dS = 2\pi x dx$$



Gọi dm là khối lượng phần tử vành khăn thì mômen quán tính dI của nó (được xem như tổng những phần tử cùng có khoảng cách x đến trục quay) là:

$$dI = x^2 dm$$

Vì đĩa là đồng chất nên khối lượng của các phần tử tỉ lệ với diện tích của chúng:

$$dm = \frac{m}{\pi R^2} dS = \frac{2m}{R^2} x dx$$

$$\Rightarrow dI = \frac{2m}{R^2} x^3 dx$$

Mômen quán tính I của đĩa đối với trục :

$$I = \int dI = \int_0^R \frac{2m}{R^2} x^3 dx = \frac{mR^2}{2}$$

#### **d. Định lý Steiner – Huyghen:**

Ở trên ta đã tính momen quán tính của một số vật đối với trục đối xứng đi qua khối tâm của chúng. Để tính mômen quán tính đối với trục bất kỳ thì ta sử dụng định lý Steiner – Huyghen như sau:

“ Mômen quán tính I của một vật rắn đối với một trục bất kỳ bằng momen quán tính  $I_0$  của vật đó đối với trục song song với trục bất kỳ và đi qua khối tâm O của vật cộng với tích của khối lượng m của vật với bình phương khoảng cách a giữa hai trục đó”

$$\text{Biểu thức: } I = I_0 + ma^2 \quad (87)$$



e. Bảng ghi công thức mômen quán tính một vài vật đồng chất

Vật	Vị trí của trục $\Delta$	Mômen quán tính
Hình trụ rỗng, mỏng bán kính R, khối lượng m	Trục đối xứng	$I_{\Delta} = mR^2$
Hình trụ đặc (hay đĩa) bán kính R, khối lượng m	Trục đối xứng	$I_{\Delta} = \frac{mR^2}{2}$
Thanh mảnh, thẳng có chiều dài L, khối lượng m	Trục vuông góc với thanh và đi qua trung điểm của nó	$I_{\Delta} = \frac{mL^2}{12}$
	Trục vuông góc với thanh và đi qua một đầu thanh	$I_{\Delta} = \frac{mL^2}{3}$
Hình cầu bán kính R, khối lượng m	Trục đi qua tâm cầu	$I_{\Delta} = \frac{2mR^2}{5}$
	Trục đi qua một điểm cách tâm cầu một khoảng d	$I_{\Delta} = m \left( \frac{2R^2}{5} + d^2 \right)$

4. Động năng toàn phần của vật rắn chuyển động:

Định nghĩa:

$$T = T_{tt} + T_q$$

trong đó:

$$T_{tt} = \frac{1}{2}mv_0^2 \quad : \text{ là động năng của chuyển động tịnh tiến của khối tâm}$$

$$T_q = \frac{1}{2}I\omega^2 \quad : \text{ là động năng của chuyển động quay quanh trục đi qua khối tâm.}$$

$v_0$  : vận tốc tịnh tiến của khối tâm

$\omega$  : vận tốc góc quay quanh trục đi qua khối tâm.

## PHẦN LUYỆN TẬP:

### Trả lời câu hỏi và giải bài tập về ĐỘNG HỌC VÀ ĐỘNG LỰC HỌC VẬT RẮN

#### CÂU HỎI

**Các phát biểu sau đây là đúng hay sai? Giải thích.**

1. Vật nào có mômen quán tính lớn thì sẽ dễ dàng thay đổi vận tốc góc dưới tác dụng mômen lực giống nhau.
2. Với những trục quay khác nhau cùng đi qua khối tâm, mômen của vật rắn sẽ có cùng giá trị như nhau .
3. Khi tác dụng một lực lên vật mà giá của lực đó đi qua khối tâm thì vật đó sẽ chuyển động tịnh tiến.
4. Khối tâm bao giờ cũng nằm bên trong vật kể cả vật rỗng.
5. Một xe chở đá và một xe chở gỗ có cùng khối lượng. Xe chở gỗ cân bằng bền hơn.
6. Thuyền sẽ bị chòng chành khi trên thuyền có một người nào đó đứng dậy.
7. Hai đĩa tròn có cùng đường kính, đĩa nào có khối lượng lớn thì mômen quán tính của đĩa đó đối với trục đi qua khối tâm sẽ lớn.
8. Đòn bẩy là một ứng dụng thực tiễn về tác dụng của mômen lực.

#### CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

1. Đại lượng đặc trưng cho khả năng bảo toàn chuyển động là :  
a) Khối lượng.                      b) Mômen lực.                      c) Mômen xung lực  
d) Mômen quán tính                e) Khối tâm
2. Tỷ số của hai mômen quán tính của một hình cầu đặc và một hình trụ đặc có cùng khối lượng, có cùng trục quay đi qua khối tâm và có bán kính thỏa  $5R_1 = 3R_2$  là :  
a) 3/5                      b) 36/125                      c) 4/5                      d) 1/2                      e) 2/5
3. Thứ nguyên của mômen quán tính là:  
a)  $[M]^1[L]^1[T]^2$                 b)  $[M]^1[L]^2$                       c)  $[M]^2[L]^1$                 d)  $[L]^1[T]^2$                 e)  $[M]^1[T]^2$
4. Tỷ số hai vận tốc khi chạm đất của cùng một quả cầu đặc mà một rơi tự do từ độ cao  $h$  và một thì lăn không trượt trên đỉnh một con dốc có độ cao  $h/2$  là :  
a)  $\sqrt{\frac{14}{7}}$                       b)  $\sqrt{\frac{7}{14}}$                       c)  $\frac{10}{7}$                       d)  $\frac{5}{7}$                       e) Một giá trị khác

## BÀI TẬP

**Bài 1:** Một vô lăng kê cả trục có momen quán tính  $I = 200\text{kg.m}^2$  quay 120 vòng trong một phút. Qua 2 phút sau khi momen quay phát động ngừng tác dụng thì vô lăng dừng hẳn do tác dụng của lực ma sát ở ổ trục. Coi ma sát ở ổ trục không đổi (không phụ thuộc vận tốc quay). Hãy xác định momen của lực ma sát.

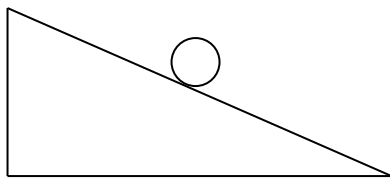
**Bài 2:** Một quả cầu đặt đồng nhất khối lượng  $m$ , bán kính  $R$  lăn không trượt từ nghỉ từ đỉnh một dốc có chiều cao  $h$ . Tìm vận tốc khối tâm của nó ở chân dốc (hình 1)

**Bài 3:** Trên một hình trụ rỗng người ta quấn một sợi dây không co giãn có khối lượng và đường kính không đáng kể. Đầu kia của sợi dây buộc cố định tại điểm  $O$  (hình 2). Tính gia tốc của hình trụ và lực căng của sợi dây.

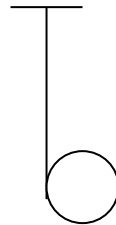
**Bài 4:** Một cái yo-yô có khối lượng  $M$ , bán kính ngoài  $R$ , bán kính trong  $R_0$ , momen quán tính là  $I$  (hình 3 và vật thật). Hãy xác định biểu thức gia tốc của cái yo-yô khi nó chuyển động xuống.

**Bài 5:** Cho một cơ hệ như hình 4, dây không co giãn, ròng rọc có khối lượng  $M$  giả sử hệ chuyển động theo chiều  $m_2$  đi xuống dưới. Tính:

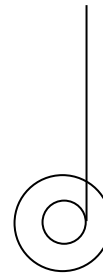
- Gia tốc của  $m_1$  và  $m_2$
- Lực căng của sợi dây



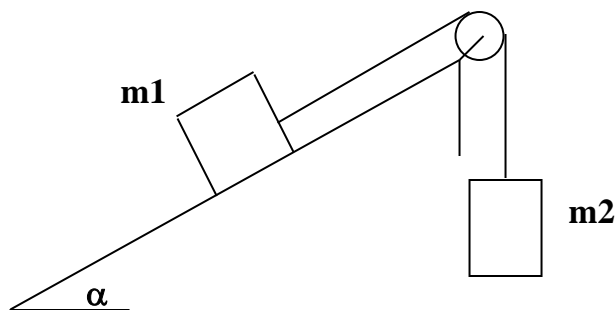
hình 1



hình 2



hình 3



## Chương 7. CƠ HỌC CHẤT LƯU

### Bài 1. Tĩnh học chất lưu

❖ **Mục tiêu học tập:** Sau khi học xong bài này, người học có thể:

- *Giải thích được sự cân bằng và các thành phần lực tác dụng lên chất lưu.*

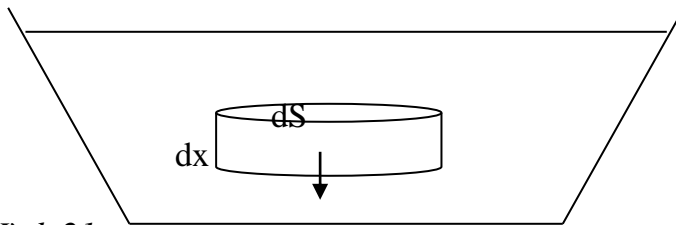
#### 1. Khái niệm chất lưu:

Chất lưu là tên gọi chung cho chất lỏng và chất khí, có hình dạng không xác định (phụ thuộc vào bình chứa), thực nghiệm cho thấy:

- Chất lưu rất linh động: nghĩa là giữa các lớp chất lưu hầu như không có lực ma sát.
- Chất lưu có lực biến dạng đàn hồi thể tích, nghĩa là có lực đàn hồi xuất hiện khi chất lưu bị nén (hay giãn) từ mọi phía.
- Từ đó chứng tỏ: Lực tương tác giữa các lớp chất lưu luôn luôn vuông góc với mặt tiếp xúc giữa các lớp.
- Chất lưu lý tưởng: là chất lưu mà giữa các lớp chất lưu chỉ có lực tương tác vuông góc mặt tiếp xúc.

#### 2. Khái niệm về lực mặt và lực khối:

Xét một phần tử chất lưu có dạng hình trụ có trục theo phương Ox, diện tích đáy dS, chiều dài là dx (hình vẽ)



Hình 21.

- Lực tác dụng lên phần tử này có hai loại là lực mặt và lực khối:
  - + Lực mặt: là lực của các phần tử xung quanh tác dụng vuông góc lên bề mặt phần tử đang xét (hoặc bình chứa).
  - + Lực khối: là lực tỉ lệ với khối lượng dm của phần tử chất lưu. Trong trường trọng lực thì lực khối chính là trọng lực tác dụng lên phần tử đó, cũng bằng trọng lượng P của phần tử đó:  $\vec{P} = dm \cdot \vec{g} = \rho \cdot dV \cdot \vec{g}$ ,  $\rho$ : là khối lượng riêng của chất lưu.

#### 3. Áp suất chất lưu:

a. Định nghĩa: là lực mặt tác dụng trên một đơn vị diện tích bề mặt của phần tử chất lưu (hoặc bình chứa):

b. Biểu thức: 
$$p = \frac{F}{dS} \quad (88)$$

c. Đơn vị: Trong hệ SI, áp suất có đơn vị là: N/m<sup>2</sup>

#### 4. Phương trình cân bằng:

- Trạng thái cân bằng của chất lưu: là trạng thái có tổng lực (gồm lực mặt và lực khối) tác dụng lên từng phần tử chất lưu là bằng không.
- Phương trình cân bằng: chất lưu ở trạng thái cân bằng được biểu diễn bởi phương trình sau:

$$\frac{\partial p}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial p}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial p}{\partial z} \vec{k} = \rho \vec{g} \quad (89)$$

Với:  $\frac{\partial p}{\partial x}, \frac{\partial p}{\partial y}, \frac{\partial p}{\partial z}$ : đạo hàm riêng phần của áp suất theo phương x, y, z

#### 5. Sự phân bố áp suất trong chất lưu:

Xét chất lưu trong trường trọng lực và chọn trục Oz theo phương thẳng đứng, phương trình (88) được viết lại như sau:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial p}{\partial y} = 0; \quad \frac{\partial p}{\partial z} = \rho \cdot g \quad (90)$$

Từ (90) ta suy ra: " Trong trường trọng lực, ở trạng thái cân bằng, áp suất chất lưu là như nhau trên mỗi mặt phẳng nằm ngang (mặt đẳng áp)". Điều này chứng tỏ rằng mặt thoáng (không lớn lắm) của chất lưu phải là một mặt phẳng nằm ngang, không phụ thuộc hình dạng của bình chứa. Nếu bình gồm nhiều nhánh thông nhau thì mặt thoáng trong các nhánh phải có cùng độ cao (nguyên tắc bình thông nhau)

- Áp suất thay đổi theo độ sâu:

Lấy tích phân phương trình (90), ta được:

$$p = p_0 + \rho g \cdot z \quad (91)$$

trong đó:  $p_0$ : là áp suất mặt thoáng ( $z_0 = 0$ )

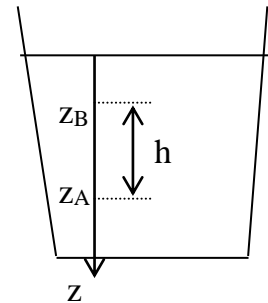
$z$ : là độ sâu của điểm khảo sát.

- Hiệu áp suất giữa hai độ sâu khác nhau:

Từ (91), ta viết được:

$$p_A - p_B = \rho g(z_A - z_B) = \rho g h \quad (92)$$

với:  $h = z_A - z_B$ : độ cao của cột chất lưu.



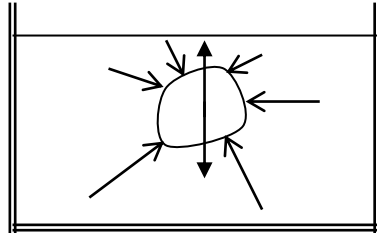
Hình 21.

#### 6. Định luật Paxcan:

Khảo sát về áp suất chất lưu, Paxcan đã xây dựng thành định luật như sau:

- Phát biểu: " trong một chất lưu lý tưởng ở trạng thái cân bằng thì áp suất tại mỗi điểm là như nhau theo mọi phương, và bất kỳ một độ tăng áp suất nào cũng được truyền nguyên vẹn cho mọi nơi trong toàn khối chất lưu.
- Ứng dụng: Định luật Paxcan đã được vận dụng làm máy ép thủy tĩnh, áp kế, ...

## 7. Định luật Acsimét (Achimade):



Hình 22.

