

CÔNG THỨC VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG I – PH1110 & PH1111

(Cơ học – Nhiệt học)

CHƯƠNG I. ĐỘNG HỌC CHẤT ĐIỂM
1. Chuyển động thẳng đều và những đại lượng đặc trưng

- Vận tốc, gia tốc và phương trình chuyển động:
$$\begin{cases} v = const \\ a = 0 \\ s = v.t \end{cases} \rightarrow x = v.t.$$

2. Chuyển động thẳng thay đổi đều

- Vận tốc và gia tốc:
$$\begin{cases} v = v_0 + at \\ a = const \end{cases}.$$

- Phương trình chuyển động: $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2 \rightarrow x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2.$

- Hệ thức liên hệ: $v^2 - v_0^2 = 2as.$

3. Chuyển động tròn

- Gia tốc hướng tâm và gia tốc tiếp tuyến:
$$\begin{cases} a_n = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r \\ a_t = \beta r \end{cases}.$$
 với $\beta = const$ gia tốc góc.

- Gia tốc toàn phần: $a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2} = r\sqrt{\omega^4 + \beta^2}.$

- Một số công thức liên hệ: $v = \omega r; T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi r}{v}.$

- Phương trình chuyển động:
$$\begin{cases} \omega_t = \omega_0 + \beta t \\ \varphi_t = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\beta t^2 \\ \beta = const \end{cases}.$$

- Trường hợp chuyển động tròn đều:
$$\begin{cases} \omega = const \\ \varphi_t = \varphi_0 + \omega_0 t \end{cases}.$$

4. Chuyển động rơi tự do

- Vận tốc và quãng đường chuyển động:
$$\begin{cases} v = v_0 + gt \\ s = v_0t + \frac{1}{2}gt^2 \end{cases} \rightarrow v^2 - v_0^2 = 2gs.$$

- Thời gian rơi từ độ cao h đến khi chạm đất: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$

5. Chuyển động parabol (chuyển động ném xiên)

- Quỹ đạo là nhánh parabol có bề lõm quay xuống: $y = -\frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2 + x \tan \alpha$.

- Tầm ném xa: $L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$. $\Rightarrow L_{max} = \frac{v_0^2}{g}$ khi $\alpha = 45^\circ$.

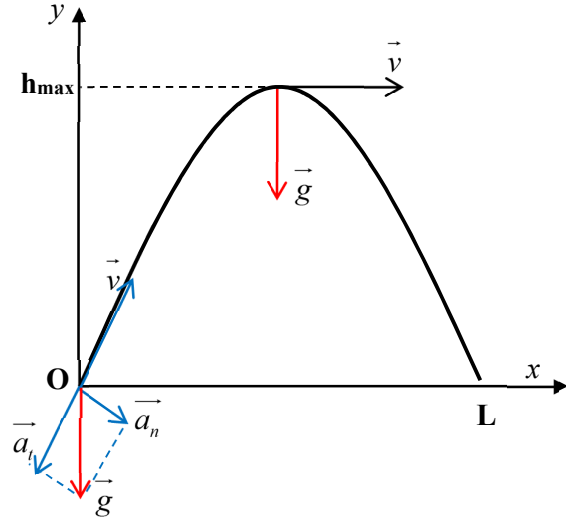
- Độ cao cực đại: $h_{max} = \frac{v_0^2 \sin^2 2\alpha}{2g}$.

- Bán kính cong: $a_n = \frac{v^2}{R} \rightarrow R = \frac{v^2}{a_n}$.

• Tại góc: $\begin{cases} v = v_0 \\ a_n = g \cdot \cos \alpha \end{cases} \rightarrow R = \frac{v_0^2}{g \cdot \cos \alpha}$

• Tại đỉnh: $\begin{cases} v = v_x = v_0 \cos \alpha \\ a_n = g \end{cases} \rightarrow R = \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{g}$.

- Gia tốc: $\begin{cases} a_t = g \cos \alpha \\ a_n = g \sin \alpha \end{cases} \rightarrow \begin{cases} g = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} \\ \tan \alpha = \frac{v_x}{v_y} \end{cases}$.



CHƯƠNG II. ĐỘNG LỰC HỌC CHẤT ĐIỂM

1. Các định luật Newton

- **Định luật Newton thứ nhất:** Nếu một vật không chịu tác dụng của lực nào hoặc chịu tác dụng của các lực có hợp lực bằng không thì nó giữ nguyên trạng thái đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều.

