



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
HANOI UNIVERSITY OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY (HUST)



Viện Vật lý Kỹ thuật
School of Engineering Physics (SEP)

CHƯƠNG 3

CƠ NĂNG VÀ TRƯỜNG LỰC THỂ

1. Công và công suất
2. Động năng
3. Trường lực thế - Thế năng
4. Định luật bảo toàn và biến đổi cơ năng
5. Bài toán va chạm



1. Công và công suất

1. Công

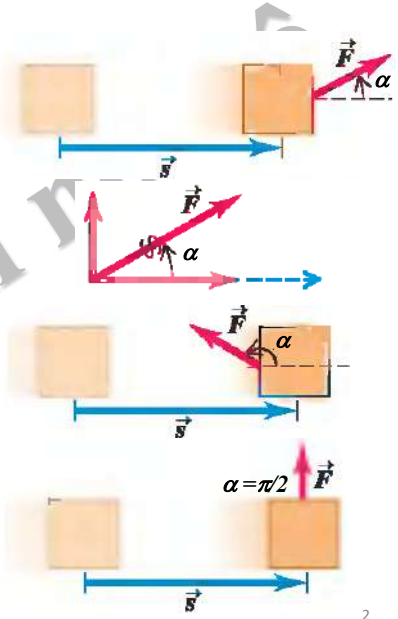
☞ Đại lượng đặc trưng cho tác dụng của lực lên một vật làm cho vật có thể di chuyển từ điểm này đến điểm khác (dịch chuyển).

$$A = \vec{F} \cdot \vec{s} = F \cdot s \cdot \cos \alpha$$

♦ Công là đại lượng vô hướng

Lực không đổi

- ♦ $A > 0$ khi $\alpha < \pi/2$ (góc nhọn):
 $\Rightarrow \vec{F}$ thực hiện công phát động
- ♦ $A < 0$ khi $\alpha > \pi/2$ (góc tù):
 $\Rightarrow \vec{F}$ thực hiện công cản
- ♦ $A = 0$ khi $\alpha = \pi/2$ hay $\vec{F} \perp \vec{s}$
 $\Rightarrow \vec{F}$ không sinh công



1. Công và công suất

1. Công (tiếp)

Lực thay đổi

☞ **Chuyển dời thẳng**: chia chuyển dời thẳng thành nhiều đoạn Δx như nhau và coi $F_{xi} = \text{const}$ trong mỗi đoạn chuyển dời Δx :

Có: $A = F_{x1} \Delta x_1 + F_{x2} \Delta x_2 + \dots + F_{xn} \Delta x_n$

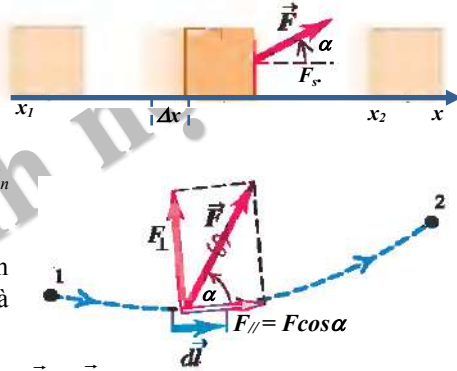
☞ **Chuyển dời bất kỳ** (từ 1 \rightarrow 2)

♦ Chia chuyển dời thành những đoạn vô cùng nhỏ dl để có thể coi là thẳng và có $F = \text{const}$ trên đó.

♦ Công vi phân: $dA = \vec{F} \cdot d\vec{l} = \vec{F}_\perp \cdot d\vec{l} + \vec{F}_\parallel \cdot d\vec{l}$

$$\Rightarrow A = \int_1^2 F_\parallel dl = \int_1^2 F \cos \alpha dl = \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{l}$$

☞ Đơn vị của công: $J = N.m$



3

1. Công và công suất

2. Công suất của lực

☞ Đại lượng đặc trưng cho mức độ thực hiện công nhanh hay chậm

♦ Công suất trung bình: $P = \frac{\Delta A}{\Delta t}$

♦ Công suất tức thời: $P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{dA}{dt}$

Hay: $P = \frac{\vec{F} \cdot d\vec{s}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$

☞ Đơn vị: W (watt) = J/s

☞ Đơn vị khác của công suất:

♦ Horsepower (sức ngựa): 1hp = 760 W

♦ kWh (NL điện) : 1kWh = 3600 kJ = 3,6.10⁶ J



4

2. Động năng

1. Động năng

Đại lượng thể hiện sự phụ thuộc vào vận tốc chuyển động của vật thể do công của ngoại lực tác dụng.