- Phát biểu: “bất cứ vật rắn nào nằm trong chất lưu đều chịu một lực đẩy từ dưới lên trên, lực này có điểm đặt tại trọng tâm của phần chất lưu bị choán chỗ và có độ lớn bằng trọng lượng của phần chất lưu bị vật ấy choán chỗ”. Lực đẩy ấy gọi là lực đẩy Acsimét, ký hiệu:  $\vec{F}_A$ .
- Biểu thức: 
$$F_A = mg = \rho Vg \quad (93)$$

với:  $m$  : khối lượng phần chất lưu bị choán chỗ, tương ứng với thể tích  $V$   
 $\rho$  : khối lượng riêng của chất lưu
- Ứng dụng: Định luật Acsimét được ứng dụng rộng rãi trong kỹ thuật đóng tàu, cầu phao, cách trục tàu đắm, ...

## Bài 2. Động lực học chất lưu lí tưởng

❖ **Mục tiêu học tập:** Sau khi học xong bài này, người học có thể:

- *Giải thích được các trạng thái chuyển động của chất lưu*
- *Liên hệ được các tác động trong tự nhiên do chuyển của chất lưu*

**1. Trạng thái dừng:** là trạng thái chuyển động ổn định của chất lỏng với vận tốc và áp suất tại mỗi điểm bất kỳ trong chất lỏng không thay đổi theo thời gian.

### 2. Phương trình liên tục:

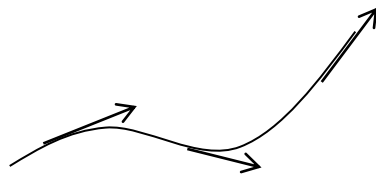
Để nghiên cứu chuyển động của chất lưu, người ta sử dụng khái niệm mới là đường dòng và ống dòng.

a. Đường dòng: là đường cong mà tiếp tuyến tại mọi điểm của nó có phương trùng với vectơ vận tốc của hạt chất lỏng ở thời điểm xét. Tập hợp nhiều đường dòng gọi là họ đường dòng. (hình 1)

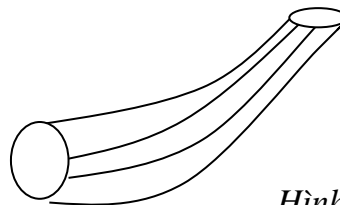
b. Ống dòng:

Để nghiên cứu chuyển động của toàn dòng chất lỏng, người ta phân tưởng tượng chất lỏng ra thành từng ống dòng:

Ống dòng là họ đường dòng tập trung trên một đường cong kín (hình 2)



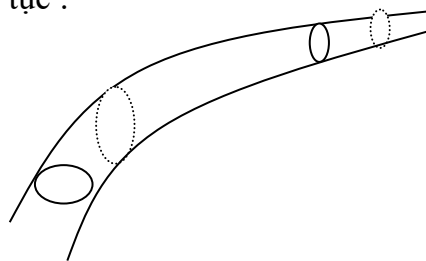
Hình 23a.



Hình 23b.

Ta có thể quan sát được ống dòng bằng cách pha màu cho một dòng chất lỏng, hay tạo dòng khói trong không khí.

c. Phương trình liên tục :



Hình 24.

Khảo sát chuyển động dừng trong một ống dòng (hình 24), ta thấy, lượng chất lỏng  $dm$  chảy vào ống (qua tiết diện  $S_1$ ) và chảy ra khỏi ống (qua  $S_2$ ) trong cùng thời gian  $dt$  là như nhau, ta viết được phương trình sau:

$$\begin{aligned} dm &= \rho_1(dV)_1 = \rho_2(dV)_2 \\ \text{với: } dV_1 &= S_1 v_1 dt \\ dV_2 &= S_2 v_2 dt \\ \Rightarrow \rho_1 S_1 v_1 dt &= \rho_2 S_2 v_2 dt \\ \Rightarrow \rho_1 S_1 v_1 &= \rho_2 S_2 v_2 \quad (93) \end{aligned}$$

Đối với chất lỏng lí tưởng (không nén) thì khối lượng riêng của nó là hằng số ( $\rho_2 = \rho_1 = \rho$ ), phương trình (93) được viết lại là:

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 = \text{hằng số} \quad (94)$$

Các phương trình (93), (94) là phương trình liên tục của chất lỏng. Chứng tỏ rằng ở tiết diện ngang của ống dòng càng bé (đường dòng khít) thì vận tốc của chất lỏng càng lớn.

### 3. Phương trình Becnuli:

Khảo sát chuyển động dừng trong một ống dòng của một chất lưu đồng chất (hình vẽ), người ta xây thiết lập được phương trình:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 + p_2 &= \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 + p_1 \\ \text{hay } \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h + p &= \text{hằng số} \quad (95) \end{aligned}$$

Phương trình (95) gọi là phương trình Becnuli do D. Becnuli thiết lập năm 1738. Trong đó:

Đại lượng  $\frac{1}{2} \rho v^2$  : gọi là áp suất thủy động gây ra bởi vận tốc dòng chảy

$p$  : là áp suất thủy tĩnh

Tổng  $\frac{1}{2} \rho v^2 + p$  : là áp suất toàn phần

### 4. Hệ quả phương trình Becnuli:

Trường hợp ống dòng nằm ngang thì tại mọi điểm trong ống đại lượng  $\rho g h$  là như nhau, phương trình Becnuli trở thành:

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{hằng số} \quad (96)$$

Nếu ống có tiết diện như nhau thì vận tốc  $v$  tại mọi điểm là như nhau và lúc đó áp suất tĩnh  $p = \text{hằng số}$ .

### 5. Ứng dụng:

Phương trình Becnuli được ứng dụng trong việc làm các loại bình bơm (thuốc trừ sâu, nước hoa), sơn xi, bộ chế hoà khí của máy nổ, ...



## PHẦN LUYỆN TẬP

### *CÂU HỎI*

**Các phát biểu sau đây là đúng hay sai? Giải thích.**

- 1- Trong một ống dòng nơi nào nước chảy chậm thì nơi đó tiết diện của ống là nhỏ.
- 2- Vì chất lưu không nén được nên nó có hình dạng không đổi.
- 3- Hai vật có cùng một thể tích, vật nào có khối lượng riêng lớn sẽ dễ nổi trên mặt nước.
- 4- Trong một ống tiêm, vận tốc thuốc tiêm ra khỏi kim tiêm là rất nhỏ.
- 5- Càng lên cao thì áp suất không khí càng giảm

**Phần II. NHIỆT HỌC**  
**Chương 1. Những cơ sở của thuyết Động học phân tử**  
**Bài 1. Mở đầu**

❖ **Mục tiêu học tập:** Sau khi học xong bài này, người học có thể:

- *Xác định được đối tượng, nhiệm vụ và phương pháp nghiên cứu trong Nhiệt học*

**I. Thuyết cấu tạo phân tử của các chất (hay còn gọi là thuyết động học phân tử của các chất) có nội dung như sau:**

**1. Các chất cấu tạo bởi một số rất lớn những hạt có kích thước rất nhỏ gọi là phân tử:**

- Phân tử: là phân tử nhỏ nhất còn giữ được những tính chất hoá học của các chất này. Kích thước nguyên tử vào cỡ  $10^{-8}$  cm.
- Phân tử lại có thể bao gồm 1, 2, 3 , ... hạt đơn giản hơn; đó là các nguyên tử
- Thí dụ : phân tử nước  $H_2O$  được cấu tạo bởi 3 nguyên tử (2 nguyên tử Hydrô và 1 nguyên tử Oxy); các phân tử khí hiếm như He, Ne, Ar, ... chỉ gồm 1 nguyên tử

**2. Các phân tử cấu tạo nên các chất chuyển động hỗn loạn và không ngừng:**

- Chuyển động hỗn loạn và không ngừng của các phân tử được phản ánh thông qua chuyển động Brown.
- Chuyển động Brown : là chuyển động hỗn loạn và không ngừng của các hạt Braonơ (hạt phấn hoa) trong chất lỏng được quan sát bởi nhà sinh vật học người Anh tên là Brown. Ngày nay, người ta có thể quan sát trực tiếp chuyển động của các phân tử thông qua các kính hiển vi hiện đại.
- Chuyển động hỗn loạn của các phân tử còn được gọi là chuyển động nhiệt vì nó có liên quan chặt chẽ với các hiện tượng “*nhiệt*”.

**II. Đối tượng, nhiệm vụ và phương pháp nghiên cứu của Vật lý Phân tử và Nhiệt học:**

- 1. Đối tượng:** là một hệ gồm một số rất lớn các phân tử chuyển động.
- 2. Nhiệm vụ:** nghiên cứu những mối liên quan giữa những tính chất vĩ mô của một hệ vật chất (thí dụ: nhiệt độ, áp suất, tính giãn nở, ...) với các giá trị trung bình của các đại lượng đặc trưng cho chuyển động của phân tử
- 3. Phương pháp nghiên cứu Vật lý Phân tử và Nhiệt học:** người ta dùng phương pháp Vật lý thống kê, cơ sở của phương pháp này là lý thuyết xác suất.
- 4. Định nghĩa xác suất:**
  - a. Khái niệm biến cố và biến cố mong muốn:

- Biến cố: là một kết quả ngẫu nhiên của một hiện tượng nào đó. Thí dụ: một lần gieo con xúc xắc thì kết quả là việc lật một con số ngẫu nhiên nào đó. Ta gọi đó là một biến cố.
- Biến cố mong muốn: là một kết quả mong muốn được xảy ra của một hiện tượng nào đó. Thí dụ: trong một lần gieo con xúc xắc mong muốn một con số nhất định được lật lên. Ta gọi đó là biến cố mong muốn.

**b. Định nghĩa:** Xác suất  $w$  của một biến cố nào đó được định nghĩa là:

$$w = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{m}{N} \quad (97)$$

trong đó:  $m$  là số lần biến cố cần quan sát xảy ra.  
 $N$  là tổng số biến cố đã xảy ra.

### 5. Phép tính trung bình:

Giá trị trung bình của một đại lượng được xác định theo công thức sau:

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^k m_i n_i}{N} \quad (98)$$

Với:  $m_i$  số lần xuất hiện giá trị  $n_i$

$N = \sum_{i=1}^k m_i$  : tổng số lần các biến cố xảy ra

## Bài 2. Những cơ sở của thuyết động học phân tử

- ❖ **Mục tiêu học tập:** Sau khi học xong bài này, người học có thể:
- Phân biệt được các yếu tố đặc trưng của một mẫu khí lí tưởng
  - Giải thích được các khái niệm áp suất và nhiệt độ
  - Trình bày được các định luật về chất khí

### I. Mẫu khí lí tưởng:

Là một mẫu khí được áp dụng để giải thích tính chất cơ bản của chất khí ở điều kiện bình thường, bao gồm những đặc điểm cơ bản của chất khí như sau:

1. Khí lí tưởng gồm một số rất lớn các phân tử có kích thước rất nhỏ (so với khoảng cách trung bình giữa các phân tử), các phân tử chuyển động hỗn loạn và không ngừng.
2. Lực tương tác giữa các phân tử chỉ trừ lúc va chạm là đáng kể còn lại thì rất nhỏ có thể bỏ qua.
3. Sự va chạm lẫn nhau giữa các phân tử khí hay va chạm giữa phân tử khí với thành bình tuân theo quy luật va chạm đàn hồi (nghĩa là động năng của nó được bảo toàn).

Trên cơ sở mẫu khí lí tưởng, người ta đơn giản hoá chuyển động của các phân tử như sau: Trong hệ toạ độ Đề các Ox, Oy, Oz; do tính chất chuyển động hoàn toàn hỗn loạn không có phương nào ưu tiên, nên ta xem như trên mỗi phương Ox, Oy, Oz) có 1/3 số phân tử trong toàn bộ số phân tử chuyển động; nếu xét theo chiều thì sẽ có 1/6 số phân tử.

### II. Áp suất chất khí:

#### 1. Định nghĩa:

Áp suất chất khí là một trong các đại lượng cơ bản đặc trưng cho tính chất của khí, định nghĩa theo hai quan điểm sau:

- Theo quan điểm vĩ mô: Áp suất chất khí bằng lực nén của khí tác dụng vuông góc lên một đơn vị diện tích thành bình. Ta có biểu thức sau:

$$p = \frac{F}{\Delta S} \quad (99)$$

trong đó: p: là áp suất chất khí.

F: là lực nén của khí vuông góc với diện tích  $\Delta S$  của thành bình.

- Theo quan điểm vi mô: Áp suất chất khí bằng lực của các phân tử khí tác dụng vuông góc lên một đơn vị diện tích thành bình.

Vậy: giữa áp suất chất khí và sự chuyển động của các phân tử có mối liên quan chặt chẽ.

## 2. Công thức tính áp suất chất khí:

Theo định nghĩa, áp suất được xác định bởi lực xuất hiện khi các phân tử va chạm với thành bình. Do đó, để tính áp suất, ta phải xác định lực này:

Áp dụng định luật II và III Newton cho va chạm giữa phân tử và thành bình ta có:

$$\vec{F} = -\vec{F}' = -\frac{d\vec{Q}}{dt}$$

Với  $\vec{F}$  : là vectơ lực tác dụng của các phân tử khí lên thành bình.

$\vec{F}'$  : là vectơ lực tác dụng của thành bình lên các phân tử khí.

$dQ$  : là độ biến thiên động lượng của các phân tử khí do va chạm với diện tích nguyên tố  $\Delta S$  của thành bình trong thời gian  $dt$ .

Tính độ lớn của  $dQ$ : ta thực hiện theo các bước sau:

Bước 1: xác định số các phân tử đến va chạm vào diện tích  $\Delta S$ :

- Ta xem chuyển động hỗn loạn của các phân tử khí tương đương với chuyển động theo ba phương vuông góc nhau Ox, Oy, Oz.
- Giả sử phương Ox vuông góc với diện tích  $\Delta S$  đang xét.
- Gọi  $n$  là mật độ các phân tử khí (số phân tử trong một đơn vị thể tích).
- Một cách tổng quát, ta suy luận như sau: trong  $n$  phân tử khí sẽ có  $n_1$  phân tử chuyển động theo phương Ox với vận tốc  $v_{x1}$ , có  $n_2$  phân tử chuyển động theo phương Ox với vận tốc  $v_{x2}, \dots$
- Xét loại phân tử có vận tốc  $v_{x1}$ : do phương Ox không có chiều ưu tiên nên trong  $n_1$  phân tử sẽ có  $n_1/2$  phân tử chuyển động theo chiều đến đập vào  $\Delta S$ ; trong khoảng thời gian  $dt_1$ , các phân tử này đi được quãng đường là:

$$l_1 = v_{x1} \cdot dt_1.$$

- Vậy trong khoảng thời gian  $dt_1$  số phân tử đến đập vào  $\Delta S$  sẽ là số phân tử nằm trong hình trụ có đáy là  $\Delta S$ , chiều cao theo phương Ox là  $l_1$  và bằng  $\frac{n_1}{2} \Delta S \cdot l_1$ .

