

# Thạc sỹ **LÊ TRỌNG DUY**

(Hai giải Olympic vật lý toàn quốc; Hai bài đăng trên tạp chí vật lý  
Journal of Electroceramics (SCI, Springer); Có học sinh đạt giải quốc gia)

**GIÁO VIÊN THAM GIA LÀM ĐỀ THI THPT QUỐC GIA**

**TRƯỜNG PT TRIỆU SƠN – THANH HÓA**

**Mobile: 0978970754**

**FB: facebook.com/letrongduy0812**

**Gmail: [lequangduy0812@gmail.com](mailto:lequangduy0812@gmail.com)**

**Miễn học phí** cho học sinh liên hệ mở lớp học thêm, học sinh hoàn cảnh khó khăn,...

# CẨM NANG LUYỆN THI ĐIỂM 10 VẬT LÝ

## VẬT LÝ 12



**<http://thiquocgia.net>**

**Học & luyện thi quốc gia !**

**Giáo viên nổi tiếng, lời giải chi tiết,...**

### **Lời ngỏ:**

- Tham gia groups: **<https://www.facebook.com/groups/diem10vatly>** để cập nhật đáp án các chuyên đề, các đề thi mới, các câu hỏi hay, khó, lạ,...
- Tài liệu lưu hành nội bộ, tương ứng chương trình dạy học trên lớp theo đúng tiến trình sách giáo khoa. Đây là hệ thống các bài tập điển hình nhất giúp học sinh nắm vững những kiến thức cơ bản. Tham chi tiết trên site **<http://thiquocgia.net>**



Để đạt kết quả cao, các bạn có thể tìm thêm một số tài liệu của tác giả Lê Trọng Duy

1. Cẩm nang luyện thi điểm 10 vật lý – Vật lý 10.
2. Cẩm nang luyện thi điểm 10 vật lý – Vật lý 11.
3. Cẩm nang luyện thi điểm 10 vật lý – Vật lý 12.
4. Tuyển chọn 2000 câu hỏi lý thuyết và bài tập **nhận biết** môn vật lý 12.
5. Tuyển chọn 1500 câu hỏi lý thuyết và bài tập **thông hiểu** môn vật lý 12.
6. Tuyển chọn các câu hay, lạ, khó đọc, lạ điểm 10 vật lý 10.
7. Tuyển chọn các câu hay, lạ, khó đọc, lạ điểm 10 vật lý 11.
8. Tuyển chọn các câu hay, lạ, khó đọc, lạ điểm 10 vật lý 12.

## BẢNG TÓM TẮT CÔNG THỨC LƯỢNG GIÁC VÀ ĐƠN VỊ CỦA CÁC ĐẠI LƯỢNG THƯỜNG DÙNG TRONG VẬT LÝ 12 – LUYỆN THI ĐH - CĐ

### 1. Đơn vị đo và giá trị các cung

$$+ 1^{\circ} = 60' \text{ phút}, 1' = 60'' \text{ (giây)}; \quad 1^{\circ} = \frac{\pi}{180} (rad); \quad 1(rad) = \frac{180}{\pi} (\text{độ})$$

+ Gọi  $\alpha$  là số đo bằng độ của góc,  $a$  là số đo tính bằng radian tương ứng với  $\alpha$  độ khi đó ta có phép biến đổi sau:  $a = \frac{\alpha \cdot \pi}{180} (rad); \quad \alpha = \frac{180 \cdot a}{\pi} (\text{độ})$

+ Đổi đơn vị:  $1mF = 10^{-3}F$ ;  $1\mu F = 10^{-6}F$ ;  $1nF = 10^{-9}F$ ;  $1pF = 10^{-12}F$ ;  $1A^{\circ} = 10^{-10}m$ . Các đơn vị khác cũng đổi tương tự.

+ Bảng giá trị lượng giác cung đặc biệt:

Góc $\alpha$	$0^{\circ}$	$30^{\circ}$	$45^{\circ}$	$60^{\circ}$	$90^{\circ}$	$120^{\circ}$	$135^{\circ}$	$150^{\circ}$	$180^{\circ}$	$270^{\circ}$	$360^{\circ}$
Giá trị	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{2\pi}{3}$	$\frac{3\pi}{4}$	$\frac{5\pi}{6}$	$\pi$	$\frac{3\pi}{2}$	$2\pi$
$\sin(\alpha)$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	-1	0
$\cos(\alpha)$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{\sqrt{2}}{2}$	$-\frac{\sqrt{3}}{2}$	-1	0	1
$\tan(\alpha)$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	$+\infty$	$-\sqrt{3}$	-1	$-\frac{\sqrt{3}}{3}$	0	$-\infty$	0
$\cotan(\alpha)$	$+\infty$	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	-1	$-\sqrt{3}$	$-\infty$	0	$+\infty$

Cung đối góc ( $\alpha; -\alpha$ )	Cung bù nhau ( $\alpha; \pi - \alpha$ )	Cung hơn kém nhau $\pi$ ( $\alpha; \pi + \alpha$ )
$\cos(-\alpha) = \cos(\alpha)$	$\cos(\pi - \alpha) = -\cos(\alpha)$	$\cos(\pi + \alpha) = -\cos(\alpha)$
$\sin(-\alpha) = -\sin(\alpha)$	$\sin(\pi - \alpha) = \sin(\alpha)$	$\sin(\pi + \alpha) = -\sin(\alpha)$
$\tan(-\alpha) = -\tan(\alpha)$	$\tan(\pi - \alpha) = -\tan(\alpha)$	$\tan(\pi + \alpha) = \tan(\alpha)$

Cung phụ nhau:  $(\alpha; \frac{\pi}{2} - \alpha)$

$$\cos(\frac{\pi}{2} - \alpha) = \sin(\alpha)$$

$$\sin(\frac{\pi}{2} - \alpha) = \cos(\alpha)$$

$$\tan(\frac{\pi}{2} - \alpha) = \cot \alpha(\alpha)$$

$$\cot \alpha(\frac{\pi}{2} - \alpha) = \tan(\alpha)$$

Cung hơn kém nhau  $\frac{\pi}{2} (\alpha; \frac{\pi}{2} + \alpha)$

$$\cos(\frac{\pi}{2} + \alpha) = -\sin(\alpha)$$

$$\sin(\frac{\pi}{2} + \alpha) = \cos(\alpha)$$

$$\tan(\frac{\pi}{2} + \alpha) = -\cot \alpha(\alpha)$$

$$\cot \alpha(\frac{\pi}{2} + \alpha) = -\tan(\alpha)$$

## 2. Các đại lượng vật lý

### Các đơn vị của hệ SI

Độ dài	m
Thời gian	s
Vận tốc	m/s
Gia tốc	$m/s^2$
Vận tốc góc	rad/s
Gia tốc góc	$rad/s^2$
Khối lượng	Kg
Khối lượng riêng	$kg/m^3$
Lực	N
Áp suất hoặc ứng suất	Pa
Xung lượng	kg.m/s
Momen của lực	N.m
Năng lượng, công	J
Công suất	W
Momen xung lượng	$kg.m^2/s$
Momen quán tính	$kg.m^2$
Độ nhớt	Pa.s
Nhiệt độ	K
Điện lượng	C
Cường độ điện trường	V/m
Điện dung	F
Cường độ dòng điện	A
Điện trở	$\Omega$
Điện trở suất	$\Omega.m$
Cảm ứng từ	T
Từ thông	Wb
Cường độ từ trường	A/m
Momen từ	$A.m^2$
Vecto từ hóa	A/m
Độ tự cảm	H



Cường độ sáng

cd

### Các hằng số vật lý cơ bản

Vận tốc ánh sáng trong chân không	$c = 3.10^8 \text{ m/s}$
Hằng số hấp dẫn	$G = 6,67.10^{-11} \text{ m}^3 / (\text{kg.s}^2)$
Gia tốc rơi tự do	$g = 9,8 \text{ m/s}^2$
Số Avogadro	$6,020.10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Thể tích khí tiêu chuẩn	$V_0 = 2,24 \text{ m}^3 / (\text{kmol})$
Hằng số khí	$R = 8,314 \text{ J/kmol}$
Hằng số Boltzmann	$k = 1,380.10^{-23} \text{ J/kmol}$
Số Faraday	$0,965.10^8 \text{ C/kg} - \text{duongluong}$

### Cách đọc tên một số đại lượng VL

$A\alpha$ : anpha	$H\eta$ : êta	$\Upsilon v$ : ipxilon
$B\beta$ : beta	$\Theta\theta$ : têta	$\Sigma\sigma$ : xicma
$\Gamma\gamma$ : Gamm	$N\nu$ : nuy	$P\rho$ : rô
$a$	$M\mu$ : muy	$\Pi\pi$ : pi
$\Delta\delta$ : đenta	$\Lambda\lambda$ : lamda	$Oo$ : omikron
$E\varepsilon$ : epxilon	$\Xi\zeta$ : kxi	$K\kappa$ : kappa
$Z\zeta$ : zeta	$X\chi$ : khi	$Ii$ : iôta
$T\tau$ : tô	$\Omega\omega$ : omeg	
$\Phi\phi$ : fi	$a$	

### Đơn vị chiều dài

- \*  $1A^0 = 10^{-10} \text{ m}$
- \* 1 đơn vị thiên văn(a.e) =  $1,49.10^{11} \text{ m}$
- \* 1 năm ánh sáng =  $9,46.10^{15} \text{ m}$
- \* 1 inso =  $2,54.10^{-2} \text{ m}$
- \* 1 fecmi =  $10^{-15} \text{ m}$
- \* 1 dặm =  $1,61.10^3 \text{ m}$
- \* 1 hải lý =  $1,85.10^3 \text{ m}$

### Diện tích

- \*  $1ha = 10^4 \text{ m}^2$
- \* 1 bac =  $10^{-28} \text{ m}^2$

### Khối lượng

- \* 1 tấn = 10 tạ = 1000kg
- \* 1 phun = 0,454kg
- \* 1 a.e.m =  $1,66.10^{-27} \text{ kg}$  (khối lượng nguyên tử)
- \* 1 cara =  $2.10^{-4} \text{ kg}$

### Công và công suất

- \*  $1\text{erg/s} = 10^{-7} \text{ W}$
- \* 1 mã lực = 736W
- \* 1 kcal/h = 1,16W
- \* 1 calo(cal) = 4,19J
- \*  $1 \text{ W.h} = 3,6.10^3 \text{ J}$
- \*  $1 \text{ dyn/cm}^2 = 0,1 \text{ Pa}$
- \*  $1 \text{ atm} = 1,01.10^5 \text{ Pa}$
- \*  $1 \text{ kg/m}^2 = 9,81 \text{ Pa}$
- \*  $1 \text{ mmHg} = 133 \text{ Pa}$
- \*  $1 \text{ at} = 1 \text{ kg/cm}^2 = 9,18.10^4 \text{ Pa}$

### 3. Các hằng đẳng thức lượng giác

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

$$\tan(\alpha) \cdot \cot(\alpha) = 1.$$

$$\frac{1}{\sin^2(\alpha)} = 1 + \cot^2(\alpha).$$

$$1 + \tan^2(\alpha) = \frac{1}{\cos^2(\alpha)}.$$

### 4. Công thức biến đổi lượng giác

#### a. Công thức cộng

$$\cos(a+b) = \cos(a)\cos(b) - \sin(a)\sin(b); \quad \cos(a-b) = \cos(a)\cos(b) + \sin(a)\sin(b);$$

$$\sin(a+b) = \sin(a)\cos(b) + \sin(b)\cos(a); \quad \sin(a-b) = \sin(a)\cos(b) - \sin(b)\cos(a);$$

$$\tan(a-b) = \frac{\tan(a) - \tan(b)}{1 + \tan(a) \cdot \tan(b)}; \quad \tan(a+b) = \frac{\tan(a) + \tan(b)}{1 - \tan(a) \cdot \tan(b)};$$

#### b. Công thức nhân đôi, nhân ba



$$\cos(2a) = \cos^2(a) - \sin^2(a) = 2\cos^2(a) - 1 = 1 - 2\sin^2(a);$$

$$\sin(3a) = 3\sin(a) - 4\sin^3(a);$$

$$\sin(2a) = 2\sin(a)\cos(a);$$

$$\cos(3a) = 4\cos^3(a) - 3\cos(a);$$

$$\tan(2a) = \frac{2\tan(a)}{1 - \tan^2(a)};$$

**c. Công thức hạ bậc**

$$\cos^2(a) = \frac{1 + \cos(2a)}{2}; \sin^2(a) = \frac{1 - \cos(2a)}{2};$$

$$\tan^2(a) = \frac{1 - \cos(2a)}{1 + \cos(2a)}; \cot an(a) = \frac{1 + \cos(2a)}{1 - \cos(2a)}$$

**d. Công thức tính  $\sin(\alpha)$ ,  $\cos(\alpha)$ ,  $\tan(\alpha)$  theo  $t = \tan(\frac{\alpha}{2})$**

$$\sin(\alpha) = \frac{2t}{1+t^2}; \tan(\alpha) = \frac{2t}{1-t^2} \quad (\alpha \neq \frac{\pi}{2} + k\pi, k \in \mathbb{Z}); \cos(\alpha) = \frac{1-t^2}{1+t^2};$$

**e. Công thức biến đổi tích thành tổng**

$$\cos(a) \cdot \cos(b) = \frac{1}{2} [\cos(a-b) + \cos(a+b)];$$

$$\sin(a) \cdot \sin(b) = \frac{1}{2} [\cos(a-b) - \cos(a+b)];$$

$$\sin(a) \cos(b) = \frac{1}{2} [\sin(a-b) + \sin(a+b)];$$

**f. Công thức biến đổi tổng thành tích**

$$\cos(a) + \cos(b) = 2\cos\left(\frac{a+b}{2}\right)\cos\left(\frac{a-b}{2}\right);$$

$$\sin(a) + \sin(b) = 2\sin\left(\frac{a+b}{2}\right)\cos\left(\frac{a-b}{2}\right);$$

$$\cos(a) - \cos(b) = -2\sin\left(\frac{a+b}{2}\right)\sin\left(\frac{a-b}{2}\right); \sin(a) - \sin(b) = 2\cos\left(\frac{a+b}{2}\right)\sin\left(\frac{a-b}{2}\right);$$

$$\tan(a) + \tan(b) = \frac{\sin(a+b)}{\cos(a)\cos(b)}; \tan(a) - \tan(b) = \frac{\sin(a-b)}{\cos(a)\cos(b)}; \left(a, b \neq \frac{\pi}{2} + k\pi\right)$$

**5. Phương trình và hệ phương trình**

**a. Các công thức nghiệm –pt cơ bản:**

$$\sin(x) = a = \sin(\alpha) \Rightarrow \begin{cases} x = \alpha + k2\pi \\ x = \pi - \alpha + k2\pi \end{cases}$$

$$\cos(x) = a = \cos(\alpha) \Rightarrow x = \pm \alpha + k2\pi$$

$$\tan(x) = a = \tan(\alpha) \Rightarrow x = \alpha + k\pi$$

$$\cot an(x) = a = \cot an(\alpha) \Rightarrow x = \alpha + k\pi$$

**b. Phương trình bậc nhất với sin và cos**

Dạng phương trình  $a\sin(x) + b\cos(x) = c$  (1) với điều kiện  $a^2 + b^2 \neq 0$ ;  $c^2 \leq a^2 + b^2$

Cách giải; chia hai vế của (1) cho  $\sqrt{a^2 + b^2}$  ta được  $\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \sin(x) + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cos(x) = \frac{c}{\sqrt{a^2 + b^2}}$

Ta đặt 
$$\begin{cases} \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}} = \cos(\alpha) \\ \frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}} = \sin(\alpha) \end{cases}$$
 ta được phương trình

$$\cos(\alpha) \cdot \sin(x) + \sin(\alpha) \cdot \cos(x) = \frac{c}{\sqrt{a^2+b^2}} \Leftrightarrow \sin(x+\alpha) = \frac{c}{\sqrt{a^2+b^2}} \quad (2)$$

Giải (2) ta được nghiệm.

**c. Phương trình đối xứng:**

Dạng phương trình  $a\{\cos(x) + \sin(x)\} + b\sin(x) \cdot \cos(x) = c \quad (1) \quad (a, b, c \in \mathbb{R})$

Cách giải: đặt  $t = \cos(x) + \sin(x) = \sqrt{2}\cos\left(x - \frac{\pi}{4}\right); \quad -\sqrt{2} \leq t \leq \sqrt{2}$

$\Rightarrow t^2 = 1 + 2\sin(x)\cos(x) \Rightarrow \sin(x)\cos(x) = \frac{t^2-1}{2}$  thế vào (1) ta được phương trình:

$$a \cdot t + b \cdot \frac{t^2-1}{2} = c \Leftrightarrow bt^2 + 2at - (b+2c) = 0$$

Giải và so sánh với điều kiện t ta tìm được nghiệm x.

**Chú ý:** Với dạng phương trình:  $a\{\cos(x) - \sin(x)\} + b\sin(x) \cdot \cos(x) = c \quad (1) \quad (a, b, c \in \mathbb{R})$  ta cũng có thể làm

như trên nhưng với  $t = \sin(x) - \cos(x) = \sqrt{2}\cos\left(x + \frac{\pi}{4}\right); \quad -\sqrt{2} \leq t \leq \sqrt{2}$

**d. Phương trình đẳng cấp**

Dạng phương trình  $a\sin^2(x) + b\cos(x)\sin(x) + c\cos^2(x) = 0$

Cách giải:  $b_1$  xét với trường hợp  $\cos(x)=0$

$b_1$  với  $\cos(x) \neq 0 \Leftrightarrow x = \frac{\pi}{2} + k\pi$  ta chia cả hai vế của (1) cho  $\cos^2(x)$  ta được phương trình:

$$a \tan^2(x) + b \tan(x) + c = 0 \text{ đặt } t = \tan(x) \text{ ta giải phương trình bậc 2: } at^2 + bt + c = 0.$$

**Chú ý:** Ta có thể xét trường hợp  $\sin(x) \neq 0$  rồi chia 2 vế cho  $\sin^2(x)$



# Chương I : DAO ĐỘNG CƠ HỌC

## ĐẠI CƯƠNG DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA

### 1. Dao động cơ, dao động tuần hoàn

- Dao động cơ là chuyển động có giới hạn, qua lại của vật quanh vị trí cân bằng.
- Dao động tuần hoàn là dao động mà sau những khoảng thời gian bằng nhau (gọi là chu kì T) vật trở lại vị trí cũ theo hướng cũ.

### 2. Dao động điều hòa

- Dao động điều hòa là dao động trong đó li độ của vật là một hàm cosin (hay sin) của thời gian.

- Phương trình dao động:  $x = A\cos(\omega t + \varphi)$ .

**Trong đó:** + A là biên độ dao động, đó là giá trị cực đại của li độ x; đơn vị m, cm. A luôn luôn dương.

+  $(\omega t + \varphi)$  là pha của dao động tại thời điểm t; đơn vị rad.

+  $\varphi$  là pha ban đầu của dao động; đơn vị rad.

+  $\omega$  trong phương trình  $x = A\cos(\omega t + \varphi)$  là tần số góc của dao động điều hòa; đơn vị rad/s.

+ Các đại lượng biên độ A phụ thuộc vào cách kích thích ban đầu làm cho hệ dao động và pha ban đầu  $\varphi$  phụ thuộc vào việc chọn mốc (tọa độ và thời gian) xét dao động, còn tần số góc  $\omega$  (chu kì T, tần số f) chỉ phụ thuộc vào cấu tạo của hệ dao động.

- **Phương trình động lực học của dao động điều hòa:**  $x'' + \omega^2 x = 0$ .

- Hình chiếu của 1 chuyển động tròn đều lên 1 trục cố định qua tâm là 1 dao động điều hòa. Một dao động điều hòa có thể biểu diễn tương đương 1 chuyển động tròn đều có bán kính  $R = A$ , tốc độ  $v = v_{\max} = A\omega$

### 3. Các đại lượng đặc trưng của dao động điều hòa

- Chu kì T của dao động điều hòa là khoảng thời gian để thực hiện một dao động toàn phần; đơn vị giây (s).

- Tần số f của dao động điều hòa là số dao động toàn phần thực hiện được trong một giây; đơn vị héc (Hz).

- Liên hệ giữa  $\omega$ , T và f: 
$$\begin{cases} T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} (s) \\ f = \frac{\text{Số dao động}}{\text{thời gian}} = \frac{N}{t} (Hz) \\ \omega = 2\pi f (rad/s) \end{cases}$$

#### Ghi chú:

- + Mỗi chu kì vật qua vị trí biên 1 lần, qua các vị trí khác 2 lần (1 lần theo chiều dương và 1 lần theo chiều âm)

- + Trong một chu kì vật đi được quãng đường  $4A \Rightarrow$  Trong thời gian từ  $t_1$  đến  $t_2$  mà  $t_2 - t_1 = kT \Rightarrow s = k.4A$ .

- + Trong  $1/2$  chu kì vật đi được quãng đường  $2A \Rightarrow$  Trong thời gian từ  $t_1$  đến  $t_2$  mà  $t_2 - t_1 = k \frac{T}{2} \Rightarrow s = k.2A$ .

- + Nếu xuất phát từ VTCB, VT biên (hoặc pha ban đầu  $\varphi = 0; \pm\pi; \pm\frac{\pi}{2}$ ) thì trong  $1/4$  chu kì đi được quãng đường  $A \Rightarrow$  Trong thời gian từ  $t_1$  đến  $t_2$  mà  $t_2 - t_1 = k \frac{T}{4} \Rightarrow s = k.A$ .

### 4. Vận tốc trong dao động điều hòa

- Vận tốc là đạo hàm bậc nhất của li độ theo thời gian:  $v = x' = -\omega A \sin(\omega t + \varphi) = \omega A \cos(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2})$

- Vận tốc cực đại:  $v_{\max} = A\omega$  khi vật qua VTCB theo chiều dương

- Vận tốc cực tiểu:  $v_{\min} = -A\omega$  khi vật qua VTCB theo chiều âm.



- Độ lớn vận tốc (gọi là **tốc độ**) : 
$$\begin{cases} |v_{\max}| = A\omega <=> x = 0 \\ |v_{\min}| = 0 <=> x = \pm A \end{cases}$$

### **5. Gia tốc của vật dao động điều hoà**

- Gia tốc là đạo hàm bậc nhất của vận tốc (đạo hàm bậc 2 của li độ) theo thời gian:

$$a = v' = x'' = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x.$$

- Gia tốc cực đại :  $a_{\max} = A\omega^2$  khi vật ở biên âm.

- **Gia tốc cực tiểu** :  $a_{\min} = -A\omega^2$  khi vật ở biên dương.

- Độ lớn gia tốc: 
$$\begin{cases} |a_{\max}| = A\omega^2 <=> x = \pm A \\ |a_{\min}| = 0 <=> x = 0 \end{cases}$$

### **6. Lực phục hồi (lực kéo về - lực gây ra) dao động điều hoà:**

- Là lực gây ra dao động, luôn hướng về VTCB.

- Biểu thức:  $F_{ph} = ma = -k.x$ .

$$+ F_{hp\max} = kA = m\omega^2 A : \text{tại vị trí biên}$$

$$+ F_{hp\min} = 0 : \text{tại vị trí cân bằng}$$

### **7. Mối quan hệ về pha:**

- Gia tốc ngược pha li độ.

- Vận tốc nhanh pha  $\frac{\pi}{2}$  so với li độ (vuông pha) và trễ pha  $\frac{\pi}{2}$  so với gia tốc.

- Lực phục hồi cùng gia tốc, ngược pha li độ.

#### **Ghi chú:**

- + Vật đổi chiều khi ở vị trí biên.

- + Lực phục hồi đổi chiều khi qua VTCB

- + Khi đi từ biên về VTCB thì chuyển động nhanh dần.

- + Khi đi từ VTCB ra biên thì chuyển động chậm dần.

- + Dao động điều hoà là chuyển động **biến đổi** nhưng **không đều**.

### **8. Công thức độc lập:**

- Li độ - vận tốc:  $A^2 = x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} <=> \frac{x^2}{A^2} + \frac{v^2}{v_{\max}^2} = 1.$

- Gia tốc - vận tốc:  $A^2 = \frac{a^2}{\omega^4} + \frac{v^2}{\omega^2} <=> \frac{a^2}{a_{\max}^2} + \frac{v^2}{v_{\max}^2} = 1.$

- Lực phục hồi – vận tốc:  $A^2 = \frac{F_{ph}^2}{k^2} + \frac{v^2}{\omega^2} <=> \frac{F_{ph}^2}{(kA)^2} + \frac{v^2}{v_{\max}^2} = 1.$

- Ghi chú:** hai dao động vuông pha ta luôn có:  $\frac{x_1^2}{A_1^2} + \frac{x_2^2}{A_2^2} = 1.$

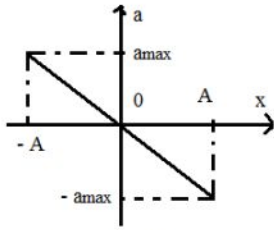
### **9. Đồ thị dao động**

- + Đồ thị của li độ, vận tốc, gia tốc, lực phục hồi **theo thời gian**: dạng **hình sin**.

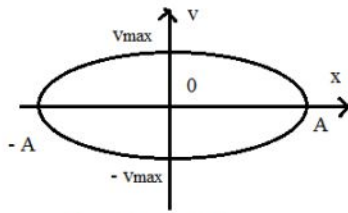
- + Đồ thị gia tốc **theo li độ**: dạng **đoạn thẳng** nằm ở góc phần tư **thứ 2 và thứ 4**.

- + Đồ thị li độ, gia tốc, lực phục hồi **theo vận tốc**: dạng elip.

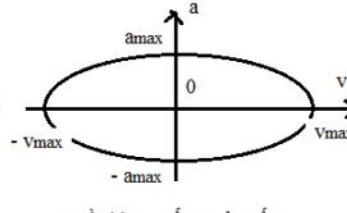




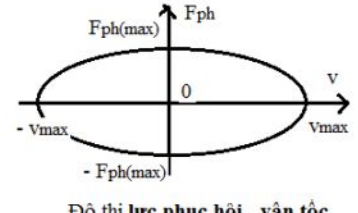
Đồ thị gia tốc - li độ



Đồ thị li độ - vận tốc



Đồ thị gia tốc - vận tốc



Đồ thị lực phục hồi - vận tốc

**Ghi chú:** Hình mang tính chất minh họa giúp các em hình dung cụ thể về dạng của chúng

## 10. Viết phương trình dao động

**- Biên độ:**

$$\begin{cases} A = x_{\max} = \frac{MN}{2} = \frac{l_{\max} - l_{\min}}{2} = l_{\max} - l_{\text{cang}} = |l_{\min} - l_{\text{cang}}| \\ v_{\max} = A\omega \\ a_{\max} = A\omega^2 \\ A = \sqrt{x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}} = \sqrt{\frac{a^2}{\omega^4} + \frac{v^2}{\omega^2}} = \sqrt{\frac{F_{\text{phuc hoi}}^2}{k^2} + \frac{v^2}{\omega^2}} \end{cases}$$

**- Tần số góc:**

$$\begin{cases} \omega = \frac{2\pi}{T} \text{ (rad/s)} \\ \omega = 2\pi \cdot f = 2\pi \frac{\text{Số dao động}}{\text{thời gian}} \text{ (rad/s)} \end{cases}$$

**- Pha ban đầu:** Chọn gốc thời gian là lúc vật có li độ  $x = x_0$  và chuyển động theo chiều (+):  $v > 0$  (hoặc theo chiều (-):  $v < 0$  hoặc ở biên:  $v = 0$ ).

$$\begin{cases} v > 0 \Rightarrow \varphi = -\arccos \frac{x_0}{A} \\ v < 0 \Rightarrow \varphi = +\arccos \frac{x_0}{A} \\ v = 0 \Rightarrow \varphi = \pm \arccos \frac{x_0}{A} \end{cases}$$

## 11. Thời gian vật đi từ li độ $x_1$ đến li độ $x_2$ (hoặc tốc độ $v_1$ đến $v_2$ hoặc gia tốc $a_1$ đến $a_2$ )

$$\Delta t = \frac{\Delta \varphi}{\omega} = \frac{|\varphi_2 - \varphi_1|}{\omega} \text{ với } \begin{cases} \cos \varphi_1 = \frac{x_1}{A} = \frac{v_1}{v_{\max}} = \frac{a_1}{a_{\max}} \\ \cos \varphi_2 = \frac{x_2}{A} = \frac{v_2}{v_{\max}} = \frac{a_2}{a_{\max}} \end{cases} \text{ và } (0 \leq \varphi_1, \varphi_2 \leq \pi)$$

- Tốc độ trung bình:  $v_{tb} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ .

- Vận tốc trung bình:  $v_{tb} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{\Delta t}$ .

**Ghi chú:**

+ Tốc độ trung bình trong 1 chu kỳ:  $v_{tb} = \frac{4A}{T}$

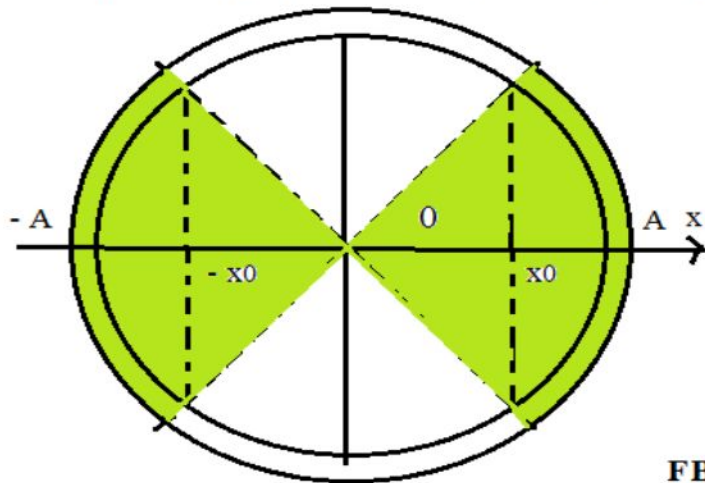
+ Vận tốc trung bình trong 1 chu kỳ:  $v_{tb} = 0$

- Một số trường hợp đặc biệt về thời gian ngắn nhất :

Biên soạn: **Ths Lê Trọng Duy** - Trường PT Triệu Sơn, Thanh Hóa - <https://facebook.com/letrongduy0812>

<https://www.facebook.com/groups/diem10vatly> - Luyện thi điểm 10 vật lý; câu hỏi hay, khó, lạ,... **Page 9**

- + Thời gian vật đi từ VTCB ra đến biên:  $T/4$ .
- + Thời gian đi từ biên này đến biên kia là :  $T/2$ .
- + Thời gian giữa hai lần liên tiếp đi qua VTCB:  $T/2$ .
- Thời gian trong một chu kì mà độ lớn li độ không vượt quá hoặc không nhỏ hơn giá trị  $x_0$ .



Vùng li độ có độ lớn không vượt quá  

Vùng li độ có độ lớn không nhỏ hơn  

$$\Delta t_{\text{không vượt quá}} = 4 \cdot \frac{\arcsin \frac{|x|}{A}}{\omega}$$

$$\Delta t_{\text{không nhỏ hơn}} = 4 \cdot \frac{\arccos \frac{|x|}{A}}{\omega}$$

FB facebook.com/letrongduy0812

## 12. Quãng đường lớn nhất, quãng đường bé nhất.

**TH1:** Khoảng thời gian  $\Delta t \leq \frac{T}{2}$

- Vật có tốc độ lớn nhất khi qua VTCB, nhỏ nhất khi qua vị trí biên nên trong cùng một khoảng thời gian quãng đường đi được càng lớn khi vật ở càng gần VTCB và càng nhỏ khi càng gần vị trí biên.

- Góc quét  $\Delta\varphi = \omega\Delta t$ .

- Quãng đường lớn nhất:  $S_{\max} = 2A \sin \frac{\omega\Delta t}{2}$

- Quãng đường nhỏ nhất:  $S_{\min} = 2A(1 - \cos \frac{\omega\Delta t}{2})$

- Tốc độ trung bình lớn nhất và nhỏ nhất của trong khoảng thời gian  $\Delta t$ :

$$v_{\text{tbmax}} = \frac{S_{\max}}{\Delta t} \text{ và } v_{\text{tbmin}} = \frac{S_{\min}}{\Delta t} \text{ với } S_{\max}; S_{\min} \text{ tính như trên.}$$

**TH2:** Khoảng thời gian  $\Delta t > \frac{T}{2}$

$$+ \frac{\Delta t}{T/2} = k + \text{phần dư} \Rightarrow \Delta t = k \cdot \frac{T}{2} + \Delta t' \Rightarrow s = k \cdot 2A + s'$$

Trong đó  $k \in \mathbb{N}^*$ ;  $0 < \Delta t' < \frac{T}{2}$

$$+ S_{\max} = N \cdot 2A + 2A \sin \frac{\omega\Delta t'}{2}$$

$$+ S_{\min} = N \cdot 2A + 2A(1 - \cos \frac{\omega\Delta t'}{2})$$

## 13. Xác định trạng thái dao động của vật ở thời điểm $t$ và $t' = t + \Delta t$

**Trường hợp đặc biệt:**

+ Góc quay được:  $\Delta\varphi = \omega\Delta t$

+ Nếu  $\Delta\varphi = k \cdot 2\pi \Rightarrow x' = x$  (Hai dao động cùng pha)

+ Nếu  $\Delta\varphi = (2k+1)\pi \Rightarrow x' = -x$  (Hai dao động ngược pha)



+ Nếu  $\Delta\varphi = (2k+1)\frac{\pi}{2} \Rightarrow \frac{x^2}{A^2} + \frac{x'^2}{A^2} = 1$  (Hai dao động vuông pha)

### Trường hợp tổng quát:

+ Tìm pha dao động tại thời điểm t:

$$x = x^* \Leftrightarrow A\cos(\omega t + \varphi) = x^* \Leftrightarrow \cos(\omega t + \varphi) = \frac{x^*}{A} \Leftrightarrow \begin{cases} \omega t + \varphi = \alpha \\ \omega t + \varphi = -\alpha \end{cases}$$

+ Nếu x đang giảm (vật chuyển động theo chiều âm vì  $v < 0$ )

$\Rightarrow$  Nghiệm đúng:  $\omega t + \varphi = \alpha$  với  $0 \leq \alpha \leq \pi$

+ Nếu x đang tăng (vật chuyển động theo chiều dương  $v > 0$ )

$\Rightarrow$  Nghiệm đúng:  $\omega t + \varphi = -\alpha$

+ Li độ và vận tốc dao động sau (dấu +) hoặc trước (dấu -) thời điểm đó  $\Delta t$  giây là :

$$\begin{cases} \text{Sau\_thoi\_diem\_}\Delta t : x = A.\cos(\omega.\Delta t + \text{pha\_tai\_thoi\_diem\_}t) \\ \text{Truoc\_thoi\_diem\_}\Delta t : x = A.\cos(-\omega.\Delta t + \text{pha\_tai\_thoi\_diem\_}t) \end{cases}$$

### 14. Xác định thời điểm vật qua vị trí li độ $x^*$ (hoặc $v^*$ , $a^*$ ) lần thứ N.

- Một vật dao động điều hòa theo phương trình :  $x = A\cos(\omega t + \varphi)$  cm ; (t đo bằng s)

- XĐ li độ và vận tốc (chỉ cần dấu) tại thời điểm ban đầu  $t=0$ :

$$\begin{cases} x = A.\cos\varphi \\ v = -A\omega.\sin\varphi (\text{Chi\_can\_dau}) \end{cases}$$

- Vẽ vòng tròn lượng giác, bán kính  $R=A$ .

- Đánh dấu vị trí xuất phát và vị trí li độ  $x^*$  vật đi qua.

- Vẽ góc quét, xác định thời điểm đi qua li độ  $x = x^*$  lần thứ n (vật quay 1 vòng quay thì thời gian = 1 chu kỳ).

#### Quy ước :

+ Chiều dương từ trái sang phải.

+ Chiều quay là chiều **ngược chiều kim đồng hồ**.

+ Khi vật chuyển động ở trên trục Ox : theo chiều âm.

+ Khi vật chuyển động ở dưới trục Ox : theo chiều dương.

### 15\*. Xác định số lần vật qua vị trí li độ $x^*$ (hoặc $v^*$ , $a^*$ ) trong khoảng thời gian từ $t_1$ đến $t_2$ .

- Xác định vị trí li độ  $x_1$  và vận tốc  $v_1$  tại thời điểm  $t_1$ .

- Xác định vị trí li độ  $x_2$  và vận tốc  $v_2$  tại thời điểm  $t_2$ .

- Lập tỉ số  $\frac{\Delta t}{T} = \frac{t_2 - t_1}{T} = k + \text{phần lẻ}$ . Trong đó: k là số vòng quay

- Biểu diễn lên vòng tròn lượng giác  $\Rightarrow$  XĐ số lần qua vị trí  $x = x^*$

### 16\*. Xác định quãng đường vật đi từ thời điểm $t_1$ đến $t_2$

#### 1. Các trường hợp đặc biệt.

- Nếu vật xuất phát từ VTCB, VT biên (hoặc pha ban đầu:  $\varphi = 0, \pm\pi/2, \pm\pi$ ):  $\frac{\Delta t}{T/4} = \frac{t_2 - t_1}{T/4} = N \Rightarrow s = N.A$

- Nếu vật xuất phát bất kì mà thời gian thỏa mãn:  $\frac{\Delta t}{T/2} = \frac{t_2 - t_1}{T/2} = N \Rightarrow \text{Quang\_duong} : s = N.2A$

#### 2. Trường hợp tổng quát

- XĐ li độ và chiều chuyển động tại hai thời điểm  $t_1$  và  $t_2$ :

$$\begin{cases} x_1 = A\cos(\omega t_1 + \varphi) \\ v_1 = -\omega A\sin(\omega t_1 + \varphi) \end{cases} \text{ và } \begin{cases} x_2 = A\cos(\omega t_2 + \varphi) \\ v_2 = -\omega A\sin(\omega t_2 + \varphi) \end{cases} \quad (v_1 \text{ và } v_2 \text{ chỉ cần xác định dấu})$$

- Phân tích thời gian:  $\frac{\Delta t}{T} = N + \text{phan\_le} \Rightarrow \Delta t = N.T + \Delta t'$

- Quãng đường:  $s = 4A.N + s'$

- Vẽ vòng tròn lượng giác, xác định  $s' \Rightarrow$  Tổng quãng đường s.

**Ghi chú:** Từ công thức tính  $S_{\max}$  và  $S_{\min}$  ta có cách tính nhanh quãng đường đi được trong thời gian từ  $t_1$  đến  $t_2$ :

- Độ lệch cực đại:  $\Delta S = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{2}$

- Quãng đường vật đi sau một chu kì luôn là  $4A$  nên quãng đường đi được “trung bình” là:  $\bar{S} = \frac{t_2 - t_1}{T} \cdot 4A$

- Vậy quãng đường đi được:  $S = \bar{S} \pm \Delta S$  hay  $\bar{S} - \Delta S \leq S \leq \bar{S} + \Delta S$

Thầy Lê Trọng Duy



# CON LẮC Lò XO

**1. Cấu tạo:** Con lắc lò xo gồm một lò xo có độ cứng  $k$ , khối lượng không đáng kể, một đầu gắn cố định, đầu kia gắn với vật nặng khối lượng  $m$  được đặt theo phương ngang hoặc treo thẳng đứng.

**2. Điều kiện dao động điều hòa:** Bỏ qua mọi ma sát

**3. Phương trình dao động:**  $x = A \cos(\omega t + \varphi)$

**Nhận xét :** - Dao động điều hòa của con lắc lò xo là chuyển động thẳng, biến đổi nhưng không đều.

**4. Chu kỳ, tần số của con lắc lò xo:**

- Theo định nghĩa:  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$  và  $\omega = 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot \frac{N}{t}$ .