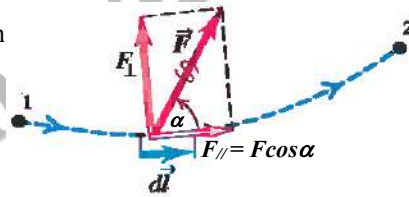
Xét lực tác dụng lên ch/đ trong chuyển dời bất kỳ.

♦ Công: $A = \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{l}$

♦ Ph/tr ĐLH với ch/đ: $\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$

$$\Rightarrow A = \int_1^2 m \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot d\vec{l} = \int_1^2 m \frac{d\vec{l}}{dt} \cdot d\vec{v} = \int_1^2 m \vec{v} \cdot d\vec{v} = \int_1^2 m \frac{d(\vec{v}^2)}{2} = \int_1^2 d\left(\frac{m\vec{v}^2}{2}\right)$$

Hay: $A = \int_1^2 d\left(\frac{mv^2}{2}\right)$



5

2. Động năng

1. Động năng (tiếp)

Biểu thức:

♦ $A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = W_{d2} - W_{d1}$

♦ $\frac{mv_i^2}{2} = W_{di} \Rightarrow$ Gọi là Động năng của chất điểm ở vị trí i

Định lý động năng:

Độ biến thiên động năng của chất điểm trong một chuyển dời bằng công ngoại lực tác dụng lên chất điểm trong chuyển dời đó.

♦ Khi ngoại lực thực hiện công phát động $A > 0$: động năng chất điểm tăng.

♦ Khi ngoại lực thực hiện công cản $A < 0$: động năng chất điểm giảm.



$$W_2 = \frac{mv_2^2}{2} = W_1 + A$$

6

3. Trường lực thế - Thế năng

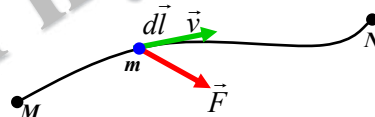
1. Trường lực thế

☞ **Trường lực:** Không gian mà chất điểm khi chuyển động trong đó tại mỗi vị trí luôn chịu tác dụng của một lực \vec{F} .

♦ Lực F là hàm tọa độ: $\vec{F}(\vec{r}) = \vec{F}(x, y, z)$

♦ Công của lực F để chất điểm di chuyển từ $M \rightarrow N$:

$$A_{MN} = \int_M^N \vec{F}(\vec{r}) \cdot d\vec{l}$$



☞ **Trường lực thế:** Trường lực sinh ra lực $\vec{F}(\vec{r})$ để thực hiện công dịch chuyển, sao cho công A này không phụ thuộc vào hình dạng đường đi mà chỉ phụ thuộc vị trí của điểm đầu và cuối của quỹ đạo CD.

♦ Khi lực thực hiện 1 công dịch chuyển theo đường cong kín $\Rightarrow \oint \vec{F} \cdot d\vec{s} = 0$

7

3. Trường lực thế - Thế năng

2. Thế năng

☞ Đại lượng thể hiện sự phụ thuộc vào vị trí tương đối của chất điểm khi chuyển động trong trường lực thế.

☞ Chất điểm CD từ vị trí 1 \rightarrow 2 trên quỹ đạo bất kỳ trong trường trọng lực \Rightarrow luôn chịu tác dụng của trọng lực:

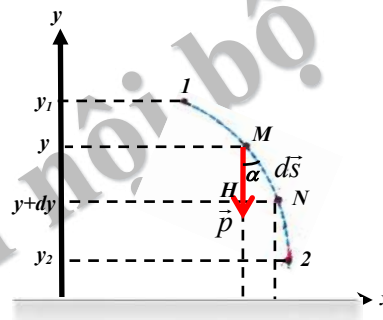
$$\vec{p} = m\vec{g}$$

♦ \vec{g} được coi là trọng trường đều.