Bước 2: tính độ biến thiên động lượng của số phân tử này:

- Ta xem va chạm của phân tử khí với thành bình là va chạm đàn hồi, nên vận tốc của phân tử sau va chạm là  $-v_{x1}$ . Do đó độ biến thiên động lượng của mỗi phân tử khí va chạm là:

$$dQ_{1/n} = m(-v_{x1}) - mv_{x1} = -2mv_{x1} \quad (m: \text{khối lượng của phân tử})$$

- Ta suy ra, độ biến thiên động lượng của các phân tử có vận tốc  $v_{x1}$  đập vào  $\Delta S$  trong thời gian  $dt_1 = \frac{l_1}{v_{x1}}$ :

$$dQ_1 = -2mv_{x1} \cdot \frac{n_1}{2} \Delta S \cdot l_1 = -mv_{x1} \cdot n_1 \cdot \Delta S \cdot l_1$$

- Lực do các phân tử có vận tốc  $v_{x1}$  tác dụng lên  $\Delta S$  là:

$$F_1 = -\frac{dQ_1}{dt_1} = \frac{mv_{x1}n_1\Delta S.l_1}{\frac{l_1}{v_{x1}}} = m\Delta S.n_1v_{x1}^2$$

- Lý luận tương tự đối với các loại phân tử có vận tốc  $v_{x2}, v_{x3}, \dots$  ta có:

$$F_2 = -\frac{dQ_2}{dt_1} = m\Delta S.n_2v_{x2}^2$$

$$F_3 = -\frac{dQ_3}{dt_1} = m\Delta S.n_3v_{x3}^2$$

....

- Ta tính được tổng hợp lực do tất cả các phân tử chuyển động theo phương Ox tác dụng lên  $\Delta S$  là:

$$F_x = F_1 + F_2 + F_3 + \dots$$

$$\text{hay: } F_x = m\Delta S \sum_i n_i v_{xi}^2$$

Do đó áp suất theo phương Ox là :

$$p_x = \frac{F_x}{\Delta S} = m \sum_i n_i v_{xi}^2$$

Tương tự, ta có áp suất theo phương Oy, Oz là:

$$p_y = \frac{F_y}{\Delta S} = m \sum_i n_i v_{yi}^2$$

$$p_z = \frac{F_z}{\Delta S} = m \sum_i n_i v_{zi}^2$$

Do chuyển động hỗn loạn, không có phương nào ưu tiên nên:

$$p_x = p_y = p_z = p$$

$$\text{Vậy: } p_x + p_y + p_z = 3p = m \sum_i n_i (v_{xi}^2 + v_{yi}^2 + v_{zi}^2)$$

$$3p = m \sum_i n_i v_i^2$$

hay:

$$\Rightarrow p = \frac{m}{3} \sum_i n_i v_i^2 = \frac{2}{3} \sum_i n_i \frac{mv_i^2}{2}$$

với  $v_i$ : là vận tốc của phân tử

và  $\frac{mv_i^2}{2} = E_{đi}$ : là động năng của chuyển động tịnh tiến của phân tử.

Ta viết biểu thức áp suất  $p$  lại như sau:

$$p = \frac{2}{3} \sum n_i E_{di} = \frac{2}{3} n \sum \frac{n_i E_{di}}{n}$$

Theo định nghĩa giá trị trung bình thì:  $\sum_i \frac{n_i E_{di}}{n} = \bar{E}_d$  là động năng trung bình của chuyển động tịnh tiến của 1 phân tử.

$$\Rightarrow p = \frac{2}{3} n \bar{E}_d \quad (100)$$

(100) là công thức cơ bản của thuyết động học phân tử của khí lý tưởng. Ta thấy giá trị của áp suất được xác định theo giá trị của động năng trung bình nên ta nói áp suất có tính thống kê.

### 3. Đơn vị áp suất:

- Trong hệ SI đơn vị áp suất là:  $\text{N/m}^2$
- Ngoài ra còn dùng các đơn vị áp suất ngoại hệ như:
- Átmốtphe kỹ thuật hay átmốtphe (atmosphere), ký hiệu at:  $1 \text{ at} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$
- Átmốtphe vật lý, ký hiệu atm: là áp suất gây nên bởi trọng lượng của cột thủy ngân cao 760 mm:  $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$
- Tor hay mmHg : là áp suất gây nên bởi trọng lượng cột thủy ngân cao 1mm:  
 $1 \text{ tor} = 1 \text{ mmHg} = 133,322 \text{ N/m}^2$

Vậy:  $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 1,033 \text{ at}$ .

## III. Nhiệt độ:

### 1. Khái niệm:

Nhiệt độ là đại lượng đặc trưng cho độ nóng lạnh của vật.

Qua các định luật thực nghiệm về nhiệt, người ta nhận thấy : Khi để hai vật tiếp xúc nhau thì vật mà động năng trung bình của chuyển động tịnh tiến của phân tử lớn hơn (vật nóng hơn) sẽ mất bớt năng lượng do đã truyền cho vật mà động năng trung bình của chuyển động tịnh tiến của phân tử nhỏ hơn (vật lạnh hơn).

Chúng tỏ, nhiệt độ là đại lượng được xác định bởi mức độ chuyển động hỗn loạn của các phân tử, vì thế ta có thể chọn động năng trung bình của chuyển động tịnh tiến của phân tử trong mỗi vật làm thước đo nhiệt độ của vật đó.

Vì áp suất và nhiệt độ đều được xác định bởi mức độ chuyển động hỗn loạn của các phân tử, nên để đơn giản cho công thức tính áp suất, người ta quy ước nhiệt độ được xác định như sau:

$$\theta = \frac{2}{3} \bar{E}_d \quad (\text{suy ra } p = n\theta) \quad (101)$$

Vậy: theo quan điểm động học, nhiệt độ là đại lượng đặc trưng cho tính chất vĩ mô của vật, thể hiện mức độ nhanh hay chậm của chuyển động hỗn loạn của các phân tử cấu tạo nên vật đó. (vì thế chuyển động hỗn loạn của các phân tử còn được gọi là chuyển động nhiệt).

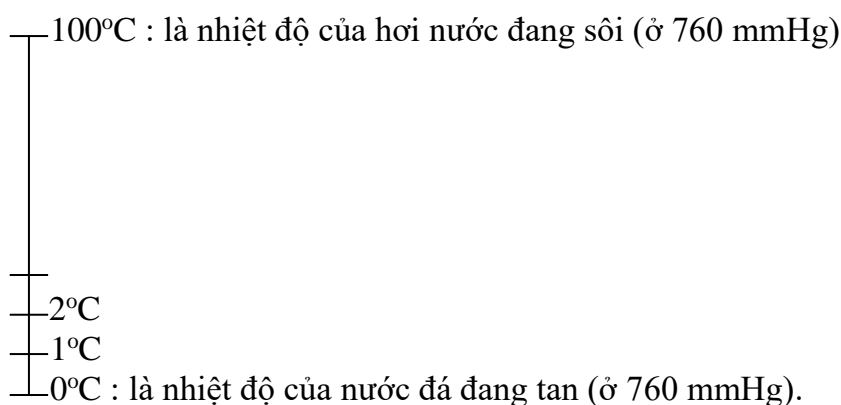
## 2. Đơn vị đo nhiệt độ:

- Với quan điểm trên, nhiệt độ  $\theta$  phải được đo bằng đơn vị năng lượng.
- Thực tế nhiệt độ không được đo bằng đơn vị năng lượng mà được đo bằng đơn vị độ, vì:
  - + Việc đo trực tiếp  $\bar{E}_d$  khó khăn
  - + Đơn vị năng lượng thì quá lớn để đo nhiệt độ.

Trong sinh hoạt và trong kỹ thuật, người ta đã quy ước các thang chia độ để đo nhiệt độ như sau:

### a. Thang nhiệt độ Censiut ( $t^{\circ}\text{C}$ ): (hay nhiệt giai Censiut)

Quy ước như sau:



Hình 25. Với quy ước này, nhiệt giai Censiut còn được gọi là nhiệt giai bách phân.

### b. Thang nhiệt độ Kelvin ( $T^{\circ}\text{K}$ ) (hay nhiệt giai Kelvin)

Quy ước:

- Mỗi thang độ trong nhiệt giai Kelvin bằng mỗi thang độ trong nhiệt giai Censiut.
- Nhiệt độ  $0^{\circ}\text{K}$  ứng với  $-273^{\circ}\text{C}$ ;  $273^{\circ}\text{K}$  ứng với  $0^{\circ}\text{C}$ .

Ta có hệ thức sau: 
$$T = 273 + t$$

## 3. Liên hệ giữa nhiệt độ đo bằng đơn vị độ và nhiệt độ đo bằng đơn vị năng lượng:

Người ta đã thiết lập được công thức biểu thị mối liên hệ này như sau:



$$\theta = \frac{2}{3} \bar{E}_d = kT \quad (102)$$

trong đó:  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  J/độ là hằng số Boltzman.

Nhận xét :

- Ta thấy: khi  $T=0^\circ\text{K}$  thì  $\bar{E}_d = 0$ , nghĩa các phân tử ngừng chuyển động tịnh tiến (vẫn còn chuyển động dao động, quay, ..).  $0^\circ\text{K}$  được gọi là độ 0 tuyệt đối và nhiệt giai Kelvin được gọi là nhiệt giai tuyệt đối.
- Nhiệt độ thấp nhất đạt được hiện nay vào cỡ:  $10^{-6}\text{K}$
- Nhiệt độ cao nhất đạt vào cỡ hàng trăm triệu độ. (bom nguyên tử)
- Mặt khác, từ (102) ta suy ra: 
$$\bar{E}_d = \frac{3}{2} kT \quad (103)$$

#### IV. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

##### 1. Các thông số trạng thái:

Là các đại lượng đặc trưng cho trạng thái của một khối khí. Cụ thể là các đại lượng: áp suất  $p$ , nhiệt độ  $T$ , thể tích  $V$ ; các thông số này không hoàn toàn độc lập với nhau, mỗi một thông số là hàm số của hai thông số kia.

##### 2. Phương trình trạng thái:

Là phương trình nêu lên mối liên hệ giữa 3 thông số : áp suất, nhiệt độ, thể tích của một khối lượng khí xác định, được viết dưới dạng tổng quát như sau:

$$p = f(V, T) \quad (104)$$

##### 3. Phương trình trạng thái khí lý tưởng:

Người ta đã thiết lập được phương trình trạng thái của một khối lượng xác định khí lý tưởng như sau:

$$pV = \frac{M}{\mu} N_0 k T \quad (105)$$

Trong đó:

- $N_0 = 6.02 \cdot 10^{26}$  phân tử/kmol : là hằng số Avôgađrô
- $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  J/độ : là hằng số Boltzman.
- $\mu$  : khối lượng kmol. Thí dụ  $\mu_{\text{O}_2} = 32$  kg/kmol,  $\mu_{\text{H}_2\text{O}} = 18$ kg/kmol.
- Tỷ số  $M/\mu$  : là số kmol của một khối lượng khí xác định.

Đặt :  $R = N_0 k = 6,02 \cdot 10^{26} \times 1,38 \cdot 10^{-23} = 8,31 \cdot 10^3$  J/kmol.độ: gọi là hằng số chung của các khí.

Phương trình (105) được viết lại là:

$$pV = \frac{M}{\mu} R.T \quad (106)$$

Phương trình trạng thái viết dưới dạng (106) gọi là phương trình Clapây-rôn – Mendêlêep.

Chú ý: trong nhiều trường hợp cụ thể về khí lý tưởng, giá trị của R được tính theo đơn vị hỗn hợp như sau:

$$p=1,033\text{at}; \quad V_0 22,4 \cdot 10^3 \text{ l/kmol}; \quad T= 273^\circ\text{K}$$

$$\Rightarrow R = 84 \frac{\text{l.at}}{\text{kmol.do}}$$

## V. Các định luật của khí lý tưởng:

### 1. Định luật Bôi – Mariôt (Boyle – Mariotte) - đẳng nhiệt:

Đây là định luật về tính đẳng nhiệt của khí lý tưởng ( $T = \text{hằng số}$ ).

Từ phương trình trạng thái, khi  $T = \text{hằng số}$ , ta suy ra:

$$p.V = \text{hằng số} \quad (107)$$

(107) là phương trình biểu diễn định luật B-M.

### 2. Định luật Săclơ (Charles) - đẳng tích

Đây là định luật về tính đẳng tích của khí lý tưởng ( $V = \text{hằng số}$ ).

Từ phương trình trạng thái, khi  $V = \text{hằng số}$ , ta suy ra:

$$\frac{p}{T} = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{R}{V} = \text{hằng số} \quad (108)$$

$$\text{hay: } p = p_0(1 + \alpha_p t) \quad (109)$$

với:  $\alpha_p = \frac{1}{273}$ : là hệ số biến đổi áp suất đẳng tích của khí.

(108), (109) là phương trình biểu diễn định luật Săclơ.

### 3. Định luật Gay – Luýt-xăc (Gay – Lussac) - đẳng áp

Đây là định luật về tính đẳng áp của khí lý tưởng ( $p = \text{hằng số}$ ).

Từ phương trình trạng thái, khi  $p = \text{hằng số}$ , ta suy ra:

$$\frac{V}{T} = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{R}{p} = \text{hằng số} \quad (110)$$

$$\text{hay: } V = V_0(1 + \alpha_v t) \quad (111)$$

với:  $\alpha_v = \frac{1}{273}$ : là hệ số biến đổi thể tích đẳng áp của khí.

(110), (111) là phương trình biểu diễn định luật Gay – Luýt-xăc.

#### 4. Định luật Đantôn (Dalton)

a. Phát biểu: “ áp suất của hỗn hợp khí bằng tổng các áp suất riêng phần của các khí thành phần tạo nên hỗn hợp:

b. Biểu thức: 
$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots \quad (112)$$

5. **Chú ý:** Các định luật B-M, Săclơ, Gay - Luýt-xắc, Đantôn, được thiết lập dựa trên phương trình trạng thái khí lý tưởng nên có tính chất gần đúng.

## PHẦN LUYỆN TẬP:

### Trả lời câu hỏi và về THUYẾT ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ

#### CÂU HỎI

##### Các phát biểu sau đây là đúng hay sai? Giải thích

1. Một vật ở nhiệt độ  $t = 0^{\circ}\text{C}$ , thì các phân tử cấu tạo nên vật đó sẽ ngừng chuyển động hỗn loạn.
2. Thể tích của một lượng khí bất kỳ là thể tích của bình chứa nó.
3. Trong trường hợp đẳng nhiệt, áp suất và thể tích của một khối lượng khí tỷ lệ thuận với nhau.
4. Về bản chất nhiệt độ là năng lượng.
5. Khí lý tưởng là khí thực ở trong điều kiện chuẩn

##### Trình bày :

6. Hãy trình bày quan điểm vĩ mô và vi mô về áp suất của chất khí? Nhận xét điểm khác nhau giữa hai quan điểm.
7. Hãy trình bày quan điểm vĩ mô và vi mô về áp suất của chất khí? Hãy viết phương trình thể hiện bản chất của áp suất?.
8. Về bản chất, nhiệt độ được đo bằng đơn vị năng lượng và người ta nói rằng: “đơn vị năng lượng thì quá lớn khi dùng để đo nhiệt độ”:
  - a. Viết biểu thức liên hệ giữa nhiệt độ đo bằng độ và nhiệt độ đo bằng đơn vị năng lượng;
  - b. Hãy tính ra giá trị cụ thể cho thấy đơn vị năng lượng thì quá lớn khi dùng để đo nhiệt độ?
9. Hãy cho biết điểm khác nhau cơ bản giữa khí lý tưởng và khí thật.