- Theo độ biến dạng:

+ Treo vật vào lò xo thẳng đứng:  $k \cdot \Delta l = mg \Rightarrow k \Rightarrow \omega, T, f$

+ Treo vật vào lò xo mp nghiêng góc  $\alpha$ :  $k \cdot \Delta l = mg \cdot \sin \alpha \Rightarrow k \Rightarrow \omega, T, f$ .

- Theo sự thay đổi khối lượng:

+ Gắn vật khối lượng:  $m = m_1 + m_2 \Rightarrow T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$ .

+ Gắn vật khối lượng:  $m = m_1 - m_2 \Rightarrow T = \sqrt{T_1^2 - T_2^2}$ .

+ Gắn vật khối lượng:  $m = \sqrt{m_1 m_2} \Rightarrow T = \sqrt{T_1 T_2}$ .

**5. Năng lượng của con lắc lò xo:**

- Động năng:  $W_d = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} K A^2 \cdot \sin^2(\omega t + \varphi)$

$\Rightarrow W_{d(\max)} = \frac{1}{2} m v_{(\max)}^2 \Leftrightarrow$  khi vật ở VTCB

- Thế năng:  $W_t = \frac{1}{2} K x^2 = \frac{1}{2} K A^2 \cdot \cos^2(\omega t + \varphi)$

$\Rightarrow W_{t(\max)} = \frac{1}{2} K x_{(\max)}^2 = \frac{1}{2} K A^2 \Leftrightarrow$  khi vật ở biên.

- Cơ năng (năng lượng dao động):  $W = W_d + W_t = \frac{1}{2} K A^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 = W_{d(\max)} = W_{t(\max)}$

**Yêu cầu:** Các đại lượng liên quan năng lượng phải được đổi ra đơn vị chuẩn.

**Ghi chú:**

+ Cơ năng bảo toàn, không thay đổi theo thời gian.

+ Động năng, thế năng biến thiên tuần hoàn chu kỳ  $T' = T/2$ , tần số  $f' = 2f$ ,  $\omega' = 2\omega$ .

+ Khi  $W_d = n W_t \Rightarrow x = \pm \frac{A}{\sqrt{n+1}}$ ,  $v = \pm A \omega \sqrt{\frac{n}{n+1}}$ .

+ Khi  $W_d = W_t \Rightarrow x = \pm \frac{A}{\sqrt{2}}$ , trong 1 chu kỳ có 4 lần động năng = thế năng, thời gian giữa hai lần liên tiếp động năng = thế năng là  $T/4$

+ Thời gian ngắn nhất vật đi qua hai vị trí VTCB một khoảng xác định là  $T/4$ .

+ Thời gian ngắn nhất mà vật lại cách VTCB một khoảng như cũ là  $T/4$ , vị trí:  $\pm \frac{A}{\sqrt{2}}$

**6. Chiều dài lò xo trong quá trình dao động**

- Xét con lắc lò xo gồm vật  $m$  treo vào vào lò xo  $k$ , chiều dương hướng xuống dưới:

+ Độ biến dạng lò xo khi cân bằng:  $\Delta l = \frac{mg}{k}$ .

+ Chiều dài lò xo khi cân bằng:  $l_{cb} = l_0 + \Delta l$

+ Chiều dài lớn nhất:  $l_{\max} = l_{cb} + A$ .



- + Chiều dài nhỏ nhất:  $l_{\min} = l_{cb} - A$ .
- + Chiều dài lò xo khi ở li độ x:  $l_x = l_{cb} + x$

**- Một số trường hợp riêng:**

- + Con lắc lò xo nằm ngang:  $\Delta l = 0$ .
- + Con lắc lò xo dựng ngược:  $\Delta l < 0$  (thay giá trị âm).
- + Con lắc lò xo nằm nghiêng:  $\Delta l = \frac{mg \cdot \sin \alpha}{k}$ .

**7. Lực phục hồi:**

- + Lực gây ra dao động.
- + Biểu thức:  $F_{ph} = ma = -Kx$
- + Độ lớn:  $F_{ph} = m|a| = K|x|$  Trong đó:  $|x| = [m]$ ;  $[m] = [Kg]$ ;  $[F] = [N]$

**Ghi chú:**

- Lực phục hồi luôn có xu hướng kéo vật về vị trí cân bằng => Luôn hướng về VTCB.
- Lực phục hồi biến thiên cùng tần số nhưng luôn ngược pha với li độ x, cùng pha gia tốc.
- Lực phục hồi đổi chiều khi vật qua vị trí cân bằng.

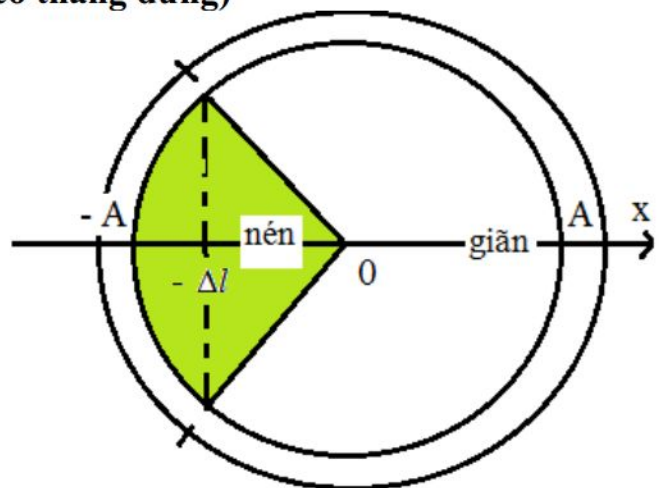
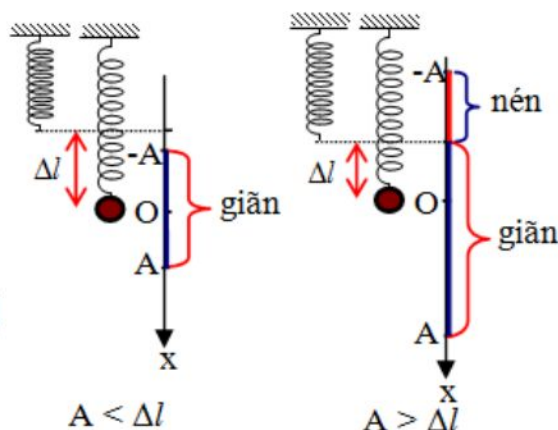
**8. Lực đàn hồi**

- Con lắc lò xo treo thẳng đứng, chiều dương hướng xuống:  
 $F_{dh} = k|\Delta l + x|$  **Yêu cầu:**  $\Delta l, x$  phải được đổi ra đơn vị chuẩn.
- Lực đàn hồi cực đại:  $F_{dh(\max)} = k \cdot (\Delta l + A) \Leftrightarrow x = A$ .
- Lực đàn hồi cực tiểu:  
 + Nếu  $A \geq \Delta l \Rightarrow F_{dh(\min)} = 0 \Leftrightarrow x = -\Delta l$   
 + Nếu  $A < \Delta l \Rightarrow F_{dh(\min)} = k(\Delta l - A) \Leftrightarrow x = -A$

**Ghi chú:**

- + Lực đàn hồi tác dụng lên vật chính là lực đàn hồi tác dụng lên giá treo.
- + Con lắc lò xo nằm ngang:  $\Delta l = 0 \Rightarrow F_{dh} = k|x| = F_{ph} \Rightarrow$  lực đàn hồi chính là lực phục hồi.
- + Công thức dạng tổng quát lực đàn hồi :  
 - Nếu chọn chiều (+) cùng chiều biến dạng ban đầu :  $F_{dh} = k|\Delta l + x|$   
 - Nếu chọn chiều (+) ngược chiều biến dạng ban đầu:  $F_{dh} = k|\Delta l - x|$ .

**9. Thời gian nén giãn trong 1 chu kỳ (lò xo treo thẳng đứng)**



FB facebook.com/letrongduy0812

- Nếu  $A \leq \Delta l$ : Lò xo chỉ bị giãn mà không nén:  $\begin{cases} \Delta t_{\text{giãn}} = T \\ \Delta t_{\text{nén}} = 0 \end{cases}$



- Nếu  $A > \Delta l$  : Lò xo vừa bị giãn vừa bị nén:

$$\begin{cases} \Delta t_{\text{giãn}} = 2 \frac{\arccos \frac{-\Delta l}{A}}{\omega} \\ \Delta t_{\text{nén}} = 2 \frac{\arccos \frac{\Delta l}{A}}{\omega} = T - \Delta t_{\text{giãn}} \end{cases}$$

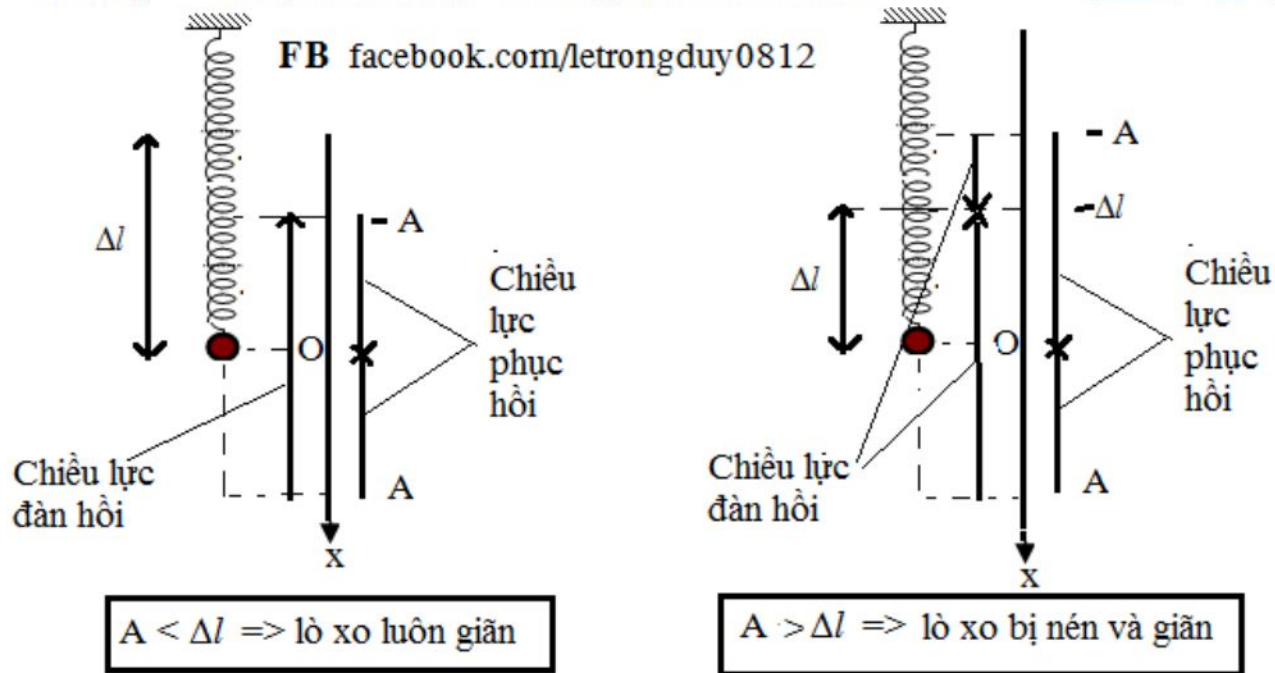
### Ghi chú:

+ Lò xo đặt nằm ngang: Tại VTCB không biến dạng; trong 1 chu kì:  $\Delta t_{\text{giãn}} = \Delta t_{\text{nén}} = \frac{T}{2}$ ,

+ Lò xo dựng ngược: Công thức **đảo ngược** lại.

## 10. Thời gian lực đàn hồi cùng chiều hoặc ngược chiều chuyển động, chiều lực phục hồi

- Xét trong 1/2 chu kì, ta có chiều lực đàn hồi, phục hồi như hình vẽ.



- Nếu xét trong cả chu kì thì **gấp hai lần** thời gian xét trong 1/2 chu kì.

## 11. Dao động của vật sau khi rời khỏi giá đỡ chuyển động.

- Khi con lắc rời giá đỡ thì gia tốc vật = gia tốc của giá đỡ:

$$a_{\text{vật}} = a_{\text{giá đỡ}} \Rightarrow -\omega^2 x = a_{\text{giá đỡ}} \Rightarrow x$$

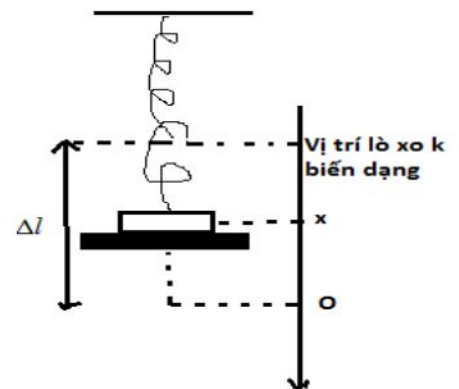
- Quãng đường vật đi được:  $s = \Delta l_{\text{bandau}} + x$

- Tốc độ khi vật rời giá đỡ:

$$v^2 - v_0^2 = 2as \Rightarrow v^2$$

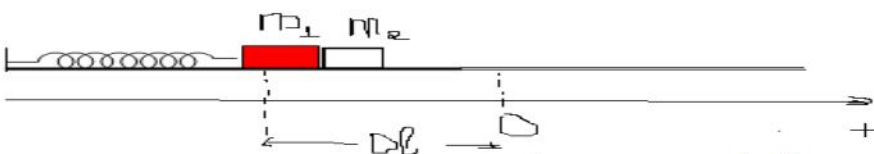
- Biên độ dao động của vật:

$$A = \sqrt{x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}}$$



**Ghi chú:** Có thể làm bằng PP phân tích lực Newton, khi vật rời giá đỡ thì  $N = 0$ .

## 12\*. Hai vật gắn lò xo dao động



- Vị trí hai vật rời nhau: khi đi qua vị trí cân bằng thì hai vật bắt đầu rời nhau.

- Tốc độ của hai vật ngay trước khi rời nhau:  $v = A.\omega = \Delta l \cdot \sqrt{\frac{k}{m_1 + m_2}}$ .
- Sau va chạm  $m_1$  tiếp tục dao động điều hòa với biên độ:  $v = A'.\omega' = A' \cdot \sqrt{\frac{k}{m_1}}$ .
- Sau va chạm  $m_2$  tiếp tục chuyển động thẳng đều theo chiều ban đầu.
- Khoảng cách: (Vẽ hình minh họa)
  - + Khoảng cách khi lò xo dài nhất lần đầu tiên: Vật  $m_1$  ở biên dương, vật  $m_1$  đi quãng đường  $A$ , thời gian chuyển động  $T/4$ , quãng đường chuyển động  $m_2$ :  $v_2.T/4$   
 $\Rightarrow$  Khoảng cách:  $v_2.T/4 - A$ .
  - + Khoảng cách khi lò xo ngắn nhất lần đầu tiên: Vật  $m_1$  ở biên âm, vật  $m_1$  đi quãng đường  $3A$ , thời gian chuyển động  $3T/4$ , quãng đường chuyển động  $m_2$ :  $v_2.3T/4$   
 $\Rightarrow$  Khoảng cách:  $v_2.T/4 + A$ .

### 13\*. Con lắc va chạm (giảm tải va chạm đàn hồi)

- Công thức va chạm:  $m_0$  chuyển động  $v_0$  đến va chạm vật  $m$

+ Mềm (dính nhau):  $v = \frac{m_0 v_0}{m_0 + m}$  và  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m + m_0}}$

+ Đàn hồi xuyên tâm (rời nhau):  $\begin{cases} v = \frac{2m_0 v_0}{m_0 + m} \\ v'_0 = \frac{m_0 - m}{m_0 + m} v_0 \end{cases}$  và  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

### Con lắc lò xo nằm ngang

- Va chạm tại VTCB:  $v = v_{\max} = A.\omega \Rightarrow$  Biên độ.
- Va chạm tại vị trí biên:  $A' = \sqrt{A^2 + \frac{v^2}{\omega^2}} \Rightarrow$  Biên độ.

### Thả rơi vật

- Tốc độ ngay trước va chạm:
- Rơi va chạm đàn hồi  $\Rightarrow$  VTCB không đổi:  $v = v_{\max} = A.\omega \Rightarrow$  Biên độ.
- Rơi va chạm mềm  $\Rightarrow$  VTCB thấp hơn ban đầu 1 đoạn  $x_0 = \Delta l_{m_0} = \frac{m_0 g}{k} \Rightarrow A' = \sqrt{x_0^2 + \frac{v^2}{\omega^2}} \Rightarrow$  Biên độ.

### 14\*. Hai vật dao động cùng gia tốc

- Con lắc lò xo nằm ngang:  $F_{qt(\max)} \leq F_{ms} \Rightarrow m_0 a_{\max} \leq \mu \cdot m_0 \cdot g \Rightarrow A\omega^2 \leq \mu \cdot g$  Với

$$\omega^2 = \frac{k}{m + m_0}$$

- Con lắc lò xo thẳng đứng:  $F_{qt(\max)} \leq m_0 \cdot g \Rightarrow m_0 a_{\max} \leq m_0 \cdot g \Rightarrow A\omega^2 \leq g$
- Con lắc lò xo gắn trên đế M: điều kiện vật không nhấc bổng
  - + Đế M bị nhấc bổng khi có lực đàn hồi lò xo kéo lên do bị giãn.
  - +  $F_{dh(caonhan)} \leq M \cdot g \Rightarrow k(A - \Delta l) \leq M \cdot g$  ( Vì lò xo phải giãn:  $A > \Delta l$  )

### 15\*. Con lắc lò xo quay

- Con lắc quay trong mặt phẳng nằm ngang: Lực đàn hồi đóng vai trò lực hướng tâm giữ cho vật quay tròn  
 $F_{dh} = F_{ht} \Leftrightarrow K.\Delta l = m.\omega^2 R$
- Con lắc quay phương trục lò xo tạo với phương thẳng đứng góc  $\alpha$ : Hợp lực đàn hồi và lực căng dây đóng vai trò lực hướng tâm giữ cho vật quay tròn



$$\begin{cases} \text{Luc\_dan\_hoi} : F_{dh} = T = \frac{P}{\cos \alpha} \Rightarrow K \cdot \Delta l = \frac{P}{\cos \alpha} \\ \text{Ban\_kinh\_quay} : R = l \cdot \sin \alpha = (l_0 + \Delta l) \sin \alpha \\ \text{Luc\_huong\_tam} : \tan \alpha = \frac{F}{P} \Rightarrow F = P \cdot \tan \alpha = F_{ht} \end{cases}$$

Thầy Lê Trọng Duy

# CON LẮC ĐƠN

**1. Cấu tạo:** Con lắc đơn gồm một vật nặng treo vào sợi dây không giãn, vật nặng kích thước không đáng kể so với chiều dài sợi dây, sợi dây khối lượng không đáng kể so với khối lượng của vật nặng.

**2. Điều kiện dao động điều hòa:**

- Bỏ qua mọi ma sát.
- Dao động bé:  $\alpha_0 \leq 10^\circ$ .

**3. Phương trình dao động:**

- Li độ:  $s = S_0 \cos(\omega t + \varphi)$  hoặc  $\alpha = \alpha_0 \cos(\omega t + \varphi)$ ; với  $\alpha = \frac{s}{l}$ ;  $\alpha_0 = \frac{S_0}{l}$ .
- Vận tốc dài:  $v = s' = -\omega S_0 \sin(\omega t + \varphi) = -\omega \alpha_0 \sin(\omega t + \varphi)$ .
- Gia tốc dài:  $a = v' = -\omega^2 S_0 \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 l \alpha_0 \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 s = -\omega^2 \alpha l$ .

**Nhận xét:** + Dao động điều hòa của con lắc đơn là chuyển động **cong, biến đổi nhưng không đều.**

**4. Lực kéo về (lực phục hồi) khi biên độ góc nhỏ:**

$$F = -mg \sin \alpha \approx -\frac{mg}{l} s$$

**5. Công thức độc lập thời gian:**

- Li độ cong:  $S_0^2 = s^2 + \left(\frac{v}{\omega}\right)^2$
- Li độ góc:  $\alpha_0^2 = \alpha^2 + \frac{v^2}{l^2 \omega^2} = \alpha^2 + \frac{v^2}{l \cdot g}$

**6. Chu kỳ, tần số, tần số góc của con lắc đơn:**

- Theo định nghĩa:  $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ ;  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$ .

- Đưa con lắc từ thiên thể này lên thiên thể khác thì:

$$+ g = G \frac{M}{R^2}$$

$$+ \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{g_1}{g_2}} = \sqrt{\frac{M_1 R_2^2}{M_2 R_1^2}}$$

- Tại cùng một nơi con lắc đơn chiều dài  $l_1$  có chu kỳ  $T_1$ , chiều dài  $l_2$  có chu kỳ  $T_2$ :

$$+ \text{con lắc đơn chiều dài } l_1 + l_2 : T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$$

$$+ \text{con lắc đơn chiều dài } l_1 - l_2 : T = \sqrt{T_1^2 - T_2^2}$$

$$+ \text{con lắc đơn chiều dài } l = \sqrt{l_1 l_2} : T = \sqrt{T_1 T_2}$$

- Chu kì con lắc vướng đinh:

$$+ \text{Chu kì khi dao động vướng đinh: } T_{vd} = \frac{T + T'}{2} \quad \text{Trong đó: } T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}; \quad T' = 2\pi \sqrt{\frac{l'}{g}}$$

$$+ \text{Góc lệch cực đại khi vướng đinh: } mgl(1 - \cos \alpha_0) = mgl(1 - \cos \alpha'_0) \Rightarrow \alpha'_0$$

Trong đó:  $l$  là chiều dài phần không vướng đinh,  $l'$ : Chiều dài còn lại khi vướng đinh,  $\alpha_0$ : Biên độ góc phía không bị vướng đinh.

$$\begin{cases} \theta = N_1 T_1 = N_2 T_2 \Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{A}{B} \Rightarrow N_1 = A \Rightarrow \theta \\ \theta = \frac{T_1 T_2}{|T_1 - T_2|} \quad (\text{hơn}_\text{kem}_\text{nhau}_\text{1}_\text{dao}_\text{dong}) \end{cases}$$



- Chu kì con lắc va chạm: 
$$\begin{cases} T_{VD} = 2\Delta t_{\alpha_1 = -\beta \rightarrow \alpha_2 = \alpha_0} \\ T_{VD} = \frac{T}{2} + 2\Delta t_{\alpha_1 = -\beta \rightarrow \alpha_2 = 0} \end{cases}$$

## 7. Bài toán thêm, bớt chiều dài

- Công thức liên hệ chiều dài và số dao động: 
$$l_1 \cdot N_1^2 = l_2 \cdot N_2^2 \quad (3)$$

Mặt khác: 
$$\begin{cases} \text{Them\_chieu\_dai} : l_2 = l_1 + \Delta l \quad (4) \\ \text{Bot\_chieu\_dai} : l_2 = l_1 - \Delta l \quad (5) \end{cases}$$

**Kết hợp (3) và (4) hoặc (3) và (5)  $\Rightarrow$  Lập hệ.**

**Lưu ý:** Nếu không nói rõ thêm hay bớt chiều dài

$$\begin{aligned} + \frac{l_2}{l_1} &= \frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{N_1^2}{N_2^2} > 1 \Rightarrow l_2 > l_1 \Rightarrow \text{Thêm chiều dài: } l_2 = l_1 + \Delta l \\ + \frac{l_2}{l_1} &= \frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{N_1^2}{N_2^2} < 1 \Rightarrow l_2 < l_1 \Rightarrow \text{Bớt chiều dài: } l_2 = l_1 - \Delta l \end{aligned}$$

## 8. Ứng dụng con lắc đơn:

- Xác định gia tốc rơi tự do nhờ đo chu kì và chiều dài của con lắc đơn: 
$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$$

- Công thức xác định gia tốc g thực nghiệm bằng con lắc đơn: Cho biết giá trị trung bình của chu kì T :  $T = \bar{T} \pm \Delta T$  và chiều dài l:  $l = \bar{l} \pm \Delta l$

+ Tính  $\bar{g}$ :  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} \Rightarrow \bar{g} = \frac{4\pi^2 \bar{l}}{\bar{T}^2}$

+ Tính sai số trung bình:  $\Delta g = \left[ \frac{\Delta l}{\bar{l}} + 2 \frac{\Delta T}{\bar{T}} \right] \bar{g}$

$\Rightarrow$  Ghi kết quả:  $g = \bar{g} \pm \Delta g$

**Chú ý:** Một cách tổng quát

Xét đại lượng A được xác định gián tiếp thông qua các đại lượng: x, y, z bằng biểu thức:  $A = \frac{x^m y^n}{z^k}$

với:  $x = \bar{x} \pm \Delta x$ ;  $y = \bar{y} \pm \Delta y$ ;  $z = \bar{z} \pm \Delta z$

+ Tính giá trị trung bình  $\bar{A}$ :  $\bar{A} = \frac{\bar{x}^m \bar{y}^n}{\bar{z}^k}$

+ Sai số tuyệt đối  $\Delta A$ :  $\Delta A = \left[ m \cdot \frac{\Delta x}{\bar{x}} + n \cdot \frac{\Delta y}{\bar{y}} + k \cdot \frac{\Delta z}{\bar{z}} \right] \bar{A}$

+ Ghi kết quả:  $A = \bar{A} \pm \Delta A$

## 9. Năng lượng của con lắc đơn:

- Động năng:  $W_d = \frac{1}{2} mv^2$ .

- Thế năng:  $W_t = mgl(1 - \cos\alpha)$  (góc bất kỳ)  
 $= \frac{1}{2} mgl\alpha^2$  (dao động góc bé, đổi đơn vị: rad)

- Cơ năng:  $W = W_t + W_d = mgl(1 - \cos\alpha_0) = \frac{1}{2} mgl\alpha_0^2$ .

**Yêu cầu:** Các đại lượng liên quan năng lượng phải được đổi ra đơn vị chuẩn.

**Ghi chú:**

+ Cơ năng bảo toàn, không thay đổi theo thời gian.

+ Động năng, thế năng biến thiên tuần hoàn chu kì  $T' = T/2$ , tần số  $f' = 2f, \dots$

+ Khi  $W_d = nW_t \Rightarrow s = \pm \frac{S_0}{\sqrt{n+1}}, \alpha = \pm \frac{\alpha_0}{\sqrt{n+1}}, v = \pm S_0 \omega \sqrt{\frac{n}{n+1}}$ .

+ Trong 1 chu kì có 4 lần động năng = thế năng, thời gian giữa hai lần liên tiếp động năng = thế năng là  $T/4$ .

**10. Tốc độ và gia tốc.**

- **Tốc độ dài:**  $V = \sqrt{2gl(\cos \alpha - \cos \alpha_0)}$

+ Vận tốc cực đại:  $V_{\max} = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha_0)} \Leftrightarrow$  Vật qua VTCB:  $\alpha_0 = 0$

+ Vận tốc nhỏ nhất:  $V_{\min} = 0 \Leftrightarrow$  Vật qua vị trí biên:  $\alpha_0 = \alpha_0$

- **Gia tốc toàn phần:**  $a = \sqrt{a_u^2 + a_{ht}^2}$  (giảm tải, ít khả năng ra trong đề thi của bộ GD - ĐT)

+ gia tốc tiếp tuyến:  $\begin{cases} a_u = -\omega^2 s \\ a_u = -g \cdot \sin \alpha \end{cases}$

+ gia tốc hướng tâm:  $a_{ht} = a_n = \frac{v^2}{l}$

**11. Lực căng dây.**

- **Lực căng dây:**  $T = mg(3\cos \alpha - 2\cos \alpha_0)$

+ Lực căng dây cực đại:  $T_{\max} = mg(3 - 2\cos \alpha_0) \Rightarrow$  Vật qua VTCB:  $\alpha_0 = 0$

+ Lực căng dây cực tiểu:  $T_{\min} = mg\cos \alpha_0 \Leftrightarrow$  Vật qua vị trí biên:  $\alpha_0 = \alpha_0$

- **Điều kiện dây treo không bị đứt trong quá trình dao động:**

$T_{\max} \leq F_{\max} \Leftrightarrow T_{\max} = mg(3 - 2\cos \alpha_0) \leq F_{\max} \Rightarrow \alpha_0 \leq \beta$  với  $F_{\max}$  là lực căng lớn nhất mà dây chịu được

**12. Con lắc chịu tác dụng ngoại lực không đổi**

- **Gia tốc trọng trường hiệu dụng:**  $\vec{g}' = \vec{g} + \frac{\vec{F}}{m}$

- **Các trường hợp thường gặp:**

+  $\vec{F} \uparrow \uparrow \vec{P}$ :  $g' = g + \frac{F}{m} \Rightarrow T' = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g'}}$

+  $\vec{F} \uparrow \downarrow \vec{P}$ :  $g' = g - \frac{F}{m} \Rightarrow T' = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g'}}$

+  $\vec{F} \perp \vec{P}$ :  $g' = \sqrt{g^2 + (\frac{F}{m})^2} \Rightarrow T' = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g'}}; \tan \beta = \frac{F}{P}$

Ngoài ra:  $\begin{cases} T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \\ T' = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g'}} \end{cases} \Rightarrow \frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{g}{g'}} \Rightarrow T'$

**Con lắc đơn chịu tác dụng lực điện trường**

Lực điện trường:  $\vec{F} = q\vec{E}$

+ độ lớn  $F = |q|E$

+ Phương, chiều: Nếu  $q > 0 \Rightarrow \vec{F} \uparrow \uparrow \vec{E}$ ; còn nếu  $q < 0 \Rightarrow \vec{F} \uparrow \downarrow \vec{E}$

**Ghi chú:** Điện trường gây ra bởi hai bản kim loại đặt //, tích điện trái dấu

- Vectơ cường độ điện trường hướng từ bản (+) sang bản (-).

- Độ lớn lực điện:  $F = |q| \cdot E = \frac{|q|U}{d}$

- Nếu  $(\vec{F}, \vec{P}) = \alpha \Rightarrow g' = \sqrt{g^2 + (\frac{F}{m})^2 + 2(\frac{F}{m})g\cos \alpha}$



- Nếu điện trường nằm ngang:  $g' = \sqrt{g^2 + \left(\frac{F}{m}\right)^2}$

- Một con lắc đơn treo ở trần một thang máy. Khi thang máy đi **xuống nhanh dần đều** và **sau đó chậm dần đều** với **cùng một độ lớn của gia tốc**, thì chu kì dao động điều hoà của con lắc là  $T_1$  và  $T_2$ . Tính

chu kì dao động của con lắc khi thang máy **đứng yên**:  $\begin{cases} g_1 = g - a \\ g_2 = g + a \end{cases} \Rightarrow g_1 + g_2 = 2g \Rightarrow \frac{1}{T_1^2} + \frac{1}{T_2^2} = \frac{2}{T^2}$

**\*Con lắc đơn chịu tác dụng lực quán.**

- **Lực quán tính:**  $\vec{F} = -m\vec{a}$ ,

+ Độ lớn  $F = ma$

+ Phương, chiều:  $(\vec{F} \uparrow \downarrow \vec{a})$

- **Gia tốc trong chuyển động**

+ Chuyển động nhanh dần đều  $\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{v}$  ( $\vec{v}$  có hướng chuyển động).

+ Chuyển động chậm dần đều  $\vec{a} \uparrow \downarrow \vec{v}$ .

+ Công thức tính gia tốc:  $\begin{cases} a = \frac{v - v_0}{\Delta t} \\ v^2 - v_0^2 = 2as \end{cases}$

- **Chuyển động trên mặt phẳng ngang:**

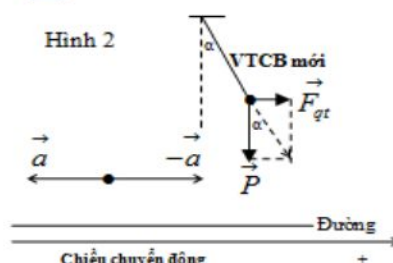
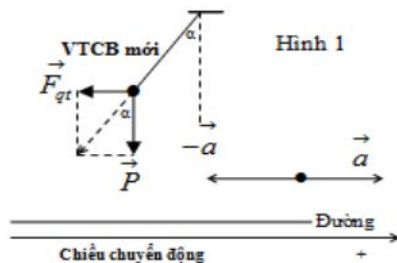
+  $g' = \sqrt{g^2 + \left(\frac{F}{m}\right)^2}$

+ Tại vị trí cân bằng dây treo hợp với phương thẳng đứng một góc  $\alpha$  (VTCB mới của con lắc)

$\tan \alpha = \frac{F_{qt}}{P} = \frac{a}{g} \Rightarrow a = g \cdot \tan \alpha$  và  $g' = \sqrt{g^2 + a^2}$  hay  $g' = \frac{g}{\cos \alpha} \Rightarrow T' = T \sqrt{\cos \alpha}$

Xe chuyển động nhanh dần đều

Xe chuyển động chậm dần đều



- **Chuyển động trên mặt phẳng nghiêng góc  $\alpha$  không ma sát:**

$\begin{cases} \beta = \alpha \\ g' = g \cdot \cos \alpha \Rightarrow T' = \frac{T}{\sqrt{\cos \alpha}} \end{cases}$

Với  $\beta$  là góc lệch dây treo tại vị trí cân bằng.

- **Chuyển động trên mặt phẳng nghiêng góc  $\alpha$  với độ lớn gia tốc  $a$ :**

+ Véc tơ gia tốc  $\vec{a}$  hướng lên:  $g' = \sqrt{a^2 + g^2 + 2ag \sin \alpha}$

+ Véc tơ gia tốc  $\vec{a}$  hướng xuống:  $g' = \sqrt{a^2 + g^2 - 2ag \sin \alpha}$

**\*Con lắc đơn chịu tác dụng đẩy Ácsimét.**

- **Lực đẩy Ácsimét:** Độ lớn:  $F = DgV$ , Phương, chiều: luôn thẳng đứng hướng lên

Trong đó: +  $D$  là khối lượng riêng của chất lỏng hay chất khí, đơn vị:  $\text{kg/m}^3$ .

+  $g$  là gia tốc rơi tự do.

+  $V$  là thể tích của phần vật chìm trong chất lỏng hay chất khí đó, đơn vị:  $\text{m}^3$ .

- Chu kì: 
$$\begin{cases} g' = g - \frac{F}{m} = g - \frac{\rho_{MT} \cdot V \cdot g}{\rho_{Vat} \cdot V} = g - \frac{\rho_{MT}}{\rho_{Vat}} \cdot g = (1 - \frac{\rho_{MT}}{\rho_{Vat}}) \cdot g \\ T' = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g'}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g(1 - \frac{\rho_{MT}}{\rho_{Vat}})}} = (1 + \frac{\rho_{MT}}{2\rho_{Vat}})T \end{cases}$$

### \*13. Biến thiên chu kì do nhiều nguyên nhân (Nội dung giảm tải).

+ **Bước 1:** Xác định có những nguyên nhân nào làm cho chu kì thay đổi.

+ **Bước 2:** Xác định hệ số thay đổi chu kì

- Do điều chỉnh chiều dài:  $\left(\frac{\Delta T}{T}\right) = \frac{1}{2} \frac{\Delta \ell}{\ell}$

- Do điều chỉnh gia tốc:  $\left(\frac{\Delta T}{T}\right) = -\frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta g}{g}$

- Do thay đổi nhiệt độ:  $\frac{\Delta T}{T} = \frac{1}{2} \alpha \cdot \Delta t$

- Do thay độ cao:  $\left(\frac{\Delta T}{T}\right) = \frac{h}{R}$  và do độ sâu:  $\left(\frac{\Delta T}{T}\right) = \frac{1}{2} \cdot \frac{h}{R}$

- Do lực Acsimet: Chân không chạy đúng:  $\left(\frac{\Delta T}{T}\right) = \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{D}$ , chân không chạy sai:  $\left(\frac{\Delta T}{T}\right) = -\frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{D}$

+ **Bước 4:** Thời gian sai lệch trong 1 ngày đêm:  $\Delta t_{nd} = \left[\left(\frac{\Delta T}{T}\right)_1 + \left(\frac{\Delta T}{T}\right)_2 + \left(\frac{\Delta T}{T}\right)_3 + \dots\right] \cdot 86400 \text{ (s)}$

+ Nếu tổng trên  $\Delta t_{nd} > 0$ : kết luận đồng hồ chạy chậm.

+ Nếu tổng trên  $\Delta t_{nd} < 0$ : kết luận đồng hồ chạy nhanh.

+ **Điều kiện đồng hồ chạy đúng:**  $\left(\frac{\Delta T}{T}\right)_1 + \left(\frac{\Delta T}{T}\right)_2 + \left(\frac{\Delta T}{T}\right)_3 + \dots = 0$

### 14\*. Con lắc va chạm, con lắc đứt dây (Nội dung giảm tải).

Khi con lắc đứt dây vật bay theo phương tiếp tuyến với quỹ đạo tại điểm đứt.

**TH1:** Khi vật đi qua vị trí cân bằng thì đứt dây lúc đó vật chuyển động ném ngang với vận tốc đầu là vận tốc lúc đứt dây.

Vận tốc lúc đứt dây:  $v_0 = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha_0)}$

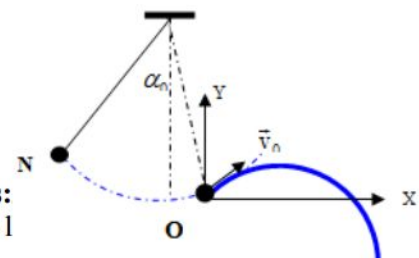
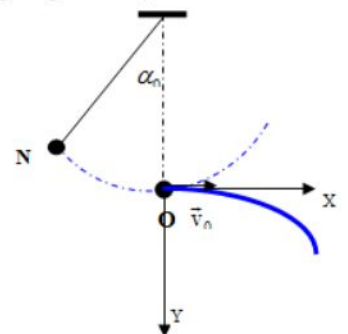
Phương trình: 
$$\begin{cases} \text{theo Ox: } x = v_0 \cdot t \\ \text{theo Oy: } y = \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

$\Rightarrow$  phương trình quỹ đạo:  $y = \frac{1}{2}g \frac{x^2}{v_0^2} = \frac{1}{4l(1 - \cos \alpha_0)} x^2$

**TH2:** Khi vật đứt ở ly độ  $\alpha$  thì vật sẽ chuyển động ném xiên với vận tốc ban đầu là vận tốc lúc đứt dây.

Vận tốc vật lúc đứt dây:  $v_0 = \sqrt{2gl(\cos \alpha - \cos \alpha_0)}$

Phương trình: 
$$\begin{cases} \text{theo Ox: } x = (v_0 \cos \alpha) \cdot t \\ \text{theo Oy: } y = (v_0 \sin \alpha) \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$





Khi đó phương trình quỹ đạo :  $y = (\tan \alpha).x - \frac{1}{2} \frac{g}{(v_0 \cdot \cos \alpha)^2} x^2$

Hay:  $y = (\tan \alpha).x - \frac{1}{2} \frac{g}{v_0^2} (1 + \tan^2 \alpha) x^2$

**Chú ý:** Khi vật đứt dây ở vị trí biên thì vật sẽ rơi tự do theo phương trình:  $y = \frac{1}{2} g t^2$

Thầy Lê Trọng Duy

## CÁC DẠNG DAO ĐỘNG KHÁC

**1. Dao động tự do:** Có chu kì, tần số chỉ phụ thuộc cấu tạo hệ, không phụ thuộc vào các yếu tố bên ngoài (Ví dụ: Hệ con lắc lò xo, Hệ con lắc đơn + trái đất,.....)

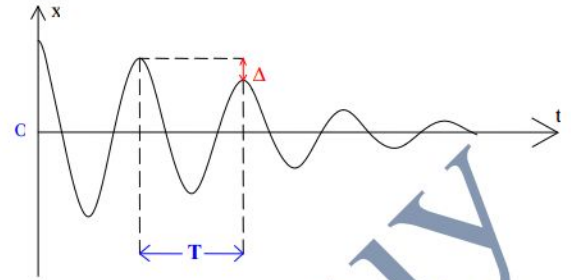
### 2. Dao động tắt dần:

- Là dao động có biên độ (năng lượng) giảm dần theo thời gian do tác dụng của lực cản, lực ma sát.