$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow a = 0.$$

- **Định luật Newton thứ hai:** Gia tốc của một vật cùng hướng với lực tác dụng lên vật. Độ lớn của gia tốc tỉ lệ thuận với độ lớn của lực và tỉ lệ nghịch với khối lượng của vật.

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m}.$$

- **Định luật Newton thứ ba:** Trong mọi trường hợp, khi vật A tác dụng lên vật B một lực, thì vật B cũng tác dụng lại vật A một lực. Hai lực này có cùng giá trị, cùng độ lớn, nhưng ngược chiều.

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}.$$

2. Một số loại lực cơ học

- Lực ma sát: $F_{ms} = \mu N$. với μ hệ số ma sát, N áp lực.

- Lực hướng tâm: $F_{ht} = \frac{mv^2}{r}$. Lực quán tính li tâm trong chuyển động tròn đều: $F_{lt} = F_{ht} = \frac{mv^2}{r}$.

- Lực căng (xét vật m_1 với m_2): $T = m_2g - m_1a = m_2(g - a)$.

3. Động lượng và xung lượng

- Độ biến thiên động lượng: $\Delta \vec{k} = \vec{k}_2 - \vec{k}_1 = \int_{t_1}^{t_2} F dt$. với $\int_{t_1}^{t_2} F dt$ là xung lượng của lực F trong khoảng thời gian từ $t_1 \rightarrow t_2$.

- Xung lực: $\Delta p = F \cdot \Delta t$.

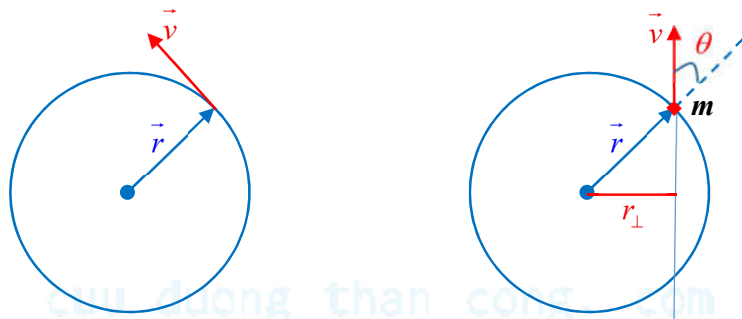
4. Các loại va chạm

	Động năng	Động lượng
Va chạm đàn hồi	$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}$ $\rightarrow m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2.$	$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'$ $\rightarrow m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'$
Va chạm không đàn hồi	Không bảo toàn.	$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}$ $\rightarrow \vec{v} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2}$

5. Moment động lượng

- Liên hệ giữa moment động lượng và động lượng: $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$.

- Độ lớn moment động lượng: $L = rmv \cdot \sin \theta = mr_{\perp} v$. hay $\vec{L} = I \cdot \vec{\omega}$.



CHƯƠNG III. ĐỘNG LỰC HỌC HỆ CHẤT ĐIỂM. ĐỘNG LỰC HỌC HỆ VẬT RẮN

1. Định luật bảo toàn động lượng

- Động lượng: $\vec{p} = m\vec{v}$.

- Bảo toàn động lượng: $\sum \vec{p} = \sum \vec{p}'$.

2. Bảo toàn moment động lượng

- Phương trình cơ bản của chuyển động quay: $\vec{M} = I \cdot \vec{\beta}$.
- Bảo toàn moment động lượng: $\vec{L}_1 + \vec{L}_2 = \vec{L}'_1 + \vec{L}'_2 \rightarrow I_1 \vec{\omega}_1 + I_2 \vec{\omega}_2 = I_1 \vec{\omega}'_1 + I_2 \vec{\omega}'_2$.
- Định lý về moment động lượng: $\sum M_i = \frac{d\vec{L}}{dt}$.
- Các phương trình động lực học:
$$\begin{cases} \omega = \omega_0 + \beta t \\ \varphi = \varphi_0 + \omega t + \frac{1}{2} \beta t^2 \\ \omega^2 - \omega_0^2 = 2\beta\varphi \end{cases}$$