## Chương 2. Những nguyên lý cơ bản của Nhiệt động lực học

### Bài 1. Các quá trình Nhiệt động lực học

❖ **Mục tiêu học tập:** Sau khi học xong bài này, người học có thể:

- *Xác định được các trạng thái và sự biến đổi trạng thái đối với các hiện tượng nhiệt*

#### I. Phương pháp nhiệt động lực học:

Là phương pháp nghiên cứu sự biến đổi năng lượng trong các hiện tượng nhiệt (thí dụ: sự biến đổi năng lượng chuyển động nhiệt (nhiệt năng) thành công cơ học trong các động cơ: máy hơi nước, máy nổ chạy bằng ết xăng, ...

#### II. Trạng thái cân bằng và các quá trình nhiệt động lực học:

##### 1. Trạng thái cân bằng:

Là trạng thái của một hệ mà các thông số trạng thái của hệ không thay đổi và trong hệ không xảy ra các quá trình như dẫn nhiệt, khuếch tán, phản ứng hoá học, chuyển pha, ....

##### 2. Khái niệm quá trình và quá trình chuẩn cân bằng:

- Khái niệm quá trình: là một dãy các trạng thái nối tiếp nhau của một hệ.
- Quá trình chuẩn cân bằng: là một quá trình diễn biến vô cùng chậm và có thể coi là một dãy nối tiếp các trạng thái cân bằng.
- Quá trình thuận nghịch: Là quá trình diễn biến theo cả hai chiều, trong đó nếu lúc đầu quá trình diễn ra theo một chiều nào đó (chiều thuận) rồi sau lại diễn ra theo chiều ngược lại để trở về trạng thái ban đầu thì hệ đã đi qua mọi trạng thái giống như lúc hệ diễn ra theo chiều thuận và khi hệ đã trở về trạng thái ban đầu thì không gây ra một biến đổi gì cho ngoại vi.

Qua thực nghiệm, người ta kết luận: “mọi quá trình chuẩn cân bằng đều là quá trình thuận nghịch”. Tuy nhiên, trong thực tế luôn tồn tại quá trình toả nhiệt do ma sát nên chỉ xảy ra các quá trình gần đúng với quá trình thuận nghịch hay quá trình chuẩn cân bằng.

Nhiệt động lực học nghiên cứu sự biến đổi năng lượng trong những quá trình chuẩn cân bằng tức là những quá trình thuận nghịch. Vì vậy, những quá trình này được gọi chung là “**quá trình nhiệt động lực học**”. Những kết quả đạt được trong việc khảo sát các quá trình này có thể vận dụng vào việc nghiên cứu các quá trình xảy ra trong thực tế.

#### III. Năng lượng chuyển động nhiệt và nội năng khí lý tưởng:

- Năng lượng chuyển động nhiệt:** (còn gọi là nhiệt năng) của một vật nào đó chính là tổng năng lượng chuyển động của tất cả các phân tử cấu tạo nên vật.

Nói chung, năng lượng trung bình của một phân tử chuyển động ( $\bar{\epsilon}$ ) gồm có động năng trung bình của chuyển động tịnh tiến ( $\bar{\epsilon}_{tt}$ ), động năng trung bình của chuyển động quay ( $\bar{\epsilon}_q$ ) và năng lượng trung bình của chuyển động dao động ( $\bar{\epsilon}_{dd}$ ), nghĩa là:

$$\bar{\varepsilon} = \bar{\varepsilon}_{tt} + \varepsilon_q + \varepsilon_{dd} \quad (113)$$

Năng lượng này tuân theo định luật về sự phân bố năng lượng như sau: “ Nếu hệ phân tử ở trạng thái cân bằng nhiệt ở nhiệt độ T thì động năng trung bình phân bố đều theo bậc tự do và ứng với mỗi bậc tự do của phân tử thì động năng trung bình là  $\frac{1}{2} kT$ .

Đây là định luật phân bố đều năng lượng Boltzman.

Trong đó, khái niệm về bậc tự do như sau: Số bậc tự do của một cơ hệ là số tọa độ độc lập cần thiết để xác định vị trí và cấu hình của cơ hệ đó trong không gian:

Gọi  $i$  là số bậc tự do của phân tử, ta có: năng lượng trung bình của một phân tử chuyển động được biểu thị bằng công thức:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{i}{2} kT \quad (114)$$

trong đó:

- 1 bậc tự do của chuyển động dao động bằng 2 bậc tự do của chuyển động tịnh tiến hoặc quay.
- Đối với phân tử 1 nguyên tử có:  $i = i_{tt} = 3$
- Đối với phân tử 2 nguyên tử có:  $i = i_{tt} + i_q = 3 + 2 = 5$
- Đối với phân tử có từ 3 nguyên tử trở lên (ở điều kiện thường) thì có:  
 $i = i_{tt} + i_q = 3 + 3 = 6$ , xem như không có chuyển động dao động.
- Tổng quát, số bậc tự do của phân tử có  $n$  nguyên tử là  $i = 3n$  (mỗi nguyên tử có 3 bậc tự do)

Từ sự phân bố năng lượng như trên, ta xác định được năng lượng chuyển động nhiệt của một kmol chất khí lý tưởng (có  $N_0 = 6,02 \cdot 10^{26}$  phân tử), biểu thức như sau:

$$E_0 = \frac{i}{2} kT \cdot N_0 = \frac{i}{2} N_0 kT \quad (114)$$

$$\Rightarrow E_0 = \frac{i}{2} RT$$

với :  $R = N_0 k$  : là hằng số chung của các khí.

## 2. Nội năng:

- a.** Định nghĩa: Nội năng của một vật là tổng các năng lượng bên trong vật, gồm: năng lượng chuyển động nhiệt (tổng năng lượng chuyển động của các phân tử), thế năng tương tác giữa các phân tử, năng lượng bên trong của các phân tử (cụ thể là: thế năng tương tác giữa các nguyên tử trong từng phân tử, động năng và thế năng tương tác giữa hạt nhân và electron cấu tạo nên nguyên tử, ...)

**b.** Biểu thức:

- Đối với 1 kmol vật chất, ta có:

$$U_0 = E_0 + E_t + E_p \quad (115)$$

Với :  $E_0$  là năng lượng chuyển động nhiệt

$E_t$  là thế năng tương tác giữa các phân tử

$E_p$  là tổng năng lượng bên trong các phân tử. Đối với các biến đổi trạng thái thông thường (thí dụ như sự thay đổi nhiệt độ, áp suất không lớn lắm, ... ) thì  $E_p$  là không đổi.

- Đối với kmol khí lý tưởng, ta có:  $U_0 = E_0 + E_p$  (xem  $E_t = 0$ , vì thế năng tương tác giữa các phân tử rất nhỏ, có thể bỏ qua)

$$\Rightarrow U_0 = \frac{i}{2} RT + E_p \quad (116)$$

c. Biến thiên nội năng khí lý tưởng:

Từ công thức (116) ta thấy khi nhiệt độ thay đổi một lượng  $dT$  thì nội năng của 1kmol khí lý tưởng biến thiên một lượng là:

$$dU_0 = dE_0 = \frac{i}{2} R dT \quad (117)$$

#### IV. Sự liên quan giữa nhiệt lượng và công cơ học

##### 1. Khái niệm về nhiệt lượng và công cơ học:

- a. Nhiệt lượng : là phần năng lượng chuyển động nhiệt đã được truyền từ vật này sang vật khác (hay cụ thể là từ vật nóng hơn sang vật lạnh hơn khi cho chúng tiếp xúc nhau)
- b. Công cơ học: là phần năng lượng đã được truyền từ vật này sang vật khác thông qua hình thức tác dụng lực (bao giờ cũng gắn liền với sự chuyển dời định hướng của vật vĩ mô)

##### 2. Các cách làm thay đổi nhiệt độ của khí:

Thực nghiệm cho thấy: ta có thể làm thay đổi nhiệt độ của khí (cũng tức là làm thay đổi nội năng của khí) bằng hai cách sau:

- a. Cách 1: cho trao đổi nhiệt lượng giữa khí với ngoại vật (cho khí tiếp xúc với vật ngoài)
- b. Cách 2: thực hiện công cơ học lên khối khí (thực hiện nén hoặc giãn nở khí).

##### 3. Sự liên quan giữa nhiệt lượng và công:

- a. Đây là hai hình thức truyền năng lượng
- b. Cùng là phần năng lượng được truyền từ vật này sang vật khác
- c. Liên quan về đơn vị đo:
  - Về bản chất: nhiệt lượng và công cơ học có đơn vị đo là Jun (J là công của lực 1N thực hiện thực hiện trên dịch chuyển 1m)

- Về quy ước: Nhiệt lượng còn được đo bằng đơn vị calo (viết tắt là cal): là nhiệt lượng để làm nóng 1 gam nước ở áp suất chuẩn 760mmHg từ 19,5°C đến 20,5°C.
- Qua thực nghiệm, Jun đã chứng minh được mối liên quan định lượng giữa đơn vị J và cal như sau:  $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$

**d.** Sự biến đổi qua lại giữa hai hình thức truyền năng lượng:

Sơ đồ biểu diễn sự biến đổi:

- Nhiệt biến thành công  $\equiv$  Nhiệt năng  $\rightarrow$  Nội năng  $\rightarrow$  Cơ năng
- Công biến thành nhiệt  $\equiv$  Cơ năng  $\rightarrow$  Nhiệt năng.



## Bài 2. Nguyên lý thứ nhất và thứ hai Nhiệt động lực học

❖ **Mục tiêu học tập:** Sau khi học xong bài này, người học có thể:

- *Trình bày được hai nguyên lý Nhiệt động lực học và khái niệm Entropi.*
- *Giải thích được nguyên lý hoạt động của Động cơ nhiệt và Máy làm lạnh*

### I. Nguyên lý thứ nhất của Nhiệt động lực học:

#### 1. Nguyên lý thứ nhất với nguyên lý bảo toàn và biến hoá năng lượng:

Nguyên lý thứ nhất của nhiệt động lực học là nguyên lý về áp dụng nguyên lý bảo toàn và biến hoá năng lượng trong các quá trình có liên quan đến sự biến đổi nội năng sang cơ năng và nhiệt năng hoặc sang các dạng năng lượng khác và ngược lại.

Trong đó: nguyên lý bảo toàn và biến hoá năng lượng được phát biểu như sau:  
“***Ở những quá trình khác nhau diễn ra trong tự nhiên, năng lượng không tự sinh ra từ hư vô và cũng không biến mất mà chỉ biến hoá từ dạng này sang dạng khác***”

Mặt khác từ nguyên lý bảo toàn và biến hoá năng lượng ta chứng minh được kết quả sau: ứng với mỗi trạng thái của hệ (khí) chỉ ứng với một giá trị của nội năng mà thôi”.

#### 2. Phát biểu nguyên lý thứ nhất và biểu thức giải tích của nó:

##### a. Phát biểu nguyên lý thứ nhất:

Khảo sát trường hợp hệ biến đổi từ trạng thái 1 đến trạng thái 2 chỉ do sự trao đổi nhiệt giữa hệ với ngoại vật:

Gọi :  $U_1$  là giá trị nội năng của hệ ở trạng thái 1

$U_2$  là giá trị nội năng của hệ ở trạng thái 2

$\Delta Q$  là nhiệt lượng trao đổi giữa hệ với ngoại vật

$\Delta A'$  là công mà ngoại vật thực hiện lên hệ

Theo định luật bảo toàn và biến hóa năng lượng, ta có:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \Delta Q + \Delta A' \quad (118)$$

Do ở mỗi trạng thái chỉ ứng với một giá trị của nội năng, nên từ công thức (118) ta phát biểu nguyên lý I như sau:

“***Nếu do sự trao đổi nhiệt và thực hiện công của ngoại vật, hệ chuyển từ trạng thái xác định 1 đến trạng thái xác định 2 thì trong mọi cách chuyển trạng thái có thể xảy ra tổng nhiệt lượng trao đổi và công thực hiện là không đổi***”

Trong trường hợp hệ thực hiện một quá trình kín (chu trình) thì công thức (118) trở thành:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \Delta Q + \Delta A = 0 \quad (119)$$

Từ công thức (119) người ta phát biểu nguyên lý thứ nhất theo chu trình như sau: “**Nếu hệ biến đổi trạng thái theo một chu trình bất kỳ nào đó có thể xảy ra thì tổng nhiệt lượng trao đổi và công thực hiện trong chu trình đó phải bằng không**”

Một cách tổng quát, nếu hệ biến đổi trạng thái không chỉ do trao đổi nhiệt và thực hiện công mà còn do các tác dụng khác của ngoại vật (tác dụng của điện trường, của ánh sáng, ...) thì từ nguyên lý bảo toàn và biến hoá năng lượng ta viết được công thức sau:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \sum_i \Delta A_i \quad (120)$$

Với  $\sum_i \Delta A_i$  : là công tương đương, được quy đổi từ mọi tác dụng của ngoại vật.

**b. Nguyên lý thứ nhất và động cơ vĩnh cửu loại 1:**

Quá trình thiết lập nguyên lý 1 có liên quan chặt chẽ với việc giải đáp một vấn đề to lớn và hấp dẫn trong lịch sử Vật lý là: Có thể thực hiện được động cơ vĩnh cửu loại 1 hay không? (Đó là loại động cơ có thể sinh công mà không cần tiêu thụ năng lượng nào cả hoặc chỉ tiêu thụ một phần năng lượng ít hơn công sinh ra).

Nguyên lý thứ nhất đã chứng tỏ là không thể thực hiện được động cơ vĩnh cửu loại 1. Thật vậy: trong động cơ, hệ sẽ thực hiện những chu trình, công thức (120) trở thành:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \sum_i \Delta A_i = 0 \quad (121)$$

Ta có  $\sum_i \Delta A_i = 0$  nghĩa là tổng năng lượng trao đổi phải bằng không, chứng tỏ phần công do hệ thực hiện phải bằng phần năng lượng tiêu thụ.