- **Biên độ giảm dần**  $\Rightarrow$  Không có tính tuần hoàn.

- **Lực ma sát** càng lớn biên độ giảm càng nhanh.

- **Dao động tắt dần chậm:** Khi lực ma sát môi trường bé, dao động con lắc là dao động tắt dần chậm, chu kì tần số gần đúng = chu kì tần số dao động điều hòa.



#### Con lắc lò xo:

+ Độ giảm biên độ sau 1 chu kì:  $\Delta A_1 = \frac{4F_{ms}}{K} = \frac{4\mu mg}{K}$

+ Độ giảm cơ năng tỉ đối và độ giảm biên độ tỉ:  $\begin{cases} \frac{\Delta W}{W} \cdot 100\% = \frac{W - W'}{W} \cdot 100\% \\ \frac{\Delta A}{A} \cdot 100\% = \frac{A - A'}{A} \cdot 100\% \end{cases} \Rightarrow \frac{\Delta W}{W} \approx 2 \cdot \frac{\Delta A}{A}$

+ Số dao động thực hiện được:  $N = \frac{A}{\Delta A}$

+ Thời gian vật dao động đến lúc dừng lại:  $\Delta t = N.T$

+ Quãng đường vật đi được cho tới khi dừng:  $S_{\max} = \frac{W}{\mu mg} = \frac{KA^2}{2\mu mg}$

+ Vị trí và tốc độ cực đại trong dao động tắt dần:  $\begin{cases} F_{ms} = K|x_0| \Leftrightarrow \mu mg = K|x_0| \\ v_{\max} = (A - x_0) \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} \end{cases}$

**Lưu ý:** Bài toán tổng quát (Lực ma sát lớn, yêu cầu kết quả chính xác cao) (Nội dung giảm tải).

- Độ giảm biên độ sau  $\frac{1}{2}$  chu kì:  $\Delta A_{1/2} = \frac{2\mu mg}{k} = 2x_0$  Trong đó:  $k.x_0 = \mu mg$

- Tọa độ khi vật dừng lại sau N nửa chu kì dao động:  $x = A - 2N.x_0$

Mặt khác:  $-x_0 < x \leq x_0 \Rightarrow -x_0 < A - 2N.x_0 \leq x_0$

$\Rightarrow N$  (là số nguyên)  $\Rightarrow$  Vị trí vật dừng lại:  $x = A - 2N.x_0$

- N là số lẻ: Nằm bên kia vị trí thả tay

- N là số chẵn: Nằm cùng phía vị trí thả tay

- Thời gian dao động đến khi dừng:  $N.T/2$

- Quãng đường đi được đến khi dừng:  $s = 2N(A - N.x_0)$

#### Con lắc đơn:

+ Độ giảm biên độ sau 1 chu kì:  $\Delta S_{01} = \frac{4F_{ms}}{m.\omega^2}$

+ Số dao động thực hiện được:  $N_{dd} = \frac{S_0}{\Delta S_{01}} = \frac{\alpha_0}{\Delta \alpha_{01}}$



+ Thời gian vật dao động đến lúc dừng lại:  $\Delta t_{dd} = N_{dd} \cdot T$

+ Quãng đường vật đi được cho tới khi dừng:  $S_{\max} = \frac{W}{\mu mg} = \frac{1}{2} \frac{m \cdot \omega^2 S_0^2}{\mu mg} = \frac{m \cdot g l (1 - \cos \alpha_0)}{\mu mg}$ .

### 3. Dao động duy trì

- Là dao động mà biên độ được giữ không đổi bằng cách bù thêm phần năng lượng cho hệ đúng bằng năng lượng bị mất mát sau mỗi chu kì

- **Biên độ không đổi**  $\Rightarrow$  Có tính tuần hoàn.

- **Chu kì (tần số)** dao động = chu kì (tần số) dao động riêng của hệ.

- **Ngoại lực** tác dụng lên hệ được điều khiển bởi chính cơ cấu của hệ (phụ thuộc hệ dao động)

**Bài toán:** Công suất để duy trì để cân động cơ nhỏ có công suất:

$$P = \frac{\Delta W}{t} = \frac{W_0 - W}{t}$$

### 4. Dao động cưỡng bức.

- **K/n:** là dao động ở giai đoạn ổn định của vật khi chịu tác dụng của ngoại lực biến thiên tuần hoàn. Lực này cung cấp năng lượng cho hệ, bù lại phần năng lượng bị mất mát do ma sát

- **Biên độ không đổi**  $\Rightarrow$  có tính tuần hoàn, là một dao động điều hoà.

- **Tần số (chu kì)** dao động cưỡng bức = tần số (chu kì) ngoại lực cưỡng bức.

- **Biên độ dao động** cưỡng bức tỉ lệ biên độ lực cưỡng bức và phụ thuộc vào độ chênh lệch giữa tần số dao động riêng và tần số lực cưỡng bức

- **Khi tần số (chu kì)** dao động cưỡng bức = tần số (chu kì) riêng thì xảy ra cộng hưởng, biên độ dao động lớn nhất

+ **Ngoại lực** độc lập hệ dao động.

### 5. Cộng hưởng.

- Là hiện tượng biên độ dao động cưỡng bức đạt giá trị cực đại khi tần số dao động riêng bằng tần số lực cưỡng bức

- **Tầm quan trọng của hiện tượng cộng hưởng:** Tòa nhà, cầu, bệ máy, khung xe, ... đều là những hệ dao động và có tần số riêng. Phải cẩn thận không để cho chúng chịu tác dụng của các lực cưỡng bức mạnh, có tần số bằng tần số riêng để tránh sự cộng hưởng, gây dao động mạnh làm gãy, đổ. Hộp đàn của đàn ghi ta, violon, ... là những hộp cộng hưởng với nhiều tần số khác nhau của dây đàn làm cho tiếng đàn nghe to, rõ.

- **Điều kiện cộng hưởng:**  $\omega_R = \omega_{cb}$ ,  $T_R = T_{cb}$ ,  $f_R = f_{cb}$

- **Ảnh hưởng của lực ma sát:**

+ Nếu lực ma sát bé, biên độ cộng hưởng lớn gọi là cộng hưởng nhọn (Cộng hưởng rõ nét)

+ Nếu lực ma sát lớn, biên độ cộng hưởng bé gọi là cộng hưởng tù (Cộng hưởng tù)

#### **Ghi chú:**

+ **Tốc độ trong chuyển động tuần hoàn để vật dao động mạnh nhất:**

$$T = \frac{\Delta s}{v} \quad \text{Với } T \text{ là chu kì dao động vật, đơn vị (s), } v \text{ là tốc độ chuyển động xe, đơn vị (m/s).}$$

**Ví dụ:** Một người đi xe đạp trên đường trở sau 2 thùng nước. Biết nước trong thùng dao động chu kì 2(s), trên đường cứ 5m có 1 rãnh nhỏ. Hỏi xe đi tốc độ bao nhiêu nước trong thùng dao động mạnh nhất?

**Hướng dẫn:**  $T = \frac{\Delta s}{v} \Rightarrow v = \frac{\Delta s}{T} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ m/s} = 2,5 \cdot 3,6 (\text{km/h})$

+ **So sánh biên độ cưỡng bức khi cộng hưởng:** Biên độ ứng với tần số càng gần tần số dao động riêng thì càng lớn và ngược lại.

**Ví dụ:** Con lắc lò xo dao động cưỡng bức. Khi tần số ngoại lực cưỡng bức là 5Hz và 8Hz thì biên độ cưỡng bức lần lượt là  $A_1$  và  $A_2$ . Biết tần số dao động riêng của con lắc là 6Hz. So sánh  $A_1$  và  $A_2$ .

**Hướng dẫn:** Vì biên độ  $A_1$  ứng với tần số 5Hz gần tần số cộng hưởng (tần số riêng) hơn  $\Rightarrow A_1$  lớn hơn.



## TỔNG HỢP DAO ĐỘNG

**1. Biểu diễn vector quay:** Dao động điều hòa  $x = A \cdot \cos(\omega t + \varphi)$  bằng vectơ quay  $\overrightarrow{OM}$

- Độ dài: = Biên độ dao động.
- Góc ban đầu tạo trục dương ox: = Pha ban đầu dao động.
- Quay **ngược chiều kim đồng hồ**, với tốc độ = tốc độ góc dao động.

### Ghi chú:

+ Nếu  $\varphi > 0$ : Vectơ quay OM nằm trên trục ox.

+ Nếu  $\varphi < 0$ : Vectơ quay OM nằm dưới trục ox

**2. Tổng hợp hai dao động điều hòa:**  $x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1)$  và  $x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$

- Điều kiện: hai dao động cùng phương, cùng tần số và có độ lệch pha không đổi.

- Biên độ tổng hợp:  $A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$

- Pha ban đầu tổng hợp:  $\tan \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$

### Ghi chú:

+ Nếu  $x_1, x_2$  cùng pha:  $\Delta \varphi = 2k\pi \Rightarrow A_{\max} = A_1 + A_2$

+ Nếu  $x_1, x_2$  ngược pha:  $\Delta \varphi = (2k+1)\pi \Rightarrow A_{\min} = |A_1 - A_2|$

$\Rightarrow$  Khoảng giá trị biên độ tổng hợp:  $|A_1 - A_2| \leq A \leq A_1 + A_2$

+ Nếu  $x_1, x_2$  vuông pha:  $\Delta \varphi = (2k+1)\frac{\pi}{2} \Rightarrow A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2}$ .

+ Nếu  $A_1 = A_2 \Rightarrow A = 2A_1 \cdot \cos \frac{\Delta \varphi}{2}$  và  $\varphi = \frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2}$  Trong đó:  $\Delta \varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ .

+ Nếu  $A_1 = A_2$  và:  $\Delta \varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \pm \frac{2\pi}{3} \Rightarrow A = A_1 = A_2$

**3. Tìm dao động thành phần  $x_2$  khi biết x và  $x_1$ :**

$$A_2^2 = A^2 + A_1^2 - 2AA_1 \cos(\varphi - \varphi_1) \text{ và } \tan \varphi_2 = \frac{A \sin \varphi - A_1 \sin \varphi_1}{A \cos \varphi - A_1 \cos \varphi_1}$$

**4. Tổng hợp nhiều dao động**  $x_1, x_2, x_3, \dots$

$$\left. \begin{aligned} A_x &= A \cos \varphi = A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2 + \dots \\ A_y &= A \sin \varphi = A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2 + \dots \end{aligned} \right\} \Rightarrow A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}; \tan \varphi = \frac{A_y}{A_x}$$

**5. Điều kiện ba dao động thẳng hàng**

- Ba dao động cách **đều nhau** dao động thẳng hàng:  $x_2 = \frac{x_1 + x_3}{2}$ .

- Ba dao động cách **không đều nhau** dao động thẳng hàng:

Sử dụng tính chất tam giác đồng dạng

$$\frac{M_1 H_2}{M_1 H_3} = \frac{H_2 M_2}{H_3 M_3} \Rightarrow \frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} = \frac{a}{a+b}$$

**6. Biên độ max, min:** Sử dụng định lý hàm sin trong tam giác

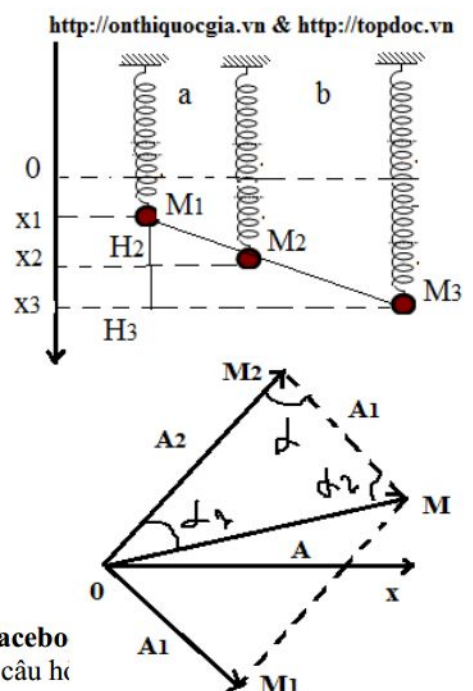
$$\frac{A}{\sin \alpha} = \frac{A_1}{\sin \alpha_1} = \frac{A_2}{\sin \alpha_2}$$

**VD1:** Tìm điều kiện để  $A_1$  lớn nhất khi biết A.

$$A_1 = \frac{A}{\sin \alpha} \cdot \sin \alpha_1 \Rightarrow A_{1(\max)} = \frac{A}{\sin \alpha} \Leftrightarrow [\sin \alpha_1]_{\max} = 1$$

**VD2:** Tìm điều kiện để A nhỏ nhất khi biết  $A_2$

Biên soạn: **Ths Lê Trọng Duy** - Trường PT Triệu Sơn, Thanh Hóa - <https://facebook.com/groups/diem10vatly> - Luyện thi điểm 10 vật lý; câu hỏi





$$A = \frac{A_2}{\sin \alpha_2} \sin \alpha \Rightarrow A_{\min} = \frac{A_2}{1} \sin \alpha \Leftrightarrow [\sin \alpha_2]_{\max} = 1$$

**7. Biết phương trình của  $x_{12}$ ,  $x_{23}$ ,  $x_{31}$ :** Tìm dao động  $x_1$ ;  $x_2$ ;  $x_3$  và  $x$ .

$$\begin{cases} x_1 = \frac{x_{12} + x_{13} - x_{23}}{2} \\ x_2 = \frac{x_{12} + x_{23} - x_{13}}{2} \Rightarrow x = \frac{x_{12} + x_{23} + x_{13}}{2} \\ x_3 = \frac{x_{13} + x_{23} - x_{12}}{2} \end{cases}$$

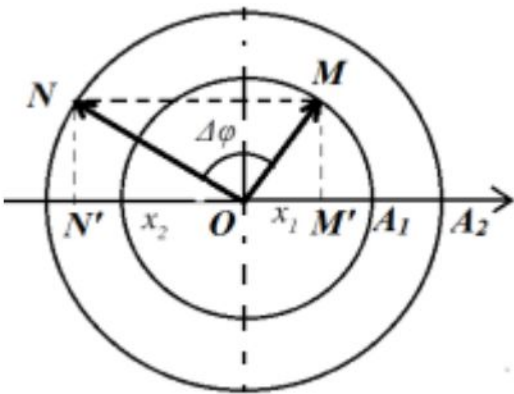
**8. Khoảng cách lớn nhất giữa hai dao động**

- **Cách 1:** Khoảng cách hai dao động  $x_1$  và  $x_2$

$$\Delta x = x_1 - x_2 = A_{\Delta x} \cdot \cos(\omega t + \varphi_{\Delta x}) \Rightarrow \Delta x_{\max} = A_{\Delta x} \quad (\text{dùng máy tính tổng hợp})$$

- **Cách 2:** Vẽ véc tơ quay

+ Khoảng cách **lớn nhất** khi hai đầu mút hai véc tơ quay **song song** với trục  $ox$ .



+ Khoảng cách **nhỏ nhất** khi hai đầu mút hai véc tơ quay **vuông góc** với trục  $ox$ .

# SÓNG CƠ – SÓNG ÂM

## ĐẠI CƯƠNG VÀ PHƯƠNG TRÌNH SÓNG CƠ

**1. Khái niệm sóng cơ :** Sóng cơ là những dao động cơ học lan truyền trong môi trường vật chất (rắn, lỏng, khí; không lan truyền trong môi trường chân không )

### 2. Phân loại.

- Sóng ngang:

- + Các phần tử môi trường dao động theo phương vuông góc phương truyền sóng
- + Môi trường lan truyền: rắn và trên bề mặt chất lỏng.

- Sóng dọc:

- + Các phần tử môi trường dao động theo phương trùng phương truyền sóng.
- + Môi trường lan truyền: rắn, lỏng, khí.

### 3. Nguyên nhân gây ra sóng.

- Sóng cơ tạo thành nhờ lực liên kết giữa các phần tử của môi trường truyền dao động.
- Khi có sóng các phần tử môi trường chỉ *dao động tại chỗ*, pha dao động được lan truyền đi, càng xa tâm (nguồn) dao động thì dao động càng trễ pha.

### 4. Các đặc trưng sóng cơ:

- **Chu kì, tần số:** Các phần tử môi trường nơi có sóng truyền qua đều dao động cùng chu kì, tần số với nguồn phát dao động. Khi truyền từ môi trường này sang môi trường khác chỉ có tần số không thay đổi. .
- **Tốc độ truyền sóng:** Là tốc độ lan truyền pha dao động. Tốc độ truyền sóng phụ thuộc vào bản chất môi trường (tính đàn hồi và mật độ vật chất môi trường). đối với mỗi môi trường tốc độ truyền sóng có giá trị xác định.
- **Bước sóng:** Là quãng đường sóng lan truyền được trong một chu kì.

$$\lambda = v.T = \frac{v}{f}$$

#### Ghi chú:

- + Đối với sóng ngang: Khoảng cách giữa hai ngọn sóng liên tiếp bằng một bước sóng.
- + Khoảng cách giữa n ngọn sóng liên tiếp: (n-1) bước sóng
- + Số dao động = Số lần nhô cao -1.
- + Số dao động = Số lần sóng đập vào mạn thuyền - 1.
- + Thời gian giữa hai lần liên tiếp dây đuỗi thẳng: T/2.
- **Biên độ sóng:** Là biên độ dao động của phần tử môi trường nơi có sóng truyền qua.
- **Năng lượng sóng:** Năng lượng sóng tỉ lệ  *bình phương biên độ sóng*, quá trình truyền sóng là quá *trình truyền năng lượng*.

$$W = \frac{1}{2} \cdot D \cdot \omega^2 \cdot A^2$$
 Với D là khối lượng riêng của môi trường.

#### Hệ quả: ( nội dung giảm tải )

- + Sóng truyền trên dây: Biên độ và năng lượng sóng không đổi.

$$+ \text{Sóng truyền trên mặt nước (mặt phẳng): } W_M = \frac{W_{nguồn}}{2\pi r} \Rightarrow \frac{1}{2} D \cdot A_M^2 = \frac{1/2 D A^2}{2\pi r} \Rightarrow A_M = \frac{A}{\sqrt{2\pi r}}$$

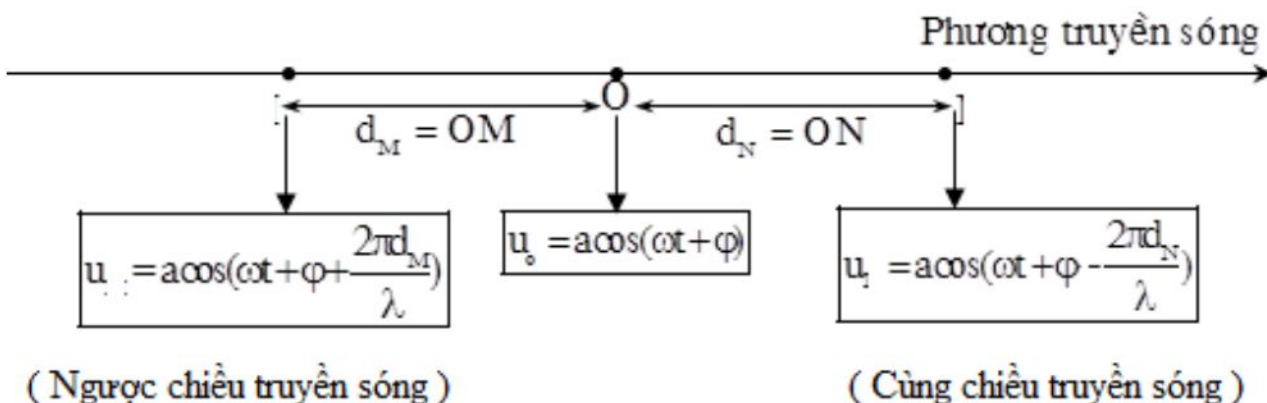
=> Năng lượng tỉ lệ nghịch quãng đường sóng truyền, biên độ giảm theo căn bậc hai quãng đường sóng truyền

$$+ \text{Sóng truyền trong không gian : } W_M = \frac{W_{nguồn}}{4\pi r^2} \Rightarrow \frac{1}{2} D \cdot A_M^2 = \frac{1/2 D A^2}{4\pi r^2} \Rightarrow A_M = \frac{A}{2r\sqrt{\pi}}$$



=> Năng lượng tỉ lệ nghịch bình phương quãng đường sóng truyền, biên độ giảm theo quãng đường sóng truyền

## 5. Phương trình sóng:



### Ghi chú:

+ Sóng cơ tuần hoàn theo thời gian với chu kỳ T, theo không gian với bước sóng  $\lambda$ .

+ **Phương trình tốc độ dao động của điểm M:**

$$v_{\text{daodong}} = u'_M(\text{theo thoigian}_t) = -\omega A \cdot \sin(\omega t + \varphi - \frac{2\pi x}{\lambda})$$

+ **Độ dốc của dây tại ( hệ số góc đồ thị ):** Tính bằng đạo hàm phương trình sóng theo tọa độ x

$$a = \tan \alpha = u'_M(\text{theo toado}_x) = A \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \sin(\omega t + \varphi - \frac{2\pi x}{\lambda})$$

## 6. Độ lệch pha giữa hai điểm trên cùng 1 phương truyền:

$$\Delta \varphi = 2\pi \frac{d}{\lambda} = 2\pi \frac{d_2 - d_1}{\lambda}$$

- Cùng pha:  $\Delta \varphi = k2\pi \Rightarrow d = k\lambda \Rightarrow$  Các điểm cách nhau nguyên lần bước sóng trên cùng 1 phương truyền luôn dao động cùng pha.

- Ngược pha:  $\Delta \varphi = (2k+1)\pi \Rightarrow d = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \Rightarrow$  Các điểm cách nhau nguyên lẻ lần một phần hai bước sóng trên cùng 1 phương truyền luôn dao động ngược pha.

- Vuông pha:  $\Delta \varphi = (2k+1)\frac{\pi}{2} \Rightarrow d = (2k+1)\frac{\lambda}{4} \Rightarrow$  Các điểm cách nhau nguyên lẻ lần một phần tư bước sóng trên cùng 1 phương truyền luôn dao động vuông pha.

## 7. Khoảng cách xa nhất và gần nhất giữa hai phần tử tại M và N là:

- **Sóng ngang:**  $l = \sqrt{MN^2 + \Delta u^2}$

$$+ l_{\max} = \sqrt{MN^2 + \Delta u_{\max}^2}$$

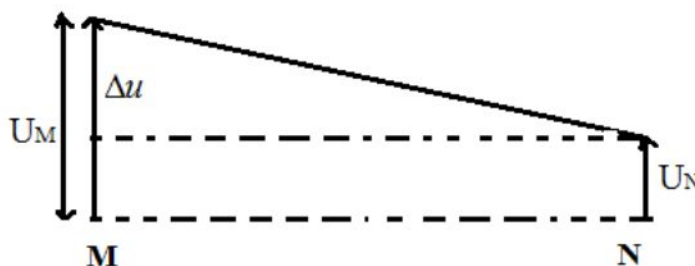
$$+ l_{\min} = \sqrt{MN^2 + 0^2}$$

- **Sóng dọc:**  $l = MN + \Delta u$

$$+ l_{\max} = MN + \Delta u_{\max}$$

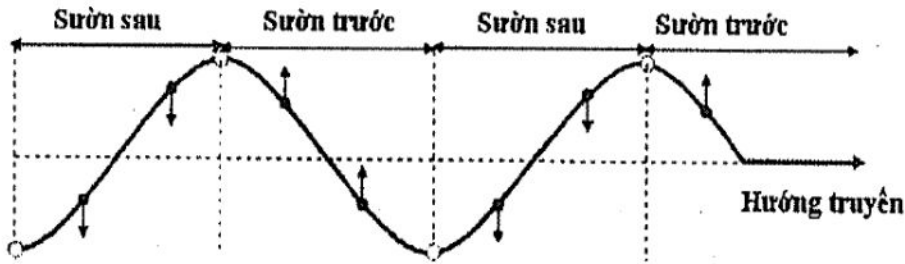
$$+ \text{Neu: } \Delta u_{\max} \leq MN \Rightarrow l_{\min} = |MN - \Delta u_{\max}|$$

$$+ \text{Neu: } \Delta u_{\max} > MN \Rightarrow l_{\min} = 0$$





8. Xác định chiều dao động của các phần tử môi trường nơi có sóng truyền qua:



## NHIỄU XẠ VÀ GIAO THOA SÓNG CƠ

### 1. Nhiễu xạ: là hiện tượng

sóng không tuân theo quy luật truyền thẳng khi truyền qua lỗ nhỏ hoặc khe hẹp.

### 2. Giao thoa sóng:

#### - Nguồn kết hợp, sóng kết hợp:

+ Nguồn kết hợp: là những nguồn dao động cùng tần số, cùng pha hoặc có độ lệch pha không thay đổi theo thời gian.

+ Sóng kết hợp: là sóng do các nguồn kết hợp tạo ra (Có cùng tần số và tại 1 vị trí xác định thì độ lệch pha không đổi).

- **Giao thoa sóng:** là sự tổng hợp của hai hay nhiều sóng kết hợp trong đó có những điểm cố định mà biên độ sóng được tăng cường hoặc giảm bớt. Tập hợp các điểm có biên độ tăng cường tạo thành dãy cực đại, tập hợp các điểm có biên độ giảm bớt tạo thành dãy cực tiểu.

- **Điều kiện giao thoa:** các sóng gặp nhau phải là các sóng kết hợp.

#### Ghi chú:

+ Cực đại gồm cả gợn lồi và gợn lõm, hai cực đại liên tiếp dao động ngược pha nhau.

+ Khoảng cách giữa hai cực đại hoặc hai cực tiểu liên tiếp:  $\lambda/2$

+ Khoảng cách giữa hai gợn lồi liên tiếp:  $\lambda$

+ Khoảng cách giữa cực đại và cực tiểu liên tiếp:  $\lambda/4$

+ Hai nguồn cùng pha: trung trực là cực đại, **số cực đại là số lẻ, cực tiểu là số chẵn.**

+ Nếu hai nguồn kết hợp dao động cùng biên độ: Biên độ cực đại =  $2A$ , biên độ cực tiểu =  $0$  (triệt tiêu).

+ Nếu hai nguồn kết hợp dao động biên độ khác nhau  $\Rightarrow$  Biên độ cực đại =  $A_1 + A_2$ , cực tiểu =  $|A_1 - A_2| \neq 0$

+ Biên độ dao động tại M:  $A_M = 2A \left| \cos \pi \frac{d_2 - d_1}{\lambda} \right|$

**Quan trọng:** Không tính cực đại cực tiểu tại hai nguồn  $\Rightarrow$  không lấy dấu bằng tại vị trí nguồn

### 3. Phương trình sóng giao thoa tại M cách hai nguồn lần lượt $d_1, d_2$ :

- Phương trình sóng tại 2 nguồn cùng pha:  $u_{01} = u_{02} = A \cos(\omega t + \varphi)$

- Phương trình sóng tại M do hai sóng từ hai nguồn truyền tới:

$$+ u_{1M} = A \cos\left(\omega t - 2\pi \frac{d_1}{\lambda} + \varphi\right)$$

$$+ u_{2M} = A \cos\left(\omega t - 2\pi \frac{d_2}{\lambda} + \varphi\right)$$

$\Rightarrow$  PT sóng giao thoa tại M:

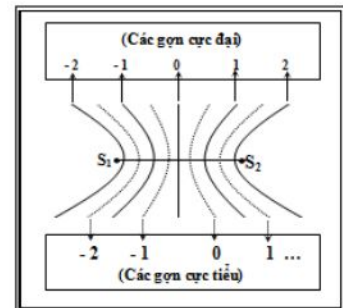
$$u_M = u_{1M} + u_{2M} = 2A \cdot \cos\left(\pi \frac{d_2 - d_1}{\lambda}\right) \cdot \cos\left(\omega t - \pi \frac{d_2 + d_1}{\lambda}\right) = A_M \cdot \cos\left(\omega t - \pi \frac{d_2 + d_1}{\lambda}\right)$$

$$+ \text{Biên độ sóng tại điểm M: } A_M = 2A \left| \cos \pi \frac{d_2 - d_1}{\lambda} \right|$$

#### Ghi chú: Hai nguồn lệch pha bất kì (nội dung giảm tải)

+ Phương trình sóng tại 2 nguồn  $u_1 = A \cos(\omega t + \varphi_1)$  và  $u_2 = A \cos(\omega t + \varphi_2)$

+ Phương trình sóng tại M do hai sóng từ hai nguồn truyền tới:





$$u_{1M} = A \cos(\omega t - 2\pi \frac{d_1}{\lambda} + \varphi_1) \text{ và } u_{2M} = A \cos(\omega t - 2\pi \frac{d_2}{\lambda} + \varphi_2)$$

$$\Rightarrow \text{PT sóng giao thoa tại M: } u_M = 2A \cdot \cos(\pi \frac{d_2 - d_1}{\lambda} - \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}) \cdot \cos(\omega t - \pi \frac{d_2 + d_1}{\lambda} + \frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2})$$

#### 4. Cực đại, cực tiểu ( Hai nguồn cùng pha )

- Điều kiện cực đại, cực tiểu:

+ Cực đại:  $d_2 - d_1 = k\lambda$ .

+ Cực tiểu:  $d_2 - d_1 = (k + \frac{1}{2})\lambda$

- Số cực đại, cực tiểu trong khoảng giữa hai nguồn:

+ Số cực đại:  $\frac{-S_1 S_2}{\lambda} < k < \frac{S_1 S_2}{\lambda}$ .

+ Số cực tiểu:  $\frac{-S_1 S_2}{\lambda} - \frac{1}{2} < k < \frac{S_1 S_2}{\lambda} - \frac{1}{2}$

**Lưu ý:** Vị trí cực đại, cực tiểu trong khoảng giữa hai nguồn

+ Vị trí cực đại:  $\begin{cases} d_2 - d_1 = k\lambda \\ d_2 + d_1 = S_1 S_2 \end{cases} \Rightarrow d_1 = \frac{S_1 S_2 - k\lambda}{2}$

+ Vị trí cực tiểu:  $\begin{cases} d_2 - d_1 = (k + \frac{1}{2})\lambda \\ d_2 + d_1 = S_1 S_2 \end{cases} \Rightarrow d_1 = \frac{S_1 S_2 - (k + \frac{1}{2})\lambda}{2}$

- Số cực đại, cực tiểu giữa hai điểm MN bất kì.

+ Xác định hiệu khoảng cách tại hai điểm đang xét (Ví dụ giữa hai điểm MN)

+ Tại M:  $\Delta d_M = d_{2M} - d_{1M} = MS_2 - MS_1 = \dots$

+ Tại N:  $\Delta d_N = d_{2N} - d_{1N} = NS_2 - NS_1 = \dots$

+ Thay vào điều kiện cực đại, cực tiểu: Số cực đại, cực tiểu = số nghiệm k nguyên thỏa mãn.

\*Số cực đại:  $d_2 - d_1 = k\lambda \Rightarrow \Delta d_M < k\lambda < \Delta d_N$

\*Số cực tiểu:  $d_2 - d_1 = (k + \frac{1}{2})\lambda \Rightarrow \Delta d_M < (k + \frac{1}{2})\lambda < \Delta d_N$

**5. Hai điểm dao động cùng tính chất:** Điểm M có vân k đi qua, tại N có vân k+a cùng tính chất với là số nguyên (1, 2, ...)

- Điều kiện:  $\begin{cases} d_{2M} - d_{1M} = k\lambda \\ d_{2N} - d_{1N} = (k+a)\lambda \end{cases} \Rightarrow k, a$

- Tính chất giao thoa tại điểm M, N:

+ Nếu k là số nguyên  $\Rightarrow$  M, N là cực đại k và k + a

+ Nếu k là số bán nguyên  $\Rightarrow$  M, N là cực tiểu.

**VD:** k=2,5  $\Rightarrow$  [phần nguyên của k]=2  $\Rightarrow$  M là cực tiểu thứ 3.

**6. Xác định khoảng cách lớn nhất, nhỏ nhất:** của điểm M trên đường thẳng vuông góc với hai nguồn

- M là cực đại:

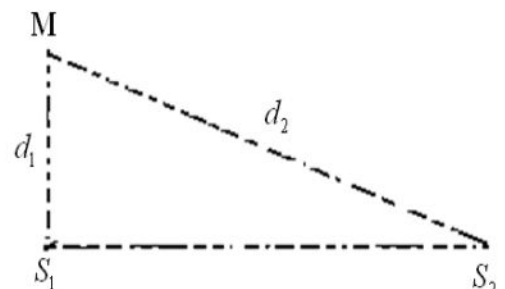
$$\left. \begin{aligned} + d_2 &= \sqrt{S_2 S_1^2 + d_1^2} \\ + d_2 - d_1 &= k\lambda \end{aligned} \right\} \Rightarrow \sqrt{S_2 S_1^2 + d_1^2} - d_1 = k\lambda \quad (*) \quad (*)$$

**Khi đó:**

+ Khoảng cách  $d_1$  lớn nhất: Cực đại gần trung tâm nhất: k=1.

+ Khoảng cách  $d_1$  bé nhất: Cực đại xa trung tâm nhất k=  $k_{\max}$ .

- M là cực tiểu:



$$\left. \begin{aligned} + d_2 &= \sqrt{S_2 S_1^2 + d_1^2} \\ + d_2 - d_1 &= (k + \frac{1}{2})\lambda \end{aligned} \right\} \Rightarrow \sqrt{S_2 S_1^2 + d_1^2} - d_1 = (k + \frac{1}{2})\lambda \quad (*) \quad (*)$$

**Khi đó:**

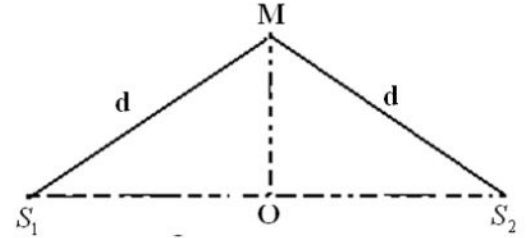
- + Khoảng cách  $d_1$  lớn nhất: Cực đại gần trung tâm nhất:  $k=0$ .
- + Khoảng cách  $d_1$  bé nhất: Cực đại xa trung tâm nhất  $k=k_{\max}$ .

**7. Khoảng cách điểm M trên trung trục gần nhất:** Dao động cùng pha, ngược pha,... với nguồn.

- Độ lệch pha M so với nguồn:  $\Delta\varphi_M = \frac{2\pi d_M}{\lambda}$

- M cùng pha và gần nguồn nhất:  $\Delta\varphi_M = k2\pi \Rightarrow d_M = k\lambda$

Vì:  $d_M > \frac{S_1 S_2}{2} \Rightarrow k\lambda > \frac{S_1 S_2}{2} \Rightarrow k_{\min} \Rightarrow d_{M(\min)}$



- M ngược pha và gần nguồn nhất:

$$\Delta\varphi_M = (2k+1)\pi \Rightarrow d_M = (k + \frac{1}{2})\lambda$$

Vì:  $d_M > \frac{S_1 S_2}{2} \Rightarrow k\lambda > \frac{S_1 S_2}{2} \Rightarrow k_{\min} \Rightarrow d_{M(\min)}$

**8. Khoảng cách điểm M trên trung trục gần nhất:** Dao động cùng pha, ngược pha,... trung điểm O của 2 nguồn.

- Độ lệch pha sóng tại M với nguồn:  $\Delta\varphi_M = 2\pi \frac{d}{\lambda}$

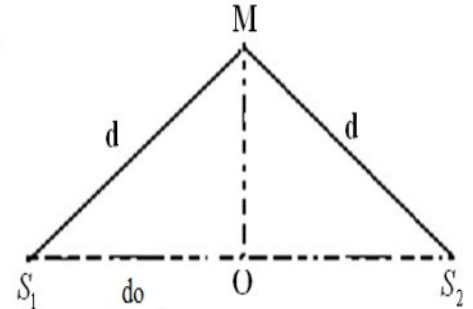
- Độ lệch pha sóng tại O với nguồn:  $\Delta\varphi_0 = 2\pi \frac{d_0}{\lambda}$

- Dao động cùng pha gần nhất:

$$\Delta\varphi_M = \Delta\varphi_0 + 2\pi \Rightarrow k_{\min} \Rightarrow d_{\min} \Rightarrow OM_{\min}$$

- Dao động ngược pha gần nhất:

$$\Delta\varphi_M = \Delta\varphi_0 + \pi \Rightarrow k_{\min} \Rightarrow d_{\min} \Rightarrow OM_{\min}$$



**Mở rộng:** Hai nguồn lệch pha bất kì (Nội dung giảm tải)

$$+ \text{Cực đại: } d_2 - d_1 = (k + \frac{\Delta\varphi}{2\pi})\lambda \Rightarrow \begin{cases} \text{Cungpha: } \Delta\varphi = 0 \Rightarrow d_2 - d_1 = k\lambda \\ \text{Nguocpha: } \Delta\varphi = \pi \Rightarrow d_2 - d_1 = (k + \frac{1}{2})\lambda \text{ với } \Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 \\ \text{Vuongpha: } \Delta\varphi = \frac{\pi}{2} \Rightarrow d_2 - d_1 = (k + \frac{1}{4})\lambda \end{cases}$$

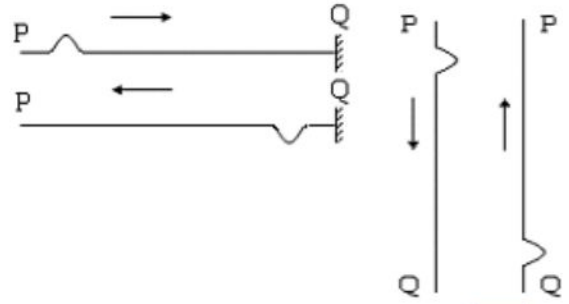
$$+ \text{Cực tiểu: } d_2 - d_1 = (k + \frac{1}{2} + \frac{\Delta\varphi}{2\pi})\lambda \Rightarrow \begin{cases} \text{Cungpha: } \Delta\varphi = 0 \Rightarrow d_2 - d_1 = (k + \frac{1}{2})\lambda \\ \text{Nguocpha: } \Delta\varphi = \pi \Rightarrow d_2 - d_1 = k\lambda \text{ với } \Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 \\ \text{Vuongpha: } \Delta\varphi = \frac{\pi}{2} \Rightarrow d_2 - d_1 = (k + \frac{3}{4})\lambda \end{cases}$$



# SÓNG DỪNG

## 1. Sự phản xạ sóng.

- Trên vật cản cố định: Sóng phản xạ luôn ngược pha sóng tới tại điểm phản xạ:  $u_B = -u_B'$
- Trên vật cản tự do (không vật cản): Sóng phản xạ luôn cùng pha sóng tới tại điểm phản xạ:  $u_B = u_B'$



### Ghi chú:

- + Sóng tới và sóng xạ cùng tần số và có độ lệch pha không đổi nên đây là hai sóng kết hợp.
- + Sóng tới và sóng phản xạ có cùng tốc độ nhưng vận tốc thì ngược nhau.

**2. Sóng dừng:** Sóng dừng là sóng cơ có các nút, các bụng là những điểm cố định trong không gian (pha dao động không lan truyền).

### Ghi chú:

- + Sóng dừng là trường hợp đặc biệt của giao thoa giữa sóng tới và sóng phản xạ.
- + Những vị trí biên độ sóng bị triệt tiêu tạo thành nút, những vị trí biên độ sóng được tăng cường tạo thành bụng.

+ Khoảng cách giữa 2 nút hoặc 2 bụng liên tiếp nhau là  $\frac{\lambda}{2}$ ;

khoảng cách giữa một nút và một bụng liên tiếp là  $\frac{\lambda}{4}$ .