3. Moment quán tính của các loại vật rắn

- Moment quán tính của vật rắn bất kỳ đối với trục quay:

$$I = \sum_i \Delta m_i r_i^2 = \int_{object} r^2 dm.$$

- Moment quán tính của chất điểm có khối lượng m đối với trục quay:

$$I = mr^2.$$

- Moment quán tính của thanh dài khối lượng m , chiều dài l , đối với trục vuông góc và đi qua tâm của thanh:

$$I = \frac{1}{12} ml^2.$$

- Moment quán tính của đĩa tròn hoặc trụ đặc đồng chất có khối lượng m và bán kính R :

$$I = \frac{1}{2} mR^2.$$

- Moment quán tính của vành hoặc trụ rỗng đồng chất khối lượng m , bán kính R :

$$I = mR^2.$$

- Moment quán tính của khối cầu đặc đồng chất:

$$I = \frac{2}{5} mR^2.$$

- Moment quán tính thanh dài l , trục quay đi qua 1 đầu thanh:

$$I = \frac{1}{3} ml^2.$$

4. Động lực học vật rắn quay

- Công thức liên hệ vận tốc và gia tốc: $v = \omega r \rightarrow a_t = \beta r \quad a_n = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$.

5. Chuyển động lăn của vật rắn

- Trường hợp lăn không trượt: $v = \omega r \rightarrow a = \beta r$.

- Định lý Steiner-Huygens: *Mômen quán tính của một vật rắn đối với một trục nào đó bằng mômen quán tính của vật rắn đối với trục song song đi qua khối tâm cộng với tích số của khối lượng vật rắn và bình phương khoảng cách giữa hai trục.*

$$I_O = I_G + mr^2.$$

Trong đó:

I_O _ mô men quán tính của vật đối với trục quay đi điểm O

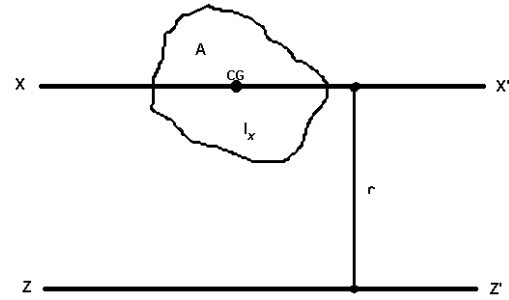
I_G _ mô men quán tính của vật đối với trục quay đi qua khối tâm G

m _ khối lượng của vật.

- Động năng của chuyển động lăn:

• Trường hợp lăn: $W = W_u + W_q = \frac{mv^2}{2} + \frac{I_G \omega^2}{2}$.

• Trường hợp quay: $W = W_q = \frac{I_O \omega^2}{2} = \frac{(I_G + mr^2) \omega^2}{2} = \frac{I_G \omega^2}{2} + \frac{mr^2 \omega^2}{2}$.



6. Công thức Huygens–Steiner

$$I_O = I_G + mr^2 \text{ hay } I_z = I_{CM} + MD^2.$$

CHƯƠNG IV. NĂNG LƯỢNG

1. Động năng và thế năng

- Động năng: $W_d = \frac{1}{2}mv^2$.

- Thế năng: $W_t = \frac{1}{2}k.\Delta x^2$.

2. Công $\begin{cases} A = F.s \\ A = E_2 - E_1 \end{cases}$.

3. Bài toán tìm điều kiện

- Khoảng cách Δh (tính từ đỉnh mặt cầu) vật bắt đầu rơi khỏi mặt cầu: $\Delta h = \frac{R}{3}$.

- Vận tốc bé nhất để sợi dây treo vật nặng quay tròn trong mặt phẳng thẳng đứng: $v = \sqrt{5gl}$.

- Vận tốc dài của cột đồng chất bị đổ khi chạm đất: $v = \sqrt{3gh}$.

4. Bài toán va chạm

- Va chạm đàn hồi xuyên tâm: Bảo toàn động năng và động lượng

$$\begin{cases} \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2} & (1) \\ m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' & (2) \end{cases}$$

$$\text{Từ (1) và (2)} \Rightarrow \begin{cases} v_1' = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2 v_2}{m_1 + m_2} \\ v_2' = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1 v_1}{m_1 + m_2} \end{cases}$$

- Va chạm mềm: $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2)v \Rightarrow v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$.

5. Bảo toàn cơ năng

- Định luật: Tổng động năng và thế năng của hệ tại thời điểm 1 bằng tổng động năng và thế năng của hệ tại thời điểm 2.

$$E_{\text{trước}} = E_{\text{sau}}$$

CHƯƠNG V. TRƯỜNG HẤP DẪN

1. Định luật Newton

- Lực hút của hai chất điểm m và m' cách nhau đoạn r :

$$F = F' = G \frac{m \cdot m'}{r^2}, \text{ với } G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}.$$

- Lưu ý:

- Công thức này chỉ áp dụng cho chất điểm.
- Đối với vật lớn thì phải dùng phương pháp tích phân.
- Hai quả cầu đồng chất thì có thể dùng được trong đó r là khoảng cách giữa hai tâm cầu.