☞ Công của trọng lực tác dụng làm ch/d dịch chuyển từ 1 \rightarrow 2: $A_{12} = \int_1^2 \vec{p} \cdot d\vec{s}$

♦ Xét chuyển dời nhỏ $d\vec{s} \equiv$ hoành độ cong MN \Rightarrow có: $\overrightarrow{MN} \approx d\vec{s}$

♦ Công vi phân: $dA = \vec{p} \cdot d\vec{s} \approx p \cdot MN \cdot \cos \alpha = p \cdot MH = -p dy$



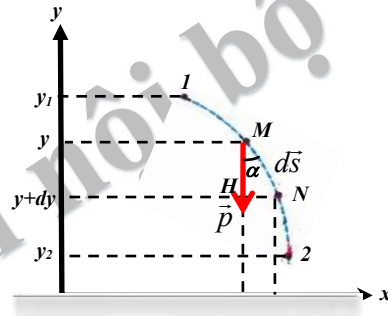
8

3. Trường lực thế - Thế năng

2. Thế năng (tiếp)

☞ Công của trọng lực tác dụng làm ch/đ dịch chuyển từ 1 → 2 là:

$$A_{12} = \int_1^2 -p dy = p \cdot y_1 - p \cdot y_2 = \\ = mgy_1 - mgy_2$$



♦ A_{12} chỉ ∈ vào y_1 và y_2 , tức là, chỉ ∈ vị trí của ch/đ mà ∉ đường đi.

♦ Trường trọng lực là trường lực thế

☞ Đặt $y_1 = h_1$ và $y_2 = h_2 \Rightarrow A = mgh_1 - mgh_2$

☞ $W_t = mgh \Rightarrow$ Thế năng chất điểm ở độ cao h

9

3. Trường lực thế - Thế năng

2. Thế năng (tiếp)

☞ **Định lý:**

♦ Có: $A = mgh_1 - mgh_2$

♦ Độ giảm thế năng của chất điểm khi nó di chuyển từ vị trí 1 đến vị trí 2 trong trường lực thế bằng công trường lực thế tác dụng lên chất điểm trong chuyển dời đó.

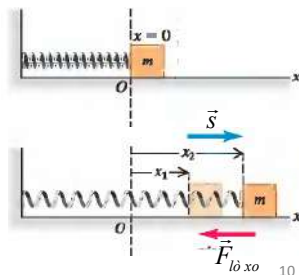
♦ Thế năng là dạng năng lượng lưu trữ \Rightarrow có thể biến đổi sang dạng NL khác

Thế năng đàn hồi

☞ Xét: khối nặng m gắn vào lò xo có hệ số đàn hồi k đặt trên phương nằm ngang (x).

♦ Ban đầu m ở vị trí cân bằng $x = 0$

♦ Kéo m đến các vị trí $x_2 \Rightarrow$ trở lại vị trí $x_1 < x_2$



10

3. Trường lực thế - Thế năng

3. Thế năng đàn hồi

♦ Sau đó, m CD về vị trí cân bằng và tiếp tục đến các vị trí x_1 , x_2 mới ngược hướng CD cũ.

♦ Theo định luật Hook, lực đàn hồi của lò xo tỷ lệ với độ dịch chuyển, cho bởi:

$$F = -k.x$$

☞ Công lực đàn hồi thực hiện:

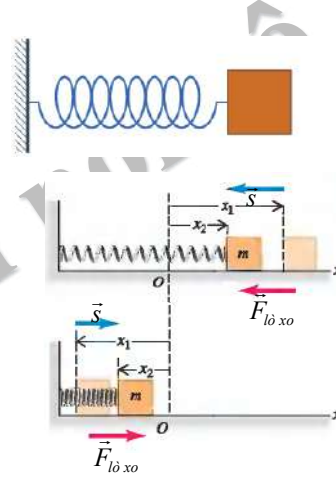
♦ để m dịch chuyển 1 đoạn vi phân dx :

$$dA = -k.x.dx$$

♦ để m dịch chuyển từ x_2 đến x_1 :

$$A = \frac{1}{2}kx_1^2 - \frac{1}{2}kx_2^2$$

☞ Thế năng đàn hồi của lò xo: $W_t = \frac{1}{2}kx^2$



11



4. Định luật bảo toàn và biến đổi cơ năng

1. Năng lượng cơ (cơ năng)

☞ Xét chất điểm chuyển động trong trường lực thế:

♦ Công: trường lực thế thực hiện để di chuyển chất điểm, tương ứng độ giảm thế năng $A = W_{t1} - W_{t2}$

♦ Mặt khác, công này cũng tương ứng độ biến thiên động năng khi chất điểm chuyển động: $A = W_{d2} - W_{d1}$

☞ có: $W_{d2} - W_{d1} = W_{t1} - W_{t2}$ hay $W_{d1} + W_{t1} = W_{d2} + W_{t2}$

$$\text{Cụ thể: } \frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 = \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2 \quad (*)$$

♦ Tổng động năng và thế năng của chất điểm = cơ năng của chất điểm.

