



# CHƯƠNG 3 CÔNG VÀ NĂNG LƯỢNG

*Nguyễn Xuân Thấu -BMVL*

1

HÀ NỘI

2017



## **NỘI DUNG**

- 1. CÔNG, CÔNG SUẤT, NĂNG LƯỢNG**
- 2. ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN NĂNG LƯỢNG**
- 3. ĐỘNG NĂNG**
- 4. THẾ NĂNG**
- 5. CƠ NĂNG. ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN CƠ NĂNG TRONG TRƯỜNG THỂ**

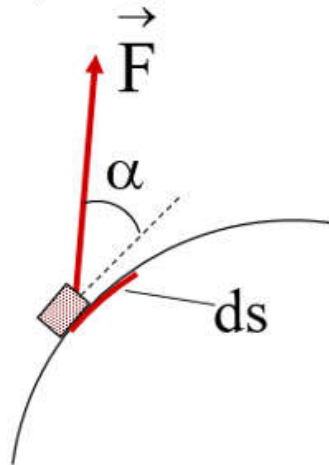


# 1. CÔNG VÀ CÔNG SUẤT

## 1.1. Công

*Một lực sinh công khi điểm đặt của nó chuyển dời.*

### a) Định nghĩa:



Công nguyên tố (vi phân công) của lực  $\vec{F}$  trên một đoạn đường vi phân  $d\vec{s}$

$$dA = F ds \cos \alpha = \vec{F} d\vec{s} = \vec{F} d\vec{r}$$

Công của lực  $\vec{F}$  trên 1 đoạn đường  $s$  bất kỳ:

$$\begin{aligned} A &= \int_{(s)} F ds \cos \alpha = \int_{(s)} \vec{F} d\vec{s} = \int_{(s)} \vec{F} d\vec{r} = \\ &= \int_{(s)} F_x dx + F_y dy + F_z dz \end{aligned}$$



# 1. CÔNG VÀ CÔNG SUẤT

## 1.1. Công

### b) Tính chất của công

Công là đại lượng vô hướng có thể dương, âm, hoặc bằng 0.

Nếu  $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ \rightarrow \cos \alpha > 0 \rightarrow A > 0$  - đây là công phát động (lúc đó lực  $F$  cùng chiều với chiều chuyển động);

Nếu  $\alpha = 90^\circ \rightarrow \cos \alpha = 0 \rightarrow A = Fd \cos \alpha = 0$  - trường hợp này lực không sinh công;

Nếu  $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ \rightarrow \cos \alpha < 0 \rightarrow A < 0$  - đây là công cản (lúc đó lực  $F$  ngược chiều với chiều chuyển động).



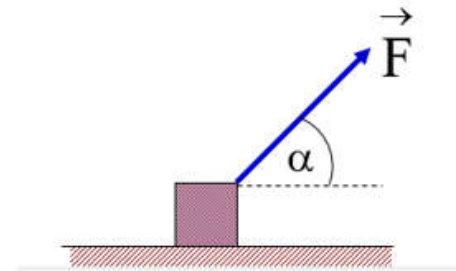
# 1. CÔNG VÀ CÔNG SUẤT

## 1.1. Công

*Trường hợp đặc biệt: Nếu lực  $F$  không đổi và luôn tạo với đường đi 1 góc  $\alpha$ , ta có công thức:*

$$A = F \cos \alpha$$

Trong hệ SI, đơn vị đo công là joule (jun), ký hiệu là (J), thứ nguyên là:  $[A] = ML^2T^{-2}$





## 1. CÔNG VÀ CÔNG SUẤT

### 1.1. Công

#### c) Công của 1 số lực cơ học

- Công của lực ma sát:  $A = \int_{(s)} F_{ms} \cos \alpha ds = - \int_{(s)} F_{ms} ds = -F_{ms} s$

- Công của lực đàn hồi:  $A = \int_{x_1}^{x_2} F dx = - \int_{x_1}^{x_2} kx dx = \frac{1}{2} k(x_1^2 - x_2^2)$

- Công của trọng lực:  $A = mg(h_1 - h_2)$

*Nhận xét: Công của các lực đàn hồi và trọng lực hoàn toàn không phụ thuộc vào đường đi mà chỉ phụ thuộc vào điểm đầu và điểm cuối. Các lực như thế được gọi là **lực thế**.*

*Công của lực ma sát phụ thuộc vào đường đi, những lực như vậy (lực ma sát, lực cản) **không phải lực thế**.*



## 1. CÔNG VÀ CÔNG SUẤT

### 1.2. Công suất

#### a) Định nghĩa

*Khi xét đến độ mạnh yếu của một máy, dùng khái niệm công là chưa đủ, vì nếu 2 máy cùng sinh 1 công nhưng máy khỏe hơn sẽ thực hiện công đó tốn ít thời gian hơn và ngược lại máy yếu hơn sẽ thực hiện công tốn thời gian hơn.*

#### Công suất trung bình

Giả sử trong 1 khoảng thời gian  $\Delta t$ , một lực nào đó thực hiện được 1 công là  $A$ .  
Thì công suất trung bình được định nghĩa bằng tỷ số:

$$P_{tb} = \frac{A}{\Delta t}, \text{ khi } \Delta t \rightarrow 0 \text{ ta có khái niệm công suất tức thời: } P = \frac{dA}{dt}$$

Tức là công suất có giá trị bằng đạo hàm của công theo thời gian.