Từ điều này, đôi khi người ta còn phát biểu nguyên lý I như sau: “Không thể thực hiện được động cơ vĩnh cửu loại một”

**c. Biểu thức giải tích nguyên lý I:**

Khảo sát sự biến đổi trạng thái như trên, với một biến đổi nguyên tố, ta viết được công thức sau:

$$dU = dQ + dA' \quad (122)$$

Mặt khác theo định luật III Newton, ta có:  $dA' = -dA$  ( $dA$  là công do hệ thực hiện lên ngoại vật), nên:

$$dU = dQ - dA$$

$$\text{hay: } dQ = dU + dA \quad (123)$$

Nếu hệ biến đổi từ trạng thái 1 đến trạng thái 2 thì ta có:

$$\int_{\#1}^{\#2} dQ = \int_{\#1}^{\#2} dU + \int_{\#1}^{\#2} dA \quad (124)$$

Các biểu thức (122), (123), (124) là các biểu thức của nguyên lý I, với các quy ước như sau:

$dU > 0$  : nội năng của hệ tăng

$dU < 0$  : nội năng của hệ giảm

$dQ > 0$  : hệ nhận nhiệt của ngoại vật

$dQ < 0$  : hệ truyền nhiệt cho ngoại vật

$dA > 0$  : hệ thực hiện công lên ngoại vật

$dA < 0$  : hệ nhận công của ngoại vật

## I. Nhiệt dung riêng của khí lý tưởng

### 1. Định nghĩa:

- a. Nhiệt dung riêng: “Nhiệt dung riêng của một chất bất kỳ là một đại lượng vật lý có giá trị bằng nhiệt lượng cần truyền cho một đơn vị khối lượng chất đó để làm tăng nhiệt độ thêm  $1^\circ$ , ký hiệu:  $c$ ”.
- b. Nhiệt dung riêng phân tử: “Nhiệt dung riêng phân tử của một chất bất kỳ là một đại lượng vật lý có giá trị bằng nhiệt lượng cần truyền cho một kmol chất ấy để làm tăng nhiệt độ thêm  $1^\circ$ , ký hiệu:  $C$ ”

Từ định nghĩa, ta có:  $C = \mu \cdot c$

### 2. Biểu thức:

- a. Nhiệt dung riêng đẳng tích ( $V = \text{hằng số}$ ):

- Nhiệt dung riêng phân tử:  $C_V = \left( \frac{dQ}{dT} \right)_V = \frac{i}{2} R$

- Nhiệt dung riêng:  $c_V = \frac{C_V}{\mu} = \frac{i}{2} \frac{R}{\mu}$

- b. Nhiệt dung riêng đẳng áp ( $P = \text{hằng số}$ ):

- Nhiệt dung riêng phân tử:  $C_P = \left( \frac{dQ}{dT} \right)_P = \frac{i+2}{2} R$

- Nhiệt dung riêng:  $c_P = \frac{C_P}{\mu} = \frac{i+2}{2} \frac{R}{\mu}$

## III. Nguyên lý II Nhiệt động lực học:

### 1. Nguyên tắc hoạt động của động cơ nhiệt và máy làm lạnh:

Theo nguyên lý I, khi hệ (còn gọi là tác nhân) thực hiện một chu trình tức là trở lại trạng thái ban đầu ( $dU=0$ ) thì  $dQ = dA$ , nghĩa là :

- Nếu trong một chu trình tác nhân sinh công cho ngoại vật thì nhất thiết nó phải nhận nhiệt của ngoại vật. Đây là nguyên tắc hoạt động của Động cơ nhiệt (như: máy hơi nước, động cơ nổ, ...)

- Nếu trong một chu trình mà tác nhân truyền nhiệt cho ngoại vật thì nhất thiết nó phải nhận công của ngoại vật. Đây là nguyên tắc hoạt động của Máy làm lạnh (như: tủ lạnh, máy lạnh, ...)

Động cơ nhiệt và máy làm lạnh có tên gọi chung là máy nhiệt

## 2. Nguyên lý I và động cơ vĩnh cửu loại 2:

Theo nguyên lý I Nhiệt động lực học để sinh công  $A$  trong chu trình, tác nhân phải dùng một nhiệt lượng  $Q = A$ . Nhưng nguyên lý I không giải quyết được vấn đề trong thực tế là có phải toàn bộ nhiệt lượng  $Q_1$  mà tác nhân nhận của ngoại vật trong chu trình được dùng để sinh công  $A$  hay không?

Vấn đề này có liên quan chặt chẽ với việc chế tạo động cơ vĩnh cửu loại 2 (là loại động cơ có công sinh ra là  $A$  bằng với nhiệt lượng nhận vào  $Q_1$ ).

Tuy nhiên trong thực tế chế tạo động cơ, nó không thể sử dụng toàn bộ nhiệt lượng  $Q_1$  mà nó nhận của một nguồn nhiệt nào đó để biến thành công  $A$  được mà bao giờ cũng phải truyền cho một nguồn nhiệt thứ 2 một phần nhiệt lượng là  $Q_2$  trong phần  $Q_1$  mà nó nhận của nguồn thứ nhất, nghĩa là ta có:

$$Q = Q_1 - Q_2 = A$$

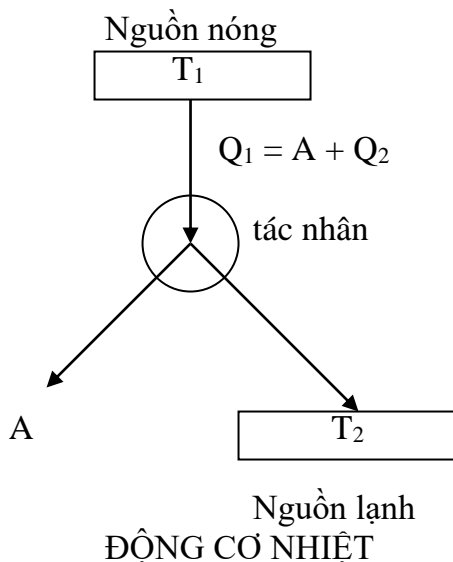
## 3. Phát biểu nguyên lý II:

Tổng quát hoá tất cả các kinh nghiệm trong thực tế, người ta đã xây dựng nên một nguyên lý mới độc lập với nguyên lý I và gọi là nguyên lý II Nhiệt động lực học có nội dung định tính như sau:

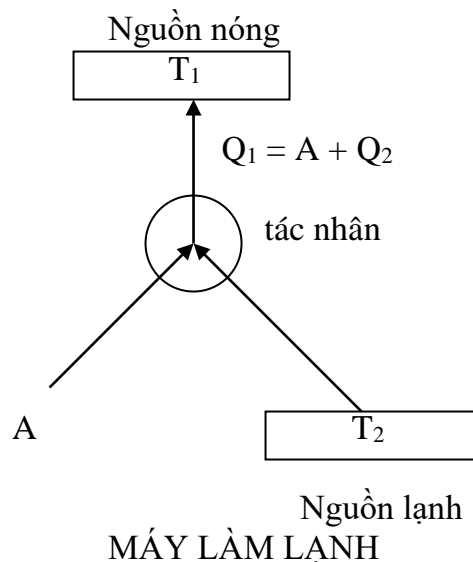
“Không thể thực hiện được một chu trình sao cho kết quả duy nhất của nó là tác nhân sinh công do nhiệt lấy từ một nguồn”.

Hay một cách ngắn gọn hơn có thể phát biểu nguyên lý thứ II như sau: “Không thể thực hiện được động cơ vĩnh cửu loại 2”.

## 4. Sơ đồ hoạt động của máy nhiệt trong thực tế:



Hình 26.



Hình 27.

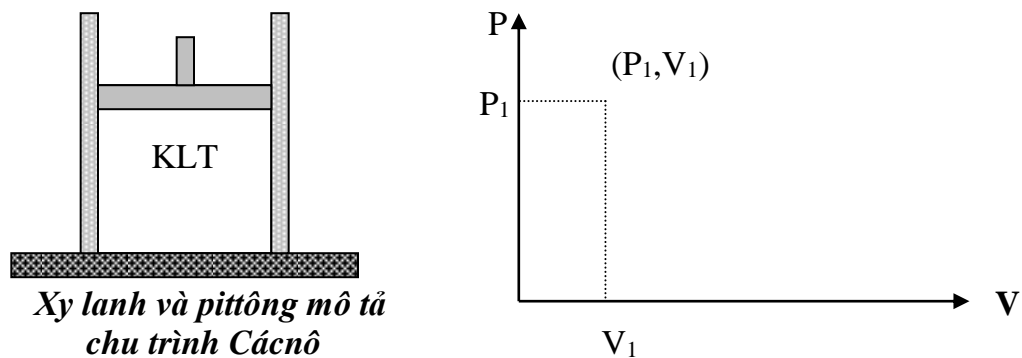
#### IV. Chu trình Các-nô với tác nhân là khí lý tưởng

Chu trình Các-nô có vai trò rất quan trọng đối với lý thuyết về máy nhiệt nói riêng và nhiệt động lực học nói chung. Đó là một chu trình gồm hai quá trình đẳng nhiệt và hai quá trình đoạn nhiệt xen kẽ nhau và được thực hiện giữa hai nguồn nhiệt có nhiệt độ không đổi ( $T_1 > T_2$ ).

Ta khảo sát chu trình Các-nô với tác nhân là khí lý tưởng.

##### 1. Mô tả chu trình Các-nô:

Ta tưởng tượng thí nghiệm sau đây: có một khối lượng khí lý tưởng đựng trong một xy lanh có pittông đóng kín. Thành xung quanh xy lanh và pittông được làm bằng chất hoàn toàn cách nhiệt. Ở đáy xy lanh cũng làm bằng chất hoàn toàn cách nhiệt, khi kéo nắp ra thì khí trong xy lanh được tiếp xúc với nguồn nhiệt, khi đẩy nắp vào thì khí trong xy lanh được ngăn cách với nguồn nhiệt.



Hình 28.

Giả sử lúc đầu đáy xy lanh được đặt tiếp xúc với nguồn nóng có nhiệt độ  $T_1$ , các thông số trạng thái của khí lý tưởng đựng trong xy lanh lúc này là  $p_1, V_1, T_1$  (chất khí ở trạng thái 1, hình vẽ). Lần lượt cho thực hiện các quá trình sau:

##### a. Quá trình giãn đẳng nhiệt:

Nguồn nóng  $T_1$  truyền cho chất khí nhiệt lượng  $Q_1$  theo quá trình đẳng nhiệt ( $tt_1 - tt_2$ ), chất khí thực hiện công  $A_1 = Q_1$  (theo nguyên lý thứ nhất).

##### b. Quá trình giãn đoạn nhiệt:

Đến trạng thái 2 ứng với  $p_2, V_2, T_1$  ta đẩy nắp vào và sau đó để chất khí giãn đoạn nhiệt từ ( $tt_2 - tt_3$ ), ở trạng thái 3 ứng với các thông số  $p_3, V_3, T_2$ .

##### c. Quá trình nén đẳng nhiệt:

Khi chất khí đến trạng thái 3 ta kéo nắp ở đáy xy lanh ra để cho khí tiếp xúc với nguồn lạnh có nhiệt độ  $T_2$  và sau đó nén đẳng nhiệt chất khí từ trạng thái 3 về trạng thái 4 ứng với  $p_4, V_4, T_2$ . Trong quá trình này chất khí truyền cho nguồn lạnh nhiệt lượng  $Q_2$  và nhận công nén  $A_2 = Q_2$  (theo nguyên lý thứ nhất).

##### d. Quá trình nén đoạn nhiệt:

Khi chất khí đến trạng thái 4, ta lại đẩy nắp đáy vào và sau đó cho nén đoạn nhiệt chất khí từ trạng thái 4 về trạng thái 1.

Khi chất khí trở về trạng thái 1, ta có một chu trình Các-nô được thực hiện.

Điều kiện khép kín của chu trình Các-nô:

$$\frac{V_1}{V_4} = \frac{V_2}{V_3} \quad (125)$$

## 2. Công và hiệu suất của động cơ nhiệt làm việc theo chu trình Các-nô:

**a. Công thực hiện:** công thực hiện trong chu trình bằng tổng công của các quá trình, và người ta xác định được biểu thức như sau:

$$A = \frac{M}{\mu} R(T_1 - T_2) \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (126)$$

**b. Hiệu suất của động cơ nhiệt:**

- Khái niệm hiệu suất của động cơ nhiệt:  $\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$  (127)

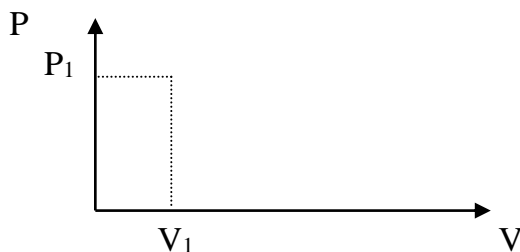
- Hiệu suất động cơ nhiệt làm việc theo chu trình Các-nô:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (128)$$

Ta thấy hiệu suất của động cơ nhiệt chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ tuyệt đối của các nguồn nhiệt. Nếu sự chênh lệch giữa nhiệt độ nguồn nóng và nguồn lạnh càng lớn thì hiệu suất của động cơ nhiệt càng lớn.

## 3. Công và hiệu suất của máy làm lạnh làm việc theo chu trình Các-nô:

Khi tiến hành chu trình Các-nô theo chiều ngược chiều kim đồng hồ (chiều 1 – 4 – 3 – 2 – 1) ta sẽ có một máy làm lạnh.



**a. Công:**

Do tính chất thuận nghịch của chu trình Các-nô nên các đại lượng gồm:  $A$ ,  $Q_1$ ,  $Q_2$  trong chu trình Các-nô theo chiều ngược chiều kim đồng hồ và các đại lượng  $A$ ,  $Q_1$ ,  $Q_2$  trong chu trình Các-nô theo chiều thuận có cùng độ lớn.