2. Định luật

☞ Từ (*) viết được: $W_d + W_t = \frac{mv^2}{2} + mgh = \text{const}$

♦ Cơ năng của chất điểm chuyển động trong trường lực thế bảo toàn.

12

4. Định luật bảo toàn và biến đổi cơ năng

2. Định luật (tiếp)

☞ Sự chuyển hóa qua lại giữa động năng và thế năng:

♦ Khi tung quả bóng lên cao \Rightarrow tốc độ $v \searrow$

$$\Rightarrow \frac{mv^2}{2} \searrow, \text{ đồng thời } mgh \nearrow$$

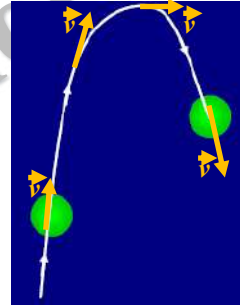
\Leftrightarrow Động năng dần dần biến đổi thành thế năng.

♦ Khi quả bóng đi xuống $\Rightarrow v$ tăng trở lại

$$\Rightarrow mgh \searrow, \text{ đồng thời } \frac{mv^2}{2} \nearrow$$

\Leftrightarrow Thế năng dần dần biến đổi thành động năng

♦ *Năng lượng của hệ vật không tự nhiên sinh ra hay mất đi mà chỉ có thể truyền từ vật này sang vật khác hoặc từ dạng này sang dạng khác.*



13

4. Định luật bảo toàn và biến đổi cơ năng

3. Ảnh hưởng của lực khác

☞ Công tổng cộng: công do trường lực thế và công do lực khác thực hiện:

$$A = A_{\text{lực thế}} + A_{\text{lực khác}}$$

♦ Theo định lý động năng: $A = W_{d2} - W_{d1}$

♦ Công trường lực thế thực hiện: $A_{\text{lực thế}} = W_{t1} - W_{t2}$

$$\Rightarrow W_{d2} - W_{d1} = W_{t1} - W_{t2} + A_{\text{lực khác}} \quad \text{Hay: } \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = mgh_1 - mgh_2 + A_{\text{khác}}$$

$$\Rightarrow \Delta W = W_2 - W_1 = \left(\frac{mv_2^2}{2} + mgh_2 \right) - \left(\frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 \right) = A_{\text{khác}}$$

♦ Lực khác thực hiện công phát động ($A > 0$) \Rightarrow cơ năng hệ tăng ($W_2 > W_1$)

♦ Lực khác thực hiện công cản ($A < 0$) \Rightarrow cơ năng hệ giảm ($W_2 < W_1$)

♦ Lực khác không thực hiện công ($A = 0$) \Rightarrow cơ năng hệ ko đổi ($W_2 = W_1$)

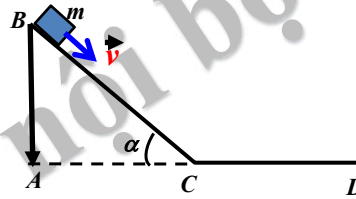
14

4. Định luật bảo toàn và biến đổi cơ năng

3. Ảnh hưởng của lực khác (tiếp)

Bài toán

$$\begin{cases} - BA = h \\ - AD = s \Rightarrow k_{BC} = k_{CD} = k = ? \\ - AC = l \end{cases}$$



Phân tích

☞ Cơ năng tại B: W_1

♦ Ở đỉnh dốc \Rightarrow có thế năng $W_1 = W_t^B$

♦ Trượt xuống $\Rightarrow W_t^B$ chuyển thành động năng, đạt cực đại tại C,

☞ Cơ năng tại C: $W_2 = W_d^C$

♦ Trượt tiếp trên CD \Rightarrow chỉ có biến thiên động năng và tại D, $W_3 = W_d^D = 0$

☞ Do có ma sát $k \Rightarrow$ biến đổi cơ năng trên quãng đường BCD tương ứng công lực ma sát trượt thực hiện: A_{ms}

15

4. Định luật bảo toàn và biến đổi cơ năng

3. Ảnh hưởng của lực khác (tiếp)

Định hướng giải

☞ Theo đ/l biến đổi cơ năng, có:

$$\begin{cases} W_2 - W_1 = A_{ms}^{BC} \\ W_3 - W_2 = A_{ms}^{CD} \end{cases}$$

$$\text{hay } W_3 - W_1 = -W_t^B = A_{ms}^{BC} + A_{ms}^{CD}$$

dấu (-) do F_{ms} thực hiện công cản

☞ Công lực ma sát:

