



CHƯƠNG III: NĂNG LƯỢNG

Bài giảng môn Vật lý 1 và thí nghiệm

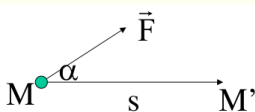
Giảng viên: Tô Thị Thảo

Ngày 27 tháng 3 năm 2023

- 1 Công và công suất
 - 1.1. Công cơ học
 - 1.2. Công suất của lực
 - 1.3. Công và công suất của lực tác dụng trong chuyển động quay
- 2 Năng lượng và định luật bảo toàn năng lượng
 - 2.1. Năng lượng và công
 - 2.2. Định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng.
- 3 Động năng
 - 3.1. Định lý về động năng
 - 3.2. Động năng trong trường hợp vật rắn quay
- 4 Thế năng
 - 4.1. Trường lực thế
 - 4.2. Thế năng
 - 4.3. Định luật bảo toàn cơ năng trong trường lực thế
- 5 Va chạm
 - 5.1. Va chạm đàn hồi
 - 5.2. Va chạm mềm

- Một lực tác dụng lên một vật (một hệ vật), làm cho vật di chuyển (điểm đặt lực di chuyển) \Rightarrow lực thực hiện một công. Cường độ lực theo phương dịch chuyển càng lớn, quãng đường di chuyển càng dài \Rightarrow công đó càng lớn.
- Vật chịu tác dụng của lực không đổi \vec{F} không đổi và điểm đặt lực di chuyển theo một đoạn thẳng $\overline{MM'}$

- Công A do lực \vec{F} thực hiện trên đoạn chuyển dời $\overline{MM'}$:

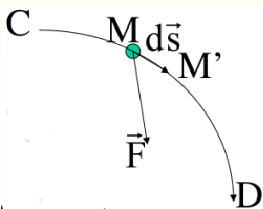


$$A = F.\overline{MM'}.\cos\alpha = F.s.\cos\alpha,$$

$$A = \vec{F} \cdot \vec{s} \quad (1)$$

- Công A là đại lượng vô hướng, có thể có giá trị dương hoặc âm.
- $A > 0$ khi $\cos \alpha > 0 \Rightarrow \vec{F}$ là lực phát động, và A là công phát động
- $A < 0$ khi $\cos \alpha < 0 \Rightarrow \vec{F}$ là lực cản, và A là công cản.
- $A = 0$ khi $\cos \alpha = 0 \Rightarrow \vec{F} \perp$ phương dịch chuyển, thực hiện công bằng không

Lực sinh công khi điểm đặt của nó chuyển dời



- Lực làm cho vật chuyển dời trên đường cong \widehat{CD} , lực \vec{F} thay đổi cả về phương, chiều và độ lớn.
- Chia \widehat{CD} thành các đoạn $\overrightarrow{MM'} = d\vec{s}$

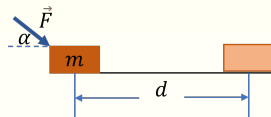
$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{s} \quad (2)$$

Toàn bộ công của lực \vec{F} thực hiện trên \widehat{CD} bằng tổng tất cả các công nguyên tố thực hiện bởi lực \vec{F} trên tất cả các quãng đường nguyên tố $d\vec{s}$ chia được từ \widehat{CD}

$$A = \int_{\widehat{CD}} dA = \int_{\widehat{CD}} \vec{F} \cdot d\vec{s} \quad (3)$$

Ví dụ 1: Một cái hộp có khối lượng $m = 2,5 \text{ kg}$ được đẩy trượt trên một mặt bàn nằm ngang, không ma sát một đoạn $d = 2,5 \text{ m}$ bởi một lực không đổi có độ lớn $F = 12 \text{ N}$, hợp với phương ngang một góc $\alpha = 30^\circ$ (hình vẽ). Hãy tính công thực hiện trên cái hộp bởi:

- (a) Lực tác dụng.
- (b) Phản lực pháp tuyến của bàn.
- (c) Trọng lực.
- (d) Tổng hợp lực tác dụng lên cái hộp.