Từ (128), ta suy ra:  $A = \eta Q_1$  và  $Q_1 = \frac{1}{1-\eta} Q_2$

nên:  $A = \frac{\eta}{1-\eta} Q_2$  (129)

**b. Hiệu suất của máy làm lạnh:**

Từ nguyên tắt hoạt động của máy làm lạnh, ta thấy rằng: máy làm tốt là máy có thể chuyển được nhiệt lượng  $Q_2$  từ nguồn lạnh lên nguồn nóng lớn trong khi nhận công  $A$  của ngoại vật nhỏ, điều này được thể hiện qua tỉ số :  $\frac{Q_2}{A}$

Người ta định nghĩa:  $\eta_1 = \frac{Q_2}{A}$  là hiệu suất của máy làm lạnh

Từ (127), (128) và (129) ta tính được hiệu suất của máy làm lạnh làm việc theo chu trình Cárnot như sau:

$$\eta_1 = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad (130)$$

## **V. Bất đẳng thức Claudiut. Khái niệm entropi**

### **1. Bất đẳng thức Claudiut:**

Đối với chu trình Cárnot thuận nghịch, ở trên, ta có:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (A = Q_1 - Q_2)$$

hay: 
$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$\Rightarrow \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} = 0$$

trong đó:  $Q_1$  và  $Q_2$  được hiểu như là những số đo (hay giá trị tuyệt đối)

Nếu quy ước :

- Nhiệt lượng mà nguồn nhiệt truyền cho tác nhân là dương ( $Q_1 > 0$ )
- Nhiệt lượng mà tác nhân truyền cho nguồn nhiệt là âm ( $Q_2 < 0$ )

thì ta sẽ có: 
$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0$$

Tỷ số:  $\frac{Q}{T}$  được gọi là nhiệt lượng rút gọn

Vậy trong chu trình Cárnot thuận nghịch tổng nhiệt lượng rút gọn bằng không; đồng thời người ta cũng đã xác định được: đối với chu trình Cárnot không thuận nghịch thì:

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} < 0$$

Người ta cũng đã chứng minh được: ta có thể chia chu trình bất kỳ thành những chu trình Carnô nguyên tố. Do đó đối với một chu trình bất kỳ (thuận nghịch hay không thuận nghịch) ta có được bất đẳng thức sau đây:

$$\sum \frac{\Delta Q}{T} \leq 0 \quad \text{hay} \quad \sum \frac{dQ}{T} \leq 0$$

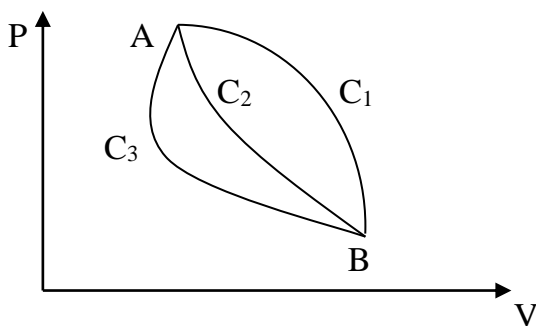
Vậy: “Đối với một chu trình, tổng nhiệt lượng rút gọn của chu trình không thể lớn hơn không”. Đây là nội dung định lý Clausius

Nếu nhiệt độ của các nguồn nhiệt biến thiên liên tục thì bất đẳng thức trên được viết lại là:

$$\oint \frac{dQ}{T} \leq 0$$

## 2. Entropy

Giả sử có một hệ biến đổi trạng thái từ trạng thái A sang trạng thái B theo hai quá trình thuận nghịch  $AC_1B$  và  $AC_3B$ . Để chuyển hệ từ trạng thái B về A ta thực hiện quá trình phụ thuận nghịch  $BC_2A$ .



Hình 28.

Gọi X, Y, Z lần lượt là tổng nhiệt lượng rút gọn ứng với các quá trình  $AC_1B$ ,  $AC_3B$  và  $BC_2A$ . Áp dụng bất đẳng thức Clausius cho lần lượt các chu trình thuận nghịch ở trên, ta có:

$$X + Z = 0; \quad Y + Z = 0$$

$$\implies X = Y = \int_A^B \frac{dQ}{T}$$

$$\int_A^B \frac{dQ}{T} : \text{biểu thị tổng nhiệt lượng rút gọn}$$

Trong quá trình thuận nghịch đưa hệ từ trạng thái A đến trạng thái B. Tích phân này không phụ thuộc đường đi mà chỉ phụ thuộc trạng thái đầu và trạng thái cuối ( $X=Y$ ).



Từ kết quả này suy ra rằng: có một đại lượng nào đó đặc trưng cho trạng thái của hệ. Trạng thái A có giá trị  $S_A$ , trạng thái B có giá trị  $S_B$  sao cho:

$$S_A = S_B = \int_A^B \frac{\delta Q}{T} \quad (131)$$

Đại lượng  $S$  do Clausius đưa ra gọi là Entropy. Vậy trong một quá trình thuận nghịch độ biến thiên Entropy có giá trị bằng tổng nhiệt lượng rút gọn của quá trình đang xét.

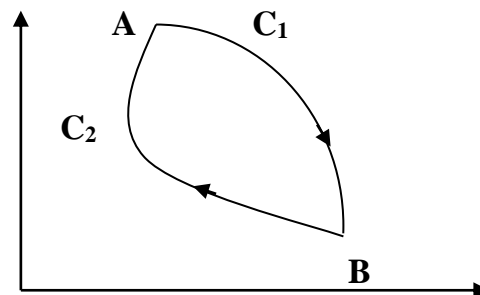
Lưu ý: Entropy  $S$  là một hàm số của trạng thái. Vậy  $dS = \frac{\delta Q}{T}$  là một vi phân toàn phần, trong khi đó  $\delta Q$  không phải là một vi phân toàn phần.

Giá trị Entropy tại một trạng thái nhất định chỉ được xác định sai kém một hằng số cộng và như vậy ta chỉ xác định hiệu số Entropy.

Đối với Quá trình không thuận nghịch:

Giả sử có một hệ biến đổi trạng thái từ trạng thái A sang trạng thái B theo quá trình không thuận nghịch  $AC_1B$  và hệ được đưa về trạng thái A theo quá trình thuận nghịch  $BC_2A$ . Áp dụng bất đẳng thức Clausius cho chu trình  $AC_1BC_2A$ , ta có:

$$\begin{aligned} \int_A^B \frac{\delta Q}{T} \text{ (KTN)} + \int_B^A \frac{\delta Q}{T} \text{ (TN)} &< 0 \\ \int_A^B \frac{\delta Q}{T} \text{ (KTN)} &< \int_B^A \frac{\delta Q}{T} \text{ (TN)} \\ \rightarrow S_A - S_B &> \int_A^B \frac{\delta Q}{T} \text{ (KTN)} \quad (132) \end{aligned}$$



Hình 29.

Vậy trong một quá trình không thuận nghịch, độ biến thiên Entropy có giá trị lớn hơn tổng nhiệt lượng rút gọn của quá trình đó.

Trường hợp tổng quát:

Kết hợp hai trường hợp khảo sát trên đối với một quá trình nào đó, ta viết được:

$$S_A - S_B \geq \int_A^B \frac{\delta Q}{T} \quad (133)$$

Viết dưới dạng vi phân:  $S \geq \frac{\delta Q}{T} \quad (134)$

Ta có đẳng thức đối với quá trình thuận nghịch và bất đẳng thức đối với quá trình không thuận nghịch.

## Cách phát biểu tổng quát nguyên lý II

Vận dụng kết quả vừa thu được vào trường hợp hệ cô lập (là hệ không trao đổi công và nhiệt lượng với bên ngoài:  $\delta Q = 0$ ).

Ta có:  $dS \geq 0$

với:  $dS > 0$  đối với quá trình không thuận nghịch.

$dS = 0$  đối với quá trình thuận nghịch.

Đây là kết quả rất quan trọng được suy ra từ nguyên lý II, nên kết quả trên cũng được xem là một cách phát biểu khác của nguyên lý II, một cách phát biểu tổng quát vừa có tính chất định tính vừa có tính chất định lượng, nó còn gọi là nguyên lý tăng Entropy:

*“ Trong một hệ cô lập, những quá trình xảy ra phải theo chiều mà Entropy của hệ không giảm ”*

### 3. So sánh một số tính chất của Entropy và nội năng

a. Giống nhau : S và U đều là các hàm trạng thái, nghĩa là không phụ thuộc vào quá trình đưa hệ từ trạng thái này sang trạng thái khác. S và U đều là các đại lượng công được. Entropy của một hệ phức tạp bằng tổng Entropy của từng phần riêng biệt.

Giá trị Entropy tại một trạng thái được xác định sai kém một hằng số cộng:

$$S = \int \frac{dQ}{T} + S_0 \quad (135)$$

b. Khác nhau: Trong trường hợp hệ cô lập, U của hệ không đổi, còn S của hệ chỉ có thể tăng (nếu xảy ra quá trình không thuận nghịch) hoặc không đổi (nếu xảy ra quá trình thuận nghịch)

- Căn cứ vào độ biến thiên entropy của hệ cô lập, ta có thể xác định quá trình đó có thuận nghịch hay không. Nếu là quá trình không thuận nghịch, độ biến thiên Entropy cho ta tiên đoán một quá trình nào đó có thể xảy ra hoặc không xảy ra hay xảy ra theo chiều nào .

**PHẦN LUYỆN TẬP:**  
**Trả lời câu hỏi và Giải các bài tập áp dụng về**  
**NGUYÊN LÝ NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC I và II**

**CÂU HỎI**

**Các phát biểu sau đây là đúng hay sai? Giải thích**

1. Nhiệt năng có thể biến đổi trực tiếp thành cơ năng
2. Nguyên lý II NĐLH được suy ra từ nguyên lý I NĐLH
3. Chỉ có một giá trị của nội năng ứng với một trạng thái của hệ
4. Chu trình Carnot gồm hai quá trình đẳng áp và hai quá trình đoạn nhiệt.
5. Nhiệt độ nguồn nóng càng cao thì hiệu suất của động cơ nhiệt làm việc theo chu trình Cacao càng lớn.

**Trình bày**

1. Vẽ sơ đồ nguyên lý hoạt động của Động cơ nhiệt và Máy làm lạnh. Cho biết điểm khác nhau cơ bản giữa chúng. Cho biết 01 Động cơ nhiệt và 01 máy làm lạnh thực tế mà bạn biết, chỉ rõ nguồn nóng và nguồn lạnh.
2. Hãy trình bày cách phát biểu đơn giản nhất của Nguyên lý 1 và Nguyên lý 2 Nhiệt động lực học. Cho biết điểm khác nhau cơ bản giữa hai nguyên lý này.
3. Hãy vẽ đồ thị biểu diễn chu trình Cacao theo chiều biểu diễn hoạt động của một động cơ nhiệt và sơ đồ nguyên lý hoạt động của động cơ nhiệt. Cho biết điều kiện khép kín của chu trình Cacao và hiệu suất của động cơ làm việc theo chu trình Cacao.

**CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM**

1. Nguyên lý II Nhiệt động lực học không dẫn đến hệ quả sau :
  - a) Xét theo cấp độ phân tử , trong vũ trụ tính trật tự sẽ dần dần trở thành bất trật tự.
  - b) Tất cả các vật trong vũ trụ sẽ dần dần đi đến kết thúc ở cùng một nhiệt độ.
  - c) Không có động cơ nhiệt nào chuyển nhiệt sang công với hiệu suất 100%.
  - d) Năng lượng tổng cộng trong vũ trụ, gồm cả năng lượng nghỉ, là một hằng số.
2. Một động cơ nhiệt lấy nhiệt từ nguồn nóng có nhiệt độ  $127^{\circ}\text{C}$  và truyền nhiệt cho nguồn lạnh có nhiệt độ  $77^{\circ}\text{C}$ . Hiệu suất tối đa của nó là:
  - a) 12,5 % .
  - b) 39,2 % .
  - c) 61,4 % .
  - d) 88,3 % .
3. Một phân tử khí có số bậc tự do là 2 thì tỉ số của nhiệt dung riêng đẳng áp và nhiệt dung riêng đẳng tích là:
  - a) 2
  - b)  $3/2$
  - c) 3
  - d)  $5/3$

4. Quá trình đoạn nhiệt được hiểu là:
- Quá trình mà thể tích của hệ là không đổi.
  - Quá trình mà hệ không trao đổi nhiệt lượng với bên ngoài.
  - Quá trình mà nhiệt độ của hệ là không đổi.
  - Quá trình mà áp suất của hệ là không đổi.
5. Tìm một câu phát biểu sai trong những câu sau đây:
- Trong chu trình Carnot không thuận nghịch tổng nhiệt lượng rút gọn nhỏ hơn không.
  - Đối với mọi chu trình tổng nhiệt lượng rút gọn nhỏ hơn không.
  - Entropy và cả nội năng của hệ là những hàm số của trạng thái.
  - Trong mọi quá trình, Entropy của hệ chỉ có thể tăng hoặc không đổi.
6. Một máy làm lạnh hoạt động theo chu trình Carnot với tác nhân bất kỳ ở các nhiệt độ là  $0^{\circ}\text{C}$  và  $-100^{\circ}\text{C}$ . Trong trường hợp nào hiệu suất của máy làm lạnh là không đổi:
- Giảm đồng thời nhiệt độ hai nguồn  $200\text{K}$ .
  - Tăng đồng thời nhiệt độ hai nguồn lên hai lần.
  - Tăng đồng thời nhiệt độ tuyệt đối của hai nguồn lên hai lần.
  - Tăng nhiệt độ nguồn lạnh thêm  $1000\text{K}$ .
7. Tìm ra một câu phát biểu đúng trong những câu sau đây:
- Có thể tạo ra một động cơ vĩnh cửu loại hai.
  - Trong các quá trình đoạn nhiệt hệ không thể sinh ra công.
  - Chu trình Carnot với khí thực cho hiệu suất cao hơn chu trình Carnot với khí lý tưởng.
  - Trong quá trình đẳng nhiệt cho khí lý tưởng, nội năng của khí là không đổi.

## BÀI TẬP

Bài 1: Ôtô Môtscovic tiêu thụ 5,67kg dầu xăng để đi được quãng đường 90km. Tính công suất của động cơ nếu khi ô tô chạy với vận tốc 90km/h thì hiệu suất của động cơ bằng 22%. Biết năng suất toả nhiệt của dầu xăng là 46200kJ/kg.

Bài 2: Máy bay tiêu thụ 5 tấn dầu xăng sau 8 giờ bay với hiệu suất của động cơ là 40%. Tính công suất của động cơ. Năng suất toả nhiệt của dầu xăng máy bay là 42000Kcal/kg.

Bài 3: Công suất trung bình của động cơ ô tô “Vônga” là 60 mã lực còn hiệu suất của nó là 25%. Ô tô chạy một quãng đường 250km tiêu thụ 40 kg dầu xăng có năng suất toả nhiệt 11200kcal/kg. Tính vận tốc trung bình của xe.

Bài 4: Một máy hơi nước có công suất 14,7kw trong một giờ làm việc dùng hết 8,1kg than có năng suất toả nhiệt là  $7,8 \cdot 10^3$  cal/g. Nhiệt độ nôi hơi là 200°C, nhiệt độ nguồn lạnh là 58°C. Tính hiệu suất thực  $\eta$  của máy so sánh với hiệu suất lý tưởng.

Bài 5: Một máy làm lạnh lý tưởng làm việc theo chu trình Cacnô thuận nghịch tiêu thụ một công bằng  $3,7 \cdot 10^4$ J trong mỗi chu trình. Máy lấy nhiệt từ vật có nhiệt độ -10°C và truyền nhiệt cho vật có nhiệt độ 17°C. Tính:

- Hiệu suất của máy làm lạnh. Giải thích ý nghĩa
- Nhiệt lượng lấy từ nguồn lạnh trong một chu trình
- Nhiệt lượng truyền cho nguồn nóng trong một chu trình.