- + Các điểm nằm trên cùng 1 bó luôn dao động cùng pha, hai điểm nằm trên hai bó liên tiếp luôn dao động ngược pha.

+ Biên độ bụng sóng dừng:  $2A_0$ , Bề rộng bụng sóng:  $4A_0$

+ Biên độ sóng dừng tại vị trí cách nút 1 đoạn x:  $A_M = 2A \left| \sin\left(2\pi \frac{x}{\lambda}\right) \right|$ .

+ Biên độ sóng dừng tại vị trí cách bụng 1 đoạn x:  $A_M = 2A \left| \cos\left(2\pi \frac{d}{\lambda}\right) \right|$ .

+ Khoảng cách ngắn nhất giữa các điểm cách đều nhau dao động cùng biên độ (không phải nút hoặc bụng) là  $\frac{\lambda}{4}$ .

+ Hai điểm M, N có trạng thái cách nhau về thời gian tương ứng góc bao nhiêu thì cách nhau về mặt không gian góc bấy nhiêu:  $\omega \cdot \Delta t = \frac{2\pi x}{\lambda}$

**VD:** Sóng dừng trên một sợi dây dài với có tần số bằng 5 Hz, với O là một điểm nút và P là một điểm bụng gần O nhất. Hai điểm M, N thuộc đoạn OP cách nhau 0,4 cm. Khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp li độ của P bằng biên độ của M, N lần lượt là 1/20 s và 1/15 s. Bước sóng trên dây là ?

**Hướng dẫn:**

+ Thời gian 1 lần để P có li độ bằng biên độ của M, N lần lượt là:  $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{15}$  và  $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{20} \Rightarrow$  Hai điểm M, N

lệch nhau về thời gian là:  $\Delta t = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{15} - \frac{1}{20} \right)$ .

+ Hai điểm M, N có trạng thái cách nhau về thời gian tương ứng góc bao nhiêu thì cách nhau về mặt không gian góc bấy nhiêu:  $\omega \cdot \Delta t = \frac{2\pi x}{\lambda} \Rightarrow 10\pi \cdot \frac{1}{2} \left( \frac{1}{15} - \frac{1}{20} \right) = \frac{2\pi \cdot 0,4}{\lambda} \Rightarrow \lambda = 9,6 \text{ (cm)}$ .



+ 2 tần số gần nhau nhất  $f_1, f_2$  mà tỉ số:  $\frac{f_1}{f_2} = \frac{A}{B}$  với A, B là hai số nguyên liên tiếp  $\Rightarrow$  Đây là sóng dừng

trên dây 2 đầu cố định và tần số nhỏ nhất có thể tạo sóng dừng trên dây:  $f_{\min} = |f_1 - f_2|$ .

+ 2 tần số gần nhau nhất  $f_1, f_2$  mà tỉ số:  $\frac{f_1}{f_2} = \frac{A}{B}$  với A, B là hai số nguyên lẻ liên tiếp  $\Rightarrow$  Đây là sóng

dừng trên dây 1 đầu cố tự do và tần số nhỏ nhất có thể tạo sóng dừng trên dây:  $f_{\min} = \frac{|f_1 - f_2|}{2}$ .

+ Tốc độ truyền sóng theo lực căng dây:  $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$  (m/s) Trong đó:  $\mu = \frac{m}{l}$  (kg/m).

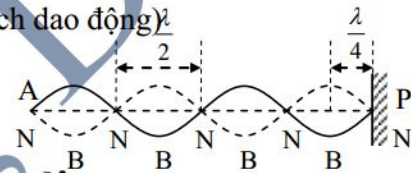
+ Dây được kích thích bằng nam châm điện (cuộn dây):  $f_{\text{dây}} = 2f_{\text{điện}}$ .

+ Dây được kích thích bằng nam châm vĩnh cửu:  $f_{\text{dây}} = f_{\text{điện}}$ .

### 3. Sóng dừng hai đầu cố định (1 đầu buộc chặt đầu kia gắn âm thoa kích thích dao động)

+ Hai đầu đều là nút.

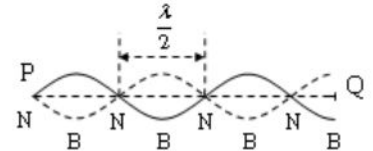
+ Công thức:  $l = k \frac{\lambda}{2} = k \frac{v}{2f}$  Trong đó:  $k = 1, 2, 3, \dots$



### 4. Sóng dừng một đầu thả tự do, đầu kia gắn âm thoa kích thích dao động

+ Đầu cố định là nút, đầu tự do là bụng.

+ Công thức:  $l = (k + \frac{1}{2}) \frac{\lambda}{2} = (2k + 1) \frac{\lambda}{4}$  Trong đó:  $k = 1, 2, 3, \dots$



### 5\*. Phương trình sóng dừng:

+ PT sóng tại nguồn A:  $u_A = A \cos(\omega t + \varphi) \text{ cm}$ .

+ PT sóng truyền từ A  $\rightarrow$  M:  $u_{M(1)} = A \cos(\omega t + \varphi - 2\pi \frac{AM}{\lambda}) \text{ cm}$

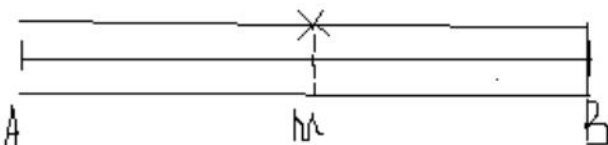
+ PT sóng truyền từ A  $\rightarrow$  B:  $u_B = A \cos(\omega t + \varphi - 2\pi \frac{AB}{\lambda}) \text{ cm}$

+ PT sóng phản xạ từ B  $\rightarrow$  M:

$$\begin{cases} B\_Co\_dinh : u_{M(2)} = -A \cos(\omega t + \varphi - 2\pi \frac{l}{\lambda} - 2\pi \frac{l-x}{\lambda}) \\ B\_Tu\_do : u_{M(2)} = A \cos(\omega t + \varphi - 2\pi \frac{l}{\lambda} - 2\pi \frac{l-x}{\lambda}) \end{cases}$$

+ PT sóng tổng hợp tại M: (Dùng máy tính tổng hợp dao động)

$$u_M = u_{M(1)} + u_{M(2)} = \begin{cases} A \angle(\varphi - 2\pi \frac{x}{\lambda}) + A \angle(\varphi - 2\pi \frac{l}{\lambda} - 2\pi \frac{l-x}{\lambda}) (tudo) \\ A \angle(\varphi - 2\pi \frac{x}{\lambda}) - A \angle(\varphi - 2\pi \frac{l}{\lambda} - 2\pi \frac{l-x}{\lambda}) (codinh) \end{cases}$$



**Chú ý:** Xác định li độ của hai điểm M, N trên dây cách P (là nút hoặc bụng) các khoảng  $x_M$  và  $x_N$ : Sử dụng tính chất: các điểm trên cùng một bó dao động cùng pha, hai bó lân cận ngược pha  $\Rightarrow$  Vẽ hình xác định tính chất pha (cùng hoặc ngược) của M và N.

**TH1:** M, N cùng pha



$$\begin{cases} u_M = A_M \cdot \cos(\omega t + \varphi) \\ u_N = A_N \cdot \cos(\omega t + \varphi) \end{cases} \Rightarrow \frac{u_M}{u_N} = \frac{A_M}{A_N}$$

**TH2:** M, N ngược pha

$$\begin{cases} u_M = A_M \cdot \cos(\omega t + \varphi) \\ u_N = -A_N \cdot \cos(\omega t + \varphi) \end{cases} \Rightarrow \frac{u_M}{u_N} = -\frac{A_M}{A_N}$$

Thầy Lê Trọng Duy

# SÓNG ÂM . GIAO THOA VÀ SÓNG DỪNG ÂM

## 1. Nguồn âm, sóng âm.

- **Nguồn âm:** là những vật dao động phát ra sóng âm.
- **Sóng âm:** là những dao động cơ lan truyền trong môi trường vật chất rắn , lỏng , khí (không lan truyền trong môi trường chân không).

**Quan trọng:** Trong môi trường khí , lỏng : sóng âm là sóng dọc; trong môi trường rắn: sóng âm gồm cả sóng dọc và sóng ngang.

## 2. Phân loại sóng âm.

- **Hạ âm:**  $f < 16\text{Hz}$
- **Âm nghe được:**  $16\text{Hz} \leq f \leq 20.000\text{Hz}$  (Tai người nghe được – Âm thanh)
- **Siêu âm:**  $f > 20000\text{Hz}$

**Ghi chú:** Tai người thính nhất ở tần số 1000Hz và màng nhĩ cộng hưởng tốt nhất với dải tần từ 800 - 2000 Hz

- **Cảm giác âm :** Phụ thuộc vào nguồn âm và tai người nghe.

## 3. Vận tốc truyền âm.

- **Vận tốc truyền âm :** Phụ thuộc vào bản chất môi trường: tính đàn hồi và mật độ vật chất của môi trường. Nhìn chung:  $V_{\text{rắn}} > V_{\text{lỏng}} > V_{\text{khí}}$ . Trong một môi, tốc độ truyền âm còn thay đổi theo nhiệt độ.

- **Vật cách âm:** Đàn hồi yếu, khả năng truyền âm kém.

- **Bài toán:** Xác định tốc độ truyền âm trong kim loại:  $\Delta t = \frac{l}{v_{kk}} - \frac{l}{v_{kl}}$

## 4. Các đặc trưng vật lý của sóng âm

- **Tần số** là đặc trưng cơ bản và quan trọng nhất, khi truyền từ môi trường này sang môi trường khác thì tần số không đổi. ()

- **Cường độ âm:** cường độ âm là năng lượng sóng âm truyền qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc phương truyền trong một đơn vị thời gian:  $I = \frac{W}{s.t} = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi.R^2} (W/m^2)$  (Sóng cầu, đẳng hướng)

- **Mức cường độ âm :**  $L = \lg \frac{I}{I_0} (B) = 10 \lg \frac{I}{I_0} (dB)$

### **Ghi chú:**

+  $I_0 = 10^{-12} W/m^2$  cường độ âm chuẩn ở  $f = 1000\text{Hz}$  .

+ Tại một vị trí có nhiều nguồn âm:  $I = I_1 + I_2 + \dots$

+ Nếu cường độ âm tăng hay giảm  $10^n$  lần thì mức cường độ âm tăng hay giảm  $10n$  (dB)

$$\begin{cases} I' = 10^n \cdot I \Rightarrow L' = L + 10.n (dB) \\ I' = \frac{I}{10^n} \Rightarrow L' = L - 10.n (dB) \end{cases}$$

+ Nếu cường độ âm tăng hay giảm  $k$  lần thì mức cường độ âm tăng hay giảm  $10\lg(k)$  (dB)

$$\begin{cases} I' = k \cdot I \Rightarrow L' = L + 10.\lg(k) (dB) \\ I' = \frac{I}{k} \Rightarrow L' = L - 10.\lg(k) (dB) \end{cases}$$

- **Đồ thị sóng âm:** phụ thuộc vào tần số, biên độ sóng âm.

## 5. Các đặc trưng sinh lý của sóng âm.

- **Độ cao:** là đặc trưng sinh lý của âm, gắn liền với tần số âm. Tần số âm càng lớn thì âm càng cao và ngược lại. Độ cao cho biết độ trầm, bổng của âm .

- **Độ to:** là đặc trưng sinh lý gắn liền với mức cường độ âm, ở cùng một tần số, mức cường độ âm càng lớn thì độ to càng lớn.

- **Âm sắc:** là đặc trưng sinh lý của âm giúp phân biệt được âm do các nguồn khác nhau phát ra. Âm sắc gắn liền đồ thị sóng âm ( $\Rightarrow$  phụ thuộc vào tần số, biên độ, số họa âm,...). Các âm do các nguồn khác nhau có thể cùng biên độ, tần số, độ cao, độ to nhưng không cùng âm sắc.



**Ngoài ra:**

- + **Tác dụng của hộp cộng hưởng :** Tăng cường độ âm và tạo ra âm sắc riêng của nhạc cụ.
- + **Ngưỡng nghe:** là mức cường độ âm bé nhất để có thể gây ra cảm giác âm, ngưỡng nghe thay đổi theo tần số.
- + **Ngưỡng đau:** là mức cường độ âm lớn nhất mà tai người có thể chịu được. Ngưỡng đau ứng với mức cường độ âm 130dB và hầu như không phụ thuộc tần số.

**6. Nguồn nhạc âm**

**- Dây đàn và ống sáo hai đầu hở:**

+ Âm nghe được to nhất khi có sóng dừng:  $l = k \frac{\lambda}{2} = k \frac{v}{2 \cdot f} \Rightarrow f = k \cdot \frac{v}{2l}$ .

+ Tần số âm cơ bản:  $f_{cb} = \frac{v}{2l}$ , họa âm bậc 2:  $f_2 = 2 \cdot \frac{v}{2l} = 2 \cdot f_{cb}, \dots$  Họa âm có bậc là những số nguyên liên tiếp.

**- Ống sáo 1 đầu kín 1 đầu hở:**

+ Âm nghe được to nhất khi có sóng dừng  $l = (k + 1/2) \frac{\lambda}{2} = (2k + 1) \frac{v}{4 \cdot f} = k' \cdot \frac{v}{4 \cdot f} \Rightarrow f = k' \cdot \frac{v}{4l}$

+ Tần số âm cơ bản:  $f_{cb} = \frac{v}{4l}$ , họa âm bậc 3:  $f_2 = 3 \cdot \frac{v}{4l} = 3 \cdot f_{cb}, \dots$  Họa âm có bậc là những số nguyên lẻ liên tiếp.

# DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

## ĐẠI CƯƠNG DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

### 1. Nguyên tắc tạo ra dòng điện xoay chiều

- Dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ: khi từ thông qua khung dây biến thiên sinh ra trong khung dây một suất điện động cảm ứng.
- Khung dây đặt trong từ trường sao cho véc tơ  $B$  **vuông góc** trục quay.

### 2. Từ thông, suất điện động

- Từ thông:  $\phi = NBS \cdot \cos(\omega t + \alpha_0) = \phi_0 \cos(\omega t + \alpha_0)$  (Wb) Với  $\Phi_0 = NBS = N \cdot \Phi_{0(1 \text{ vòng})}$
- Suất điện động:  $e = -\frac{d\phi}{dt} = \omega NBS \cdot \sin(\omega t + \alpha_0) = E_0 \cos(\omega t + \alpha_0 - \frac{\pi}{2})$  (V) với  $\alpha_0 = (\vec{n}, \vec{B})_{t=0}$

#### Ghi chú:

- +  $\vec{n} \uparrow \uparrow \vec{B} : \alpha_0 = 0$
- +  $\vec{B} \perp mp\_khungdây : \alpha_0 = 0$
- +  $(\vec{B}, mp\_khungdây) = \beta : \alpha_0 = 90^\circ - \beta$
- + Công thức độc lập:  $\phi_0^2 = \phi^2 + \frac{e^2}{\omega^2}$

### 3. Dòng điện xoay chiều: Có cường độ (hoặc điện áp) biến thiên điều hòa theo thời gian.

- Điện áp:  $u = U_0 \cos(\omega t + \varphi_u)$  (V)
- Dòng điện:  $i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i)$  (A)
- Độ lệch pha của điện áp  $u$  so với dòng điện  $i$ :  $\varphi = \varphi_u - \varphi_i$
- + Nếu  $\varphi > 0$ :  $u$  nhanh pha hơn  $i$  một góc  $\varphi$
- + Nếu  $\varphi = 0$ :  $u$  cùng pha với  $i$
- + Nếu  $\varphi < 0$ :  $u$  trễ pha hơn  $i$  một góc  $|\varphi|$

### 4. Giá trị hiệu dụng: Đặc trưng cho tác dụng gây ra trong thời gian dài.

- Công thức:  $Hieudung = \frac{Cucdai}{\sqrt{2}} \Rightarrow E = \frac{E_0}{\sqrt{2}}, U = \frac{U_0}{\sqrt{2}}, I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ .
- Số chỉ của các dụng cụ đo là giá trị hiệu dụng.

#### Ghi chú:

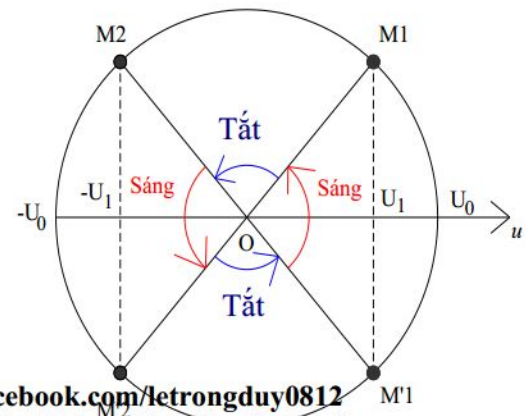
- + Điện áp  $u = U_1 + U_0 \cos(\omega t + \varphi)$  được coi gồm một điện áp không đổi  $U_1$  và một điện áp xoay chiều  $U_0 \cos(\omega t + \varphi)$  đồng thời đặt vào đoạn mạch.

- + Dòng điện có dạng:  $i = I_{lchieu} + I_0 \cos(\omega t + \varphi_i) \Rightarrow$  Cường độ hiệu dụng là:  $I = \sqrt{I_{lchieu}^2 + \frac{I_0^2}{2}}$

### 5. Sự đổi chiều dòng điện: $i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i)$ (A)

- Nếu:  $\varphi_i \neq \frac{\pm \pi}{2}$ : Trong 1 chu kỳ dòng điện đổi chiều 2 lần, 1(s) đổi chiều  $2f$  lần.
- Nếu:  $\varphi_i = \frac{\pm \pi}{2}$ : Trong 1 chu kỳ đầu tiên dòng điện đổi chiều 1 lần, trong các chu kỳ tiếp theo đổi chiều 2 lần, trong 1(s) đầu tiên đổi chiều  $(2f - 1)$  lần, trong các giây tiếp theo đổi chiều  $2f$  lần.

### 6. Thời gian đèn sáng, đèn tắt:





- Thời gian đèn sáng trong 1 chu kì:  $\Delta t_s = 4 \frac{\varphi_s}{\omega}$  với  $\cos \varphi_s = \frac{u_s}{U_0}$ .
- Thời gian đèn tắt trong 1 chu kì:  $\Delta t_t = T - \Delta t_s$  hoặc  $\Delta t_t = 4 \frac{\varphi_t}{\omega}$  với  $\sin \varphi_t = \frac{u_t}{U_0}$ .
- Thời gian đèn sáng, tắt trong thời gian  $\Delta t$  bất kì:  $\frac{\Delta t}{T} \cdot \Delta t_{1Chu kỳ}$

### **7\*. Giá trị trung bình** (Nội dung giảm tải)

- + Dòng điện biểu thức dạng hàm sin, cos theo thời gian:  $i_{trung bình} = 0$ .
- + Dòng điện biểu thức dạng bình phương sin, cos theo thời gian: hạ bậc  $\Rightarrow$  giá trị trung bình.
- **Cường độ hiệu dụng** (biểu thức dòng điện khác bình thường): xác định nhiệt lượng theo công thức  $Q = \int_0^T i^2 \cdot R \cdot dt \Rightarrow$  so sánh biểu thức  $Q = I^2 \cdot R \cdot T \Rightarrow$  Cường độ hiệu dụng I.

### **8\*. Điện lượng, tác dụng hoá học** (Nội dung giảm tải)

- + Dung điều chế hóa chất.
- + Điện lượng qua dây dẫn trong thời gian từ  $t_1$  đến  $t_2$ :
$$q = \int_{t_1}^{t_2} i \cdot dt = \int_{t_1}^{t_2} I_0 \cos(\omega t + \varphi_i) \cdot dt = \frac{I_0}{\omega} (\sin(\omega t_2 + \varphi_i) - \sin(\omega t_1 + \varphi_i))$$
- + Điện lượng qua dây trong 1 chu kì:  $q_{1Chu kỳ} = 0$ .
- + Điện lượng qua dây dẫn theo 1 chiều trong 1/2 chu kì ( $\varphi_i = \frac{\pm \pi}{2}$ ):  $q_{1/2Chu kỳ} = \frac{2I_0}{\omega}$ .
- + Điện lượng qua dây dẫn theo 1 chiều trong thời gian  $\Delta t$  ( $\varphi_i = \frac{\pm \pi}{2}$ ):  $q = \frac{\Delta t}{T} \cdot q_{1/2Chu kỳ}$ .
- + Khối lượng chất:  $m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot q$  (gam).
- + Thể tích khí thu được:  $n_{mol} = \frac{PV}{RT}$  Với  $n_{mol} = m/M$ ,  $R = 0,082$ ,  $(P) = (\text{atm})$ ,  $(V) = (\text{lit})$ ,  $(T) = (\text{K})$ .

# MẠCH XOAY CHIỀU RLC NỐI TIẾP

## 1. Mạch điện chỉ chứa điện trở thuần R

- Cho dòng 1 chiều và xoay chiều chạy qua, gây ra tác dụng nhiệt và không phụ thuộc vào chiều dòng điện.
- Điện áp và dòng điện luôn cùng pha:  $\varphi_u - \varphi_i = 0$

- Điện trở dây dẫn:  $R = \rho \frac{l}{S} (\Omega)$

- Định luật ôm cực đại (hiệu dụng):  $I_0 = \frac{U_{0R}}{R} \Rightarrow I = \frac{U_R}{R}$

- Định luật ôm tức thời:  $i = \frac{u_R}{R} \Rightarrow u_R = iR$

- Công thức độc lập:  $\frac{i}{I_0} = \frac{u_R}{U_{0R}} \Rightarrow \frac{i}{I_0} - \frac{u_R}{U_{0R}} = 0$

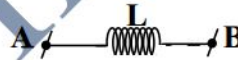
## 2. Mạch điện xoay chiều chỉ chứa cuộn dây thuần cảm L

- Cuộn cảm thuần dòng điện 1 chiều chạy qua hoàn toàn, cho dòng xoay chiều chạy qua và gây ra tác dụng cản trở gọi là cảm kháng:  $Z_L = \omega L = 2\pi f \cdot L (\Omega)$ ; L tính bằng H (Hen ri)

- Điện áp hai đầu cuộn cảm thuần nhanh pha  $\pi/2$  so với dòng điện trong mạch:  $\varphi_{u(L)} - \varphi_i = \frac{\pi}{2}$

- Định luật ôm:  $I_0 = \frac{U_{0L}}{Z_L}, I = \frac{U_L}{Z_L}$

- Công thức độc lập:  $\frac{u^2}{U_{0L}^2} + \frac{i^2}{I_0^2} = 1 \Rightarrow \frac{u^2}{U_L^2} + \frac{i^2}{I^2} = 2$



## 3. Mạch điện xoay chiều chỉ chứa tụ điện C

- Không cho dòng 1 chiều và cho dòng xoay chiều chạy qua gây ra tác dụng cản trở gọi là cảm kháng:

$$Z_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f \cdot C} (\Omega); C \text{ tính bằng F (Fa ra)}$$

- Dòng xoay chiều “qua” tụ gọi là dòng điện dịch – gây ra bởi sự biến thiên điện trường giữa hai bản tụ.

- Điện áp hai đầu tụ điện trễ pha  $\pi/2$  so với dòng điện trong mạch:  $\varphi_{u(C)} - \varphi_i = -\frac{\pi}{2}$

- Định luật ôm:  $I_0 = \frac{U_{0C}}{Z_C}, I = \frac{U_C}{Z_C}$

- Công thức độc lập:  $\frac{u^2}{U_{0C}^2} + \frac{i^2}{I_0^2} = 1 \Rightarrow \frac{u^2}{U_C^2} + \frac{i^2}{I^2} = 2$

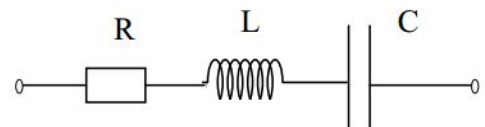


## 4. Mạch RLC nối tiếp

- Tổng trở:  $Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}$  hoặc  $Z = \sqrt{(R+r)^2 + (Z_L - Z_C)^2}$

- Điện áp:

$$\begin{cases} \text{Tức thời: } u = u_R + u_L + u_C \\ \text{Vectơ: } \vec{U}_0 = \vec{U}_{0R} + \vec{U}_{0L} + \vec{U}_{0C} \\ \text{Cực đại: } U_0 = \sqrt{U_{0R}^2 + (U_{0L} - U_{0C})^2} \\ \text{Hiệu dụng: } U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} \end{cases}$$





$$- \text{ Cường độ dòng điện: } \begin{cases} I = \frac{U}{Z} = \frac{U_R}{R} = \frac{U_L}{Z_L} = \frac{U_C}{Z_C} \\ I_0 = \frac{U_0}{Z} = \frac{U_{0R}}{R} = \frac{U_{0L}}{Z_L} = \frac{U_{0C}}{Z_C} \\ I_{\max} = \frac{U}{R} \Leftrightarrow Z_L = Z_C \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \end{cases}$$

### Ghi chú:

- + Mạch cho điện áp 1 chiều chạy qua  $\Rightarrow$  Mạch không chứa tụ điện và khi đó: 
$$\begin{cases} I_{1\_chieu} = \frac{U_{1\_chieu}}{R} \\ I_{xoaychieu} = \frac{U_{xoaychieu}}{Z} \end{cases}$$
- + Hai điện áp  $u_L$  và  $u_C$  ngược pha nhau:  $\frac{u_L}{u_C} = -\frac{Z_L}{Z_C}$
- **Độ lệch pha của điện áp so với dòng điện:**  $\tan \varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R} = \frac{U_L - U_C}{U_R}$  với  $\varphi = \varphi_u - \varphi_i$
- + Nếu  $Z_L > Z_C$ : Mạch có tính cảm kháng,  $\tan \varphi > 0$ :  $u$  nhanh pha hơn  $i$
- + Nếu  $Z_L < Z_C$ : Mạch có tính dung kháng,  $\tan \varphi < 0$ :  $u$  trễ pha hơn  $i$
- + Nếu  $Z_L = Z_C$ :  $\tan \varphi = 0$ :  $u, i$  cùng pha, mạch có cộng hưởng:  $Z = R, I = I_{\max} = \frac{U}{R}, \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

## 5. Viết biểu thức điện áp, dòng điện

- **Độ lệch pha điện áp so với dòng điện:**  $\tan \varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R} = \frac{U_L - U_C}{U_R} \Rightarrow \varphi = \varphi_u - \varphi_i$
- **Dòng điện:**  $i = I_0 \cdot \cos(\omega t + \varphi_i)$  Trong đó:  $\varphi = \varphi_u - \varphi_i \Rightarrow \varphi_i = \varphi_u - \varphi, I_0 = \frac{U_0}{Z}$
- **Điện áp 2 đầu mạch:**  $u = U_0 \cdot \cos(\omega t + \varphi_u)$  Trong đó:  $\varphi = \varphi_u - \varphi_i \Rightarrow \varphi_u = \varphi + \varphi_i, U_0 = I_0 \cdot Z$
- **Biểu thức điện áp 2 điểm AM bất kì:**
  - + Độ lệch pha AM so với dòng trong mạch:  
 $\tan \varphi_{(AM)} = \dots \Rightarrow \varphi_{(AM)} = \varphi_{u(AM)} - \varphi_i \Rightarrow \varphi_{u(AM)} = \varphi_{(AM)} + \varphi_i$
  - + Điện áp 2 đầu AM:  $u_{AM} = U_{0(AM)} \cdot \cos(\omega t + \varphi_{u(AM)})$
  - Trong đó:  $U_{0(AM)} = I_0 \cdot Z_{AM}, \varphi_{(AM)} = \varphi_{u(AM)} - \varphi_i$

$$6. \text{ Thay đổi } L, C, \text{ tần số để } I_{\max}, U_{R\max}, U_{LC\min}, U_{rLC\min} : \begin{cases} Z_L = Z_C \Leftrightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \\ I_{\max} = \frac{U}{R}, U_{R\max} = U, U_{LC(\min)} = 0 \end{cases}$$

$$7. \text{ Điện áp không phụ thuộc vào } R: \begin{cases} U_{RC} \neq R: Z_C = \frac{1}{2} Z_L \text{ \& } U_{RC} = U \\ U_{RL} \neq R: Z_L = \frac{1}{2} Z_C \text{ \& } U_{RL} = U \end{cases}$$

## 8. Bài toán lệch pha điện áp, dòng điện: điện áp AN lệch pha $\Delta \varphi$ so với điện áp hai đầu mạch AB

$$+ \text{ Nếu điện áp AN nhanh pha hơn điện áp AB: } \Delta \varphi = \varphi_{AN} - \varphi_{AB} \Rightarrow \tan \Delta \varphi = \frac{\tan \varphi_{AN} - \tan \varphi_{AB}}{1 + \tan \varphi_{AN} \tan \varphi_{AB}}$$

$$\text{Từ công thức độ lệch pha: } \tan \varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R} = \frac{U_L - U_C}{U_R} \text{ xác định } \tan \varphi_{AN}, \tan \varphi_{AB} \text{ thay vào trên}$$

+ Nếu điện áp AN trễ pha hơn điện áp AB:  $\Delta\varphi = \varphi_{AB} - \varphi_{AN} \Rightarrow \tan\Delta\varphi = \frac{\tan\varphi_{AB} - \tan\varphi_{AN}}{1 + \tan\varphi_{AB}\tan\varphi_{AN}}$

Từ công thức độ lệch pha:  $\tan\varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R} = \frac{U_L - U_C}{U_R}$  xác định  $\tan\varphi_{AN}, \tan\varphi_{AB}$  thay vào trên

**Ghi chú:**

\* Đoạn mạch chứa L làm điện áp nhanh pha thêm, đoạn mạch chứa C làm điện áp trễ pha hơn.

\* Nếu điện áp vuông pha  $u_1 \perp u_2$ :  $\tan\varphi_1 \cdot \tan\varphi_2 = -1$ .

\* Nếu  $\varphi_1 + \varphi_2 = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \tan\varphi_1 \cdot \tan\varphi_2 = 1$

\* Nếu  $|\varphi_1| + |\varphi_2| = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \tan\varphi_1 \cdot \tan\varphi_2 = \pm 1$

\* Khi:  $U_{AB} = U_{AM} + U_{MB} \Rightarrow u_{AB}, u_{AM}$  và  $u_{MB}$  cùng pha  $\Rightarrow \tan u_{AB} = \tan u_{AM} = \tan u_{MB}$ .

**9. Đoạn mạch RLC có L thay đổi:**

- L thay đổi để  $U_{L(\max)}$ :

$$\begin{cases} U_{L(\max)} = \frac{U}{R} \sqrt{R^2 + Z_C^2} \\ Z_L = \frac{R^2 + Z_C^2}{Z_C} \Rightarrow U_L = \frac{U_R^2 + U_C^2}{U_C} \end{cases}$$

**Ghi chú:**

+ Khi  $U_{L\max}$  thì điện áp hai đầu mạch U nhanh pha  $\pi/2$   $U_{RC}$ :  $U_{L(\max)}^2 = U^2 + U_{RC}^2$

+ Khi  $L = L_1$  hoặc  $L = L_2$  thì  $U_L$  có cùng giá trị, tìm L để  $U_{L(\max)}$ :  $\frac{1}{Z_L} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{Z_{L_1}} + \frac{1}{Z_{L_2}} \right)$ .

- L để  $U_{RL\min}$  ( $U_{AN\min}$ ):

$$Z_L = 0; U_{RL\min} = \frac{UR}{\sqrt{R^2 + Z_C^2}}$$

- L thay đổi để  $U_{RL(\max)}$ :

$$\begin{cases} U_{RL(\max)} = \frac{2UR}{\sqrt{4R^2 + Z_C^2} - Z_C} \\ Z_L = \frac{Z_C + \sqrt{4R^2 + Z_C^2}}{2} \end{cases}$$

**10. Đoạn mạch RLC có C thay đổi:**

- C thay đổi để  $U_{C(\max)}$ :

$$\begin{cases} U_{C(\max)} = \frac{U}{R} \sqrt{R^2 + Z_L^2} \\ Z_C = \frac{R^2 + Z_L^2}{Z_L} \Rightarrow U_C = \frac{U_R^2 + U_L^2}{U_L} \end{cases}$$

**Ghi chú:**

+ Khi  $U_{C\max}$  thì điện áp hai đầu mạch U trễ pha  $\pi/2$   $U_{RL}$ :  $U_{C(\max)}^2 = U^2 + U_{RL}^2$

+ C thay đổi khi  $C = C_1$  hoặc  $C = C_2$  thì  $U_C$  có cùng giá trị, tìm C để  $U_{C\max}$ :  $\frac{1}{Z_C} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{Z_{C_1}} + \frac{1}{Z_{C_2}} \right)$

- C để  $U_{RC\min}$ :  $Z_C = 0; U_{RC\min} = \frac{UR}{\sqrt{R^2 + Z_L^2}}$



- C thay đổi để  $U_{RC(max)}$  :  $U_{RC(max)} = \frac{2UR}{\sqrt{4R^2 + Z_L^2} - Z_L} \Leftrightarrow Z_C = \frac{Z_L + \sqrt{4R^2 + Z_L^2}}{2}$

**Chứng minh:**

$$+U_{RC} = \frac{U\sqrt{R^2 + Z_L^2}}{\sqrt{R^2 + Z_L^2 + Z_C^2 - 2Z_L Z_C}} = \frac{U}{\sqrt{1 + \frac{Z_C^2 - 2Z_L Z_C}{R^2 + Z_L^2}}}$$

+ Đặt  $x = Z_C \geq 0$  và khảo sát hàm:  $y = \frac{Z_C^2 - 2Z_L Z_C}{R^2 + Z_L^2} = \frac{Z_C^2 - 2Z_L \cdot x}{R^2 + x^2}$

$$y' = 0 \Rightarrow \frac{-2Z_L \cdot (R^2 + x^2) - 2x \cdot (Z_C^2 - 2Z_L \cdot x)}{(R^2 + x^2)^2} = 0 \Rightarrow x^2 - Z_L x - R^2 = 0$$

Ta có:  $\Delta = Z_L^2 + 4R^2 \Rightarrow \sqrt{\Delta} = \sqrt{Z_L^2 + 4R^2} \Rightarrow \begin{cases} x_1 = \frac{Z_L - \sqrt{Z_L^2 + 4R^2}}{2} < 0 \\ x_2 = \frac{Z_L + \sqrt{Z_L^2 + 4R^2}}{2} > 0 \end{cases}$

Bảng biến thiên:

$x$	$-\infty$	$x_1$	$x = 0$	$x_2$	$+\infty$
$y'$	+	0	-	0	+
$y$		$y_{max}(x_1)$		$y_{min}(x_2)$	

GV: Lê Trọng Duy - hocmaivn.com

Vùng nghiệm  $x$  không tồn tại

(I) (II)

- Tại  $Z_C = x_2 = \frac{Z_L + \sqrt{Z_L^2 + 4R^2}}{2}$  thì điện áp  $U_{RC(max)} = \frac{2UR}{\sqrt{4R^2 + Z_L^2} - Z_L}$

- Tại hai vị trí (I) hoặc (II) thì điện áp  $U_{RC}$  có thể nhỏ nhất. Ta khảo sát hai vị trí này:

+ Tại (I):  $Z_C = 0 \Rightarrow U_{RC} = \frac{U}{\sqrt{1 + \frac{Z_L^2}{R^2}}} < U$  (1)

+ Tại (II):  $Z_C = +\infty \Rightarrow U_{RC} = U$  (2)

Từ (1) và (2) thì tại  $Z_C = 0$  thì  $U_{RC}$  là nhỏ nhất  $\Rightarrow Z_C = 0 \Rightarrow U_{RC(min)} = \frac{U}{\sqrt{1 + \frac{Z_L^2}{R^2}}}$

**11. Mạch RLC có tần số góc  $\omega$  thay đổi:**

- Tần số góc  $\omega$  thay đổi để  $I_{max}$  ( $U_{R(max)}$ ;  $P_{(max)}$ ;  $U_{LC(min)}$ ;  $U_{rLC(min)}$ ) :

$$\begin{cases} U_{R(max)} = U \\ \omega_R = \frac{1}{\sqrt{LC}} \end{cases}$$

+ Khi  $\omega = \omega_1$  hoặc  $\omega = \omega_2$  thì  $I$  ( hoặc  $P$  hoặc  $U_R$  có cùng một giá trị). Để chứng cực đại:  $\omega = \sqrt{\omega_1 \omega_2}$

+ Khi  $\omega = \omega_L$  thì  $U_{L(max)}$ , khi  $\omega = \omega_C$  thì  $U_{C(max)}$ , khi  $\omega = \omega_R$  thì  $U_{R(max)}$  :  $\omega_R = \sqrt{\omega_L \cdot \omega_C}$

Biên soạn: **Ths Lê Trọng Duy** - Trường PT Triệu Sơn, Thanh Hóa - <https://facebook.com/letrongduy0812>

<https://www.facebook.com/groups/diem10vatly> - Luyện thi điểm 10 vật lý; câu hỏi hay, khó, lạ,... **Page 43**

+ Khi  $\omega = \omega_1$  hoặc  $\omega = \omega_2$  thì dòng điện hiệu dụng bằng nhau và đều nhỏ hơn cường độ hiệu dụng cực đại  $n$  lần ( $n > 1$ ). Biểu thức tính  $R$  là  $R = \frac{L(\omega_1 - \omega_2)}{\sqrt{n^2 - 1}}$

+ Mạch  $R_1 L_1 C_1$  có tần số cộng hưởng là  $\omega_1$  và mạch điện  $R_2 L_2 C_2$  có tần số cộng hưởng là  $\omega_2$  với  $\omega_1 = \omega_2$   
 $\Rightarrow$  Tần số cộng hưởng khi hai mạch ghép nối tiếp là  $\omega = \omega_1 = \omega_2$ .

- Tần số góc  $\omega$  thay đổi để  $U_{Cmax}$  :

$$\begin{cases} U_{C(max)} = \frac{2U.L}{R\sqrt{4LC - R^2C^2}} \\ \omega_C = \frac{1}{L} \sqrt{\frac{L}{C} - \frac{R^2}{2}} \end{cases}$$

**Ghi chú:** Khi thay đổi tần số góc  $\omega$  để  $U_{Cmax}$  thì ta có

$$\tan \varphi_{RL} \cdot \tan \varphi_{RLC} = -\frac{1}{2}$$

$$Z_C^2 = Z^2 + Z_L^2$$

+ Khi  $\omega = \omega_1$  hoặc  $\omega = \omega_2$  thì  $U_C$  như nhau,  $\omega$  để  $U_{C(max)}$ :  $\omega_C^2 = \frac{\omega_1^2 + \omega_2^2}{2}$

- Tần số góc  $\omega$  thay đổi để  $U_{Lmax}$  :

$$\begin{cases} U_{L(max)} = \frac{2U.L}{R\sqrt{4LC - R^2C^2}} \\ \omega_L = \frac{1}{C} \frac{1}{\sqrt{\frac{L}{C} - \frac{R^2}{2}}} \end{cases}$$

**Ghi chú:** Khi thay đổi tần số góc  $\omega$  để  $U_{Lmax}$  thì

$$\tan \varphi_{RC} \cdot \tan \varphi_{RLC} = -\frac{1}{2}$$

$$Z_L^2 = Z^2 + Z_C^2$$

+ Khi  $\omega = \omega_1$  hoặc  $\omega = \omega_2$  thì  $U_L$  như nhau,  $\omega$  để

$$U_{L(max)}: \frac{1}{\omega_L^2} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{\omega_1^2} + \frac{1}{\omega_2^2} \right)$$

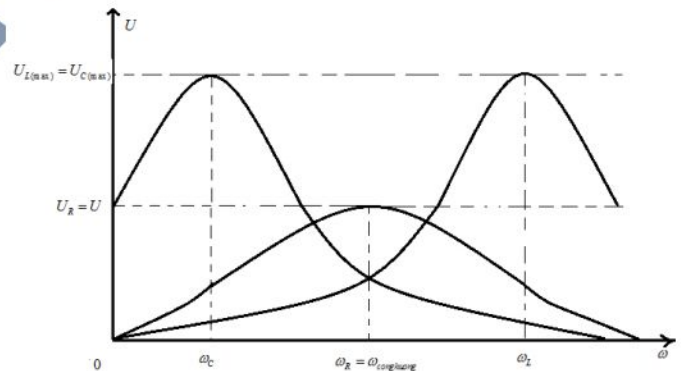
+ So sánh thứ tự  $\omega_R; \omega_L; \omega_C$  và đồ thị điện áp biến thiên theo tần số: Thứ tự cực đại lần lượt là C; R; L.