♦ Đoạn BC: $A_{ms}^{BC} = \vec{F}_{ms}^{BC} \cdot \vec{BC} = F_{ms}^{BC} \cdot BC \cdot \cos(\vec{F}_{ms}^{BC}, \vec{BC}) = -F_{ms}^{BC} \cdot BC$

$$A_{ms}^{BC} = -k \cdot NBC = -k \cdot mg \cdot \cos \alpha \cdot BC = -k \cdot m \cdot g \cdot \frac{AC}{BC} \cdot BC = -k \cdot m \cdot g \cdot l$$

♦ Đoạn CD:

$$A_{ms}^{CD} = -F_{ms}^{CD} \cdot CD = -k \cdot P \cdot CD = -k \cdot mg(s-l)$$

☞ Kết quả: $mgh = mgl + mgk(s-l) = m \cdot g \cdot k \cdot s \Rightarrow k = \frac{h}{s}$



16

5. Bài toán va chạm

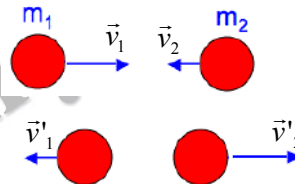
Va chạm giữa các vật rắn \Rightarrow gây biến dạng.

1. Va chạm đàn hồi

Va chạm gây ra biến dạng của các vật, sau đó biến dạng tự hồi phục.

m_1 và m_2 :

- Trước va chạm: \vec{v}_1, \vec{v}_2
- Sau va chạm: \vec{v}'_1, \vec{v}'_2



Tổng động lượng của hệ bảo toàn: $m_1 v'_1 + m_2 v'_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$

17

5. Bài toán va chạm

1. Va chạm đàn hồi (tiếp)

Tổng động năng của hệ bảo toàn:

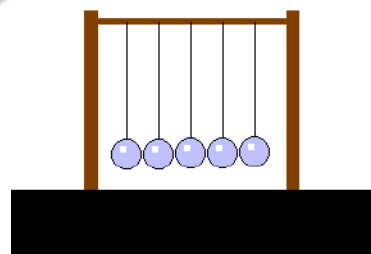
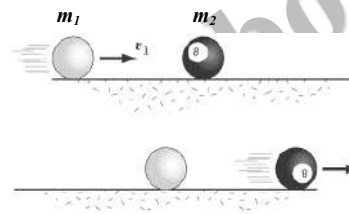
$$\frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} v'_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2 v_2}{m_1 + m_2} \\ v'_2 = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1 v_1}{m_1 + m_2} \end{cases}$$

♦ Nếu $\vec{v}_2 = 0$

$$\begin{cases} v'_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1 \\ v'_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1 \end{cases}$$

$$\Rightarrow v'_2 > v'_1$$



♦ Va chạm đàn hồi đặc trưng quá trình truyền chuyển động (vận tốc)

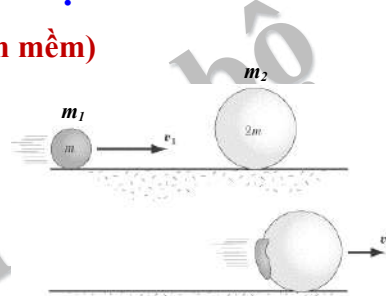
18

5. Bài toán va chạm

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

☞ $m_1 (m)$ và $m_2 (2m)$:

- Trước va chạm: \vec{v}_1, \vec{v}_2
- Sau va chạm: \vec{v}'



☞ Tổng động lượng của hệ bảo toàn

$$(m_1 + m_2)v' = m_1v_1 + m_2v_2$$

$$\Rightarrow v' = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2}$$

☞ Động năng sau va chạm \neq trước va chạm:

$$-\Delta W_d = \left(\frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} \right) - \frac{(m_1 + m_2)v'^2}{2} = \frac{m_1m_2}{2(m_1 + m_2)}(v_1 - v_2)^2$$

- NL biến dạng
- NL nhiệt



19

Những nội dung cần lưu ý

1. Trình bày định nghĩa công, công suất
2. Động năng: Xây dựng biểu thức, định nghĩa và định lý.
3. Thế năng: Xây dựng biểu thức, định nghĩa và định lý.
5. Định luật bảo toàn và biến đổi cơ năng trong trường lực thế và khi có tác động của lực khác.



20