2. Gia tốc trọng trường

- Gia tốc trọng trường tại mặt đất: $g_0 = \frac{GM}{R^2}$.

- Gia tốc trọng trường ở độ cao h : $g_h = \frac{GM}{(R+h)^2}$.

- Liên hệ giữa gia tốc trọng trường tại mặt đất và tại độ cao h :

$$\frac{g_h}{g_0} = \frac{R^2}{(R+h)^2} \rightarrow g_h = g_0 \frac{1}{\left(1 + \frac{h}{R}\right)^2}$$

Khi $h \ll R$ ta có thể áp dụng công thức gần đúng: $x \ll 1 \rightarrow (1+x)^n \approx 1+nx$.

$$\frac{1}{\left(1 + \frac{h}{R}\right)^2} = \left(1 + \frac{h}{R}\right)^{-2} \approx 1 - 2\frac{h}{R}. \text{ Thay vào } g_h \text{ ta có: } g_h = g_0 \left(1 - 2\frac{h}{R}\right).$$

CHƯƠNG VI. THUYẾT ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ CÁC CHẤT KHÍ VÀ ĐỊNH LUẬT PHÂN BỐ

1. Phương trình trạng thái của khí lý tưởng

$$PV = \frac{m}{\mu} RT = nRT.$$

- Giá trị của R

- Hệ SI: $R = 8.314 \text{ J/mol.K} \rightarrow P \text{ (Pa)}, V \text{ (m}^3\text{)}$
- $R = 0.082 \text{ L.atm/mol.K} \rightarrow P \text{ (atm)}, V \text{ (lít)}$

2. Nhiệt

- Nhiệt dung riêng: là lượng nhiệt cần thiết để tăng nhiệt độ của 1kg chất tăng thêm 1 độ.

$$dQ_p = m.c_p dT \text{ hoặc } dQ_v = m.c_v dT \text{ (đơn vị: J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}\text{)}.$$

- Nhiệt dung riêng mol (nhiệt dung riêng phân tử): là lượng nhiệt cần thiết để tăng 1 mol chất tăng thêm 1 độ.

$$dQ_p = n.C_p dT \text{ hoặc } dQ_v = n.C_v dT \text{ (đơn vị: J.mol}^{-1}\text{K}^{-1}\text{)}.$$

- Liên hệ giữa c và C : $mc = nC \rightarrow C = \frac{m}{n}c = \mu c$. với μ _ khối lượng một mol chất.

3. Hệ số Poisson

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{c_p}{c_v} = \frac{i+2}{i}. \text{ với } \begin{cases} C_p = \frac{i+2}{i} R \\ C_v = \frac{i}{2} R \end{cases}.$$

Trong đó:

+ i _ bậc tự do

+ Đơn nguyên tử: $i = 3$, Hai nguyên tử: $i = 5$, Ba nguyên tử: $i = 6 \dots$

4. Công và ba trạng thái cơ bản

- Công: $A = \int_{v_1}^{v_2} p dV$.

- Đẳng tích: $V = const \rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$.

- Đẳng áp: $P = const \rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$.

- Đẳng nhiệt: $T = const \rightarrow P_1V_1 = P_2V_2$.

5. Phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử

- Áp suất lên thành bình: $p = \frac{1}{3}n_0m_0\overline{v^2} = \frac{2}{3}n_0\frac{m_0\overline{v^2}}{2} = \frac{2}{3}n_0\overline{W}$.

- Động năng tịnh tiến trung bình: $\overline{W} = \frac{3}{2}\frac{RT}{N} = \frac{3}{2}kT$.

- Vận tốc căn quân phương: $v_c = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$.

- Mật độ phân tử: $n_0 = \frac{p}{kT}$.

- Vận tốc trung bình: $\overline{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi n_0 m_0}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}}$.

- Vận tốc xác suất lớn nhất: $v_{xs} = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}}$.

6. Công thức khí áp

- Công thức khí áp:
$$\begin{cases} p = p_0 e^{\frac{-m_0gh}{kT}} \\ n = n_0 e^{\frac{-m_0gh}{kT}} \end{cases}$$

- Nhận xét:

+ Khí quyển có ranh giới rõ rệt.

+ Mật độ hạt giảm dần theo chiều cao.