## Bài đọc thêm 1

### Nguyên lý tương đối Galilê

#### 1. Hệ quy chiếu quán tính:

Nhận xét:

- Ở trên ta nói vật chuyển động theo quán tính đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều. Thế vật nó chuyển động trong hệ quy chiếu như thế nào?
- Chuyển động quán tính của các vật chỉ diễn ra đúng trong những hệ quy chiếu nào đó. Thật vậy: thí dụ một người đang đứng yên trong hệ quy chiếu gắn với toa tàu, người đó bị hất về phía trước đoàn tàu, khi đoàn tàu đột ngột hãm máy lại. Trạng thái chuyển động theo quán tính bị phá vỡ, mặc dù không có lực nào tác dụng vào người đó. Khi đoàn tàu đang chuyển động thẳng đều, hoặc khi nó đã dừng lại hoàn toàn, trạng thái chuyển động theo quán tính của người đó được giữ nguyên.
- Như vậy phải chọn một “*loại*” hệ quy chiếu riêng nào đó để khảo sát chuyển động quán tính của các vật sao cho chuyển động quán tính được diễn ra trong đó. Hệ quy chiếu như thế gọi là hệ quy chiếu quán tính.
- Cách chọn hệ quy chiếu quán tính:

Trong thực tế người ta không đưa ra được một tiêu chuẩn nào để xác định một hệ quy chiếu quán tính thực sự. Tùy theo mức độ chính xác trong các trường hợp khảo sát cụ thể, người ta có các cách chọn hệ quy chiếu quán tính như sau:

- + Lấy gốc ở tâm Mặt trời và có ba trục tọa độ đi qua ba ngôi sao bất động trên bầu trời (do Newton chọn). Đây là hệ quy chiếu quán tính đúng trong toàn hệ Mặt trời.
- + Lấy gốc và các trục gắn hoàn toàn với Trái đất. Đây là hệ quy chiếu quán tính đủ thích hợp để khảo sát chuyển động quán tính của một đoàn tàu, một ô tô, một máy bay phản lực, ...

#### 2. Nguyên lý cộng vận tốc và phép biến đổi Galilê:

Gọi K và K' là hai hệ quy chiếu quán tính; hệ K' chuyển động thẳng đều đối với K với vận tốc bằng  $\vec{v}_0$

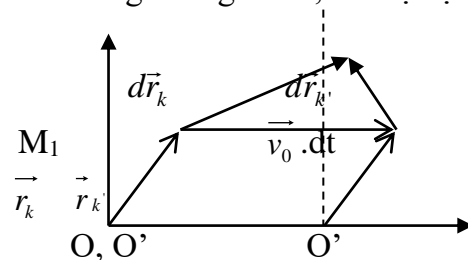
Ta gắn vào K và K' hai hệ tọa độ Đêcac Oxyz và O'x'y'z' sao cho các trục tương ứng song song cùng chiều. Chọn gốc thời gian ( $t = t' = 0$ ) vào thời điểm O trùng với O'

Xét một chất điểm M bất kỳ chuyển động trong K và K'; tọa độ của M trong hệ K là  $\vec{r}_k(x_k, y_k, z_k)$ , trong hệ K' là  $\vec{r}'_k(x'_k, y'_k, z'_k)$ . Sau khoảng thời gian dt, thì độ dịch chuyển của:

Hệ K' trong K là :  $\overrightarrow{OO'} = \vec{v}_0 dt$

Chất điểm M trong K:  $d\vec{r}_k$

Chấm điểm M trong K':  $d\vec{r}'_k$



Hình 1.

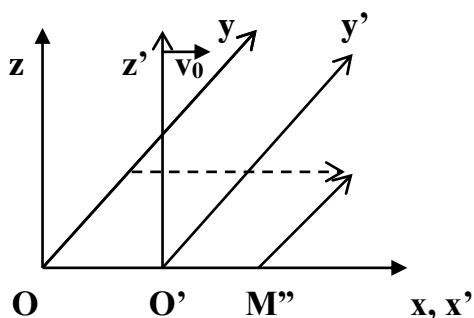
Vận tốc của M trong K được xác định như sau:

$$d\vec{r}_k = \overline{OO'} + d\vec{r}_{k'} = \vec{v}_0 dt + d\vec{r}_{k'}$$

Ta có:  $\Rightarrow \frac{d\vec{r}_k}{dt} = \vec{v}_0 + \frac{d\vec{r}_{k'}}{dt}$   
 $\Rightarrow \vec{v}_k = \vec{v}_0 + \vec{v}_{k'} \quad (1)$

(1) là công thức cộng vận tốc cổ điển (áp dụng cho các vận tốc  $\ll$  vận tốc ánh sáng trong chân không).

Trường hợp chất điểm M có phương chuyển động trùng với phương Ox:



Hình 2.

Ta có :  $y' = y ; z' = z$  (vì mặt  $x'Oy'$   
**và :**  
 $x = OM'' = OO' + O'M = v_0 t + x'$

Tóm lại: trong trường hợp này, ta có:  $x = x' + v_0 t; y = y'; z = z'; t = t'$

hay:  $x' = x - v_0 t; y' = y; z' = z; t' = t$

Hai nhóm công thức này được gọi là các công thức biến đổi Galilê.

Theo các công thức biến đổi Galilê, khi chuyển từ hệ quy chiếu K sang hệ quy chiếu K' thì: Thời gian không thay đổi giá trị, nhưng toạ độ thay đổi giá trị.

Ta nói, trong phép biến đổi Galilê :

Thời gian là *lượng tuyệt đối* (hay *lượng bất biến*)

Toạ độ là *lượng tương đối* (hay *lượng biến đổi*)

Ngoài ra, từ phép biến đổi Galile, ta xác định được các đại lượng khác như sau :

Khoảng cách không gian giữa hai điểm cố định A và B

Trong hệ K: khoảng cách giữa A ( $x_A, y_A, z_A$ ) và B ( $x_B, y_B, z_B$ ) là :

$$L = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2}$$

Trong hệ K': khoảng cách giữa A' ( $x'_A, y'_A, z'_A$ ) và B ( $x'_B, y'_B, z'_B$ ) là :

$$L' = \sqrt{(x'_B - x'_A)^2 + (y'_B - y'_A)^2 + (z'_B - z'_A)^2}$$

Ta thấy  $L = L'$ . Vậy khoảng cách không gian là lượng tuyệt đối trong phép biến đổi Galilê.

Khoảng thời gian cũng là lượng tuyệt đối trong phép biến đổi Galilê, vì thời gian đã được coi là tuyệt đối.

Vận tốc :

Trong hệ K, vận tốc trong của chất điểm:  $v = \frac{dx}{dt}$

Trong hệ K', vận tốc của chất điểm là :  $v' = \frac{dx'}{dt'} = \frac{d}{dt}(x - v_0 t) = v - v_0$

Vậy : vận tốc là lượng tương đối trong phép biến đổi Galilê

Gia tốc:

Trong hệ K, Chất điểm chuyển động dọc theo trục x , ta có:  $a = \frac{dv}{dt}$

Trong hệ K', gia tốc của nó là :  $a' = \frac{dv'}{dt'} = \frac{d}{dt}(v - v_0) = \frac{dv}{dt} = a$

Vậy: gia tốc là lượng tuyệt đối trong phép biến đổi Galilê

### 3. Nguyên lý tương đối Galilê:

Từ phép biến đổi Galilê, xét định luật II Newton trong hệ quy chiếu K và K', ta có:

Trong hệ K:  $\vec{F} = m\vec{a}$

Mặt khác: thực nghiệm đã chứng tỏ: trong điều kiện  $v \ll c$ , khối lượng m của một vật là một lượng bất biến. Do đó:

Trong hệ K', ta có:  $m\vec{a}' = m\vec{a} = \vec{F}$

Vậy : lực là đại lượng bất biến trong phép biến đổi Galilê và khi xét trong hệ K', định luật II Newton vẫn giữ nguyên dạng như trong hệ K. Như vậy K' cũng là một hệ quy chiếu quán tính. Từ đây một cách tổng quát cho thấy có vô số các hệ quán tính, hệ nọ chuyển động thẳng đều đối với hệ kia.

Khái quát hoá các phép biến đổi Galilê, với các đại lượng bất biến và sự bất biến của các định luật Newton (đặc biệt là định luật II Newton) khi chuyển từ hệ quán tính này, sang hệ quán tính khác, ta có nguyên lý tương đối Galilê được phát biểu như sau: “*Mọi hiện tượng cơ học diễn ra như nhau trong mọi hệ quán tính*”.



## Bài đọc thêm 2

### Bài toán va chạm

#### Khái quát:

Va chạm là sự tương tác giữa các vật trong một khoảng thời gian rất ngắn. Trong thời gian va chạm, các lực tương tác biến đổi rất nhanh. Trước và sau lúc va chạm, không có tương tác giữa các vật.

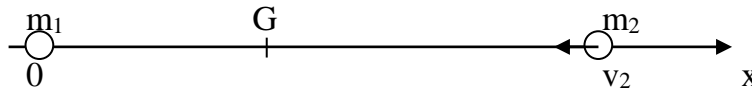
Khi giải các bài toán va chạm, người ta coi các vật va chạm nhau là một hệ cô lập, và áp dụng các định luật bảo toàn động năng và cơ năng cho các thời gian trước và sau va chạm, mà không cần nghiên cứu kỹ các lực tương tác trong thời gian va chạm. Phương pháp đó cho phép giải bài toán một cách đơn giản hơn nhiều, so với phương pháp động lực học.

Các thí dụ:

#### 1. Bài toán 1.

Nghiên cứu va chạm tuyệt đối không đàn hồi giữa hai vật chuyển động với vận tốc không đổi.

Chọn hệ tọa độ sao cho vật có khối lượng  $m_1$  đứng yên ở gốc tọa độ, và vật có khối lượng  $m_2$  chuyển động trên trục  $Ox$  về phía gốc tọa độ  $O$  với vận tốc  $v_2 = -v$  (hình 1).



Hình 1.

Gọi  $G$  là khối tâm của hai vật đó.  $G$  cũng chuyển động trên trục  $Ox$ .

Sau khi va chạm, hai vật gắn liền làm một, và vị trí của vật lớn đó cũng là vị trí của khối tâm

Vận tốc của khối tâm là:

$$v_G = \frac{P}{M} = \frac{-m_2 v}{m_1 + m_2}$$

Đây cũng là vận tốc  $v'$  của hệ gồm hai vật dính nhau sau khi va chạm:

$$v' = -\frac{m_2}{m_1 + m_2} v$$

Công thức này có thể được vận dụng để đo vận tốc của viên đạn khi nó mới ra khỏi nòng súng. Người ta bắn viên đạn vào một bao cát treo trước nòng súng. Viên đạn bị cài vào bao cát và làm cho nó dịch chuyển. Biết khối lượng của viên đạn và bao cát, và vận tốc dịch chuyển của bao cát, người ta có thể tính ra vận tốc của viên đạn. Trong thực tế, người ta không đo trực tiếp được vận tốc của bao cát, mà dùng những phép tính gián tiếp dựa vào góc lệch của dây treo bao cát sau khi viên đạn bắn vào nó.

Bây giờ chúng ta xét va chạm về mặt năng lượng. Trước lúc va chạm, động năng của hệ là:

$$E_{đ(\text{trước})} = \frac{1}{2} m_2 v^2$$

Sau khi va chạm, động năng của hệ là:

$$E_{đ(\text{sau})} = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v'^2 = \frac{1}{2} \frac{m_2^2}{m_1 + m_2} v^2$$

Như vậy, sau khi va chạm, động năng của hệ bị “hao hụt” một lượng bằng:

$$E_{đ(\text{trước})} - E_{đ(\text{sau})} = \frac{1}{2} v^2 \left( m_2 - \frac{m_2^2}{m_1 + m_2} \right) = \frac{1}{2} \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} v^2$$

Phần năng lượng “hao hụt” này chuyển hóa sang một dạng năng lượng khác, làm cho các vật trong hệ biến dạng và nóng lên.

Tỉ lệ giữa động năng của hệ trước và sau va chạm là:

$$K = \frac{E_{đ(\text{trước})}}{E_{đ(\text{sau})}} = \frac{m_2}{m_1 + m_2}$$

Chú ý: ở đây  $m_1$  là khối lượng của vật đứng yên.

- Nếu vật chuyển động có khối lượng rất lớn so với vật đứng yên,  $m_2 \gg m_1$ , thì:

$$k \approx \frac{m_2}{m_2} = 1$$

Động năng của hệ sau va chạm gần bằng động năng trước va chạm, tức là vật đứng yên nhận được một động năng đáng kể. Thí dụ, đó là trường hợp dùng búa đóng đinh: búa nặng hơn đinh một cách đáng kể thì đóng đinh nhanh hơn, sâu hơn.

- Nếu vật đứng yên có khối lượng rất lớn so với vật chuyển động,  $m_1 \gg m_2$ , thì:

$$k \approx \frac{m_2}{m_1} \ll 1$$

Động năng của hệ sau va chạm rất nhỏ so với lúc trước va chạm. Vật đứng yên hầu như không thu được động năng. Thí dụ, đó là trường hợp dùng búa đập trên đe: đe nặng hơn búa một cách đáng kể thì đe vững, không bị lún, bị nảy (và một phần cơ năng chuyển thành nhiệt năng).

## 2. Bài toán 2.

Nghiên cứu va chạm xuyên tâm, tuyệt đối đàn hồi, giữa hai hòn bi có khối lượng  $m_1$  và  $m_2$  và chuyển động với vận tốc không đổi

Chọn hệ tọa độ như đối với bài toán 1. Hòn bi  $m_1$  đứng yên ở gốc O. Hòn bi  $m_2$  chuyển động về phía O với vận tốc  $v_2 = -v$ . Sau khi va chạm, vận tốc của hai hòn bi là  $v'_1$  và  $v'_2$ .

Vì va chạm là xuyên tâm,  $v'_1$  và  $v'_2$  vẫn trùng phương với trục Ox.

Vì va chạm là tuyệt đối đàn hồi, cơ năng của hệ được bảo toàn, không chuyển hóa thành dạng năng lượng khác.

Động lượng và động năng của hệ trước và sau va chạm là như nhau (vì cơ năng được bảo toàn, và trong thời gian va chạm rất ngắn, thế năng không thay đổi đáng kể).