- Trong khoảng thời gian Δt lực sinh công $\Delta A \Rightarrow$ công suất trung bình:

$$\overline{P} = \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

- Công suất tức thời:

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{dA}{dt} \quad (4)$$

- Công suất (của máy tạo ra lực) = đạo hàm của công theo thời gian. $dA = \vec{F} \cdot d\vec{s} \Rightarrow P = \vec{F} \frac{d\vec{s}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$

- Công suất bằng tích vô hướng của lực tác dụng với vectơ vận tốc của chuyển dời

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v} \quad (5)$$

- Đơn vị: Trong hệ SI

– Công: $1 \text{ Jun}(J) = 1N.1m$

– Công suất: $1 \text{ Watt}(W) = \frac{1J}{1s}$ - Mã lực (sức ngựa): $1 \text{ mã lực} \approx 746W$

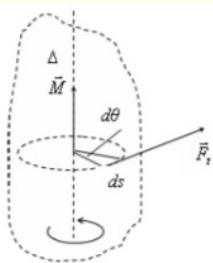
Ví dụ 2: Một dây cáp thang máy kéo một thang máy chất tải đầy lên cao với tốc độ không đổi $0,75\text{m/s}$. Công suất cung cấp bởi dây cáp là 23kW . Tìm lực căng của dây cáp và tính công dây cáp thực hiện lên thang máy trong khoảng thời gian 4s .

1.3 Công và công suất của lực tác dụng trong chuyển động quay

- Vật rắn quay quanh trục quay Δ : lực tác dụng \rightarrow lực tiếp tuyến \vec{F}_t
- Công vi phân của lực \vec{F}_t : $dA = F_t \cdot ds$
- Do $ds = r d\theta \Rightarrow dA = r \cdot F_t \cdot d\theta$

$$\Rightarrow dA = \mathcal{M} \cdot d\theta \quad (6)$$

$$P = \frac{dA}{dt} = \mathcal{M} \frac{d\theta}{dt} = \vec{\mathcal{M}} \cdot \vec{\omega} \quad (7)$$



Năng lượng: đại lượng đặc trưng cho mức độ vận động của vật chất.

- Cơ năng, nội năng, năng lượng điện từ, năng lượng hạt nhân ...
- Một vật ở trạng thái xác định có năng lượng xác định.
- Năng lượng là hàm của trạng thái.
- Hệ thực hiện một công năng lượng thay đổi:

$$W_2 - W_1 = A \quad (8)$$

- Độ biến thiên năng lượng của hệ trong một quá trình = công mà hệ nhận được trong quá trình đó!!!
- $A > 0$: hệ nhận công, $A < 0$: hệ sinh công
- Đơn vị năng lượng: W , $1kWh = 10^3Wh = 3,6 \cdot 10^6 J$

- Hệ không tương tác với bên ngoài (hệ cô lập) thì $A = 0$, năng lượng của hệ không đổi: $W_2 = W_1 = \text{const}$

Định luật bảo toàn năng lượng:

Năng lượng của một hệ cô lập luôn được bảo toàn.

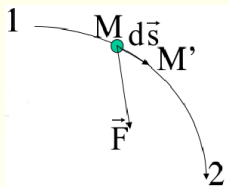
Năng lượng không tự nhiên sinh ra mà cũng không tự nhiên mất đi, nó chỉ chuyển từ hệ này sang hệ khác.

- Năng lượng là hàm của trạng thái
- Công là hàm của quá trình; **Hệ sinh công năng lượng giảm** \Rightarrow không thể sinh công mãi mãi mà không nhận năng lượng từ bên ngoài.
- Không tồn tại của động cơ vĩnh cửu.

Động năng là phần cơ năng ứng với sự chuyển dời vị trí của các vật.