- Tần số góc  $\omega$  thay đổi để  $U_{RCmax}$  :  $\omega_{RC}^2 = \frac{2}{C^2} \cdot [\text{Heso}]$  với hệ số :  $[\text{Heso}] = \frac{L}{C} + \sqrt{\frac{L^2}{C^2} + \frac{2L}{C} \cdot R^2}$

- Tần số góc  $\omega$  thay đổi để  $U_{RLmax}$  :  $\omega_{RL}^2 = \frac{1}{2L^2} \cdot [\text{Heso}]$  với hệ số :  $[\text{Heso}] = \frac{L}{C} + \sqrt{\frac{L^2}{C^2} + \frac{2L}{C} \cdot R^2}$

**Chứng minh:**

$$+ U_{RL} = U \cdot \frac{\sqrt{R^2 + Z_L^2}}{\sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}} = U \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{-2Z_L Z_C + Z_C^2}{R^2 + Z_L^2}}} = U \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{-\frac{2L}{C} + \frac{1}{C^2} \cdot \frac{1}{\omega^2}}{R^2 + L^2 \cdot \omega^2}}} = U \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{-\frac{2L}{C} + \frac{1}{C^2} \cdot \frac{1}{\omega^2}}{R^2 + L^2 \cdot \omega^2}}}$$





+ Xét hàm:  $y = \frac{-\frac{2L}{C} + \frac{1}{C^2} \cdot \frac{1}{\omega^2}}{R^2 + L^2 \cdot \omega^2}$  và đặt  $x = \omega^2 > 0 \Rightarrow y = \frac{-\frac{2L}{C} + \frac{1}{C^2} \cdot \frac{1}{x}}{R^2 + L^2 \cdot x} = \frac{-\frac{2L}{C} \cdot x + \frac{1}{C^2}}{L^2 \cdot x^2 + R^2 \cdot x}$

$$y' = 0 \Rightarrow \frac{\left(-\frac{2L}{C} \cdot x + \frac{1}{C^2}\right)' \cdot (L^2 \cdot x^2 + R^2 \cdot x) - \left(-\frac{2L}{C} \cdot x + \frac{1}{C^2}\right) \cdot (L^2 \cdot x^2 + R^2 \cdot x)'}{(L^2 \cdot x^2 + R^2 \cdot x)^2} = 0 \Leftrightarrow \frac{\frac{2L^3}{C} \cdot x^2 - \frac{2L^2}{C^2} \cdot x - \frac{R^2}{C^2}}{(L^2 \cdot x^2 + R^2 \cdot x)^2} = 0$$

Xét PT:

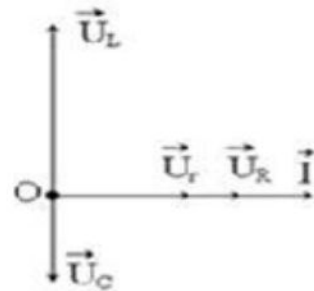
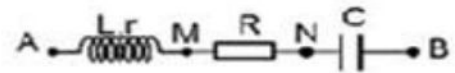
$$\frac{2L^3}{C} \cdot x^2 - \frac{2L^2}{C^2} \cdot x - \frac{R^2}{C^2} = 0 \Rightarrow \Delta' = \frac{L^4}{C^2} + \frac{2L^3}{C} \cdot \frac{R^2}{C^2} \Rightarrow \sqrt{\Delta'} = \frac{L}{C} \sqrt{\frac{L^2}{C^2} + \frac{2L}{C} \cdot R^2} \Rightarrow$$

$$\left[ \begin{array}{l} x_1 = \omega^2 = \frac{\frac{L^2}{C^2} - \frac{L}{C} \sqrt{\frac{L^2}{C^2} + \frac{2L}{C} \cdot R^2}}{\frac{2L^3}{C}} < 0 \text{ (Loại)} \\ x_2 = \omega^2 = \frac{\frac{L^2}{C^2} + \frac{L}{C} \sqrt{\frac{L^2}{C^2} + \frac{2L}{C} \cdot R^2}}{\frac{2L^3}{C}} = \frac{\frac{L}{C} + \sqrt{\frac{L^2}{C^2} + \frac{2L}{C} \cdot R^2}}{2L^2} > 0 \end{array} \right.$$

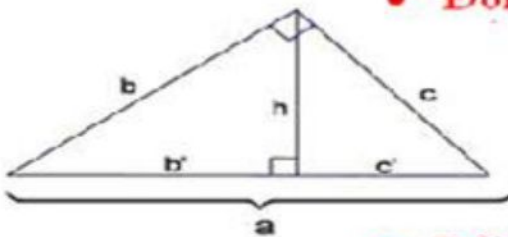
## 12. Phương pháp giản đồ véc tơ

### **Bài toán 01:** PP véc-tơ buộc giải bài toán điện xoay chiều nối tiếp

- Chọn ngang là trục dòng điện, điểm O làm gốc.
- Vẽ lần lượt các véc-tơ biểu diễn các điện áp, cùng chung gốc O theo nguyên tắc:
  - L – lên.
  - C – xuống.
  - R – ngang.
 Độ dài các véc-tơ tỉ lệ với các giá trị hiệu dụng tương ứng.
- Chỉ tổng hợp các véc-tơ điện áp có liên quan đến dữ kiện của bài toán.
- Biểu diễn các số liệu lên giản đồ.
- Dựa vào các hệ thức lượng trong tam giác để tìm các điện áp hoặc góc chưa biết.

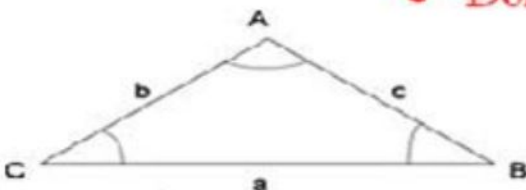


#### • Đối với tam giác vuông



$$\begin{cases} a^2 = b^2 + c^2 \\ h^2 = b \cdot c \\ \frac{1}{h^2} = \frac{1}{b^2} + \frac{1}{c^2} \\ b^2 = a \cdot b' \end{cases}$$

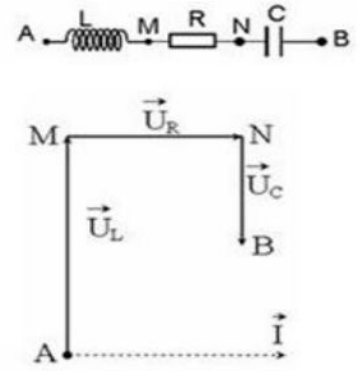
#### • Đối với tam giác bất kì



$$\begin{cases} \text{Đ/lí hàm cosin: } a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A \\ \text{Đ/lí hàm sin: } \frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} \end{cases}$$

**Bài toán 02: PP** véc-tơ trượt giải bài toán điện xoay chiều nối tiếp

- Chọn ngang là trục dòng điện.
- Chọn điểm đầu mạch (A) làm gốc.
- Vẽ lần lượt các véc-tơ biểu diễn các điện áp, lần lượt từ A sang B nối đuôi nhau theo nguyên tắc:
  - L - lên.
  - C - xuống.
  - R - ngang.
- Độ dài các véc-tơ tỉ lệ với các giá trị hiệu dụng tương ứng.
- Nối các điểm trên giản đồ có liên quan đến dữ kiện của bài toán.
- Biểu diễn các số liệu lên giản đồ.
- Dựa vào các hệ thức lượng trong tam giác để tìm các điện áp hoặc góc chưa biết.





## CÔNG SUẤT ĐIỆN XOAY CHIỀU

### 1. Công suất tức thời: $p = u.i = UI\cos\varphi + UI\cos(2\omega t + \varphi)$

#### Ghi chú:

+ Công suất tức thời biến thiên tuần hoàn chu kì  $T/2$ , tần số  $2f, \dots$

+ Công suất tức thời cực đại:  $p_{\max} = UI\cos\varphi + UI$ .

### 2. Công suất (Công suất trung bình):

- Hệ số công suất:  $\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{U_R}{U}$

- Công suất:  $P = UI\cos\varphi = I^2 R = \frac{U^2 \cdot \cos^2\varphi}{R} = \frac{U^2}{2Z_{LC}} \cdot \sin(2\varphi)$

- Điện năng tiêu thụ:  $W = P \cdot t$  (J)

#### Ghi chú:

+ Khi mạch chứa thêm điện trở thuần  $r$ :  $\cos\varphi = \frac{R+r}{Z} = \frac{U_R + U_r}{U}$ ;  $P = I^2(R+r)$ .

+ Tự điện, cuộn dây thuần cảm: Không tiêu thụ điện  $\Rightarrow$  Hệ số công suất, công suất tiêu thụ đều bằng 0.

+ ý nghĩa hệ số công suất: Hệ số công suất càng lớn  $\Rightarrow$  công hai phí trên dây càng bé và ngược lại.

### 3. Công thức giải nhanh các trường hợp đặc biệt

- Khi  $C = C_1$  và  $C = C_2$  thì công suất như nhau, giá trị  $L$ :  $Z_L = \frac{Z_{C(1)} + Z_{C(2)}}{2}$ .

- Khi  $L = L_1$  và  $L = L_2$  thì công suất như nhau, giá trị  $C$ :  $Z_C = \frac{Z_{L(1)} + Z_{L(2)}}{2}$ .

- Khi  $R = R_1$  và  $R = R_2$  thì  $P$  như nhau:  $\begin{cases} P = \frac{U^2}{R_1 + R_2} \\ \tan\varphi_1 \cdot \tan\varphi_2 = 1 \\ \sqrt{R_1 R_2} = |Z_L - Z_C| \end{cases}$

- Khi  $L, C, \omega$  (hoặc  $f$ ) biến thiên để  $P_{\max}$ :  $\begin{cases} P_{\max} = \frac{U^2}{R} \\ Z_L = Z_C \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \end{cases}$  và  $u, i$  cùng pha.

-  $R$  biến thiên để  $P_{\max}$ :  $\begin{cases} P_{\max} = \frac{U^2}{2R} \\ R = |Z_L - Z_C| \\ Z = R\sqrt{2}, \cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{2}} \end{cases}$ .

- Mạch  $RLrC$  nối tiếp (cuộn dây có điện trở thuần):

+  $R$  thay đổi để  $P$  mạch max:  $P_{\max} = \frac{U^2}{2(R+r)} \Leftrightarrow R+r = |Z_L - Z_C|$ .

+  $R$  thay đổi để  $P$  trên  $R$  max:  $P_{R\max} = \frac{U^2}{2(R+r)} \Leftrightarrow R = \sqrt{r^2 + (Z_L - Z_C)^2}$ .

Ghi chú: Khi thay đổi  $R$  để công suất mạch cực đại:  $R+r = |Z_L - Z_C|$  mà  $R < 0 \Rightarrow$  giá trị cần tìm:

$R = 0$ .



# MÁY BIẾN ÁP VÀ TRUYỀN TẢI ĐIỆN NĂNG

## 1. Máy biến áp:

- Máy biến áp là thiết bị dùng để biến đổi điện áp xoay chiều.

- **Nguyên tắc hoạt động:** dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ

## 2. Cấu tạo máy biến áp :

- **Cuộn sơ cấp**  $N_1$  (dùng đưa điện áp vào)

- **Cuộn thứ cấp**  $N_2$  (dùng lấy điện áp ra)

- **Lõi biến áp:** Tác dụng tăng từ và dẫn từ, cấu tạo gồm các lá thép kỹ thuật mỏng, sơn cách điện, ghép sát nhau tạo thành khối.

## 3. Công thức máy biến áp

- **Điện áp hiệu dụng:**  $\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$  Trong đó:  $U_1, U_2$  là điện áp hiệu dụng hai đầu sơ cấp, thứ cấp.

- **Cường độ dòng:**

+ Máy lý tưởng ( bỏ qua hao phí):  $P_2 = P_1 \Leftrightarrow U_2 I_2 = U_1 I_1$

+ Máy có hiệu suất H:  $P_2 = H.P_1 \Leftrightarrow U_2 I_2 = H.U_1 I_1$

Trong đó:  $P_1 = U_1 I_1$  là công suất điện cuộn sơ cấp,  $P_2 = U_2 I_2$  là công suất điện cuộn thứ cấp.

### Ghi chú:

+ Hệ số máy biến áp:  $k = N_1 / N_2$

+ Nếu  $N_2 > N_1 \Rightarrow U_2 > U_1$  : Máy tăng áp

+ Nếu  $N_2 < N_1 \Rightarrow U_2 < U_1$  : Máy hạ áp

+ Máy biến áp không có khả năng **biến đổi tần số, không hoạt động** trực tiếp dòng điện không đổi, điện 1 chiều.

+ Thứ cấp của máy biến áp mắc mạch RLC:  $P_2 = U_2 I_2 \cos \varphi_2$

+ Máy biến áp có lõi gồm n nhánh như nhau:  $\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{n-1} \cdot \frac{N_2}{N_1}$

+ Máy biến áp quấn ngược một số vòng:  $\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2 - 2n_2}{N_1 - 2n_1}$

+ Gọi  $\phi_{1\text{vòng}} = \phi_{01\text{vòng}} \cdot \cos(\omega t + \alpha_0)$  là từ thông qua một vòng dây ở cuộn sơ cấp thì suất điện động sơ cấp và

$$\text{thứ cấp: } \begin{cases} e_{\text{sơ cấp}} = -N_1 \cdot \phi'_{1\text{vòng}} = \phi N_1 \phi_{01\text{vòng}} \cdot \sin(\omega t + \alpha) = \phi N_1 \phi_{01\text{vòng}} \cdot \cos(\omega t + \alpha - \frac{\pi}{2}) \\ e_{\text{thứ cấp}} = -N_2 \cdot \phi'_{1\text{vòng}} = \phi N_2 \phi_{01\text{vòng}} \cdot \sin(\omega t + \alpha) = \phi N_2 \phi_{01\text{vòng}} \cdot \cos(\omega t + \alpha - \frac{\pi}{2}) \end{cases}$$

Trong đó:  $n_1$  là số vòng quấn ngược cuộn sơ cấp,  $n_2$  là số vòng quấn ngược cuộn thứ cấp.

+ Máy biến áp có điện trở thuần (**Nội dung giảm tải**):  $\begin{cases} U_{\text{sơ cấp}} = \sqrt{U_1^2 + U_{R_{\text{sơ cấp}}}^2} \\ U_{\text{thứ cấp}} = \sqrt{U_2^2 + U_{R_{\text{thứ cấp}}}^2} \end{cases}$  với  $\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$ .

## 4. Truyền tải điện năng.

- **Điện năng hao phí trên dây:**  $\Delta P_{hp} = I^2 R = \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \varphi} R$

Trong đó: + P : Công suất điện truyền đi, đơn vị: W.

+ U: Điện áp truyền tải trên dây.

+ R: Điện trở dây truyền tải,  $R = \rho \frac{l}{S}$ .

+  $\cos \varphi$  : Hệ số công suất trên dây truyền tải (thường  $\cos \varphi = 1$ )

- **Cách giảm điện năng hao phí:** Tăng điện áp trên dây truyền tải, điện áp tăng k lần thì công suất hao phí giảm  $k^2$  lần.



- **Hiệu suất truyền tải:**  $H = \frac{P'}{P} = \frac{P - \Delta P_{hp}}{P}$  Với  $P' = P - \Delta P_{hp}$  công suất nhận được nơi tiêu thụ.
- **Độ sụt áp:**  $\Delta U = U - U' = I.R$  Với  $U$  là điện áp nơi nguồn bắt đầu truyền đi,  $U'$  là điện áp nơi tiêu thụ.
- **Khi điện áp  $U_1$  thì hiệu suất truyền tải  $H_1$ , khi điện áp  $U_2$  thì hiệu suất  $H_2$ :**

+ Nếu công suất truyền đi không đổi:  $\frac{U_2}{U_1} = \sqrt{\frac{(1-H_1)}{(1-H_2)}}$

+ Nếu công suất nhận được ở nơi tiêu thụ không đổi:  $\frac{U_2}{U_1} = \sqrt{\frac{(1-H_1).H_1}{(1-H_2).H_2}}$

- **Nếu tại nguồn và nơi tiêu thụ đặt máy biến áp:**

#### Tuyến tải:

##### Sản xuất:

$$\frac{U_{2A}}{U_{1A}} = \frac{I_{1A}}{I_{2A}} = \frac{N_{2A}}{N_{1A}}$$

$$P_A = U_{1A}I_{1A} = U_{2A}I_{2A}$$

Cường độ d.điện :  $I = I_{2A} = I_{1B}$

Điện trở :  $R = \rho \frac{2l}{S} (l = AB)$

Độ giảm thế :  $\Delta U_{AB} = U_{2B} - U_{2A} = IR$

Công suất hao phí :  $\Delta P = P_A - P_B = RI^2$

##### Sử dụng:

$$\frac{U_{2B}}{U_{1B}} = \frac{I_{1B}}{I_{2B}} = \frac{N_{2B}}{N_{1B}}$$

$$P_B = U_{1B}I_{1B} = U_{2B}I_{2B}$$



- **Độ sụt áp = n lần điện áp nơi tiêu thụ**, để công suất hao phí giảm k lần nhưng công suất nhận được ở tiêu thụ không đổi, điện áp lúc này:  $\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{\sqrt{k}} \cdot \frac{n+k}{n+1}$
- **Độ sụt áp = n lần điện áp nơi nguồn**, để công suất hao phí giảm k lần nhưng công suất truyền đến nơi tiêu thụ không đổi không đổi, điện áp lúc này:  $\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{\sqrt{k}} [n - k(n-1)]$

## MÁY PHÁT VÀ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ

**1. Nguyên tắc hoạt động:** Dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ: Từ thông qua khung dây biến thiên, sinh ra trong khung dây một suất điện động biến thiên cùng tần số

### 2. Cấu tạo và cách tạo ra suất điện động xoay chiều:

- **Cấu tạo:** gồm hai phần chính
  - + Phần cảm: là phần tạo ra từ trường (thường là các nam châm)
  - + Phần ứng: là phần tạo ra suất điện động (thường là khung dây)
- **Cách 1:** Từ trường cố định, khung dây quay
- **Cách 2:** Khung dây cố định, từ trường quay

#### Ghi chú:

- + Từ trường **vuông góc** với trục quay khung dây.
- + Phần quay: Roto, phần đứng yên: Stato.
- + Thông thường **số cực từ = số cuộn dây của máy**.

### 3. Máy phát điện xoay chiều một pha

- **Suất điện động:**  $e = -\frac{d\phi}{dt} = \omega NBS \cdot \sin(\omega t + \alpha_0) = E_0 \cos(\omega t + \alpha_0 - \frac{\pi}{2}) \quad (V)$
- **Tần số dòng điện:**  $f = p \cdot n = p \cdot \frac{N}{t}$

Trong đó: p là số cặp cực nam châm,  $n = \frac{N}{t}$  : Tốc độ quay của roto, đơn vị: vòng/s.

#### Ghi chú:

- + Máy phát công suất bé: phần quay (roto) là khung dây quay, phần đứng yên là nam châm.
- + Máy phát công suất lớn: phần quay (roto) là nam châm điện, phần đứng yên là khung dây.
- + Máy phát khung dây quay có thêm bộ góp: máy xoay chiều là 2 vòng khuyên, máy 1 chiều là 2 bán vòng khuyên.
- + Mạch chỉnh lưu  $\frac{1}{2}$  chu kì: dùng 1 diot, dòng điện 1 chiều nhấp nháy, chỉ có điện trong  $\frac{1}{2}$  chu kì.
- + Mạch chỉnh lưu 2 nửa chu kì: dùng 4 diot, dòng điện 1 chiều nhấp nháy, có điện trong cả 2 nửa c.kì.

### 4. Máy phát điện xoay chiều ba pha, dòng điện ba pha

- **Cấu tạo:** gồm hai phần chính
- **Phần cảm:** 1 nam châm quay quanh một trục cố định (phần cảm là roto)
- **Phần ứng:** gồm ba cuộn dây hoàn toàn giống nhau, đặt lệch nhau một góc  $\frac{2\pi}{3}$
- **Dòng điện ba pha:** là hệ thống ba dòng điện xoay chiều gây ra bởi ba suất điện động xoay chiều cùng biên độ, cùng tần số nhưng lệch pha nhau một góc  $\frac{2\pi}{3}$

$$\begin{cases} e_1 = E_0 \cos(\omega t) \\ e_2 = E_0 \cos(\omega t - \frac{2\pi}{3}) \\ e_3 = E_0 \cos(\omega t + \frac{2\pi}{3}) \end{cases} \quad \text{Nếu tải đối xứng thì} \quad \begin{cases} i_1 = I_0 \cos(\omega t) \\ i_2 = I_0 \cos(\omega t - \frac{2\pi}{3}) \\ i_3 = I_0 \cos(\omega t + \frac{2\pi}{3}) \end{cases}$$

#### - Cách mắc dòng điện xoay chiều ba pha:

- + Máy phát mắc hình sao: Sử dụng 4 dây, công thức:  $U_d = \sqrt{3} U_p, I_d = I_p, I_{t.hoa} = 0$
- + Máy phát mắc hình tam giác: Sử dụng 3 dây, công thức:  $U_d = U_p, I_d = \sqrt{3} I_p$ .

### 5. Động cơ không đồng bộ ba pha.

- **Nguyên tắc hoạt động:** dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ và mô men lực từ tác dụng lên roto
- **Cấu tạo:** gồm hai phần chính



+ Stato: gồm ba cuộn dây hoàn toàn giống nhau, đặt lệch nhau một góc  $\frac{2\pi}{3}$

+ Roto: là khối trụ lồng xóc quay quanh trục cố định, roto quay tốc độ  $<$  tốc độ quay của từ trường.

- Công suất tiêu thụ điện:  $P = 3P_p = 3U_p I_p \cos \varphi_p$

- Hiệu suất động cơ:  $H = \frac{P_{ich}}{P} \cdot 100\% = \frac{P - P_{hao\_phi}}{P} \cdot 100\%$

#### **Ghi chú:**

+ Biên độ từ trường tại tâm máy:  $B = 1,5B_0$  Với  $B_0$  là biên độ từ trường ở tâm do 1 cuộn dây tạo ra

+ Tốc độ quay từ trường tại tâm:  $f = p \cdot \frac{N}{t}$  Với cứ 3 cuộn dây là 1 cặp cực từ.

+ Khi sđđ trên 1 cuộn dây  $e_1 = E_0$  thì sđđ trên 2 cuộn dây còn lại:  $e_2 = e_3 = -\frac{E_0}{2}$

+ Khi sđđ trên 1 cuộn dây  $e_1 = 0$  thì sđđ trên 2 cuộn dây còn lại:  $e_2 = e_3 = \frac{E_0\sqrt{3}}{2}$

+ Cường độ dòng điện ây trung hòa (hình sao) khi tải không cân bằng:

$$i_{t.hoa} = i_{pha1} + i_{pha2} + i_{pha3} = I_{01} \angle \varphi_{i(pha1)} + I_{02} \angle \varphi_{i(pha2)} + I_{03} \angle \varphi_{i(pha3)}$$

- **Máy phát điện lý tưởng mắc vào mạch RLC:** Khi tốc độ quay của rôto là  $n_1$  và  $n_2$  thì cường độ dòng điện hiệu dụng (hoặc điện áp hiệu dụng hai đầu **điện trở R** hoặc **công suất mạch ngoài**) cùng giá trị. Khi tốc độ quay là  $n_0$  thì cường độ dòng điện hiệu dụng (hoặc điện áp hiệu dụng hai đầu **điện trở R** hoặc **công**

**suất mạch ngoài**) đạt cực đại. Mối liên hệ giữa  $n_1$ ,  $n_2$  và  $n_0$  là:  $\frac{1}{n_0^2} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{n_1^2} + \frac{1}{n_2^2} \right)$

- **Nối hai cực của một máy phát điện xoay chiều một pha** với hai đầu của đoạn mạch RLC mắc nối tiếp. Khi rôto của máy phát quay với tốc độ  $n_1$  hoặc  $n_2$  thì điện áp hiệu dụng giữa 2 đầu tụ điện (hoặc hệ số công suất mạch ngoài) có cùng giá trị. Khi rôto quay với tốc độ  $n_0$  thì điện áp hiệu dụng giữa hai đầu tụ (hoặc hệ số công suất mạch ngoài) đạt giá trị cực đại:  $n_0^2 = n_1 n_2$

# DAO ĐỘNG VÀ SÓNG ĐIỆN TỪ

## DAO ĐỘNG ĐIỆN TỪ

**1. Cấu tạo mạch dao động điện từ LC:** Mạch kín gồm tụ điện C và cuộn cảm thuần L.

**2. Hoạt động:** Tích điện cho tụ C (kích thích cho mạch dao động), sau đó chuyển khóa K nối cuộn dây L tạo thành mạch kín cho mạch dao động.

**3. Nguyên nhân gây ra dao động:** do hiện tượng **tự cảm** ở cuộn dây ( Tự cảm là trường hợp đặc biệt của hiện tượng cảm ứng điện từ).

**4. Chu kỳ, tần số:**

$$\begin{cases} \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{LC} \\ I_0 = \omega q_0 \Rightarrow \omega \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}, \dots \end{cases}$$

**5. PT dao động mạch LC:**

- Biểu thức điện tích trên tụ:  $q = q_0 \cos(\omega t + \varphi)$

- Biểu thức hiệu điện thế (điện áp) tức thời:  $u = \frac{q}{C} = \frac{q_0}{C} \cos(\omega t + \varphi) = U_0 \cos(\omega t + \varphi)$

- Biểu thức dòng điện tức thời:  $i = q' = -\omega q_0 \sin(\omega t + \varphi) = I_0 \cos(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2})$

**Ghi chú:**

+ Điện áp, điện tích trên tụ luôn biến thiên cùng tần số, cùng pha.

+ Dòng điện biến thiên cùng tần số nhưng nhanh pha  $\frac{\pi}{2}$  so với điện áp, điện tích.

+ Điện trường biến thiên trong khoảng giữa hai bản tụ:  $E = \frac{u}{d} = \frac{U_0}{d} \cos(\omega t + \varphi) \Rightarrow$  Biến thiên cùng tần số f, cùng pha với điện áp, điện tích tụ.

+ Từ trường (cảm ứng từ) ở cuộn dây:  $B = 4\pi \cdot 10^{-7} i \cdot N = B_0 \cos(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}) \Rightarrow$  Biến thiên cùng tần số f, cùng pha với dòng điện.

**6. Công thức độc lập thời gian:**

$$\begin{cases} q_0^2 = q^2 + \frac{i^2}{\omega^2} \quad (q \approx x, q_0 \approx A, i \approx v) \\ \frac{q^2}{q_0^2} + \frac{i^2}{I_0^2} = 1 \\ \frac{u^2}{U_0^2} + \frac{i^2}{I_0^2} = 1 \end{cases}$$

**7. Thời gian ngắn nhất điện tích từ  $q_1$  đến  $q_2$**  (Chỉ xét trên 1 bản – hai bản luôn nhiễm điện trái dấu)

$$\Delta t = \frac{\Delta \varphi}{\omega} = \frac{|\varphi_2 - \varphi_1|}{\omega} \quad \text{với} \quad \begin{cases} \cos \varphi_1 = \frac{q_1}{q_0} = \frac{u_1}{U_0} = \frac{i_1}{I_{\max}} \\ \cos \varphi_2 = \frac{q_2}{q_0} = \frac{u_2}{U_0} = \frac{i_2}{I_{\max}} \end{cases} \quad \text{và } (0 \leq \varphi_1, \varphi_2 \leq \pi)$$

**Ghi chú:**

+ Thời gian ngắn nhất triệt tiêu điện tích từ khi tích đầy:  $T/4$ .

Biên soạn: **Ths Lê Trọng Duy** - Trường PT Triệu Sơn, Thanh Hóa - <https://facebook.com/letrongduy0812>

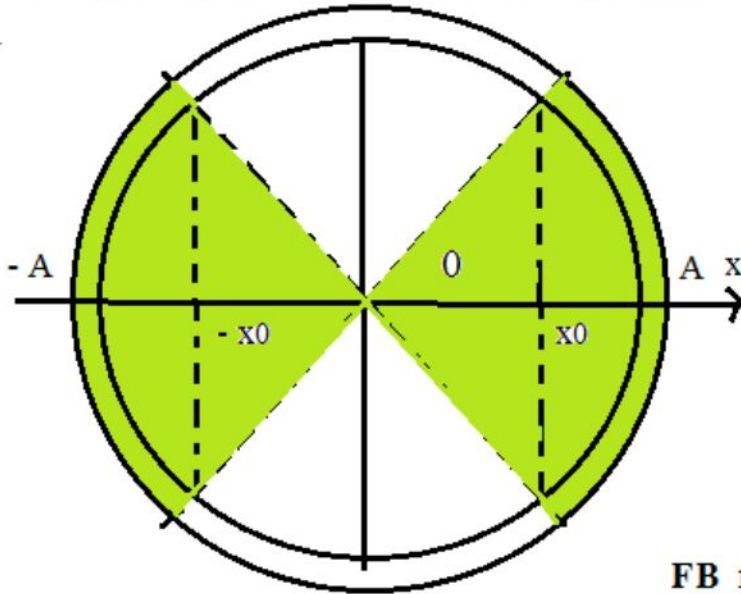
<https://www.facebook.com/groups/diem10vatly> - Luyện thi điểm 10 vật lý; câu hỏi hay, khó, lạ,... **Page 52**



+ Thời gian hai lần liên tiếp điện tích có độ lớn cực đại là:  $T/2$ .

+ Thời gian giữa hai lần liên tiếp điện tích triệt tiêu là:  $T/2$ .

+ Thời gian trong một chu kì mà **độ lớn** điện tích không vượt quá hoặc không nhỏ hơn giá trị  $q^*$



Vùng li độ có độ lớn không vượt quá ☐

Vùng li độ có độ lớn không nhỏ hơn ☐

$$\Delta t_{\text{không vượt quá}} = 4 \cdot \frac{\arcsin \frac{|x|}{A}}{\omega}$$

$$\Delta t_{\text{không nhỏ hơn}} = 4 \cdot \frac{\arccos \frac{|x|}{A}}{\omega}$$

FB facebook.com/letrongduy0812

### 8. Sự tương tự giữa dao động điện và dao động cơ.

Đại lượng cơ	Đại lượng điện		Dao động cơ	Dao động điện
X	q		$x'' + \omega^2 x = 0$	$q'' + \omega^2 q = 0$
V	i		$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$	$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
M	L		$x = A \cos(\omega t + \varphi)$	$q = q_0 \cos(\omega t + \varphi)$
K	$\frac{1}{C}$		$v = x' = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$	$i = q' = -\omega q_0 \sin(\omega t + \varphi)$
F	u		$A^2 = x^2 + \left(\frac{v}{\omega}\right)^2$	$q_0^2 = q^2 + \left(\frac{i}{\omega}\right)^2$
$\mu$	R		$F = -kx = -m\omega^2 x$	$u = \frac{q}{C} = L\omega^2 q$
$W_d$	$W_t (W_C)$		$W_d = \frac{1}{2} m v^2$	$W_t = \frac{1}{2} L i^2$
$W_t$	$W_d (W_L)$		$W_t = \frac{1}{2} k x^2$	$W_d = \frac{q^2}{2C}$

### 9. Năng lượng điện từ (Nội dung giảm tải).

- Năng lượng điện trường ( của tụ điện): 
$$\begin{cases} W_{\text{điện}} = \frac{1}{2} C u^2 = \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2} q u = \frac{1}{2} C U_0^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \\ W_{\text{điện(max)}} = \frac{1}{2} C U_0^2 = \frac{q_0^2}{2C} \end{cases}$$

- Năng lượng từ trường (của cuộn cảm): 
$$\begin{cases} W_{\text{từ}} = \frac{1}{2} L i^2 = \frac{1}{2} L I_0^2 \cos^2(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}) = \frac{1}{2} C U_0^2 \sin^2(\omega t + \varphi) \\ W_{\text{từ(max)}} = \frac{1}{2} L I_0^2 \end{cases}$$

- Năng lượng điện từ:  $W = W_d + W_t = \frac{1}{2} C U_0^2 = \frac{1}{2} L I_0^2$

#### Ghi chú:

+ Năng lượng điện từ mạch LC lý tưởng bảo toàn.

Biên soạn: **Ths Lê Trọng Duy** - Trường PT Triệu Sơn, Thanh Hóa - <https://facebook.com/letrongduy0812>

<https://www.facebook.com/groups/diem10vatly> - Luyện thi điểm 10 vật lý; câu hỏi hay, khó, lạ,... **Page 53**

+ Năng lượng  $W_{\text{dien}}$  và  $W_{\text{tu}}$  biến thiên với tần số góc  $2\omega$ , tần số  $2f$  và chu kỳ  $T/2$ .

+ Thời gian giữa hai lần liên tiếp dòng điện triệt tiêu, cực đại,... là  $T/2$ .

+ Thời gian ngắn nhất điện tích triệt tiêu sau khi tích điện đầy là  $T/4$ .

+  $i > 0$  ứng với dòng điện chạy đến bản tụ mà ta xét.

$$+ \text{ Khi } W_{\text{tu}} = n \cdot W_{\text{dien}} : \begin{cases} q = \pm \frac{q_0}{\sqrt{n+1}}, u = \pm \frac{u_0}{\sqrt{n+1}} \\ i = \pm \sqrt{\frac{n}{n+1}} I_0 \end{cases}$$

+ Bài toán đóng ngắt mạch LC:

- Đóng ( hoặc ngắt ) mạch vào thời điểm dòng điện qua cuộn dây cực đại: Năng lượng hoàn toàn tập chung ở cuộn dây  $\Rightarrow$  NL trước và sau khi đóng ngắt mạch bằng nhau

$$W' = W \Rightarrow \frac{1}{2} C_b' U_0'^2 = \frac{1}{2} C_b U_0^2 \Rightarrow U_0'.$$

- Đóng ( hoặc ngắt ) mạch vào thời điểm năng lượng tồn tại cả ở cuộn dây và tụ điện: Xác định năng lượng trên các tụ thành phần.

$$\begin{cases} W' = W - W_{(\text{dien})\text{tudi\`en} - \text{khongcontacdung}} \\ W' = \frac{1}{2} C_b' U_0'^2 \Rightarrow U_0' \end{cases}$$

## 10. Các dạng dao động khác (Nội dung giảm tải).

- **Dao động điện từ tắt dần:** hao phí do toả nhiệt trên điện trở của dây dẫn, cuộn cảm.

- **Dao động duy trì:**

+ Sử dụng tranzito bù lại năng lượng từ nguồn điện cho mạch dao động đúng bằng năng lượng hao phí trong một chu kì.

+ Dao động tuần hoàn; chu kì, tần số dao động duy trì = chu kì, tần số dao động riêng của mạch.

+ Công suất điện cần cung cấp duy trì dao động:

$$\begin{cases} \text{Cuongdo\_hieudung} : \frac{1}{2} L I_0^2 = \frac{1}{2} C U_0^2 \Rightarrow I = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} \\ \text{Cong\_suat\_can\_cungcap} : P_{CC} = \Delta P_{hp} = I^2 R \\ \text{Diennang\_can\_cungcap} : A_{CC} = P_{CC} \cdot t \end{cases}$$

- **Dao động cưỡng bức:**

+ Dao động của mạch LC chịu tác dụng của điện áp ngoài biến thiên điều hoà theo thời gian.

+ Đặc điểm:

- Dao động có tính tuần hoàn (dao động điện từ).
- Chu kì, tần số dao động cưỡng bức = chu kì, tần số của điện áp cưỡng bức.
- Biên độ dao động tỉ lệ với biên độ điện áp cưỡng bức và độ chênh lệch tần số dao động riêng và tần số điện áp cưỡng bức.

+ Cộng hưởng điện: (Vẽ hình tương tự cộng hưởng cơ có ảnh hưởng lực ma sát)

- Biên độ dao động đạt giá trị cực đại khi tần số riêng = tần số cưỡng bức.
- Ảnh hưởng của điện trở R: R lớn biên độ cưỡng bức khi có cộng hưởng bé và ngược lại.



# ĐIỆN TỪ TRƯỜNG. SÓNG ĐIỆN TỪ

## 1. Điện từ trường

- **Điện trường xoáy:** các đường sức điện là những **đường cong kín**.
- **Từ trường xoáy:** các đường sức từ là những **đường cong kín**.
- **Điện trường và từ trường có mối liên hệ mật thiết với nhau**, là hai thành phần của một trường thống nhất gọi là điện từ trường. Mỗi biến thiên của điện trường theo thời gian sinh ra xung quanh nó một từ trường xoáy biến thiên theo thời gian và ngược lại.

## 2. Thuyết điện từ Mac –xoen (Gồm 3 nội dung chính)

- Điện tích, điện trường; dòng điện, từ trường.
- Biến thiên của từ trường và điện trường xoáy.
- Biến thiên của điện trường và từ trường xoáy.

## 3. Sóng điện từ:

- **Sóng điện từ** là quá trình lan truyền của điện từ trường.

### - Đặc điểm sóng điện từ:

+ Là sóng ngang.

+ Trong quá trình truyền sóng, vec tơ  $\vec{B}$ ,  $\vec{E}$  luôn vuông góc với nhau và vuông góc với phương truyền sóng. Ba vécto  $\vec{v}$ ,  $\vec{E}$ ,  $\vec{B}$  tuân theo quy tắc tam diện thuận (hướng từ E sang B).

+ Điện trường và từ trường biến thiên tuần hoàn theo thời gian, không gian và luôn cùng pha.

+ Sóng điện từ truyền được cả trong 4 môi trường: rắn, lỏng, khí và chân không. Trong chân không sóng

điện từ lan truyền với tốc độ ánh sáng:  $v = c = 3.10^8$  m/s, trong MT chiết suất  $n$ :  $n = \frac{c}{v}$ .

+ Sóng điện từ mang theo năng lượng và tuân theo các quy luật phản xạ, khúc xạ, .... Năng lượng sóng tỉ lệ với lũy thừa bậc 4 của tần số.

+ Bước sóng:  $\lambda = V.T = 2\pi.v.\sqrt{LC}$

### 🔍 Ghi chú:

$$k_c = \frac{\Delta C}{\Delta \alpha} = \frac{C_{\max} - C_{\min}}{\alpha_{\max} - \alpha_{\min}}$$

+ **Tụ xoay:**

$$C = C_{\min} + k_c.\alpha$$

$$C = C_{\max} - k_c.\alpha$$

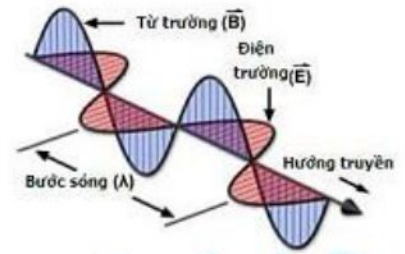
### + Ứng dụng sóng điện từ:

- Đo khoảng cách:  $d = \frac{vt}{2}$  Trong đó  $t$  là thời gian từ khi phát đến khi thu được sóng.

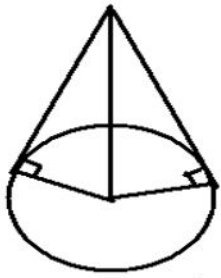
$$\text{- Đo tốc độ trung bình vật thể bay: } v_{\text{trung bình}} = \frac{|d_2 - d_1|}{\Delta t} = \frac{\left| \frac{vt_2}{2} - \frac{vt_1}{2} \right|}{\Delta t}$$

Với  $\Delta t$  là thời gian giữa hai lần đo;  $t_1$  là thời gian phát sóng - thu sóng lần đo 1;  $t_2$  là thời gian phát sóng - thu sóng lần đo 2.