Ta viết được:

$$m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2 \quad (2)$$

Hay:

$$m_1 v_1' = m_2 (v_2 - v_2') \quad (3)$$

$$m_1 v_1'^2 = m_2 (v_2^2 - v_2'^2) \quad (4)$$

Chia hai vế (4) và (3), ta được:

$$v_1' = v_2 + v_2'$$

Thế giá trị của  $v_1'$  vào (3), ta rút ra được:

$$v_2' = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} v_2$$

$$v_1' = \frac{2m_2}{m_2 + m_1} v_2$$

- Nếu hòn bi chuyển động có khối lượng rất lớn so với hòn bi đứng yên,  $m_2 \gg m_1$ , thì:

$$v_2' \approx v_2 \text{ và } v_1' \approx 2v_2$$

Hòn bi chuyển động vẫn giữ vận tốc gần như cũ, nó đẩy mạnh hòn bi đứng yên về phía trước với vận tốc gần gấp đôi vận tốc cũ của nó.

- Nếu hòn bi chuyển động có khối lượng rất lớn so với hòn bi đứng yên,  $m_2 \ll m_1$ , thì:

$$v_2' \approx -v_2 \text{ và } v_1' \ll v_2$$

Hòn bi chuyển động bị bật ngược trở lại với vận tốc gần như cũ về giá trị tuyệt đối, hòn bi đứng yên bị đẩy về phía trước với vận tốc rất nhỏ.

- Nếu hai hòn bi có khối lượng bằng nhau,  $m_2 = m_1$ , thì:

$$v_2' = 0 \text{ và } v_1' = v_2$$

Hòn bi chuyển động bị sẽ đứng lại và truyền hết vận tốc cho hòn bi đứng yên.

Xét thêm trường hợp này trong hệ quy chiếu khối tâm.

Chọn gốc O' trùng với khối tâm trùng với khối tâm.

Trong trường hợp này, O' luôn luôn nằm ở trung điểm đoạn thẳng nối hai hòn bi, và chuyển động với vận tốc bằng  $\frac{v_2}{2} = -\frac{v}{2}$  so với hệ đứng yên.

Trong hệ khối tâm, hai hòn bi cùng chuyển động về phía O' với vận tốc:  $+\frac{v}{2}$  và  $-\frac{v}{2}$ .

Sau khi va chạm, chúng đều bị bật ngược lại với vận tốc bằng  $-\frac{v}{2}$  và  $+\frac{v}{2}$ .

Vì hệ quy chiếu khối tâm cũng là hệ quán tính, kết luận trên cũng đúng đối với hệ đứng yên: khi hai hòn bi khối lượng như nhau chuyển động ngược chiều với vận tốc như nhau và va chạm xuyên tâm với nhau, chúng đều bị bật ngược lại với vận tốc như cũ về giá trị tuyệt đối.

Các kết quả rút ra ở trên đều có thể được kiểm tra dễ dàng bằng thực nghiệm.

### 3. Nhận xét về va chạm đàn hồi và không đàn hồi

Va chạm tuyệt đối đàn hồi trong đó cơ năng không bị “hao hụt” chỉ là một trường hợp lí tưởng. Trong thực tế, bao giờ cũng có một phần cơ năng chuyển hóa thành nhiệt năng. Tuy nhiên trong trường hợp độ “hao hụt” năng lượng là rất nhỏ, ta có thể bỏ qua nó và coi va chạm là tuyệt đối đàn hồi. Nhưng thông thường không thể bỏ qua được độ “hao hụt” đó và nói chung các va chạm đều là va chạm không đàn hồi.

Có thể mô tả sơ lược cơ cấu của va chạm như sau:

Thời gian va chạm là rất ngắn. Trong nửa đầu của thời gian va chạm, mỗi vật tác dụng vào vật kia một lực làm cho nó biến dạng, và chịu từ vật kia một phản lực chống lại sự biến dạng đó (lực đàn hồi). Một vật đều mất vận tốc rất nhanh, và động năng chuyển hết thành thế năng đàn hồi, cuối cùng hai vật ngừng chuyển động. Trong nửa sau của thời gian va chạm, do tác dụng của các lực đàn hồi (là loại lực thế), thế năng chuyển hết thành động năng, và các vật chuyển động ra xa nhau.

Trong trường hợp lí tưởng, không có nội ma sát giữa các phân tử của các vật, động năng sau va chạm và trước va chạm là như nhau. Đó là va chạm tuyệt đối đàn hồi. Trong trường hợp thông thường, nội ma sát giữa các phân tử khiến cho một phần động năng ban đầu chuyển hóa thành nhiệt năng, chỗ tiếp xúc giữa hai vật hơi bị nóng lên, và động năng sau va chạm nhỏ hơn trước va chạm.

Có thể lấy độ “hao hụt” cơ năng, tức là lượng cơ năng biến thành nhiệt năng trong thời gian va chạm, để đặc trưng cho mức độ không đàn hồi của va chạm.

Newton đã đề xuất một đặc trưng khác thuận tiện hơn. Khi hai hòn bi làm bằng cùng một chất liệu va chạm với nhau với những vận tốc ban đầu bất kỳ, thì tỉ số csc vận tốc tương đối của chúng trước va chạm  $\left(\vec{v}_2 - \vec{v}_1\right)$  và sau va chạm  $\left(\vec{v}_2' - \vec{v}_1'\right)$  là một lượng không đổi. Người ta gọi tỉ số đó là *hệ số phục hồi vận tốc tương đối sau va chạm*:

$$e = \frac{\left|\vec{v}_2' - \vec{v}_1'\right|}{\left|\vec{v}_2 - \vec{v}_1\right|}$$

Thực nghiệm chứng tỏ rằng hệ số  $e$  có thể coi gần đúng là một hằng số, và chỉ phụ thuộc tính chất vật liệu để làm các hòn bi.

Dễ dàng thấy rằng trong va chạm tuyệt đối đàn hồi, vận tốc tương đối của hai hòn bi chỉ đổi dấu, do đó  $e = 1$ . Trong va chạm tuyệt đối không đàn hồi,  $e = 0$ . Trong trường hợp thông thường,  $0 < e < 1$ .

Newton đã tìm ra rằng:

- Đối với thủy tinh:  $e = 15/16$
- Đối với sắt:  $e = 5/9$

Biết được  $e$ , có thể dễ dàng tính ra độ “hao hụt” cơ năng.

### Bài đọc thêm 3

## LƯỢC SỬ CƠ HỌC CỔ ĐIỂN

Những viên gạch đầu tiên của bộ môn [cơ học](#) dường như được xây nên từ thời Hy Lạp cổ đại. Những kết quả nghiên cứu đầu tiên được ngày nay biết đến là của [Archimedes \(287-212 TCN\)](#). Chúng bao gồm định lý mang tên ông trong thủy tĩnh học, khái niệm về khối tâm và nghiên cứu cân bằng của [đòn bẩy](#).

### Archimedes



Tranh Archimedes(1620)

**Tên:** Archimedes ([Hy Lạp](#): Αρχιμήδης)

**Sinh:** c. [287 BC](#)

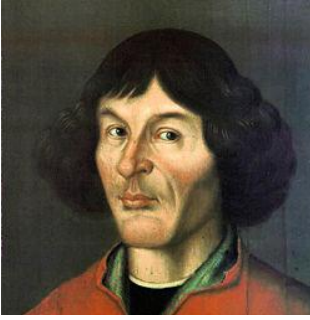
**Mất:** c. [212 BC](#)

**Trường phái:** {{{school\_tradition}}}

**Quan tâm chính:** [toán học](#), [vật lý](#), [công trình](#), [thiên văn học](#), [triết học](#)

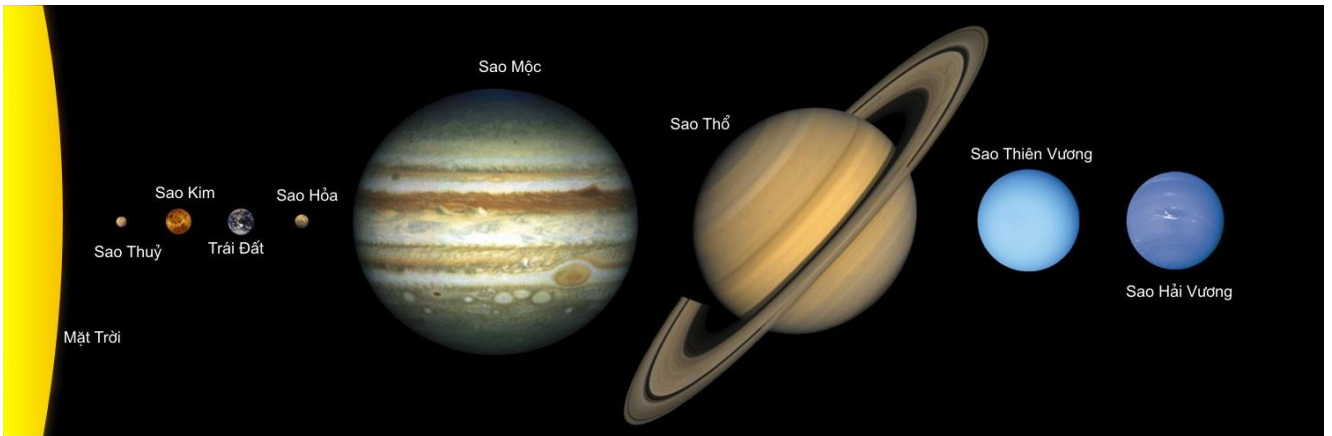
**Tư tưởng đáng lưu ý:** [Thủy tĩnh](#), [đòn bẩy](#)

Sau đó, khoa học đã ngủ quên quá lâu và cơ học chỉ được đánh thức vào [thời kỳ Phục Hưng](#) ở [châu Âu](#) với những tiến bộ vượt bậc vào [thế kỉ 16](#). Trong suốt đêm trường [thời Trung Cổ](#), những lý thuyết nguy hiểm của [Aristotles \(384-322 TCN\)](#) đã ngăn trở rất nhiều sự đi lên của khoa học đích thực. Trong thời này người ta phải kể đến [Leonardo da Vinci \(1452-1519\)](#) với những nghiên cứu về tĩnh học. Tuy nhiên những tên tuổi lớn nhất của giai đoạn huy hoàng này chính là:



Nicolaus Copernicus

- Nhà khoa học [Ba Lan Nicolaus Copernicus \(1473-1543\)](#) - người đã phủ nhận mô hình với [Trái Đất](#) là trung tâm vũ trụ của [Ptolémée](#) (xem [thuyết địa tâm](#)) và mô tả những chuyển động đúng đắn của [Hệ Mặt Trời](#);



HỆ MẶT TRỜI



- Nhà thiên văn học người [Đức Johannes Kepler \(1571-1630\)](#)  
- người đã phát biểu ba định luật mang tên ông về sự chuyển động của các [hành tinh](#);

Joh



- Nhà bác học thiên tài người Ý [Galileo Galilei](#) (1564-1642). Có thể nói, Galileo là Ông Tổ khai sáng ra động lực học: ông đã đưa ra khái niệm [gia tốc](#), phát biểu vào năm 1632 [nguyên lý tương đối Galileo](#) và [nguyên lý quán tính](#). Ông cũng đã nghiên cứu đến rất nhiều những vấn đề khác nhau của cơ học: con lắc, mặt phẳng nghiêng, sự rơi tự do.

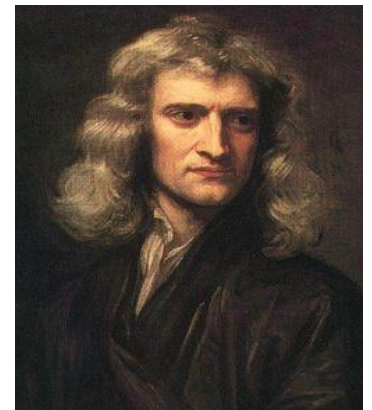
### Galileo Galilei

Kế tiếp sau đó, sang [thế kỉ 17](#), nhà khoa học [Pháp Blaise Pascal](#) (1623-1662) đã có những nghiên cứu quan trọng về thủy tĩnh học. Nhà vật lý [Hà Lan Christiaan Huygens](#) (1629-1695) đã phân tích chuyển động quay, đặc biệt là những dao động của [con lắc](#) và đưa ra khái niệm về [động năng](#) cũng như về [lực hướng tâm](#).



[Blaise Pascal](#)

Đặc biệt, nhà bác học [Anh Isaac Newton](#) (1642-1727) đã xuất bản cuốn sách *Philosophiae naturalis principia mathematica* (Những nguyên lý toán học của triết học tự nhiên) trong đó có nêu lên ba định luật mang tên ông, [tạo nên nền tảng của cơ học cổ điển](#). Newton còn được biết đến với định luật vạn vật hấp dẫn của vũ trụ.



[Isaac Newton](#)

**Các định luật của Newton về chuyển động** (gọi tắt là các **định luật Newton**) là tập hợp ba định luật [cơ học](#) phát biểu bởi nhà bác học người Anh [Isaac Newton](#), đặt nền tảng cho [cơ học cổ điển](#) (còn gọi là **cơ học Newton**). Các định luật Newton được công bố lần đầu tiên năm 1687 trong cuốn *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (*Các nguyên lý toán học trong triết học tự nhiên*, vật lý từng được xem là môn triết học về tự nhiên). Ba định luật cơ bản này cùng với một định luật nổi tiếng khác của Newton, [định luật vạn vật hấp dẫn](#), lần đầu tiên giải thích khá thuyết phục các quan sát của [Kepler](#) về chuyển động của các [hành tinh](#).



Ba định luật của Newton về chuyển động được phát biểu (lần đầu tiên) như sau:

- **Định luật 1 Newton:** Một vật đang đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều sẽ đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều mãi mãi nếu không bị buộc phải thay đổi trạng thái đó bởi ngoại lực tác dụng lên vật.
- **Định luật 2 Newton:** Biến thiên động lượng của một vật theo thời gian tỉ lệ với tổng lực tác dụng lên vật, và có hướng là hướng của tổng lực.
- **Định luật 3 Newton:** Đối với mỗi lực tác động bao giờ cũng có một phản lực cùng độ lớn, nói cách khác, các lực tương tác giữa hai vật bao giờ cũng là những cặp lực cùng độ lớn và ngược chiều.

Trải qua mấy thế kỷ, mặc dù ba định luật của Newton được phát biểu theo nhiều hình thức khác nhau nhưng bản chất không có gì thay đổi.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- **Đào Văn Phúc, Phạm Viết Trinh.** Cơ học. NXB Giáo dục, 1990
- **David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker.** Cơ sở Vật lý tập 1 - Cơ học - I. NXB Giáo dục, 1996
- **David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker.** Cơ sở Vật lý tập 2 - Cơ học - II. NXB Giáo dục, 1996
- **Lê Văn.** Vật lý phân tử và Nhiệt học. NXB Giáo dục, 1977
- **David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker.** XNB Giáo dục – 1996. Cơ sở Vật lý tập 3 - Nhiệt học. NXB Giáo dục, 1996
- **Phạm Viết Trinh, Nguyễn Văn Khánh, Lê Văn .** Bài tập Vật lý đại cương. NXB Giáo dục, 1982.