- Công của lực \vec{F}

$$A = \int_{(1)}^{(2)} \vec{F} d\vec{s}$$



- Định luật Newton II:

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$\Rightarrow A = \int_{(1)}^{(2)} \vec{F} d\vec{s} = m \int_{(1)}^{(2)} \vec{a} d\vec{s} = m \int_{(1)}^{(2)} \frac{d\vec{v}}{dt} d\vec{s} = \int_{(1)}^{(2)} m \vec{v} d\vec{v}$$

$$A = \int_{(1)}^{(2)} d\left(\frac{mv^2}{2}\right) = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} \quad (9)$$

- Định nghĩa: $W_{đ1} = \frac{mv_1^2}{2}$; $W_{đ2} = \frac{mv_2^2}{2}$

3.1 Định lý về động năng II

- Động năng của chất điểm khối lượng m có vận tốc v là:

$$W_d = \frac{mv^2}{2} \quad (10)$$

Định lý về động năng:

Độ biến thiên động năng của một chất điểm trong một quãng đường nào đó bằng công của ngoại lực tác dụng lên chất điểm trên quãng đường đó.

$$A = W_{d2} - W_{d1}$$

- $W_{d2} > W_{d1}$ Lực phát động sinh công
- $W_{d2} < W_{d1}$ Lực cản

2. Động năng trong trường hợp vật rắn quay

- Vật rắn quay quanh trục quay Δ , công vi phân:

$$dA = \vec{F}d\vec{s} = \vec{M}\vec{\omega}dt$$

- Phương trình cơ bản của chuyển động quay:

$$\vec{M} = I\vec{\beta} = I\frac{d\vec{\omega}}{dt}$$

$$\Rightarrow dA = I\frac{d\vec{\omega}}{dt}\vec{\omega}dt = Id\left(\frac{\omega^2}{2}\right)$$

- Công của ngoại lực tác dụng lên vật rắn quay

$$A = \frac{I\omega_2^2}{2} - \frac{I\omega_1^2}{2} \quad (11)$$

2. Động năng trong trường hợp vật rắn quay

- Vậy động năng của vật rắn quay:

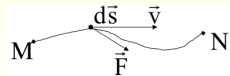
$$W_d = \frac{I\omega^2}{2} \quad (12)$$

- Vật rắn vừa quay vừa tịnh tiến, động năng toàn phần của vật rắn

$$W_d = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} \quad (13)$$

1. Trường lực thế

- Nếu một chất điểm chuyển động trong một không gian luôn chịu tác dụng của một lực $\vec{F} \Rightarrow$ trường lực \vec{F} .
- Lực \vec{F} là một hàm của các tọa độ và cũng có thể là hàm của thời gian.



$$\vec{F} = \vec{F}(\vec{r}) = \vec{F}(x, y, z) \quad (14)$$

- Công của trường lực \vec{F} tác dụng lên chất điểm di chuyển từ điểm (1) đến điểm (2)

$$A_{12} = \int_{(1)}^{(2)} \vec{F} d\vec{s}$$

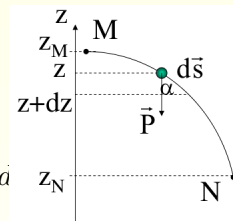
- Lực thế: Công A_{12} của \vec{F} không phụ thuộc vào dạng của quỹ đạo dịch chuyển mà chỉ phụ thuộc vào vị trí của điểm đầu và điểm cuối của quỹ đạo

Ví dụ về trường lực thế

- Xét chất điểm m chịu tác dụng của trọng lực:

$$\vec{P} = m\vec{g}.$$

- Công của trọng lực khi chất điểm di chuyển từ M đến N



$$A_{MN} = \int_{MN} \vec{P} d\vec{s} = \int_{MN} mg.ds.\cos\alpha; ds\cos\alpha = dz$$

- $\Rightarrow dA = -mgdz$, dấu - do độ cao giảm
- Công của trọng lực khi chất điểm chuyển dời từ M đến N là:

$$A_{MN} = \int_M^N -Pdz = P.z_M - P.z_N$$

- Công của lực hấp dẫn chỉ phụ thuộc vào điểm đầu và điểm cuối của chuyển dời.

Định nghĩa:

- Thế năng của chất điểm trong trường lực thế là một hàm W_t phụ thuộc vào vị trí của chất điểm sao cho

$$A_{MN} = W_t(M) - W_t(N)$$

- Thế năng của chất điểm tại một vị trí của trường lực thế được xác định sai khác một hằng số cộng tùy thuộc gốc thế năng được chọn.