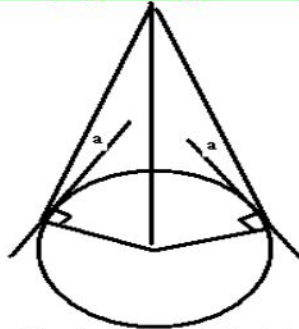
+ **Thu phát sóng bằng vệ tinh:**  $F_{\text{hấp thụ}} = F_{\text{phát xạ}} \Rightarrow G \frac{Mm}{(R+h)^2} = m\omega^2(R+h) \Rightarrow G \frac{M}{(R+h)^2} = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2(R+h)$







Sóng từ vệ tinh chùm xuống



Sóng từ mặt đất truyền lên vệ tinh, tạo mặt phẳng ngang góc là  $a$

#### 4. Phân loại sóng điện từ:

- Sóng dài:  $\lambda > 1000\text{m}$ , ứng dụng trong thông tin liên lạc dưới nước.
- Sóng trung: **100m đến 1000m**, ban ngày bị tầng điện li hấp thụ mạnh truyền đi xa kém, ban đêm ít bị hấp thụ nên truyền đi xa tốt.
- Sóng ngắn: **10m đến 100m**, phản xạ tốt trên tầng điện li, có 1 số vùng tương đối nhỏ không bị khí quyển hấp thụ nên dùng trong phát thanh vô tuyến.
- Sóng cực ngắn: **0,01m đến 10m**, năng lượng lớn, có khả năng xuyên qua tầng điện li, ứng dụng trong phát thanh, truyền hình vô tuyến và liên lạc vệ tinh.

#### 5. Sự phát và thu sóng điện từ:

- **Mạch thu và phát sóng điện từ:** Gồm mạch dao động LC ghép với anten. (Vẽ hình minh họa)
- **Nguyên tắc chung:**
  - + Phải dùng sóng điện từ cao tần.
  - + Tại nơi phát thực hiện biến điệu sóng: gửi sóng âm tần vào sóng cao tần  $\Rightarrow$  Tạo thành sóng mang.
  - + Ở nơi thu phải thực hiện tách sóng âm tần ra khỏi sóng cao tần.
  - + Thực hiện khếch đại sóng âm.
- **Sơ đồ khối của máy phát thanh vô tuyến đơn giản:**

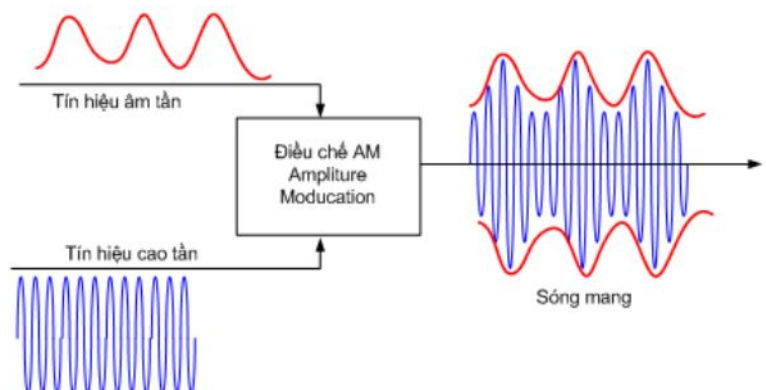
Máy phát	Máy thu
<p>(1): Micrô (nguồn âm).                  (2): Mạch phát sóng điện từ cao tần.                  (3): Mạch biến điệu.                  (4): Mạch khuyếch đại.                  (5): Anten phát.</p>	<p>(1): Anten thu.                  (2): Chọn sóng.                  (3): Tách sóng.                  (4): Khuyếch đại dao động điện từ âm tần.                  (5): Loa.</p>

- **Nguyên tắc thu sóng điện từ:** Dựa vào nguyên tắc **cộng hưởng điện từ** trong mạch LC ( $f = f_0$ )

#### Ghi chú:

+ Biến điệu sóng mang là **làm cho biên độ của dao động cao tần biến đổi theo chu kỳ của dao động âm tần.**

- + **Anten:** Dùng để thu hoặc phát sóng điện từ, có cấu tạo là mạch LC hở.
- + Anten thu thông thường là loại anten cảm ứng mạnh với thành phần **điện trường E**





- Phổ sóng vô tuyến điện dùng trong thực tế hiện nay (đọc thêm)

Tần số	Bước sóng	Tên gọi	Viết tắt	Công dụng
30 – 300 Hz	$10^4$ km- $10^3$ km	Tần số cực kỳ thấp	ELF	chứa tần số điện mạng xoay chiều, các tín hiệu đo lường từ xa tần thấp.
300 – 3000 Hz	$10^3$ km- 100 km	Tần số thoại	VF	chứa các tần số kênh thoại tiêu chuẩn.
3 – 30 kHz	100 km- 10 km	Tần số rất thấp	VLF	chứa phần trên của dải nghe được của tiếng nói. Dùng cho hệ thống an ninh, quân sự, chuyên dụng, thông tin dưới nước (tàu ngầm).
30 – 300 kHz	10 km-1 km	Tần số thấp	LF	dùng cho dẫn đường hàng hải và hàng không.
300 kHz - 3 MHz	1 km-100m	Tần số trung bình	MF	dùng cho phát thanh thương mại sóng trung (535 – 1605 kHz). Cũng được dùng cho dẫn đường hàng hải và hàng không.
3 - 30 MHz	100m-10m	Tần số cao	HF	dùng trong thông tin vô tuyến 2 chiều với mục đích thông tin ở cự ly xa xuyên lục địa, liên lạc hàng hải, hàng không, nghiệp dư, phát thanh quảng bá...
30 - 300 MHz	10m-1m	Tần số rất cao	VHF	dùng cho vô tuyến di động, thông tin hàng hải và hàng không. phát thanh FM thương mại (88 đến 108 MHz), truyền hình thương mại(kênh 2 đến 12 tần số từ 54 - 216 MHz).
300 MHz - 3 GHz	1m-10 cm	Tần số cực cao	UHF	dùng cho các kênh truyền hình thương mại từ kênh 14 đến kênh 83, các dịch vụ thông tin di động mặt đất, di động tế bào, một số hệ thống radar và dẫn đường, hệ thống vi ba và vệ tinh.
3 – 30 GHz	10 cm-1 cm	Tần số siêu cao	SHF	chủ yếu dùng cho vi ba và thông tin vệ tinh.
30 – 300 GHz	1 cm-1mm	Tần số cực kì cao	EHF	ít sử dụng trong thông tin vô tuyến.



# SÓNG ÁNH SÁNG

## TÁN SẮC ÁNH SÁNG. QUANG PHỔ

### 1. Tán sắc ánh sáng:

- Là sự phân tách ánh sáng phức tạp thành nhiều ánh sáng đơn sắc thành phần; trong đó: tia đỏ lệch ít nhất, tia tím lệch nhiều nhất.
- Khi tán sắc ánh sáng trắng ta thu được dải màu biến thiên liên tục từ: đỏ, da cam, vàng, lục, lam, chàm, tím; bảy màu nêu trên gọi là **7 màu cơ bản**, dải màu thu được gọi là **quang phổ**.
- Bước sóng lớn nhất là tia đỏ (760nm); ngắn nhất là tia tím (380nm)

### 2. Ánh sáng đơn sắc:

- Không bị tán sắc khi qua lăng kính, được đặc trưng bởi tần số f.
- Chiết suất của môi trường có trị khác nhau đối với những ánh sáng đơn sắc khác nhau, bước sóng càng lớn chiết suất càng bé và ngược lại.
- + Bước sóng lớn nhất là đỏ, bé nhất là tím.
- + Tần số và chiết suất bé nhất là đỏ, lớn nhất là tím.

**3. Ánh sáng trắng:** Là tập hợp của vô số ánh sáng đơn sắc biến thiên từ đỏ đến tím, bước sóng từ  $0,38\mu m(\lambda_{tím}) \rightarrow 0,76\mu m(\lambda_{đỏ})$ .

### 4. Bước sóng và màu sắc ánh sáng

- Ánh sáng đơn sắc là ánh sáng có một bước sóng xác định. Khi truyền từ môi trường này sang môi trường khác thì **tốc độ truyền sóng, bước sóng**,... có thể thay đổi nhưng **tần số không đổi**. **Tần số** lớn nhất là tia tím, nhỏ nhất là tia đỏ (Xét trong vùng nhìn thấy).
- Mọi ánh sáng đơn sắc mà ta nhìn thấy đều có bước sóng trong chân không (hoặc không khí) trong khoảng từ  $0,38\mu m$  (ánh sáng tím) đến  $0,76\mu m$  (ánh sáng đỏ).
- Ngoài các màu đơn sắc còn có các màu **không đơn sắc** là hỗn hợp của nhiều màu đơn sắc với những tỉ lệ khác nhau.

#### Ghi chú:

- Bước sóng khi truyền trong môi trường chiết suất n:  $\lambda' = \frac{\lambda}{n}$ ,  $\lambda$  là bước sóng trong chân không.

- Công thức chiết suất: 
$$\begin{cases} n = \frac{c}{v} \\ n = a + \frac{b}{\lambda^2} \end{cases} \quad \text{Trong đó: } [\lambda] = [\mu m]$$

- Tán sắc ánh sáng = lăng kính (xét A bé):

+ Góc lệch tia sáng:  $D = A(n-1)$ .

+ Góc lệch giữa hai tia đỏ và tím:  $\Delta D = D_{tím} - D_{đỏ}$ .

+ Bề rộng quang phổ trên màn cách LK 1 đoạn h:  $MN = h(Tan D_{tím} - Tan D_{đỏ})$

- Tán sắc ánh sáng = LCP (bể nước có độ sâu h): 
$$\begin{cases} \sin i = n_{đỏ} \cdot \sin r_{đỏ} \\ \sin i = n_{tím} \cdot \sin r_{tím} \\ MN = h(Tan r_{tím} - Tan r_{đỏ}) \end{cases}$$

- Công thức lăng kính (nội dung giảm tải):

$$+ \begin{cases} \sin i_1 = n \cdot \sin r_1 \\ \sin i_2 = n \cdot \sin r_2 \\ A = r_1 + r_2 \\ D = (i_1 + i_2) - A \end{cases}$$



+ Góc lệch cực tiểu:  $i_1 = i_2 \Rightarrow r_1 = r_2 = \frac{A}{2} \Rightarrow \sin \frac{D_{\min} + A}{2} = n \sin \frac{A}{2}$ .

- **Tán sắc ánh sáng = TK mỏng:** (nội dung giảm tải)

$$\begin{cases} \frac{1}{f_{do}} = (n_{do} - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \\ \frac{1}{f_{tim}} = (n_{tim} - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \Rightarrow \text{Be\_rong} : \Delta f = |f_{tim} - f_{do}| \\ \frac{f_{tim}}{f_{do}} = \frac{(n_{do} - 1)}{(n_{tim} - 1)} \end{cases}$$

**6. Máy quang phổ:** Là thiết bị dùng để phân tích chùm ánh sáng phức tạp tạo thành những thành phần đơn sắc. Máy quang phổ gồm có 3 bộ phận chính:

- **Ống chuẩn trực:** Gồm khe hẹp F và thấu kính hội tụ, tác dụng tạo ra **chùm tia song song**.
- **Hệ tán sắc:** Gồm 1 nhiều LK, tạo ra chùm tia **đơn sắc song song**.
- **Buồng tối (buồng ảnh):** Gồm thấu kính hội tụ và màn ảnh (kính mờ hoặc phim), tác dụng hội tụ tia đơn sắc  $\Rightarrow$  tạo ra ảnh của vạch quang phổ.

### 7. Các loại quang phổ

	Quang phổ liên tục	Quang phổ vạch phát xạ	Quang phổ vạch hấp thụ
<b>Định nghĩa</b>	Là một dải màu biến thiên liên tục. Nhiệt độ càng cao thì càng lan dần từ đỏ đến tím	Là hệ thống các vạch màu riêng rẽ ngăn cách nhau bằng những khoảng tối.	Là quang các vạch tối trên nền quang phổ liên tục.
<b>Nguồn phát</b>	Các chất rắn, chất lỏng và chất khí ở áp suất lớn bị nung nóng.	Các chất khí hay hơi ở áp suất thấp bị kích thích phát ra.	Đám khí hay hơi kim loại có nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ nguồn sáng phát ra quang phổ liên tục
<b>Tính chất</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Không phụ thuộc bản chất của vật, chỉ phụ thuộc nhiệt độ của vật.</li> <li>- Ở mọi nhiệt độ, vật đều bức xạ.</li> <li>- Khi nhiệt độ tăng dần thì cường độ bức xạ càng mạnh và miền quang phổ lan dần từ bức xạ có bước sóng dài sang bức xạ có bước sóng ngắn.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Phụ thuộc vào bản chất vật phát xạ, các nguyên tố khác nhau thì quang phổ khác nhau về vạch, số vạch, vị trí, độ sáng <math>\Rightarrow</math> quang phổ vạch đặc trưng riêng cho nguyên tố đó.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ở một nhiệt độ xác định, vật chỉ hấp thụ những bức xạ mà nó có khả năng phát xạ, và ngược lại.</li> <li>- Các nguyên tố khác nhau có quang vạch hấp thụ riêng đặc trưng cho nguyên tố đó.</li> </ul>
<b>Ứng dụng</b>	Đo nhiệt độ của vật	Xác định thành phần (nguyên tố), hàm lượng các thành phần trong vật. (Quang phổ vạch hấp thụ: <b>định tính</b> ; Quang phổ vạch phát xạ: <b>gồm cả định tính và định lượng</b> )	

**8. Hiện tượng đảo vạch quang phổ:** Nguyên tố có khả năng hấp thụ bức xạ nào thì cùng có khả năng phát xạ bức xạ đó



# NHIỄU XẠ VÀ GIAO THOA ÁNH SÁNG

**1. Nhiễu xạ ánh sáng:** Nhiễu xạ là hiện tượng ánh sáng không tuân theo quy luật truyền thẳng khi qua lỗ nhỏ, khe hẹp.

## 2. Giao thoa ánh sáng

- **Giao thoa:** là sự tổng hợp của hai hay nhiều ánh sáng kết hợp trong không gian, trong đó có những vị trí cường độ sáng tăng cường tạo thành vạch sáng, xen kẽ vị trí cường độ sáng triệt tiêu tạo thành vạch tối. (bong bóng xà phòng màu sắc sỡ => giao thoa)

- **Điều kiện giao thoa:** hai chùm sáng là hai chùm kết hợp, do các nguồn kết hợp sinh ra.

**Nhận xét:** Nhiễu xạ, giao thoa chứng tỏ ánh sáng có tính chất sóng.

## 3. Công thức giao thoa.

- **Hiệu quang trình:**  $\delta = d_2 - d_1 = \frac{ax}{D}$ .

- **Khoảng vân:** Là khoảng cách giữa hai vân sáng hoặc hai

vân tối liên tiếp  $i = \frac{\lambda D}{a}$

### Ghi chú:

+ Khoảng cách giữa n vân sáng hoặc vân tối liên tiếp:

$$(n-1).i$$

+ Khoảng cách 1 vân sáng và 1 vân tối liên tiếp:  $i/2$ .

+ Nếu thực hiện giao thoa trong môi trường chiết suất n:

$$i' = \frac{i}{n}$$

+ Ý nghĩa của khoảng vân: Xác định bước sóng ánh sáng.

- **Vân sáng:**  $d_2 - d_1 = k\lambda \Rightarrow$  Vị trí vân sáng:  $x = k \frac{\lambda D}{a} = k.i$

+  $k = 0$  là vân sáng trung tâm.

+  $k = \pm 1$  là vân sáng bậc 1.

+  $k = \pm 2$  là vân sáng bậc 2.

- **Vân tối:**  $d_2 - d_1 = (k + 1/2)\lambda \Rightarrow$  Vị trí  $x = (k + \frac{1}{2}) \frac{\lambda D}{a} = (k + \frac{1}{2}).i$

+  $k = 0, -1$  là vân tối thứ nhất.

+  $k = 1, -2$  là vân tối thứ 2,.....

## 4. Tại M có tọa độ $x_M$ là vân sáng hay tối:

$$+ x = k \frac{\lambda D}{a} \Rightarrow k = \frac{xa}{\lambda D}$$

+ Nếu k nguyên  $\Rightarrow$  M là vân sáng.

+ Nếu k bán nguyên  $\Rightarrow$  M là vân tối

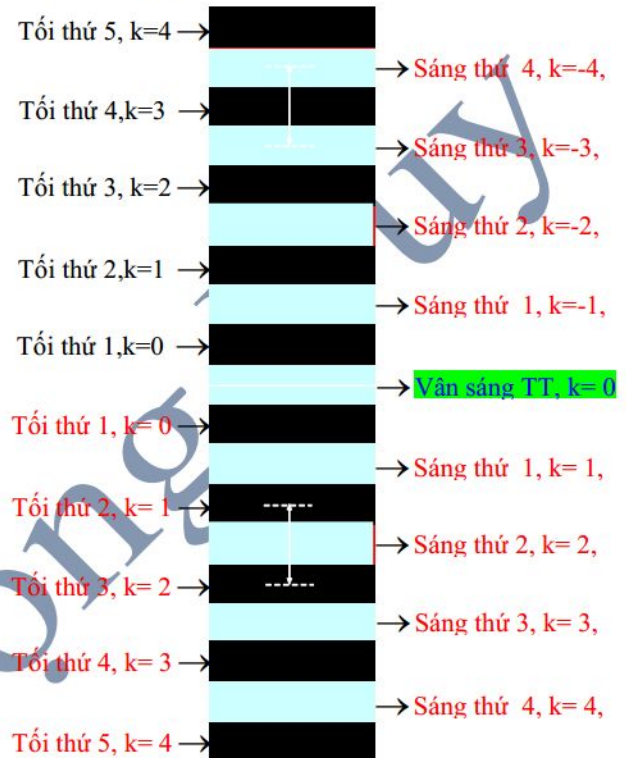
## 5. Giao thoa bằng 1 ánh sáng đơn sắc

- **Số vân sáng, tối trên trường giao thoa:**

$$+ \text{Vân sáng: } -\frac{L}{2} \leq ki \leq \frac{L}{2}$$

$$+ \text{Vân tối: } -\frac{L}{2} \leq (k + \frac{1}{2})i \leq \frac{L}{2}$$

- **Số vân sáng, tối giữa hai điểm MN cách trung tâm lần lượt  $x_M, x_N$  ( $x_M < x_N$ ):**





+ **Vân sáng:**  $x_M \leq ki \leq x_N - \frac{L}{2} \leq ki \leq \frac{L}{2}$

+ **Vân tối:**  $x_M \leq (k + \frac{1}{2})i \leq x_N$

**Ghi chú:**

+ M, N nằm cùng phía:  $x_M > 0, x_N > 0$ ; M, N khác phía:  $x_M < 0, x_N > 0$ .

+ Nếu 2 đầu MN là hai vân sáng: Số vân sáng ở trên MN là  $\frac{MN}{i} + 1$

+ Nếu 2 đầu MN là hai vân tối: Số vân sáng ở trên MN là  $\frac{MN}{i}$

+ Nếu đầu M vân sáng, N là vân tối: Số vân sáng ở trên MN là  $\frac{MN}{i} + 0,5$

## 6. Giao thoa bằng ánh sáng trắng

- Trung tâm là vân sáng trắng, xen kẽ hai bên là các dải màu cầu vồng, ngăn cách nhau = 1 khoảng tối.

- Bề rộng quang phổ bậc k:  $\Delta x = x_{do} - x_{tim} = k \frac{\lambda_{do} \cdot D}{a} - k \frac{\lambda_{tim} \cdot D}{a}$ .

- Số bức xạ có vân sáng, vân tối trùng nhau tại vị trí x:

$$\begin{cases} \text{Vansang : } x = k \frac{\lambda \cdot D}{a} \Rightarrow \lambda = \frac{x \cdot a}{k \cdot D} & (1) \\ \text{Vantoi : } x = (k + \frac{1}{2}) \frac{\lambda \cdot D}{a} \Rightarrow \lambda = \frac{x \cdot a}{(k + 1/2) \cdot D} & (2) \end{cases}$$

$0,38\mu m(tim) \leq \lambda \leq 0,76\mu m(do) \Rightarrow$  So \_ buc \_ xa = so \_ nghiem \_ k \_ nguyen \_ thoaman

## 7. Giao thoa bằng nhiều ánh sáng đơn sắc

- **Vân sáng trùng nhau:**  $x_1 = x_2 \Rightarrow k_1 \cdot \frac{\lambda_1 \cdot D}{a} = k_2 \cdot \frac{\lambda_2 \cdot D}{a} \Rightarrow \frac{k_1}{k_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{i_2}{i_1} = \frac{A}{B} = \frac{A \cdot n}{B \cdot n} \Rightarrow k_1 = A \cdot n$

+ Vị trí vân sáng trùng nhau:  $x = x_1 = k_1 \frac{\lambda_1 \cdot D}{a} = A \cdot n \frac{\lambda_1 \cdot D}{a}$

+ Số vân trùng nhau:  $\begin{cases} \frac{-L}{2i} \leq x \leq \frac{L}{2i} \\ x_M \leq x \leq x_N \end{cases}$

+ Khoảng cách nhỏ nhất giữa hai vân trùng màu vân trung tâm:  $\Delta x_{min} = A \frac{\lambda_1 D}{a}$  (n=1)

**Ghi chú:**

+ Số vân sáng quan sát được:  $N_{quansat} = N_1 + N_2 - N_{trungnhau}$ .

+ Số vân sáng đơn sắc giữa hai vân liên tiếp trùng màu vân trung tâm:  $(A-1)_{\lambda_1} + (B-1)_{\lambda_2}$ .

+ Chiều 3 bức xạ:  $\frac{k_1}{k_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}; \frac{k_2}{k_3} = \frac{\lambda_3}{\lambda_2}; \frac{k_1}{k_3} = \frac{\lambda_3}{\lambda_1} \Rightarrow$  Biểu diễn lần lượt  $k_1, k_2, k_3$

- **Vân tối trùng nhau:**  $x_1 = x_2 \Rightarrow (2k_1 + 1) \cdot \frac{\lambda_1 \cdot D}{2a} = (2k_2 + 1) \cdot \frac{\lambda_2 \cdot D}{2a} \Rightarrow \frac{2k_1 + 1}{2k_2 + 1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{i_2}{i_1} = \frac{A}{B} = \frac{A \cdot (2n + 1)}{B \cdot (2n + 1)}$

$\Rightarrow 2k_1 + 1 = A \cdot (2n + 1) \Rightarrow$  Vị trí vân tối trùng nhau:  $x = x_1 = (2k_1 + 1) \frac{\lambda_1 D}{2a} = A \cdot (2n + 1) \frac{\lambda_1 D}{2a}$ .

- **Vân sáng 1 trùng tối 2:**  $x_1 = x_2 \Rightarrow k_1 \cdot \frac{\lambda_1 \cdot D}{a} = (2k_2 + 1) \cdot \frac{\lambda_2 \cdot D}{2a} \Rightarrow \frac{k_1}{2k_2 + 1} = \frac{\lambda_2}{2\lambda_1} = \frac{i_2}{2i_1} = \frac{A}{B} = \frac{A \cdot (2n + 1)}{B \cdot (2n + 1)}$

$$\Rightarrow k_1 = A.(2n+1) \Rightarrow \text{Vị trí vân tối trùng nhau: } x = x_1 = k_1 \frac{\lambda_1 D}{a} = A.(2n+1) \frac{\lambda_1 D}{a}.$$

### **8. Sự dịch chuyển hệ vân giao thoa do nguồn, 2 khe chuyển động** (Nội dung giảm tải)

- Nguyên tắc chung: Luôn dịch chuyển về phía **nguồn trễ pha**, không làm khoảng vân thay đổi.
- Dịch chuyển vân do bản mỏng: Vân trung tâm dịch chuyển về phía khe đặt bản mỏng 1

$$\text{khoảng: } x_0 = (n-1) \frac{eD}{a}$$

- Dịch chuyển vân do nguồn S chuyển động // mặt phẳng chứa 2 khe : Vân trung tâm dịch chuyển ngược chiều chuyển động nguồn 1 khoảng  $x_0 = \frac{D}{d} . SS'.$

- Dịch chuyển vân do nguồn hai khe chuyển động // mặt phẳng chứa 2 khe : Vân trung tâm dịch chuyển cùng chiều chuyển động 2 khe 1 khoảng  $x_0 = \frac{D+d}{d} . II'.$



## TIA HỒNG NGOẠI, TỬ NGOẠI, RÖN- GHEN VÀ THANG SÓNG ĐIỆN TỬ

### 1. Các đặc điểm

	Tia hồng ngoại	Tia tử ngoại	Tia X
<b>Định nghĩa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Là <b>sóng điện từ</b> có bước sóng dài hơn 0,76 µm (đỏ)</li> <li>- Là bức xạ <b>không nhìn thấy</b> nằm ngoài vùng đỏ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Là <b>sóng điện từ</b> có bước sóng ngắn hơn 0,38 µm (tím)</li> <li>- Là bức xạ không nhìn thấy nằm ngoài vùng tím</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Là <b>sóng điện từ</b> có bước sóng từ <math>10^{-8}\text{m} \div 10^{-11}\text{m}</math> (ngắn hơn bước sóng tia tử ngoại)</li> <li>- Là bức xạ không nhìn thấy nằm ngoài vùng tím</li> </ul>
<b>Nguồn phát</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mọi vật nhiệt độ <math>&gt; 0\text{ K}</math></li> <li>- Điều kiện phát vào môi trường: Nhiệt độ vật <math>&gt;</math> nhiệt độ môi trường.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Các vật nhiệt độ <math>&gt; 2000^{\circ}\text{C}</math>.</li> <li>- Hồ quang điện, đèn hơi thủy ngân, các vật có nhiệt độ lớn hơn <math>3000^{\circ}\text{C}</math> là những nguồn phát tia tử ngoại mạnh. Mặt trời là nguồn phát ra tia tử ngoại rất mạnh (<b>9% năng lượng ánh sáng mặt trời</b>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ống röntgen, ống cu-lít-giơ</li> <li>- Khi cho chùm tia e có vận tốc lớn đập vào một đối âm cực bằng kim loại khó nóng chảy như vonfam hoặc platin</li> </ul>
<b>Tính chất</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tác dụng nhiệt mạnh (<i>Tính chất nổi bật – đặc trưng</i>).</li> <li>- Bị hơi nước, khí <math>\text{CO}_2</math> hấp thụ mạnh.</li> <li>- Gây ra phản ứng hoá học.</li> <li>- Tác dụng lên phim và kính ảnh hồng ngoại. (không tác dụng lên phim, kính ảnh thường)</li> <li>- Gây ra hiện tượng quang điện. (quang điện trong)</li> <li>- Có thể biến điệu như sóng điện từ.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bị nước, thủy tinh, ... hấp thụ mạnh.</li> <li>- Tác dụng rất mạnh lên kính ảnh.</li> <li>- Có thể làm một số chất phát quang.</li> <li>- Có tác dụng ion hoá không khí.</li> <li>- Có tác dụng gây ra một số phản ứng quang hoá, quang hợp.</li> <li>- Có một số tác dụng sinh lý: diệt khuẩn, huỷ diệt tế bào.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Có khả năng đâm xuyên mạnh nhưng bị lớp chì (kim loại nặng) vài mm cản lại.</li> <li>- Tác dụng rất mạnh lên kính ảnh.</li> <li>- Làm phát quang nhiều chất.</li> <li>- Có khả năng ion hóa các chất khí.</li> <li>- Có tác dụng sinh lý mạnh.</li> </ul>
<b>Ứng dụng</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sấy khô, sưởi ấm</li> <li>- Quay phim và chụp ảnh hồng ngoại</li> <li>- Điều khiển từ xa</li> <li>- Chụp ảnh bề mặt Trái Đất từ vệ tinh</li> <li>- Quân sự (tên lửa tự động tìm mục tiêu, camera hồng ngoại, ống nhòm hồng ngoại...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Khử trùng nước uống, thực phẩm</li> <li>- Chữa bệnh <i>còi xương</i></li> <li>- Xác định vết nứt trên bề mặt kim loại</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chiếu điện, chụp điện dùng trong y tế để chẩn đoán bệnh.</li> <li>- Chữa bệnh <i>ung thư</i>.</li> <li>- Kiểm tra vật đúc, dò bọt khí, vết nứt trong kim loại.</li> <li>- Kiểm tra hành lí hành khách đi máy bay.</li> </ul>
<b>Dụng cụ phát hiện</b>	hệ tán sắc và cặp nhiệt điện		

#### 🐼 Ghi chú:

+ Bước sóng nhỏ nhất của phổ tia Röntgen (tia X)

$$\frac{hc}{\lambda_{\min}} = eU_{AK} \Rightarrow hf_{\max} = eU_{AK}$$

+ Tia X cứng: Bước sóng ngắn, đâm xuyên tốt.

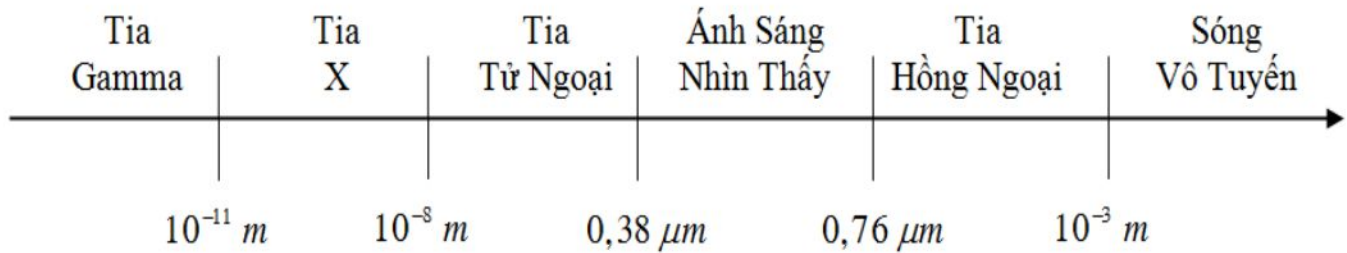
+ Tia X mềm: Bước sóng dài, đâm xuyên yếu.

### 2. Thang sóng điện từ.



- Sóng vô tuyến, tia hồng ngoại, ánh sáng nhìn thấy, tia tử ngoại, tia Ronghen, tia gamma đều có cùng bản chất là sóng điện từ, chỉ khác nhau về tần số (hay bước sóng). Các sóng này tạo thành một phổ liên tục gọi là

thang sóng điện từ. 
$$\begin{cases} \lambda_{\text{votuyendien}} > \lambda_{\text{hongngoai}} > \lambda_{\text{nhint hay}} > \lambda_{\text{tungoi}} > \lambda_{\text{Ronghen}} > \lambda_{\text{gama}} \\ f_{\text{votuyendien}} < f_{\text{hongngoai}} < f_{\text{nhint hay}} < f_{\text{tungoi}} < f_{\text{Ronghen}} < f_{\text{gama}} \end{cases}$$



- Các tia có bước sóng càng ngắn thì có tính đâm xuyên càng mạnh, dễ tác dụng lên kính ảnh, dễ làm phát quang các chất và dễ ion hóa chất khí. Các tia có bước sóng càng dài, ta càng dễ quan sát hiện tượng giao thoa nhiễu xạ.

- Mối liên hệ tính chất điện từ và tính chất quang:  $n = \frac{c}{V} = \sqrt{\epsilon\mu}$

**Ghi chú:** (Đọc thêm)

- + Tia âm cực – Tia catot: là dòng các electron chuyển động tốc độ lớn, mang điện tích âm.
- + Tia  $\alpha$  : là dòng các hạt nhân heli (hạt anpha -  ${}^4_2\text{He}$ ) mang điện tích (+).
- + Trái Đất nhận được 174 petawatts (PW) ( $10^{15}$ ) của bức xạ mặt trời đến (sự phơi nắng) ở phía trên không khí. Khoảng 30% được phản xạ trở lại không gian trong khi phần còn lại được hấp thụ bởi các đám mây, đại dương và vùng đất. phổ của ánh sáng năng lượng mặt trời ở bề mặt của Trái Đất là chủ yếu lây lan qua nhìn thấy được và cận hồng ngoại phạm vi với một vai nhỏ trong các cận tử ngoại.
- + Mặt trời là nguồn phát ra tia tử ngoại rất mạnh (**9% năng lượng ánh sáng mặt trời**).



# LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

## HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN NGOÀI. THUYẾT LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

### 1. Hiện tượng quang điện ngoài

- **Thí nghiệm Hez:** Dùng nguồn sáng hồ quang điện giàu tia tử ngoại chiếu vào tấm kẽm tích điện âm.
- **Quang điện ngoài:** là hiện tượng chiếu bức xạ (ánh sáng) có bước sóng thích hợp làm các e bật ra khỏi bề mặt kim loại. Các e bật ra gọi là các quang electron.

### 2. Định luật giới hạn quang điện.

- Định luật giới hạn quang điện:  $\lambda \leq \lambda_0$

### 3. Lượng tử năng lượng (Giả thuyết Plăng):

Lượng năng lượng mà mỗi lần nguyên tử, phân tử,... phát xạ hay hấp thụ có giá trị xác định gọi là lượng tử năng lượng:  $\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda}$ .

Trong đó:  $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$  hằng số Plăng

**Ghi chú:** Sự phát xạ hay hấp thụ của nguyên tử, phân tử,... có tính gián đoạn, không liên tục.

### 4. Lượng tử ánh sáng

- Chùm sáng là một chùm các hạt photon – lượng tử ánh sáng.
- Mỗi photon có năng lượng:  $\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda}$
- Cường độ chùm sáng tỉ lệ với số photon phát ra trong 1s.
- Nguyên tử, phân tử,... phát xạ hay hấp thụ ánh sáng cũng là phát xạ hay hấp thụ photon.
- Các photon chỉ tồn tại trong trạng thái chuyển động, chúng bay dọc theo tia sáng, trong chân không chuyển động vận tốc:  $v = c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

### 5. Lưỡng tính sóng hạt của ánh sáng

- Hiện tượng quang điện chứng tỏ ánh sáng có tính chất hạt.
- Ánh sáng vừa có tính sóng vừa có tính chất hạt  $\Rightarrow$  Gọi là lưỡng tính sóng – hạt. Trong mỗi hiện tượng ánh sáng thể hiện rõ nét 1 trong hai tính chất trên.
  - + Ánh sáng bước sóng càng lớn: tính sóng rõ nét, thể hiện ở khả năng giao thoa, nhiễu xạ, khúc xạ,...
  - + Ánh sáng bước sóng càng ngắn: tính hạt càng rõ nét, thể hiện ở khả năng đâm xuyên, ion hóa,...

### 6. Công thoát:

Năng lượng cần thiết để bứt e ra khỏi liên kết  
 $A = \frac{hc}{\lambda_0} \text{ (J)}, 1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$

### 7. Năng lượng và công suất chùm sáng

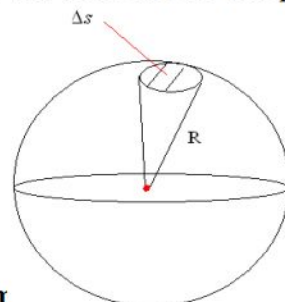
- Năng lượng chùm sáng gồm N photon:  $W = N \cdot \varepsilon = N \cdot \frac{hc}{\lambda}$ .

- Công suất chùm sáng:  $P_{\text{nguồn sáng}} = \frac{W}{t} = \frac{N \cdot \varepsilon}{t}$ .

### 8. Tính khoảng cách xa nhất mà mắt còn trông thấy nguồn sáng

- Gọi P là công suất của nguồn sáng phát ra bức xạ  $\lambda$  đẳng hướng, R là khoảng cách từ nguồn đến mắt;  $d_{\text{con người}}$  là đường kính của con người,  $n_0$  là độ nhạy của mắt (số photon ít nhất lọt vào mắt mà mắt còn phát hiện ra).

- Số photon do nguồn sinh ra trong thời gian  $t=1\text{(s)}$ :  $N = \frac{W}{\varepsilon} = \frac{Pt}{hc} = \frac{P \cdot \lambda}{hc}$





- Số photon ánh sáng đến diện tích  $\Delta s = \pi r_{\text{ConNguoi}}^2 = \pi \frac{d_{\text{ConNguoi}}^2}{4}$  của con người:  $n_{\text{ConNguoi}} = \frac{\Delta s}{4\pi R^2} \cdot N$
- Muốn nhìn được vật:  $n_{\text{ConNguoi}} \geq n_0 \Rightarrow$  Khoảng cách R

## 9. Công thức Anh – Xtanh về hiện tượng quang điện (Nội dung giảm tải)

- Công thức Anh – xtanh:  $\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0(\text{max})}^2 \Leftrightarrow \frac{hc}{\lambda} = A + eU_h$ .
- Hiệu suất quang điện:  $H = \frac{N_e}{N_\varepsilon}$  Trong đó: 
$$\begin{cases} I = \frac{q}{t} = \frac{N_e \cdot |e|}{t} \Rightarrow N_e \\ P_{\text{nguồnsáng}} = \frac{W}{t} = \frac{N_\varepsilon \cdot |e|}{t} \Rightarrow N_\varepsilon \end{cases}$$
- Hiệu điện thế hãm: Là hiệu điện thế ngược (âm) đặt vào hai cực A- K sao cho triệt tiêu hoàn toàn dòng quang điện (mọi e bật ra đều quay trở lại catot):  $\frac{1}{2}mv_{0(\text{max})}^2 = eU_h$  trong đó:  $U_h = -U_{AK}$

**Ghi chú:** Nếu chiếu đồng thời nhiều bức xạ thì chỉ cần xét cho bức có bước sóng nhỏ nhất (hoặc tần số lớn nhất).

- Dòng quang điện bão hòa: Cường độ lớn nhất, mọi e bật ra đều đi đến được anot.

## 10. Chuyển động của quang e trong từ trường (Nội dung giảm tải)

- Chuyển động dọc đường sức: quang e chuyển động thẳng đều theo phương, vận tốc ban đầu.
- Chuyển động vuông góc đường sức: quang e chuyển động tròn đều với bán kính  $R = \frac{mv}{|e|B}$

- Chuyển động xiên góc  $\alpha$ : quang e chuyển động theo đường đinh ốc với 
$$\begin{cases} R = \frac{m \cdot v \cdot \sin \alpha}{|e|B} \\ T = \frac{2\pi \cdot R}{v \cdot \sin \alpha} \\ h = v \cdot \cos \alpha \cdot T \end{cases}$$

## 11. Chuyển động quang e trong điện trường (Nội dung giảm tải)

- Động năng, vận tốc khi đến anot:  $W_d - W_{d0(\text{max})} = |e| \cdot U_{AK} \Rightarrow W_d = |e| \cdot U_{AK} + \frac{1}{2}mv_{0(\text{max})}^2$

- Gia tốc, thời gian, quãng đường: 
$$\begin{cases} F = |e| \cdot E = |e| \cdot \frac{U_{AK}}{d} \\ a = \frac{F}{m} = \frac{|e|U_{AK}}{m \cdot d} \\ v = v_0 + a \cdot t \\ v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot s \quad (\text{quangduong\_di}) \text{den\_khi\_dung : } v = 0 \end{cases}$$

**Ghi chú:**

- Điều kiện quang e chuyển động thẳng trong điện – từ trường:  $F_{\text{dien}} = f_{\text{lorenz}} \Rightarrow |e| \cdot E = |e| \cdot v \cdot B$

- Bán kính lớn nhất trên bề mặt anot:  $R = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot d^2}{q \cdot U_{AK}}} = 2d \sqrt{\frac{U_h}{U_{AK}}}$



## QUANG ĐIỆN TRONG. QUANG PHÁT QUANG VÀ LAZE

### 1. Quang điện trong.

- Là hiện tượng giải phóng các e và lỗ trống nằm trong khối bán dẫn khi được chiếu sáng thích hợp.
- Điều kiện xảy ra quang điện trong:  $\lambda \leq \lambda_0$  ( $\lambda_0$  có thể nằm trong vùng hồng ngoại).