+ Công thức khí áp mang tính gần đúng (trong phạm vi h không lớn, độ vài km).

CHƯƠNG VII. NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

1. Nội dung định luật I

- Độ biến thiên nội năng của hệ bằng tổng công và nhiệt lượng mà hệ nhận được: $\Delta U = A + Q$.

$$\text{Hay } Q = \Delta U + A.$$

- Các trường hợp đặc biệt:

• Đoạn nhiệt: Hệ không trao đổi nhiệt với bên ngoài nên: $Q = \Delta U + A = 0$.

• Đẳng áp: $Q = \Delta U + A = \Delta U + pdV$.

- Đẳng tích: $Q = \Delta U$.
- Đẳng nhiệt: $Q = A$.

2. Hiện tượng đoạn nhiệt

- Công thức đoạn nhiệt: $p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$ hoặc $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$.

- Công thức tổng quát công sinh bởi hệ: $A = \int_{V_1}^{V_2} p dV$.

- Công trong các trường hợp:

• Đẳng áp: $p = \text{const}$, $A = p(V_2 - V_1) = p\Delta V$.

• Đẳng tích: $V = \text{const}$, $A = 0$.

• Đẳng nhiệt: $T = \text{const}$, $A = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$.

• Đoạn nhiệt: $pV^\gamma = \text{const} = K \rightarrow p = \frac{K}{V^\gamma} = KV^{-\gamma}$,

$$A = K \int_{V_1}^{V_2} V^{-\gamma} dV = K \left. \frac{V^{-\gamma+1}}{-\gamma+1} \right|_{V_1}^{V_2} = \frac{KV_2^{-\gamma+1} - KV_1^{-\gamma+1}}{-\gamma+1}.$$

CHƯƠNG VIII. NGUYÊN LÝ THỨ HAI CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

1. Máy nhiệt

- Công: $A = |Q_h| - |Q_c|$.

Nếu chất sinh công là khí thì: $A = A_d + A_v = \int_{V_1}^{V_2} p_1 dV + \int_{V_2}^{V_1} p_2 dV = \int_{V_1}^{V_2} (p_1 - p_2) dV$.

- Hiệu suất của máy nhiệt: $\eta = \frac{A}{|Q_h|} = \frac{|Q_h| - |Q_c|}{|Q_h|} = 1 - \frac{|Q_c|}{|Q_h|}$.

2. Máy lạnh

- Hệ số làm lạnh: $\varepsilon = \frac{|Q_c|}{A} = \frac{|Q_c|}{|Q_h| - |Q_c|} = \frac{T_c}{T_h - T_c}$.

3. Chu trình Carnot

- Mối liên hệ giữa nhiệt nhận được từ nguồn nóng và nhiệt nhả cho nguồn lạnh:

$$\frac{|Q_c|}{|Q_h|} = \frac{T_c}{T_h}.$$

- Hiệu suất của chu trình Carnot: $\eta = 1 - \frac{T_c}{T_h}$.

4. Entropy

- Công thức Entropy: $\Delta S = S_2 - S_1 = \int_{S_1}^{S_2} \frac{dQ}{T}$.

- Quá trình đoạn nhiệt thuận nghịch: $\Delta S = 0$.

- Nguyên lý tăng Entropy: $\Delta S \geq 0$.

CHƯƠNG IX. DAO ĐỘNG CƠ HỌC

1. Dao động cơ điều hòa

- Phương trình dao động: $x = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$.

- Biên độ dao động: $A = x_{\max}$.

- Tần số góc riêng: $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$.

- Pha của dao động: $(\omega_0 t + \varphi)$, φ là pha ban đầu của dao động.

- Vận tốc của dao động: $v = \frac{dx}{dt} = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi)$.

2. Con lắc vật lý

- Tần số góc: $\omega = \sqrt{\frac{mgL}{I}}$.

- Trong đó: L _ khoảng cách từ khối tâm đến trục quay, I _ moment quán tính của vật đối với trục quay.

3. Dao động cơ tắt dần

- Phương trình dao động tắt dần: $x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi)$, với $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$.

- Giảm lượng loga: $\delta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \beta T$.

- Biên độ dao động tắt dần: $A_0 e^{-\beta t} \Rightarrow -A_0 e^{-\beta t} \leq x \leq A_0 e^{-\beta t}$.

- Nhận xét: Hệ chỉ thực hiện dao động tắt dần khi $\omega_0 > \beta$.

----- HẾT -----