Tính chất

- Thế năng tại một vị trí được xác định sai khác một hằng số cộng nhưng hiệu thế năng giữa hai vị trí thì hoàn toàn xác định.
- Giữa trường lực và thế năng: $A_{MN} = \int_{MN} \vec{F} d\vec{s} = W_t(M) - W_t(N)$
- Nếu cho chất điểm dịch chuyển theo một vòng tròn kín thì:

$$\oint \vec{F} d\vec{s} = 0$$

1. Định luật bảo toàn cơ năng

- Cơ năng: Chất điểm chuyển động trong trường lực thế:
Cơ năng: $W = W_d + W_t$
- Chất điểm, m , chuyển động từ (1) \rightarrow (2) trong một trường lực thế thì công của lực thế: $A_{12} = W_{t1} - W_{t2}$
- Mặt khác, định lý về động năng thì nếu chất điểm chỉ chịu tác dụng của lực thế: $A_{12} = W_{d2} - W_{d1}$

$$\Rightarrow W_{t1} - W_{t2} = W_{d2} - W_{d1}$$

$$W_{t1} + W_{d1} = W_{t2} + W_{d2} = \text{const} \quad (15)$$

Định luật

Khi chất điểm chuyển động trong một trường lực thế (mà không chịu tác dụng của một lực nào khác) thì cơ năng của nó được bảo toàn.

- Trong trọng trường đều gần mặt đất:

$$W = \frac{mv^2}{2} + mgh = \text{const}$$

Ví dụ 3: Người ta cho các vật có hình dạng khác nhau lăn không trượt từ đỉnh mặt phẳng nghiêng có độ cao $h = 5 \text{ m}$, mặt nghiêng với mặt phẳng nằm ngang một góc $\alpha = 10^\circ$. Xác định gia tốc dài và vận tốc dài của các vật tại chân mặt phẳng nghiêng nếu vật là:

- a. Một quả cầu đặc.
- b. Một trụ đặc.
- c. Một vành tròn.

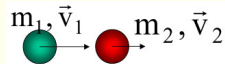
Ví dụ 4: Một em bé có khối lượng 18kg ngồi yên và bắt đầu trượt từ đỉnh một cầu trượt cao 2m (hình vẽ). Lúc tới chân cầu trượt em bé có vận tốc $4,2\text{m/s}$. Hỏi công thực hiện của lực ma sát.



5.1. Va chạm đàn hồi

Sau va chạm, hai quả cầu chuyển động với vận tốc v'_1 và v'_2

- Tổng động lượng của hệ theo phương chuyển động được bảo toàn



$$m_1 v'_1 + m_2 v'_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2 = \text{const}$$

- Động năng của hệ cũng được bảo toàn:

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

$$v'_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2 v_2}{m_1 + m_2}, \quad v'_2 = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

Các trường hợp riêng:

- $m_1 = m_2 \Rightarrow v'_1 = v_2, v'_2 = v_1$
- $m_1 \ll m_2$ và $v'_2 = 0 \Rightarrow v'_1 \approx -v_1$

5.2. Va chạm mềm

- Sau va chạm, hai quả cầu dính vào nhau và chuyển động với cùng vận tốc $v' : v'_1 = v'_2 = v$
- Tổng động lượng theo phương chuyển động bảo toàn:

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

- Cơ năng không bảo toàn vì tỏa nhiệt, thành năng lượng liên kết, gây biến dạng...
- Động năng giảm:

$$-\Delta W_d = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 - \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2 = \frac{1}{2} \frac{m_1m_2}{m_1 + m_2} (v_1 - v_2)^2$$

Ví dụ 5: Một vật có khối lượng $m_1 = 3\text{kg}$ chuyển động với vận tốc $v_1 = 4\text{m/s}$ tới va chạm vào vật thứ hai đang đứng yên có khối lượng $m_2 = m_1$. Coi va chạm là xuyên tâm và hoàn toàn không đàn hồi (va chạm mềm). Tính nhiệt lượng tỏa ra trong quá trình va chạm.