### 2. Quang dẫn

- **Quang dẫn:** Là hiện tượng giảm mạnh điện trở (tăng độ dẫn điện) khi được chiếu sáng thích hợp.

**Chú ý:** Điện trở của quang điện trở có thể thay đổi từ vài megaôm khi không được chiếu sáng xuống đến vài chục ôhm khi được chiếu sáng

#### - Quang điện trở:

- + Nguyên tắc hoạt động: dựa vào quang điện trong - quang dẫn.
- + Cấu tạo: Lớp bán dẫn trên đó gắn các điện cực.
- + Hoạt động: Khi chưa chiếu sáng điện trở lớn không cho dòng chạy qua, khi chiếu sáng điện trở giảm mạnh cho dòng chạy qua  $\Rightarrow$  Tác dụng như 1 khóa điện điều khiển bằng as .
- + Ứng dụng: trong các thiết bị khuếch đại và điều khiển = ánh sáng.

#### - Pin quang quang:

- + Là thiết bị dùng biến đổi trực tiếp quang năng (bức xạ điện từ) thành điện năng.
- + Nguyên tắc hoạt động: dựa vào quang điện trong - quang dẫn.
- + Cấu tạo: Là lớp chuyển tiếp p-n trên đó gắn điện cực.
- + Suất điện động: 0,5 – 0,8V.
- + Hiệu suất: dưới 10%.
- + Ứng dụng: cung cấp điện sinh hoạt, các thiết bị viễn thông, vệ tinh, tàu thăm dò,...

### 3. Quang phát quang

- **Quang phát quang:** Là hiện tượng các chất hấp thụ bức xạ này để phát ra bức xạ khác. Bước sóng phát quang > bước sóng kích thích (định lý Stokes). Mỗi chất phát quang có một phổ đặc trưng.

- **Huỳnh quang:** hiện tượng phát quang gần như tắt ngay sau khi ngừng chiếu ánh sáng kích thích (dưới  $10^{-8}(s)$ ). Huỳnh quang thường là chất khí hoặc lỏng.

- **Lân quang:** Hiện tượng phát quang còn có thể kéo dài sau khi đã ngừng chiếu ánh sáng kích thích. Lân quang thường là chất rắn.

- **Ứng dụng:** đèn ống phát sáng, sơn phát quang,....

### 4. Sơ lược về laze

- **Laze** là một nguồn sáng có cường độ lớn, hoạt động dựa trên việc ứng dụng hiện tượng phát xạ cảm ứng .

- **Cách tạo laze:** bằng việc tạo ra sự đảo mật độ (tạo môi trường hoạt hóa) và dựa vào tác dụng hợp cộng hưởng quang học.

- **Phân loại:** Laze rắn, laze khí, laze bán dẫn.

- **Đặc điểm Laze:**

- + Tính đơn sắc rất cao, độ sai lệch tương đối:  $\frac{\Delta f}{f} \approx 10^{-15}$ .

- + Là một chùm sáng kết hợp.
- + Là chùm tia song song, tính định hướng rất cao.
- + Có cường độ rất lớn.

- **Một vài ứng dụng của laze**

- + Trong y tế: dao mổ, chữa bệnh ngoài da...
- + Trong thông tin liên lạc: sử dụng trong vô tuyến định vị, liên lạc vệ tinh, truyền tin bằng cáp quang...
- + Trong công nghiệp: khoan, cắt.. kim loại.
- + Trong trắc địa: đo khoảng cách, ngắm đường thẳng...
- + Trong giải trí: Công nghệ biểu diễn ánh sáng laze, trong các đầu đọc CD, bút chỉ bảng...

### 5. Hiện tượng phát xạ cảm ứng

- Nếu một nguyên tử đang ở trạng thái kích thích sẵn sàng phát ra photon có năng lượng  $\varepsilon = hf$  bắt gặp 1 photon có năng lượng  $\varepsilon' = \varepsilon$  bay lướt qua thì lập tức nguyên tử phát ra photon  $\varepsilon$  có cùng năng lượng, bay cùng phương



- Hai sóng điện từ hoàn toàn đồng pha, dao động trong 2 mặt phẳng song song.

## **6. Hiện tượng hấp thụ ánh sáng** (Chương trình NC – Nội dung giảm tải)

- **Hấp thụ ánh sáng:** Là hiện tượng môi trường vật chất làm giảm cường độ sáng truyền qua nó.
- **Định luật về sự hấp thụ ánh sáng:** Cường độ  $I$  của chùm sáng đơn sắc khi truyền qua môi trường hấp

thụ, giảm theo định luật hàm mũ của độ dài  $d$  của đường đi tia sáng  $I = I_0 e^{-\alpha d}$

Trong đó:  $I_0$  là cường độ của chùm sáng tới môi trường,  $\alpha$  là hệ số hấp thụ của môi trường.

- Hấp thụ ánh sáng của môi trường có tính chọn lọc lựa, hệ số hấp thụ của môi trường phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng.
- Chùm sáng chiếu vào một vật, gây ra phản xạ, tán xạ chọn lọc ánh sáng. Màu sắc các vật là kết quả của sự hấp thụ và phản xạ, tán xạ chọn lọc ánh sáng chiếu vào vật.



## MẪU NGUYÊN TỬ BOR

### 1. Mẫu hành tinh nguyên tử Ro – do – pho

- **Tâm nguyên tử:** là hạt nhân mang điện tích dương, kích thước bé nhưng chiếm phần lớn khối lượng nguyên tử.

- **Vỏ nguyên tử:** Gồm các electron chuyển động trên các quỹ đạo tròn quanh hạt nhân (Giống như các hành tinh chuyển động quanh mặt trời).

- Tổng điện tích hạt nhân có độ lớn = độ lớn điện tích lớp vỏ => nguyên tử trung hòa điện.

**Hạn chế:** Không giải thích được tính bền vững của nguyên tử và sự tạo thành quang phổ vạch nguyên tử.

### 2. Mẫu nguyên tử của Bo:

Trên cơ sở mẫu Ro- do – pho, bổ sung thêm hai **tiên đề** mang tính lượng tử

- **Tiên đề về trạng thái dừng:**

+ Nguyên tử chỉ tồn tại trong một số trạng thái có năng lượng xác định, gọi là các trạng thái dừng.

+ Khi ở trạng thái dừng nguyên tử không bức xạ, electron chuyển động quanh hạt nhân trên những quỹ đạo có bán kính hoàn toàn xác định gọi là quỹ đạo dừng.

**Hệ quả:**

+ Bán kính dừng của nguyên tử Hidrô:  $r = n^2 r_0$  với  $n$  là số nguyên và  $r_0 = 5,3.10^{-11}m$  là bán kính Bo.

+ Quy ước tên gọi quỹ:

N	1	2	3	4	5	6
Tên gọi	K	L	M	N	O	P

+ Bình thường nguyên tử tồn tại trạng thái cơ bản:  $n=1$  (năng lượng thấp nhất, electron chuyển động gần hạt nhân nhất)

+ Trạng thái kích thích thứ nhất:  $n=2$ , kích thích thứ hai:  $n=3, \dots$

+ Năng lượng ở trạng thái dừng: gồm động năng của e và thế năng tương tác của e và hạt nhân

$$E_n = W_{động năng} + W_{thế năng} = \frac{-13,6}{n^2} (eV)$$

+ Động năng, vận tốc chuyển động e trên quỹ đạo:  $F_{điện} = F_{ht} \Rightarrow \begin{cases} k \cdot \frac{e^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = k \cdot \frac{e^2}{2r} \\ k \cdot \frac{e^2}{r^2} = m\omega^2 r = m \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 r \end{cases}$

+ Năng lượng Ion hóa nguyên tử hidro ( làm mất e (đưa e ra xa vô cùng):  $\Delta W_{ion} = \frac{13,6}{n^2} (eV)$

- **Tiên đề về sự bức xạ và hấp thụ năng lượng của nguyên tử:**

+ Khi nguyên tử chuyển từ trạng thái dừng có năng lượng  $E_n$  sang trạng thái dừng có năng lượng  $E_m$  nhỏ

hơn thì nguyên tử phát ra một photon có năng lượng:

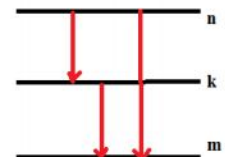
$$hf = E_n - E_m \Leftrightarrow \frac{hc}{\lambda_{nm}} = E_n - E_m$$

+ Ngược lại, nếu nguyên tử đang ở trạng thái dừng có năng lượng  $E_m$  mà hấp thụ được một photon có năng lượng  $hf$  đúng bằng hiệu  $E_n - E_m$  thì nó chuyển sang trạng thái dừng có năng lượng  $E_n$  lớn hơn.

**Ghi chú:**

+ **Công thức Ribet:**  $\frac{1}{\lambda_{nm}} = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$  Trong đó:  $m < n$  và  $R = 1,097.10^7$

+ Công thức liên hệ bước sóng, tần số:  $\frac{1}{\lambda_{nm}} = \frac{1}{\lambda_{nk}} + \frac{1}{\lambda_{km}} \Rightarrow f_{nm} = f_{nk} + f_{km}$



+ Số bức xạ tối đa của **đám nguyên tử** thu được:  $C_n^2 = \frac{n!}{(n-2)!2!}$  **Trong đó:**  $C_n^2$  là tổ hợp chập 2 của  $n$ .

+ Số bức xạ tối đa của **một nguyên tử** thu được:  $n - 1$

+ Nguyên tử có khả năng hấp thụ bức xạ nào thì có khả năng phát xạ đúng bức xạ đó.

+ So sánh mẫu Rodopho (Rutherford) và mẫu Bo: Giống nhau về mô hình nhưng khác nhau cơ bản về trạng thái dừng (tính lượng tử).

<http://thiquocgia.net> – Hệ thống quản lý ngân hàng câu hỏi, xuất đề thi và thi THPT quốc gia tất cả các môn !

+ Mẫu nguyên tử Bor **chỉ giải thích chính xác** cho nguyên tử Hidro và các ion tương tự, **không đúng** cho mọi nguyên tử.

Thầy Lê Trọng Duy



# HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ

## CẤU TẠO HẠT NHÂN. NĂNG LƯỢNG LIÊN KẾT

### 1. Cấu tạo hạt nhân:

- **Cấu tạo:** có kích thước rất nhỏ (khoảng  $10^{-14}$  m đến  $10^{-15}$  m) được cấu tạo từ các hạt nhỏ hơn gọi là nuclon. Có 2 loại nuclon:
  - + Proton: ký hiệu p mang điện tích nguyên tố +e,  $m_p = 1,0073u$ .
  - + Notron: ký hiệu n, không mang điện tích,  $m_n = 1,0087u$ .
  - + Số proton = Nguyên tử số Z, Tổng số proton và notron = Số khối A của nguyên tố  $\Rightarrow$  Số notron =  $A - Z$
- **Kí hiệu hạt nhân :**

- + Hạt nhân của nguyên tố X được kí hiệu:  ${}_Z^AX$
- + Kí hiệu này vẫn được dùng cho các hạt sơ cấp: Proton :  ${}_1^1p$ , Notron :  ${}_0^1n$ , Electron :  ${}_{-1}^0e^-$ ,

**Ghi chú:** Số hạt nhân, notron, proton trong m(gam) chất có mol khối M

- + Số hạt nhân nguyên tử:  $N = n_{mol} \cdot N_A = \frac{m}{M} \cdot N_A$  Với:  $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$

- + Số proton: N.Z, Số Notron: N.(A - Z).

### 2. Đồng vị

- Đồng vị là các nguyên tử mà hạt nhân có cùng số proton Z nhưng có số notron N khác nhau
- Phân loại: Đồng vị bền, đồng vị không bền.
- Các đồng vị có cùng số electron ở lớp vỏ nên chúng có **cùng tính chất hóa học.**

**VD:** Hidro có ba đồng vị:

- + Hidro thường  ${}_1^1H$  chiếm 99,99% hidro thiên nhiên
- + Hidro nặng  ${}_1^2H$  còn gọi là đơteri  ${}_1^2D$  chiếm 0,015% hidro thiên nhiên
- + Hidro siêu nặng  ${}_1^3H$  còn gọi là triti  ${}_1^3T$

**Ghi chú:** Xác định thành phần đồng vị nguyên tố: Gọi a là % của đồng vị  $X_1$  có khối lượng  $m_1$ , b là % của đồng vị  $X_2$  có khối lượng  $m_2$ , m là khối lượng trung bình nguyên tố. Khi đó:

$$\begin{cases} a + b = 100\% = 1 \\ a.m_1 + b.m_2 = m \end{cases} \Rightarrow a, b$$

### 3. Đơn vị khối lượng nguyên tử.

- **Đơn vị khối lượng nguyên tử** bằng 1/12 khối lượng nguyên tử của đồng vị các bon 12.

Kí hiệu u,  $1u = 1,66055 \cdot 10^{-27}(kg)$

- **Hệ thức Anh-xtanh** về khối lượng và năng lượng hạt nhân:  $E = mc^2$

Trong đó: + c : vận tốc ánh sáng trong chân không ( $c = 3 \cdot 10^8 m/s$ ).

+ m : Khối lượng nghỉ của vật, đơn vị: Kg

**Ghi chú:**

- + Khối lượng hạt nhân:  $m \approx Au$
- + Năng lượng nghỉ của 1 đơn vị khối lượng nguyên tử:  $1uc^2 = 931,5MeV \Rightarrow 1u = 931,5MeV/c^2$ .  
 $\Rightarrow MeV/c^2; eV/c^2$  cũng chính là **đơn vị khối lượng**.  $1eV = 1,6 \cdot 10^{-19} J$ ;  $1MeV = 1,6 \cdot 10^{-13} J$ .
- + Khối lượng tương đối tính, động năng.

- Năng lượng nghỉ:  $E_0 = m_0 c^2$ .

- Khối lượng của vật chuyển động với tốc độ v (khối lượng tương đối tính) là:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \geq m_0, \text{ với } m_0 \text{ là khối lượng nghỉ (khối lượng khi } v = 0).$$

- Năng lượng toàn phần (năng lượng nghỉ + động năng của hạt):

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = m_0 c^2 + W_d = E_0 + W_d \Rightarrow \text{Động năng : } W_d = E - E_0$$

**4. Lực hạt nhân:** là lực tương tác giữa các nuclon trong hạt nhân, là lực hút và có tác dụng liên kết các nuclon.

- Không phụ thuộc điện tích, không phải là lực tĩnh điện.
- Có bán kính tác dụng ngắn cỡ  $10^{-15} \text{ m}$
- Có tính bão hoà: 1 nuclon chỉ liên kết với những nuclon liền kề.
- Lực hạt nhân là lực trao đổi: Các nuclon liên kết với nhau thông qua trao đổi hạt mezôn

#### **5. Năng lượng liên kết của hạt nhân**

- **Độ hụt khối :** Khối lượng của một hạt nhân luôn luôn nhỏ hơn tổng khối lượng của các nuclon tạo thành hạt nhân đó. Độ hụt khối của hạt nhân:  $\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m({}_Z^A X)$

- **Năng lượng liên kết:**  $W_{LK} = \Delta m \cdot c^2$  (MeV) (Thay  $c=3 \times 10^8 \text{ m/s}$ )

- **Năng lượng liên kết riêng:** Là NL liên kết tính cho 1 nuclon.

$$+ W_R = \frac{W_{LK}}{A} \text{ (MeV/nuclon).}$$

+ Năng lượng liên kết riêng đặc trưng cho mức độ bền vững của hạt nhân, năng lượng liên kết riêng càng lớn thì hạt nhân nguyên tử càng bền vững.

+ Những hạt có khối lượng trung bình, nằm trong khoảng giữa bảng tuần hoàn (từ 50 -70) là bền nhất.



## PHẢN ỨNG HẠT NHÂN. PHẢN ỨNG PHÂN HẠCH VÀ NHIỆT HẠCH

### 1. Phản ứng hạt nhân

- **Khái niệm:** Phản ứng hạt nhân là mọi quá trình dẫn đến sự biến đổi hạt nhân.

- **Phân loại:**

+ Phản ứng hạt nhân tự phát: quá trình tự phân rã của một hạt nhân không bền vững thành các hạt nhân khác (Ví dụ: phóng xạ)

+ Phản ứng hạt nhân kích thích: quá trình các hạt nhân tương tác với nhau tạo ra các hạt nhân # (Ví dụ: Phân hạch, nhiệt hạch)

### 2. Các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân:

Xét phản ứng hạt nhân  ${}_{Z_1}^{A_1}A + {}_{Z_2}^{A_2}B \rightarrow {}_{Z_3}^{A_3}C + {}_{Z_4}^{A_4}D$

- Định luật bảo toàn số Nuclon (số khối A):  $\sum A_{Truoc} = \sum A_{Sau} \Leftrightarrow A_1 + A_2 = A_3 + A_4$

- Định luật bảo toàn điện tích:  $\sum Z_{Truoc} = \sum Z_{Sau} \Leftrightarrow Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$

- Định luật bảo toàn năng lượng:

$$\sum W_{Truoc} = \sum W_{Sau} \Rightarrow m_{truoc}c^2 + \sum W_{dongnang\_truocphanung} = m_{sau}c^2 + \sum W_{dongnang\_sauphanung}$$

- Định luật bảo toàn véc tơ động lượng:  $\sum \vec{P}_{Truoc} = \sum \vec{P}_{Sau} \Leftrightarrow \vec{P}_A + \vec{P}_B = \vec{P}_C + \vec{P}_D$

#### Ghi chú:

+ **Không có định luật bảo toàn khối lượng, bảo toàn proton, bảo toàn neutron, bảo toàn electron.**

+ Nếu phản ứng có bức xạ điện từ gamma:  $W_{toanphan} = mc^2 + W_d + hf$

### 3. Năng lượng phản ứng hạt nhân:

- **Năng lượng 1 phản ứng:**  $W = (m_{truoc} - m_{sau})c^2$  (thay  $u = 931,5 \text{ MeV}/c^2$ )

+ Nếu  $W > 0 \rightarrow$  phản ứng toả năng lượng

+ Nếu  $W < 0 \rightarrow$  phản ứng thu năng lượng

#### Ghi chú:

+ Khi tính vận tốc: đổi động năng ra đơn vị J, khối lượng ra Kg.

+ Qua trình phóng xạ, nhiệt hạch, phân hạch: Là các phản ứng **toả** năng lượng.

+ Tính năng lượng phản ứng theo NL liên kết, NL liên kết riêng, độ hụt khối:

- Năng lượng phản ứng theo năng lượng liên kết:

$$W = (W_{LK(C)} + W_{LK(D)}) - (W_{LK(A)} + W_{LK(B)})$$

- Năng lượng phản ứng theo năng lượng liên kết riêng:

$$W = (W_{R(C)} \cdot A_C + W_{R(D)} \cdot A_D) - (W_{R(A)} \cdot A_A + W_{R(B)} \cdot A_B)$$

- Năng lượng phản ứng theo độ hụt khối:

$$W = ((\Delta m_C + \Delta m_D) - (\Delta m_A + \Delta m_B))c^2$$

**Trong đó:** các hạt e, proton, neutron có độ hụt khối = 0, năng lượng liên kết = 0, NL liên kết riêng = 0.

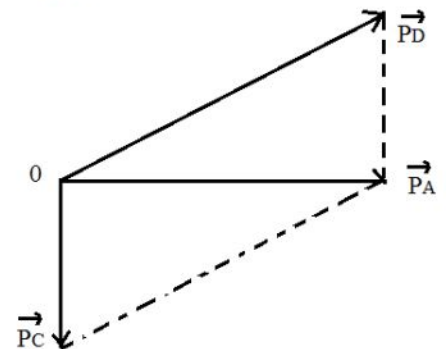
+ **Năng lượng do m (gam) phản ứng:**  $\sum W = N_{hatnhan} \cdot W_{1.Phan\_ung} = \frac{m}{M} N_A \cdot W_{1.Phan\_ung}$

+ Công thức liên hệ động lượng và động năng:  $P^2 = 2mW_d$

+ Áp dụng định luật bảo toàn động lượng: Dùng hạt A bắn vào hạt B đang đứng yên, tạo ra hai hạt C và D.

$$\vec{P}_{truoc} = \vec{P}_{sau} \Rightarrow \vec{P}_A = \vec{P}_C + \vec{P}_D \quad (\text{véc tơ } \vec{P}_A \text{ nằm giữa } \vec{P}_C \text{ và } \vec{P}_D)$$

Áp dụng công thức lượng giác xác định độ lớn





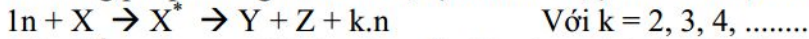
#### 4. Phản ứng phân hạch

- **Phân hạch** là hiện tượng một hạt nhân nặng hấp thụ một neutron chậm rồi vỡ thành hai hạt nhân nhẹ hơn.
- **Phân loại:**
  - + Phản ứng phân hạch tự phát (xác suất bé – ít xảy ra).
  - + Phản ứng phân hạch kích thích.

- **Phản ứng phân hạch kích thích:**

- + Năng lượng kích hoạt: Năng lượng tối thiểu cần cung cấp cho hạt nhân để có thể xảy ra phản ứng phân hạch, có giá trị khoảng vài MeV.

- + Phương pháp: Dùng neutron chậm (neutron nhiệt) bắn vào hạt nhân



- **Đặc điểm của sự phân hạch:** mỗi phản ứng phân hạch sinh ra từ 2 đến 3 neutron và tỏa ra một năng lượng khoảng vài trăm MeV gọi là năng lượng hạt nhân dưới dạng động năng của các mảnh tạo thành.

- **Phản ứng dây chuyền**

- + Nếu  $k < 1$  : Phản ứng dây chuyền tắt nhanh, không tự duy trì.

- + Nếu  $k = 1$  : Phản ứng dây chuyền tự duy trì, kiểm soát được. Năng lượng sinh ra không đổi.

- + Nếu  $k > 1$  : Phản ứng dây chuyền tự duy trì, không soát được. Năng lượng phát ra tăng nhanh và có thể gây ra bùng nổ.

**Ghi chú:**

- + Sản phẩm sau phân hạch không xác định, cùng là  $U^{235}$  nhưng sản phẩm có thể khác nhau.

- + Khối lượng tới hạn là khối lượng cần thiết bé nhất để phản ứng dây chuyền có thể xảy ra.

- + Nhà máy điện nguyên tử: Nhiên liệu của nhà máy điện nguyên tử là các thanh Urani đã làm giàu

, hoạt động ở chế độ  $k = 1$ , người ta đặt vào lò các thanh chứa Bo, Cadimi,... hấp thụ bớt các neutron. Năng lượng do phân hạch tỏa ra dưới dạng động năng của các hạt được chuyển thành nhiệt năng của lò và truyền đến nồi sinh hơi chứa nước. Hơi nước được đưa vào làm quay tua bin máy phát điện.

- + **Công suất lò phản ứng hạt nhân:**  $P = \frac{W_i}{t} = \frac{H \cdot W}{t}$  với  $W = N \cdot W_{toa} = \frac{m}{M} N_A \cdot W_{1\_phan\_ung}$  (đổi ra J với

$1MeV = 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} J$ ); H: Hiệu suất lò phản ứng;  $W_i$ : Năng lượng có ích

- + **Tổng số phân hạch dây chuyền:** Gọi  $k_0$  là hệ số nhân neutron,  $N_0$  là số phân hạch kích thích ban đầu thì

tổng số phân hạch xảy ra sau n phân hạch là:  $\sum N_{phanhach} = N_0 \cdot \frac{k_0^n - 1}{k_0 - 1}$

#### 5. Phản ứng nhiệt hạch

- **Phản ứng nhiệt hạch** là phản ứng kết hợp hai hay nhiều hạt nhân nhẹ thành một hạt nhân nặng hơn.

- **Điều kiện xảy ra phản ứng:**

- + Điều kiện nhiệt độ: nhiệt độ hỗn hợp cỡ triệu độ.

- + Điều kiện lo – sơn:  $n \Delta t \geq 10^{14} \div 10^{16} s/cm^3$  với n là mật độ hạt nhân;  $\Delta t$ : Thời gian duy trì nhiệt độ cao.

- **Năng lượng phản ứng:**

- + Là phản ứng tỏa năng lượng khoảng vài đến vài chục MeV.

- + Xét trên khối lượng so sánh, phản ứng nhiệt hạch tỏa năng lượng gấp 10 lần phản ứng phân hạch.

- **Trong vũ trụ:** phản ứng nhiệt hạch xảy ra trên các ngôi sao. Ví dụ: trong lòng Mặt Trời,

- **Trên trái đất:** Con người đã thực hiện được phản ứng nhiệt hạch dưới dạng không

kiểm soát được, ví dụ sự nổ của bom khinh khí (bom H). Con người chưa thực hiện được phản ứng nhiệt hạch kiểm soát.

**Ghi chú:** Gọi P là công suất phát xạ của Mặt Trời thì mỗi ngày đêm khối lượng Mặt Trời giảm đi một

lượng bằng

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{P \cdot t}{c^2}$$



## PHÓNG XẠ. CÁC DẠNG PHÓNG XẠ

### 1. Hiện tượng phóng xạ.

- **Phóng xạ** là hiện tượng phân hủy tự phát (tự xảy ra) của hạt nhân không bền tạo ra các tia phóng xạ và biến đổi thành hạt nhân khác
- **Các tia phóng xạ** không nhìn thấy được nhưng có thể phát hiện ra chúng do có khả năng làm đen kính ảnh, ion hóa các chất, bị lệch trong điện trường và từ trường...
- **Đặc điểm của hiện tượng phóng xạ:**
  - + Có bản chất là quá trình biến đổi hạt nhân.
  - + Có tính tự phát, không thể điều khiển được.
  - + Không chịu tác động của các yếu tố bên ngoài: áp suất, nhiệt độ, ...
  - + Là một quá trình ngẫu nhiên.

### 2. Các dạng phóng xạ.

#### - Phóng xạ alpha $\alpha$ :

- + Có bản chất là hạt nhân  ${}^4_2\text{He}$ , mang điện tích  $+2e$ , bị lệch về bản âm của điện trường, có khả năng gây ra sự ion hóa chất khí
- + Tốc độ chuyển động  $2.10^7$  m/s, trong không khí đi được vài cm.
- + So với hạt nhân mẹ, hạt nhân con ở vị trí lùi 2 ô trong bảng tuần hoàn và có số khối nhỏ hơn 4 đơn vị

#### - Phóng xạ beta trừ $\beta^-$ :

- + Chùm electron mang điện tích âm, bị lệch về bản dương của tụ điện, có khả năng ion hóa chất khí yếu hơn tia  $\alpha$  nhưng khả năng đâm xuyên mạnh hơn tia  $\alpha$ .
- + Tốc độ cỡ vận tốc ánh sáng, trong không khí đi được vài met, trong kim loại vài mm.
- + So với hạt nhân mẹ, hạt nhân con ở vị trí tiến 1 ô và có cùng số khối.

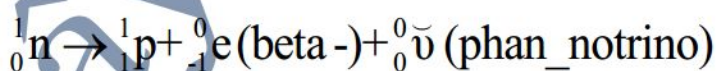
#### - Phóng xạ beta cộng $\beta^+$ :

- + Là chùm hạt positron có khối lượng như electron nhưng điện tích  $+e$ , bị lệch về bản âm của tụ điện, có khả năng ion hóa chất khí yếu hơn tia  $\alpha$  nhưng khả năng đâm xuyên mạnh hơn tia  $\alpha$
- + Tốc độ cỡ vận tốc ánh sáng, trong không khí đi được vài met, trong kim loại vài mm.
- + So với hạt nhân mẹ, hạt nhân con ở vị trí lùi 1 ô và có cùng số khối.

- **Tia gamma:** Bản chất là sóng điện từ có bước sóng rất ngắn (dưới 0,01nm), không bị lệch trong điện trường và từ trường, có năng lượng cao, có khả năng đâm xuyên lớn và nguy hiểm cho người.

**Ghi chú:** + Phóng xạ là phản ứng tỏa năng lượng.

- + Tia gamma có bản chất khác với tia alpha và beta
- + Sau phóng xạ, hạt con và hạt phóng xạ chuyển động ngược chiều nhau và có động năng tỉ lệ nghịch với khối lượng của chúng  $\Rightarrow$  Động năng hạt con bé hơn động năng của hạt phóng xạ
- + Trong phóng xạ  $\beta$  cộng còn sinh ra hạt neutrino và phóng xạ beta trừ sinh ra phản neutrino



### 3. Định luật phóng xạ

- **Chu kỳ bán rã:** Cứ sau mỗi chu kỳ thì 1/2 số nguyên tử của chất ấy đã biến đổi thành chất khác.

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} \quad \text{với } T \text{ là chu kỳ bán rã, } \lambda \text{ là hằng số phóng xạ}$$

**Lưu ý:**  $\lambda$  và  $T$  không phụ thuộc vào các tác động bên ngoài mà chỉ phụ thuộc bản chất bên trong của chất phóng xạ

- **Số nguyên tử chất phóng xạ còn lại sau thời gian  $t$ :**  $N = N_0 \cdot e^{\frac{-\ln 2}{T}t} = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}}$

- **Khối lượng chất phóng xạ còn lại sau thời gian  $t$ :**  $m = m_0 \cdot e^{\frac{-\ln 2}{T}t} = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}}$



Trong đó:  $N_0, m_0$  là số nguyên tử, khối lượng chất phóng xạ ban đầu

**Ghi chú:**

+ Dạng khác của biểu thức định luật phóng xạ:  $dN = -\lambda N dt$

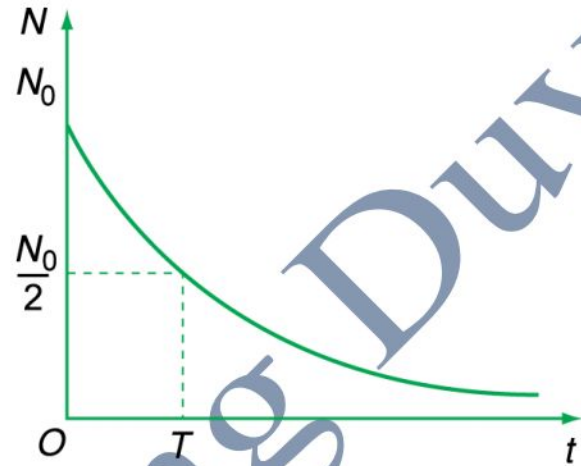
+ Số hạt sản phẩm = số hạt đã phân rã:  $N_{SP} = \Delta N = N_0 - N$

+ Khối lượng sản phẩm:  $m_{Sanpham} = \frac{A_{Sanpham}}{A_{me}} \Delta m_{me}$

+ % còn lại theo khối lượng:  $\frac{m}{m_0} 100\% = ?$

+ % phân rã theo số hạt nhân:  $\frac{\Delta m}{m_0} 100\% = ?$

+ Đồ thị định luật phóng xạ:



**4. Động năng hạt con:** Hạt nhân A đứng yên vỡ thành hai hạt B và C theo:  $A \rightarrow B + C$

$$\begin{aligned} + \vec{P}_{truoc} = \vec{P}_{sau} \Rightarrow \vec{0} = \vec{P}_C + \vec{P}_D \Rightarrow \vec{P}_C = -\vec{P}_D \Rightarrow \begin{cases} \vec{P}_C \uparrow \downarrow \vec{P}_D \\ P_C = P_D \Rightarrow 2m_C W_{d(B)} = 2m_D W_{d(D)} \Rightarrow \begin{cases} W_{d(B)} = \frac{m_D}{m_C} W_{d(D)} \\ W_{d(D)} = \frac{m_C}{m_D} W_{d(B)} \end{cases} \end{cases} \end{aligned}$$

$$+ W_{d(B)} + W_{d(C)} = (m_{truoc} - m_{sau})c^2 = W_{toa}$$

**5. Màn huỳnh quang, máy đếm xung**

- Số chấm sáng trên diện tích  $\Delta S$  của bình cầu bán kính R :

$$n = \frac{\Delta N}{4\pi R^2} \Delta S = \frac{N_0 - N}{4\pi R^2} \Delta S$$

- Chu kì bán rã :  $\frac{1 - X^m}{1 - X} = m' \Rightarrow$  Giải PT tìm X,  $\Rightarrow$  Chu kì bán rã T

Trong đó:  $+ X = e^{-\frac{\ln 2}{T} t}$ , ĐK :  $X > 0$ .

+  $m = \frac{t_2}{t_1}$  với  $t_1$  thời gian lần đo thứ nhất,  $t_2$  thời gian lần đo thứ hai.

+  $m' = \frac{n_2}{n_1}$  với  $n_1$  số xung đếm được ở lần đo thứ nhất,  $n_2$  số xung đếm được ở lần đo thứ hai.



## BAI ĐỌC THÊM: TỪ VI MÔ ĐẾN VĨ MÔ

### I. Hạt sơ cấp

**1. Hạt sơ cấp:** Hạt sơ cấp là những hạt có kích thước và khối lượng cỡ hạt nhân nguyên tử trở xuống. ví dụ: êlectron, prôtôn, notron, mêzôn, muyôn, pion

### 2. Các đặc trưng của hạt sơ cấp

#### a) Khối lượng nghỉ $m_0$

Hầu hết các hạt sơ cấp có khối lượng nghỉ khác không. Phôtôn có khối lượng nghỉ bằng không. Ngoài phôtôn, trong tự nhiên còn có một số các hạt khác có khối lượng nghỉ bằng 0, như hạt notrinô  $\nu$ , hạt gravitôn. Thay cho  $m_0$  người ta còn thường dùng đại lượng đặc trưng là năng lượng nghỉ  $E_0$  tính theo hệ thức Anh-xtanh  $E_0 = m_0 c^2$ . Chẳng hạn, êlectron có  $m_0 = 9,1.10^{-31} \text{kg}$  và  $E_0 = 0,511 \text{ MeV}$ ; prôtôn có  $m_0 = 1,6726.10^{-27} \text{kg}$  và  $E_0 = 938,3 \text{ MeV}$ .

#### b) Điện tích

Hạt sơ cấp có thể có điện tích  $Q = +1$  (tính theo đơn vị đo điện tích nguyên tố  $e$ ). Hoặc  $Q = -1$ , hoặc  $Q = 0$  (hạt trung hoà).  $Q$  được gọi là lượng tử điện tích, biểu thị tính gián đoạn của độ lớn điện tích các hạt.

#### c) Spin

Mỗi hạt sơ cấp có momen động lượng riêng và momen từ riêng đặc trưng cho chuyển động nội tại và bản chất của hạt. Momen này được đặc trưng bằng số lượng tử spin, kí hiệu là  $s$ . Momen động lượng riêng của hạt bằng  $s \frac{h}{2\pi}$  ( $h$  là hằng số Planck). Chẳng hạn, prôtôn và notron có spin  $s = \frac{1}{2}$ , nhưng phôtôn có spin bằng 1, pion có spin bằng 0.

#### d) Thời gian sống trung bình

Trong các hạt sơ cấp, chỉ có bốn hạt không phân rã thành các hạt khác, gọi là các hạt bền (prôtôn, êlectron, phôtôn, notrinô). Tất cả các hạt còn lại là các hạt không bền và phân rã thành các hạt khác. Trừ notron có thời gian sống dài, khoảng 932s, còn các hạt không bền đều có thời gian sống rất ngắn, cỡ từ  $10^{-24} \text{s}$  đến  $10^{-6} \text{s}$ .

### 3. Phản hạt

- Các hạt sơ cấp đều có phản hạt tương ứng
  - + Hạt sơ cấp có điện tích: phản hạt có cùng khối lượng, cùng độ lớn điện tích nhưng trái dấu
  - + Hạt sơ cấp không có điện tích: phản hạt có cùng khối lượng, cùng độ lớn mômen từ riêng (spin) nhưng ngược chiều
- Trong quá trình tương tác của các hạt sơ cấp, có thể xảy ra hiện tượng huỷ một cặp “hạt + phản hạt” có khối lượng nghỉ khác 0 thành các phôtôn, hoặc cùng một lúc sinh ra một cặp “hạt + phản hạt” từ những phôtôn. Ví dụ như quá trình huỷ cặp hoặc sinh cặp “êlectron + pôzitron”  
$$e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$$

$$\gamma + \gamma \rightarrow e^+ + e^-$$

### 4. Phân loại hạt sơ cấp

Người ta thường sắp xếp các hạt sơ cấp đã biết thành các hạt sau, theo khối lượng nghỉ  $m_0$  tăng dần.

**a) Phôtôn** (lượng tử ánh sáng) có  $m_0 = 0$ .

**b) Lepton**, gồm các hạt nhẹ như êlectron, muyôn ( $\mu^+, \mu^-$ ), các hạt tau ( $\tau^+ + \tau^-$ ),...

**c) Mêzôn**, gồm các hạt có khối lượng trung bình trong khoảng  $(200 \div 900)m_e$ , gồm hai nhóm: Mêzôn  $\pi$  và mezôn K.

**d) Barion**, gồm các hạt nặng có khối lượng bằng hoặc lớn hơn khối lượng prôtôn. Có hai nhóm barion là nuclôn và hipêron, cùng các phản hạt của chúng. Năm 1964, người ta đã tìm ra một hipêron mới đó là hạt ômega trừ ( $\Omega^-$ ). Tập hợp các mêzôn và các barion có tên chung là các hadrôn.

### 5. Tương tác của các hạt sơ cấp

**a) Tương tác hấp dẫn.** Đó là tương tác giữa các hạt vật chất có khối lượng. Bán kính tác dụng của lực hấp dẫn lớn vô cùng, nhưng so với các tương tác khác thì cường độ của tương tác hấp dẫn là rất nhỏ.

**b) Tương tác điện từ.** Đó là tương tác giữa các hạt mang điện, giữa các vật tiếp xúc gây nên ma sát ... Cơ chế tương tác điện từ là sự trao đổi phôtôn giữa các hạt mang điện. Bán kính tác dụng của tương tác điện từ xem như lớn vô hạn. Tương tác điện từ mạnh hơn tương tác hấp dẫn khoảng  $10^{37}$  lần.



**c) Tương tác yếu.** Đó là tương tác giữa các hạt trong phân rã  $\beta$ . Chẳng hạn, phân rã  $\beta^-$  là do tương tác yếu của bốn hạt notron, prôn, êlectron và phản notrinô theo phương trình:  $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$ . Tương tác yếu có bán kính tác dụng cỡ  $10^{-18}$  m và có cường độ nhỏ hơn tương tác điện từ khoảng  $10^{12}$  lần.

**d) Tương tác mạnh.** Đó là tương tác giữa các hadrôn, như tương tác giữa các nuclôn trong hạt nhân, tạo lên lực hạt nhân, cũng như tương tác dẫn đến sự sinh hạt hadrôn trong các quá trình va chạm của các hadrôn, tương tác giữa các hạt quac. Tương tác mạnh lớn hơn tương tác điện từ khoảng 100 lần và có bán kính tác dụng cỡ  $10^{-15}$  m (bằng bán kính hạt nhân).

### **6. Hạt quac (quark)**

**a)** Liệu các hạt sơ cấp có được cấu tạo bởi các hạt nhỏ hơn không ? Năm 1964, nhà vật lý Ghen- Man đã nêu ra giả thuyết : *Tất cả các hadrôn đều cấu tạo từ các hạt nhỏ hơn, gọi là quac* ( tiếng Anh : quark).

**b)** Có sáu hạt quac kí hiệu u, d, s, c, b và t. cùng với các quac, có sáu phản quac với điện tích có dấu ngược lại. Điều kì lạ là điện tích các hạt quac và phản quac bằng  $\pm \frac{e}{3}$ ,  $\pm \frac{2e}{3}$  trái ngược với quan niệm trước

đây cho rằng điện tích nguyên tố e là điện tích nhỏ nhất. Các hạt quac đã được quan sát thấy trong thí nghiệm, nhưng đều ở trạng thái liên kết ; chưa quan sát được hạt quac tự do.

**c) Các barion** là tổng hợp của ba quac. Chẳng hạn prôtôn được tạo nên từ ba quac (u,u,d), notron được tạo nên từ ba quac (u,d,d) (Hình 58.2).



**Hình 58.2. Cấu tạo của prôtôn (a) và notron (b)**

**d)** Một trong các thành công của giả thuyết về hạt quac là đã dự đoán được sự tồn tại của hạt ômega trừ ( $\Omega^-$ ) (s,s,s), mà sau đó đã tìm ra được bằng thực nghiệm với đầy đủ đặc trưng như dự đoán.

Cho đến nay, nhiều nhà vật lý đã thừa nhận sự tồn tại của hạt quac và như vậy, các hạt thực sự là sơ cấp (hiểu theo nghĩa là hạt không thể tách được thành các phần nhỏ hơn ) chỉ gồm các quac, các leptôn và các hạt truyền tương tác.

## **II. Hệ mặt trời, sao và các thiên hà**

### **1. Cấu tạo và chuyển động của hệ mặt trời**

#### **a. Hệ mặt trời bao gồm**

- Mặt Trời ở trung tâm Hệ (và là thiên thể duy nhất nóng sáng) ;
- Tám hành tinh lớn: xung quanh đa số hành tinh này còn có các vệ tinh chuyển động (Trái đất có một vệ tinh là mặt trăng) ;
- Các hành tinh tí hon gọi là tiểu hành tinh, các sao chổi, thiên thạch ... giữa quỹ đạo hoá tinh và một tinh người ta đã phát hiện được hàng ngàn tiểu hành tinh.
- Nếu kể từ mặt trời ra xa, thì tám hành tinh lớn lần lượt có tên gọi là: Thuỷ tinh (còn gọi là sao thuỷ), kim tinh (sao kim – “sao hôm – sao mai”), Trái đất, Hoả tinh (sao Hoả), Mộc tinh (sao mộc – hành tinh lớn nhất), Thổ tinh (sao thổ), Thiên vương tinh (hay thiên tinh), và Hải vương tinh (hay hải tinh).
- Để đo khoảng cách từ các hành tinh đến Mặt trời, người ta dùng đơn vị thiên văn (kí hiệu đvtv). 1đvtv bằng khoảng cách từ Trái đất đến Mặt trời, xấp xỉ bằng 150 triệu kilômét.

**b)** Điều đáng chú ý là tất cả các hành tinh đều chuyển động quang Mặt trời theo cùng một chiều (chiều thuận), và gần như trong cùng một mặt phẳng. Mặt trời và các hành tinh đều quay quanh mình nó và đều quay theo chiều thuận (trừ kim tinh). Toàn bộ hệ Mặt trời quay quanh trung tâm thiên hà của chúng ta .

**c)** Biết chu kì và bán trục lớn của quỹ đạo của các hành tinh ( xác định được bằng phương pháp thiên văn đo lường) từ định luật III Kê-ple người ta đã tìm thấy rằng khối lượng của Mặt trời lớn hơn khối lượng của Trái đất 333 000 lần, tức là bằng  $1,99.10^{30}$ kg (!).

### **2. Mặt trời**

**a) Cấu trúc của mặt trời:** Nhìn tổng quát, Mặt trời được cấu tạo gồm hai phần là quang cầu và khí cầu.

\* **Quang cầu.** Nhìn từ Trái đất ta thấy Mặt trời có dạng một đĩa sáng tròn và bán kính góc 16 phút ( Hình 59.5). khối cầu nóng sáng nhìn thấy này được gọi là quang cầu ( còn gọi là quang quyển, có bán kính khoảng  $7.10^5$  km)



Khối lượng riêng trung bình của vật chất trong quang cầu là  $1400 \text{ kg/m}^3$ . Căn cứ vào định luật bức xạ nhiệt người ta tính được nhiệt độ hiệu dụng của quang cầu vào khoảng  $6000 \text{ K}$ , còn nhiệt độ trong lòng Mặt trời vào cỡ trên chục triệu độ.

\* **Khí quyển Mặt trời.** Bao quanh quang cầu có khí quyển Mặt trời. Khí quyển Mặt trời được cấu tạo chủ yếu bởi hiđrô, heli... vì có nhiệt độ rất cao nên khí quyển có đặc tính rất phức tạp. Khí quyển được phân ra hai lớp có tính chất vật lý khác nhau là sắc cầu và nhật hoa.

Sắc cầu là lớp khí nằm sát mặt quang cầu có độ dày trên  $10\,000 \text{ km}$  và có nhiệt độ khoảng  $4500 \text{ K}$

Phía ngoài sắc cầu là nhật hoa (Hình 59.6). Vật chất cấu tạo nhật hoa ở trạng thái ion hoá mạnh (gọi là trạng thái plasma). Nhiệt độ khoảng 1 triệu độ. Nhật hoa có hình dạng thay đổi theo thời gian.

### **b) Năng lượng của Mặt trời**

Mặt trời liên tục bức xạ năng lượng ra xung quanh. Lượng năng lượng bức xạ của Mặt trời truyền vuông góc tới một đơn vị diện tích các nó một đơn vị thiên văn trong một đơn vị thời gian được gọi là hằng số Mặt trời  $H$ . Kết quả đo  $H$  ở các đài vật lý địa cầu trên thế giới và trên các trạm vũ trụ ngoài khí quyển cho thấy  $H$  có trị số như nhau và  $H = 1360 \text{ W/m}^2$ . Từ đó suy ra được công suất bức xạ năng lượng của Mặt trời là  $P = 3,9 \cdot 10^{26} \text{ W}$  !

Kết quả đo hằng số Mặt trời từ nhiều năm nay cho thấy trị số của  $H$  không thay đổi theo thời gian. Sở dĩ Mặt trời duy trì được năng lượng bức xạ của mình là do trong lòng Mặt trời đang diễn ra phản ứng nhiệt hạch.

### **c) Sự hoạt động của mặt trời**

\* Qua các ảnh chụp mặt trời trong nhiều năm, người ta thấy quang cầu sáng không đều, có cấu tạo dạng hạt, gồm những hạt sáng biến đổi trên nền tối, do sự đối lưu từ trong lòng Mặt trời đi lên mà thành (Hình 59.5). tùy theo từng thời kì còn xuất hiện nhiều dấu vết khác : vết đen, bùng sáng, tai lửa.

Vết đen có màu sẫm tối, nhiệt độ vết đen vào khoảng  $4000 \text{ K}$  (Hình 59.7 a). Thường thì từ khu vực xuất hiện vết đen có kéo theo những bùng sáng. Từ các bùng sáng này phóng mạnh ra tia X và dòng hạt tích điện (được gọi là “gió Mặt trời”). Ngoài ra còn có những tai lửa, đó là những “lưỡi” lửa phun cao trên sắc cầu (Hình 59.7b).

\* Năm Mặt trời có nhiều vết đen nhất xuất hiện được gọi là năm Mặt trời hoạt động. Năm Mặt trời có ít vết đen xuất hiện nhất gọi là năm Mặt trời tĩnh.

Qua theo dõi từ đầu thế kỉ XIX đến nay, người ta thấy sự hoạt động của mặt trời diễn ra theo chu kì và có liên quan đến số vết đen trên Mặt trời. Chu kì hoạt động của Mặt trời có trị số trung bình là 11 năm.

## **3. Trái đất**

Trái đất chuyển động quanh Mặt trời theo một quỹ đạo gần tròn. Trục quay của Trái đất quanh mình nó nghiêng trên mặt phẳng quỹ đạo một góc  $23^\circ 27'$ .

### **a) Cấu tạo của Trái Đất**

Trái Đất có dạng phỏng cầu ( hơi dẹt ở hai cực ), bán kính của xích đạo bằng  $6378 \text{ km}$ , bán kính ở hai cực bằng  $6357 \text{ km}$ . Khối lượng riêng trung bình là  $5520 \text{ kg/m}^3$  (Hình 59.8). Dựa vào các nghiên cứu tính chất truyền sóng địa chấn, người ta cho rằng Trái Đất có một cái lõi bán kính vào khoảng  $300 \text{ km}$ , có cấu tạo chủ yếu là sắt, niken (nhiệt độ ở phần này vào khoảng  $3000 \div 4000^\circ \text{C}$ ). Bao quanh lõi là lớp trung gian, và ngoài cùng là lớp vỏ dày khoảng  $35 \text{ km}$  được cấu tạo chủ yếu bởi đá granit. Vật chất ở trong vỏ có khối lượng riêng  $3300 \text{ kg/m}^3$ .

### **b) Mặt Trăng- vệ tinh của Trái đất**

Mặt trăng cách Trái Đất  $384\,000 \text{ km}$  có bán kính  $1738 \text{ km}$ , có khối lượng  $7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$  (Hình 59.9). Gia tốc trọng trường của Mặt trăng là  $1,63 \text{ m/s}^2$ . Mặt trăng chuyển động quanh Trái đất với chu kì  $27,32$  ngày. Trong khi chuyển động của Trái Đất, Mặt Trăng còn quay quanh trục của nó với chu kì đúng bằng chu kì chuyển động quanh Trái Đất. Hơn nữa, do chiều tự quay cùng chiều với chiều quay quanh Trái đất, nên Mặt Trăng luôn hướng một nửa nhất định của nó về phía Trái đất.

Do lực hấp dẫn bé nên Mặt Trăng không giữ được khí quyển. Nói khác, Mặt Trăng không có khí quyển. Bề mặt Mặt trăng được phủ một lớp vật chất xốp. Trên bề mặt Mặt Trăng có các dãy núi cao, có các vùng bằng phẳng được gọi là biển (biển đá, không phải là biển nước), đặc biệt là có rất nhiều lỗ tròn ở trên các đỉnh núi (có thể là miệng núi lửa đã tắt, hoặc vết tích va chạm của các thiên thạch).

Nhiệt độ trong một ngày đêm trên Mặt Trăng chênh lệch nhau rất lớn ; ở vùng xích đạo của mặt Mặt Trăng, nhiệt độ lúc giữa trưa là trên  $100^\circ \text{C}$  nhưng lúc nửa đêm lại là  $-150^\circ \text{C}$ . Mặt Trăng có nhiều ảnh hưởng đến



Trái Đất, mà rõ rệt nhất là gây ra hiện tượng thủy triều. Cần lưu ý rằng khí quyển Trái Đất cũng bị tác dụng của lực triều (triều), dâng lên và hạ xuống với biên độ lớn hơn biên độ của thủy triều rất nhiều lần.

#### **4. Các hành tinh khác. Sao chổi. Thiên thạch.**

- **Sao chổi:** là loại ( hành tinh) chuyển động quanh Mặt trời theo những quỹ đạo elip rất đẹp ( viễn điểm có thể vượt ra ngoài quỹ đạo của hành tinh xa nhất ). Hình 59.10 là ảnh chụp của sao chổi Ha- lley (Halley). Đặc điểm của các sao chổi là có kích thước và khối lượng nhỏ (thường có bán kính vài kilômét)

Được cấu tạo bởi các chất dễ bốc hơi như tinh thể băng, amôniac, metan.... Chu kì chuyển động của sao chổi quanh Mặt Trời khoảng từ vài năm đến trên 150 năm.

Khi sao chổi tiến gần đến Mặt Trời, do sao chổi có khối lượng bé, các phân tử hơi chịu tác động của áp suất ánh sáng Mặt Trời lớn hơn lực hấp dẫn nên bị “thổi” ra tạo thành các đuôi (Hình 59.11). Có những sao chổi thuộc loại thiên thể không bền vững.

- **Thiên thạch:** Thiên thạch là những khối đá chuyển động quanh Mặt Trời với vận tốc trên hành chục kilômét trên giây theo những quỹ đạo rất khác nhau. Khi một thiên thạch bay gần một hành tinh nào đó thì nó sẽ bị hút và có thể xảy ra sự va chạm của thiên thạch với hành tinh. Ban đêm ta có thể nhìn thấy những vệt sáng kéo dài vút trên nền trời, gọi là sao băng. Đó chính là thiên thạch bay vào khí quyển Trái Đất, bị ma sát mạnh, nóng sáng và bốc cháy.

#### **5. Sao và thiên hà**

**a. Sao:** Là thiên thể nóng sáng, giống như Mặt Trời, nhưng ở rất xa chúng ta. Các sao được tạo ra từ những đám tinh vân khổng lồ.

- Khối lượng của các sao quyết định sự tiến hoá của sao: Sao có khối lượng từ 0,1 -> 1 lần khối lượng mặt trời tiến hoá thành sao chất sáng, sao có khối lượng từ 10 -> 100 lần khối lượng mặt trời tiến hoá thành punxa, lỗ đen.

- Nhiệt độ các sao từ  $3000^0\text{ K}$  (lạnh nhất - màu đỏ) đến  $50.000^0\text{ K}$  (nóng nhất – màu xanh lam). Mặt trời nhiệt độ  $6000^0\text{ K}$  (màu vàng)

Có một số loại sao đặc biệt: sao biến quang, sao mới, Punxa, sao neutron,... Ngoài ra trong hệ thống các thiên thể trong vũ trụ còn có lỗ đen và tinh vân.

+ Lỗ đen: là thiên thể được cấu tạo từ neutron nhưng với mật độ lớn, kết quả tạo ra xung quanh trường hấp dẫn cực mạnh: hút mọi thứ về phía nó kể cả ánh sáng(bể cong ánh sáng)

+ Tinh vân: là những đám bụi khí khổng lồ

**b. Thiên hà:** Là một hệ thống gồm rất nhiều loại sao và tinh vân (vài trăm tỉ sao).

- Phân loại: Có 3 loại thiên hà chính

+ thiên hà xoắn ốc: Dạng dẹt như cái đĩa với những cánh tay chứa nhiều khí  
+ thiên hà êlíp: ít khí, khối lượng trải rộng, phát sóng vô tuyến mạnh  
+ thiên hà không định hình(thiên hà không đều): hình dạng không xác định giống như những đám mây.

- Thiên hà của chúng ta – ngân hà: thuộc loại thiên hà xoắn ốc, chứa hàng vài trăm tỉ ngôi sao, có đường kính khoảng 100.000 năm ánh sáng, là một hệ phẳng giống như một cái đĩa: Tâm ngân hà phẳng nhất dày 15.000 năm ánh sáng, vùng ngoài dày 330 năm ánh sáng. Hệ Mặt Trời của chúng ta cách trung tâm thiên hà khoảng 30.000 năm ánh sáng, quay quanh tâm ngân hà với vận tốc 250km/s . Thiên hà gần ngân hà chúng ta nhất là thiên hà TIỀN NỮ.

- Quazar: Là cấu trúc đặc biệt nằm ngoài thiên hà phát xạ mạnh bất thường sóng vô tuyến và tia X. Càng xa ngân hà mật độ quazar càng dày.

#### **c. Thuyết vụ nổ lớn (Big Bang)**

- Thuyết Big Bang cho rằng vũ trụ được tạo ra bởi một vụ nổ “vĩ đại” cách đây khoảng 14 tỉ năm, hiện nay tiếp tục đang giãn nở và loãng dần. Theo thuyết Big Bang, tại thời điểm  $t = 10^{-43}\text{ s}$  (thời điểm phẳng) vũ trụ kích thước  $10^{-35}\text{ m}$ , nhiệt độ  $10^{32}\text{ K}$ , mật độ khối lượng:  $10^{91}\text{ kg/cm}^3$  vũ trụ tràn ngập các hạt năng lượng cao: electron, quac,.. Các nuclôn được tạo ra sau vụ nổ lớn 1 giây; các hạt nhân nguyên tử đầu tiên sau 3 phút; các nguyên tử đầu tiên sau 300 nghìn năm; các sao, thiên hà sau 3 triệu năm.

- Các sự kiện thiên văn:

+ Số thiên hà trong quá khứ nhiều hơn hiện nay: Vũ trụ liên tục biến đổi  
+ Các thiên hà đang chạy xa hệ mặt trời, tốc độ chạy xa của thiên hà tỷ lệ với khoảng cách  $d$  giữa thiên hà và chúng ta ( định luật Hóp -bon):  $V = H.d$

Trong đó:  $H$  là hằng số Hóp – Bon,  $H = 1,7.10^{-2}\text{ m/s.năm ánh sáng}$  .

=> Quang phổ do các thiên hà phát ra mà máy thu thu được lệch về sóng dài (phía vạch đỏ)



+ Bức xạ nền của vũ trụ: phát ra đồng đều từ mọi phía, tương ứng với nhiệt độ 2,7 K (thường lấy 3 K), tương ứng bước sóng 3cm.

## THUYẾT BIG BANG

**MỞ ĐẦU:** Sự giải thích nguồn gốc của vũ trụ luôn là đề tài gây nhiều tranh cãi ở mọi thời đại. Bởi vì nó không chỉ mang ý nghĩa đơn thuần về mặt khoa học mà còn có ý nghĩa về mặt thế giới quan và phương pháp luận khoa học. Có nhiều giả thuyết về nguồn gốc của vũ trụ nhưng trong thế kỉ XX thuyết được nhiều người chấp nhận đó là thuyết Big Bang. Bài viết này sẽ giới thiệu một cách sơ lược về thuyết này.

### 1. THUYẾT BIG BANG LÀ GÌ?

Dựa trên lý thuyết của ngành vật lý các hạt cơ bản, qua những phương tiện quan sát, tính toán và kết quả thực nghiệm trong những máy gia tốc, vật lý thiên văn hiện đại cho rằng vũ trụ được tạo ra cách đây khoảng 14 tỷ năm do một vụ nổ Nguyên Thủy vĩ đại gọi là Big Bang (Vụ Nổ lớn). Vũ trụ Nguyên thủy chỉ là một đám sương mù mờ ảo. Theo những nghiên cứu của thiên văn học hiện đại, những thiên thể như sao, các hành tinh được hình thành từ những đám khí khổng lồ bị co và đông lại vì sức hút của trường hấp dẫn trong đám khí, rồi sau đó nổ tung ra.

Năm 1985 có một nhà vật lý đã nhận xét tại hội nghị khoa học: "Việc vũ trụ khởi đầu với Big Bang khoảng 14 tỷ năm trước cũng chắc chắn như Trái Đất quay xung quanh Mặt Trời". Vậy thuyết Big Bang như thế nào mà họ tin tưởng như vậy?

Không nên hình dung rằng Big Bang giống như vụ nổ của một quả pháo khổng lồ, mà bạn có thể đứng lảng ra một bên để quan sát. Ở đây không có một bên nào hết, vì Big Bang là biểu hiện ra đời của chính không gian, thời gian. Bây giờ chúng ta hãy xem cái gì đã xảy ra sau Vụ Nổ lớn ở các khoảng thời gian khác nhau.

**Từ điểm Zero Big Bang đến  $10^{-43}$  s.** Trong khoảng thời gian cực nhỏ nhưng quan trọng này chúng ta mới biết được rất ít, bởi vì các định luật vật lý, như chúng ta đã biết, đều không đúng ở đây.

**Ở  $10^{-43}$  s.** Nhiệt độ của vũ trụ khoảng  $10^{23}$  K và vũ trụ giãn nở rất nhanh. Khi đó quá trình giãn nở rất nhanh, nhiệt độ giảm đều cho tới khi đạt tới giá trị hiện nay khoảng 3 K.

**Từ  $10^{-43}$  s đến  $10^{-35}$  s.** Trong khoảng thời gian này, các lực mạnh, lực yếu và lực điện từ tác dụng như một lực duy nhất được mô tả bởi lý thuyết Thống nhất lớn, còn lực hấp dẫn tác dụng tách rời như hiện nay.

**Từ  $10^{-35}$  s đến  $10^{-10}$  s.** Lực mạnh tách ra, để lại lực điện từ, lực yếu và hấp dẫn vẫn còn tác dụng như một lực duy nhất.

**Từ  $10^{-10}$  s đến  $10^{-5}$  s.** Tất cả bốn lực đều tách biệt ra như hiện nay. Vũ trụ như một "món súp nóng" gồm các quark, lepton và photon.

**Từ  $10^{-5}$  s đến 3 phút.** Các quark kết hợp để tạo nên các mezon và barion. Vật chất và phản vật chất huỷ nhau quét đi phản vật chất và chỉ để lại một lượng dư nhỏ vật chất, từ đó tạo nên vũ trụ của chúng ta hiện nay.

**Từ 3 phút đến  $10^5$  năm.** Các proton và neutron kết hợp để tạo ra các nucleit nhẹ:  ${}^4_2\text{He}$ ,  ${}^3_2\text{He}$ ,  ${}^2_1\text{H}$  và  ${}^7_3\text{Li}$  với độ phổ cập đồng vị đúng như hiện nay. Vũ trụ là một plasma của các hạt nhân và electron.

**Từ  $10^5$  năm đến nay.** Bắt đầu thời kỳ này các nguyên tử được tạo thành. Vũ trụ trở nên trong suốt đối với các photon và bức xạ. Từ đây chúng bắt đầu một hành trình dài dằng dặc và nay mới đến được chúng ta như bức xạ nền vi ba. Rồi các các nguyên tử cụm lại để tạo ra các thiên hà, sau đó là các sao và các hành tinh, rồi hình thành chính bản thân chúng ta.

Có thể nói thuyết Big Bang là trí tuệ chung của nhiều nhà khoa học, được hình thành qua nhiều giai đoạn khác nhau, ở những địa danh khác nhau, mỗi giai đoạn có một cha đẻ tương ứng. Ta hãy lần lượt điểm qua các địa danh và cha đẻ của nó.

### 2. LỊCH SỬ HÌNH THÀNH THUYẾT BIG BANG:

a) Người cha thiên tài Albert Einstein (1879 - 1955) đưa con vũ trụ giãn nở mà lý thuyết tương đối tổng quát của mình đã đưa ra. Theo quan niệm lúc bấy giờ tất cả mọi người, dù là vĩ nhân hay thứ dân đều nghĩ rằng vũ trụ là dừng, là bất biến không thay đổi. Chính trên quan niệm đó mà Einstein đã rất bối rối khi tìm ra các nghiệm phương trình của chính mình, đúng ra là hai nghiệm mô tả vũ trụ hoặc là đang giãn nở hoặc là co lại. Ông đã chữa cháy bằng cách thêm vào phương trình của mình một số hạng chứa "Hằng số vũ trụ" để được một nghiệm mô tả vũ trụ dừng. Vài năm sau chính Einstein phải thừa nhận rằng: "Đây là sai lầm đẹp nhất trong đời (khoa học) của tôi".

b) Người cha bị rơi vào quên lãng Alexxandro Fried Mann (1888 - 1925). Bởi chính ông là một nhà khoa học nghiên cứu các vấn đề khí động học phục vụ pháo binh. Vào năm 1920, ông bắt đầu làm quen với các phương trình Einstein. Fried Mann đã loại bỏ ngay "Số hạng vũ trụ". Bằng giấy và bút chì ông đã giải được các phương trình Einstein. Tất cả các nghiệm được chia làm hai loại, dẫn đến hai mô hình vũ trụ giãn nở mãi mãi hoặc vũ trụ giãn nở đến một thời điểm nào đó rồi co lại do lực hấp dẫn lấn át xu hướng giãn nở. Như vậy trong trường hợp thứ hai toàn bộ vật chất sẽ tập trung tại một điểm, thể tích bằng không, siêu đặc, rồi sau đó



vũ trụ lại tham gia vào một pha giãn nở mới, rồi co lại, cứ như vậy. Đồng thời ông cũng tính được tuổi thọ của vũ trụ là 10 tỷ năm. Một kết quả đáng quý vào thời điểm bấy giờ. Nhưng tiếc thay Fried Mann không tiếp tục mà ông lại quay trở về công việc ban đầu của mình.

c) Người cha chính thức Georges Lemaitre (1894 - 1966) là một vị linh mục người Bỉ, đồng thời là một nhà khoa học rất lớn, Lemaitre phát hiện ra các công trình của nhiều nhà thiên văn Mỹ, trong đó có Edwin Hubble và rút ra kết luận là trong vũ trụ tồn tại nhiều thiên hà và các thiên hà đang chạy xa nhau với vận tốc lớn, bởi vì vũ trụ đang giãn nở. Ngoài ra Lemaitre đưa thêm một ý tưởng thiên tài rằng: vũ trụ có một thời điểm khởi đầu.

d) Người cha lơ đãng George Gamow (1904 - 1968): Vào những năm 40 vật lý hạt nhân đang còn ở giai đoạn thiếu thời, không ai có thể tin được ý tưởng siêu nguyên tử nguyên thủy của Lemaitre. Người ta cho rằng có thể lúc đầu toàn bộ vật chất vũ trụ tồn tại dưới dạng một khối neutron lạnh giá, một loại Vụ Nổ lớn lạnh. Gamow về phần mình lại tin vào Vụ Nổ lớn nóng, nóng khủng khiếp và đã giải thích được tỷ lệ các nguyên tố hoá học trong thiên nhiên: 72% Hidrô, 7% Heli còn tất cả những nguyên tố nặng hơn lại không đến 1%. Gamow cùng các đồng nghiệp cũng đã đề cập đến trụ cột thứ ba của thuyết Vụ Nổ lớn bằng cách cho rằng ngày nay vẫn phải còn tồn tại một dấu vết gì đó của nôi xúp nguyên thủy, đó là bức xạ "hoá thạch" soi sáng tận cùng sâu thẳm của vũ trụ. Ông cũng tính được bức xạ này có nhiệt độ là 5K. Đáng tiếc lúc bấy giờ điều tiên đoán này chẳng được ai quan tâm. Mãi đến năm 1965 mới có hai thanh niên nhảy lên vũ đài và đem lại thắng lợi lớn cho thuyết Vụ Nổ lớn của Gamow.

Như vậy bằng trí tuệ thiên tài, các nhà Thiên văn Vật lý đã đưa ra một mô hình lý thuyết về Vụ Nổ lớn Big Bang có sức thuyết phục nhất từ trước đến nay. Cho đến thời điểm này thì bằng những quan sát, thực nghiệm họ đã chứng minh được lý thuyết đã đưa ra là đúng đắn.

### 3. CÁC CHỨNG CỨ THỰC NGHIỆM:

Tại sao các nhà Thiên văn lại khẳng định vụ nổ này xảy ra cách đây 14 tỉ năm mà không phải là khoảng thời gian khác? Bởi theo trên sau Vụ Nổ lớn tạo ra không thời gian, vật chất được hình thành. Những đám mây bụi khí tích tụ hấp dẫn tạo thành các sao. Trong quá trình tích tụ này một phần năng lượng hấp dẫn được toả ra xung quanh và một phần làm nóng nhân của phôi sao. Phôi sao tiếp tục co cho đến nhiệt độ ở trong nhân có thể lên đến chục triệu độ. Từ đó các hạt nhân Hidrô chuyển động cực nhanh và do hiệu ứng đường ngầm tạo thành Đơteri rồi thành Heli sau đó năng lượng hạt nhân được giải phóng, áp suất bức xạ tăng mạnh làm ngừng sự co của phôi sao, chuyển sang giai đoạn ổn định, nhân của chúng đạt tới khối lượng vào khoảng 10 - 12% khối lượng của Mặt Trời. Thời gian này được tính theo:  $T = \frac{10^{10}}{M^3}$  năm. Trong đó M

tính theo đơn vị khối lượng của Mặt Trời. Như vậy Mặt Trời có thời gian ổn định vào khoảng 10 tỉ năm. Các sao nhỏ hơn thì có thời gian ổn định dài hơn. Nhưng ta chỉ quan tâm tới các sao có khối lượng 10 - 12% khối lượng của Mặt Trời thì thấy trị số T đều phải nhỏ hơn  $15.10^9$  năm. Bằng kính viễn vọng Hubble các nhà Thiên văn quan sát được các thiên hà, các sao có tuổi thấp hơn giá trị 15 tỉ năm.

Sự phát hiện ra bức xạ tàn dư Gamow đã tiên đoán là một trong những bằng chứng hùng hồn cho sự đúng đắn của thuyết Big Bang. Vào năm 1965, hai chàng kỹ sư trẻ tuổi dùng bàn chải kỳ cọ nhẹ nhàng ăngten Radiô có dạng cái phễu kích thước 1,2m. Thiết bị siêu nhạy này của công ty Bell Telephone được lắp đặt vào năm 1960 ở Gawford Hill, tiểu bang New Jersey, với mục đích thu nhận các tín hiệu Radiô từ vệ tinh ECHO (nhưng lúc đó không dùng nữa!). Robert W. Wilson và Arno Penzias (hai chàng kỹ sư trẻ tuổi: 31 và 34 tuổi lúc bấy giờ) quyết định dùng ăngten này để đo bức xạ radiô của môi trường giữa các sao trong Thiên hà của chúng ta ở bước sóng 7,35 cm. Penzias và Wilson vừa tốt nghiệp đại học không lâu, cả hai chưa bao giờ nghe nói về sự tồn tại bức xạ tàn dư được Gamow tiên đoán. Sau vài tuần lễ đo đạc, hai thanh niên này bắt đầu sốt ruột vì luôn luôn thu được một tiếng ồn radiô cường độ không đổi, dù ăngten được quay đi hướng nào chẳng nữa. Rõ ràng bức xạ đó không thể được phát ra từ Thiên hà của chúng ta, vì khi đó nó sẽ phụ thuộc định hướng tương đối của ăngten so với mặt phẳng Thiên hà. Họ nghĩ: "hay tiếng ồn do chính ăngten gây ra?". Các bộ phận được lau chùi rồi kiểm tra đi, kiểm tra lại; kết quả: bức xạ thu được vẫn như cũ không gì thay đổi. Vậy chỉ còn cách thừa nhận rằng tiếng ồn radiô đó đến từ nơi tận cùng của vũ trụ, rất xa bên ngoài Thiên hà của chúng ta. Penzias bèn gọi điện thoại ngay cho Robert Dicke (người đã trình bày tiên đoán của Gamow trong một Cinema vật lý) và ông này bị kích thích cao độ phóng ngay đến Crawford Hill. Không còn nghi ngờ gì nữa trong ống nghe của ăngten, Dicke đang nghe được một "giai điệu" tồn tại từ nhiều tỉ năm, chứng tích mong đợi của những thời điểm đầu tiên của vũ trụ. Chính ông cũng đang lắp đặt một radiô trên nóc đại học Princeton nhằm mục đích thu lấy bức xạ đó. Phát hiện của Penzias và Wilson đã tạo công ăn việc làm cho cả ngàn nhà Vật lý trong suốt 20 năm. Người ta tính toán đo đạc kỹ lưỡng và đi đến kết luận chính xác là bức xạ nền vũ trụ, có nhiệt độ  $2,7^0K$ . Đây là cột thứ ba của thuyết Vụ Nổ lớn, đem lại chiến thắng cho lý thuyết này.

Cũng theo lý thuyết quá trình tổng hợp các nguyên tố nhẹ như: Đơteri, Heli và Liti ( ${}^7Li$ ) là được tạo ra.

Một hiện tượng quan sát để củng cố giả thuyết này là kết quả đo độ giàu các nguyên tố nhẹ. Những tính toán



Lý thuyết tiên đoán có khoảng 25% Proton và Nơtron được tổng hợp để biến thành Heli (He). Nguyên tố Heli được quan sát thấy trong Thiên hà của chúng ta và trong nhiều Thiên hà khác. Mỗi khi quan sát ta thấy tỉ lệ Heli không thay đổi từ thiên thể này sang thiên thể khác và bao giờ cũng đồng đều là 25%. Kết quả quan sát này chứng minh là Heli được chế tạo ra bởi Vụ Nổ lớn. Trái lại, độ giàu của những nguyên tử nặng hơn Heli như Cacbon, Silic và Sắt thay đổi rất nhiều tùy theo các thiên thể. Lý do là những nguyên tử nặng chỉ được tạo ra trong những ngôi sao qua những phản ứng tổng hợp nhiệt hạch. Trong những vụ sao nổ, vật chất trong sao bắn ra môi trường xung quanh giữa các ngôi sao, rồi ngưng tụ lại để tạo thành những ngôi sao thế hệ thứ hai chứa các nguyên tử nặng.

Sau Vụ Nổ lớn vũ trụ dần nở và nhiệt độ giảm dần. Những hạt Phôtôn có năng lượng cao có thể tạo thành hạt và phản hạt. Ngược lại, một hạt gặp một phản hạt thì tự hủy biến thành ánh sáng. Nếu sự tạo ra hạt và phản hạt là một hiện tượng đối xứng thì vũ trụ phải có hai loại hạt và phản hạt. Nhưng nếu số lượng của hạt bằng phản hạt và hai loại hạt đã tự hủy thì vũ trụ chỉ là một vũ trụ ánh sáng không có vật chất, thiên hà, sao, hành tinh, động vật, thực vật... như ngày nay. Trên thực tế thì vũ trụ chỉ có vật chất (hạt) mà không có phản vật chất (phản hạt). Lý do là những định luật vật lý chi phối quá trình tạo ra các hạt và phản hạt không hoàn toàn cân đối và tạo ra nhiều hạt hơn. Những thí nghiệm trong máy gia tốc cho biết là phản ứng tự hủy giữa các hạt và phản hạt để dư lại một ít hạt. Sau khi tự hủy số lượng còn lại của vật chất trong vũ trụ nguyên thủy chỉ cần nhiều hơn một phần tỉ số lượng của phản vật chất là đủ để tạo ra vũ trụ vật chất ngày nay. Các nhà Vật lý đưa ra một số đề nghị độc đáo về vũ trụ nguyên thủy dựa trên lý thuyết của vật lý các hạt. Họ đề nghị vào thời điểm  $10^{-36}$ s, sau khi được tạo ra vũ trụ dần nở cực nhanh theo hàm số mũ trong một thời gian cực nhỏ. Trong thời gian này gọi là thời đại "lạm phát", kích thước của vũ trụ tăng lên ít nhất 30 lần! Sau đó vũ trụ tiếp tục dần nở chậm dần như tỉ lệ với thời gian trong hàng tỉ năm. Giả thuyết vũ trụ trải qua một thời đại lạm phát có thể giải quyết được một số vấn đề. Chẳng hạn như ta đã biết bức xạ nền vũ trụ có nhiệt độ đồng đều phát ra từ các hướng. Nếu thế nhiệt độ vũ trụ nguyên thủy cũng phải đồng đều. Ngược lại ta có thể hình dung một mô hình vũ trụ nguyên thủy, trong đó tuy có những điều kiện vật lý ban đầu khác nhau và không đồng đều, nhưng đã phát triển tới trạng thái đồng đều ta quan sát thấy hiện nay. Chính sự dần nở lạm phát ban đầu đã san phẳng phần nào sự không đồng đều của vũ trụ. Lý thuyết lạm phát còn giải thích được tại sao vũ trụ ngày nay lại phẳng, tức là có bán kính rất lớn,  $3 \cdot 10^{23}$  km, tức là 30 tỉ năm ánh sáng. Cũng theo lý thuyết này, nếu vũ trụ nguyên thủy không dần nở rất nhanh trong thời gian lạm phát thì vũ trụ hiện nay chỉ bằng một hạt bụi.

Như vậy theo quan điểm hiện nay thì vũ trụ có "khai sinh", rồi dần nở và hiện nay cũng đang dần nở. Bằng chứng là: vào năm 1929, nhà thiên văn học Hôpbon người Mỹ đã phát hiện ra một hiện tượng có tầm quan trọng lớn giải thích hiện tượng vũ trụ đang dần nở. Hôpbon nhận thấy các Thiên hà xa xăm rải rác khắp bầu trời đều lùi xa ta (bằng cách đo độ dịch phổ Doppler). Người ta hình dung hiện tượng này trên một quả bóng hơi được thổi phồng dần, trên quả bóng có những đốm vẽ bằng mực. Khi bóng được thổi phồng thì khoảng cách giữa các đốm tăng lên. Bất cứ đốm nào cũng lánh xa những đốm khác như trường hợp những Thiên hà trong vũ trụ. Thiên hà của chúng ta trong đó có Trái Đất chúng ta ở cũng chỉ là một trong những đốm trên quả bóng đang thổi phồng. Chúng ta không phải ở ngay trung tâm vũ trụ. Theo định luật Hôpbon thì Thiên hà càng xa bao nhiêu thì càng lùi nhanh bấy nhiêu. Tốc độ lùi (V) của Thiên hà tỉ lệ với khoảng cách (d) giữa Thiên hà và chúng ta:  $V =$

H.d. Trong đó, H là hằng số Hôpbon. Định luật Hôpbon giúp ta tính được khoảng cách giữa các thiên hà, vì ta đo được tốc độ lùi của các thiên hà bằng máy quang phổ. Sự quan sát thấy các thiên hà lánh xa nhau là một bằng chứng của vũ trụ đang dần nở.

Một bằng chứng nữa của vũ trụ dần nở là theo quan điểm của thuyết tương đối tổng quát đã nêu: Chỉ cần biết một đại lượng vật lý là mật độ trung bình  $\rho$  của vật chất trong vũ trụ.

- Nếu  $\rho < \rho_K$  (với  $\rho_K = 4,5 \cdot 10^{-30} (H/50)^2 \text{ g/cm}^3$  với  $H \approx 70 \Rightarrow \rho_K = 9 \cdot 10^{-30} \text{ g/cm}^3$ ) thì vũ trụ sẽ nở mãi vô tận.
- Nếu  $\rho > \rho_K$  thì vũ trụ sau một thời gian nào đó sẽ ngừng nở và bắt đầu co lại một cách không thuận nghịch.
- Nếu  $\rho = \rho_K$  thì vũ trụ lần lượt lúc co lúc nở.

Theo quan điểm hiện nay thì vật chất trong vũ trụ là:  $\rho = 5 \cdot 10^{-31} \text{ g/cm}^3$ . Vậy  $\rho < \rho_K$ : vũ trụ là nở mãi mãi.

Tuy nhiên việc xác định  $\rho$  bây giờ gặp phải những khó khăn khổng lồ. Có cơ sở để cho rằng không phải mọi cái đã được tính đã hết. Có hàng loạt các thiên thể rất khó quan sát, chẳng hạn như các sao nơtron, các lỗ đen.

Chính vì thế qua đây ta có thể khẳng định vũ trụ đang dần nở, nhưng vấn đề là dần nở đến bao giờ sẽ ngừng? Giả thuyết là vũ trụ sẽ ngừng dần nở và co nén lại thành một điểm, rồi tiếp tục dần nở thì nó có giãn nở giống như bây giờ không? Cũng có thể vũ trụ sẽ co lại thành một vật - có vật chất đậm đặc như lỗ đen chẳng hạn, và có nghĩa là nó không tiếp tục nở để dần nở, cũng như các sao không nở để trở thành siêu sao mới hoặc sao lùn trắng?



Một vấn đề nữa, theo trên, cũng có thể ta chưa quan sát được hết cái đã quan sát. Giả sử còn một thiên hà khác, ngôi sao khác mà có thời gian tồn tại cách đây trên 15 tỷ năm cần phải xem lại chẳng?

**4. KẾT LUẬN** Vấn đề tìm hiểu nguồn gốc của vũ trụ là một vấn đề tâm cỡ thời đại phải được cân nhắc một cách kỹ lưỡng. Có thể những điều chúng ta ngày nay công nhận thì ngày mai không còn đúng nữa. Thế mới hiểu vũ trụ bao la và bí hiểm chừng nào!

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] Donat G. Wentzel -Lectures on “ modern” astronomy-USA

[2] Nguyễn Quang Riệu. Vũ trụ phòng thí nghiệm thiên nhiên vĩ đại. - NXBGD 1996.

[3] Các trang web: [www.aas.org](http://www.aas.org), [www.mtwilson.edu](http://www.mtwilson.edu), [www.skypub.com](http://www.skypub.com)...

Thầy Lê Trọng Duy