## 1. CÔNG VÀ CÔNG SUẤT

### 1.2. Công suất

*Ý nghĩa: công suất là đại lượng đặc trưng cho khả năng sinh công của lực*

Đơn vị đo: Watt (oát), ký hiệu  $W = J/s$

Một số đơn vị đo khác:  $1 kW = 10^3 W$ ,  $1 MW = 10^6 W$ ,  $1 HP = 736 W$





## 1. CÔNG VÀ CÔNG SUẤT

### 1.2. Công suất

b) **Mối quan hệ giữa công suất, lực và vận tốc**

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{d(\vec{F}d\vec{s})}{dt} = \vec{F} \frac{d\vec{s}}{dt} = \vec{F}\vec{v} = Fv \cos \alpha, \text{ trường hợp lực cùng hướng với vận tốc}$$

(hướng chuyển động) thì:  $P = Fv$

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

**Phân biệt:** Công suất tức thời ( $\frac{dA}{dt} = Fv$ ) và công suất trung bình:  $\frac{A}{\Delta t}$ ;

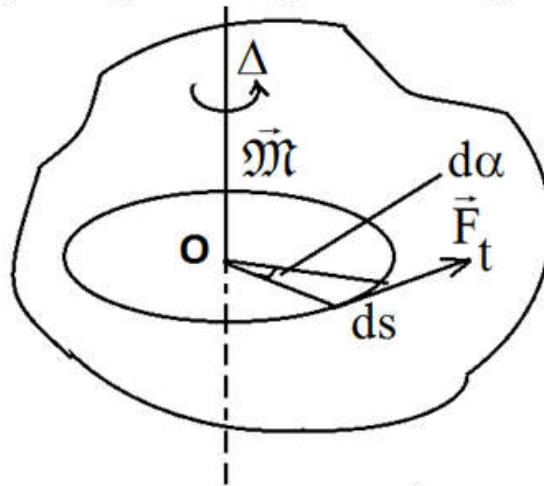
Trường hợp đặc biệt khi vật chuyển động đều dưới tác dụng của lực  $F$  thì:  
 $P_{tb} = P = Fv$



## 1. CÔNG VÀ CÔNG SUẤT

### 1.2. Công suất

#### c) Công và công suất trong chuyển động quay



Công vi phân của một lực tiếp tuyến:

$$dA = F_t ds = F_t r d\alpha = \mathcal{M} d\alpha$$

$\mathcal{M}$  là mô-men lực đối với trục  $\Delta$ .

Từ đó suy ra:

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{d(\mathcal{M}\alpha)}{dt} = \mathcal{M} \frac{d\alpha}{dt} = \mathcal{M}\omega$$

Dưới dạng véc-tơ:

$$P = \vec{\mathcal{M}}\vec{\omega}$$

Từ cơ sở của những biểu thức tính công suất trên, người ta đã chế tạo ra hộp số của xe máy, ô-tô, v.v



## 2. NĂNG LƯỢNG

### 2.1. Khái niệm năng lượng

*Năng lượng là một đại lượng đặc trưng cho mức độ vận động của vật chất, năng lượng có nhiều dạng khác nhau tương ứng với các hình thức vận động khác nhau của vật chất: Cơ năng, Nhiệt năng, Điện năng, Quang năng, Hóa năng, ...*

Vật ở trạng thái xác định thì có một năng lượng xác định. Năng lượng là một **hàm trạng thái**.



## 2. NĂNG LƯỢNG

### 2.2. Định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng

Khi vật tương tác với các vật khác sẽ biến đổi trạng thái tức là trao đổi năng lượng với bên ngoài. Công là một đại lượng cho quá trình trao đổi năng lượng giữa vật này và vật khác. Khi một hệ nào đó sinh công cho bên ngoài thì năng lượng của nó giảm, nếu hệ nhận công từ bên ngoài thì năng lượng tăng.

*Độ biến thiên năng lượng của một hệ trong quá trình nào đó có giá trị bằng công mà hệ nhận được từ bên ngoài trong quá trình đó. Công bao giờ cũng phải tương ứng với một quá trình cụ thể. Ta nói **công là hàm quá trình**.*

$$W_2 - W_1 = A$$

Nếu  $A > 0$  tức là hệ thực sự nhận công,

Nếu  $A < 0$  tức là hệ nhận 1 công âm, có nghĩa là sinh công.



## 2. NĂNG LƯỢNG

### 2.2. Định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng

Trong trường hợp đặc biệt (khi hệ cô lập, không tương tác với bên ngoài) tức là  $A = 0$ , ta có:  $W_2 - W_1 = 0 \rightarrow W_2 = W_1$ , tức là năng lượng của hệ cô lập được bảo toàn.

**Nội dung định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng:** *Năng lượng không tự sinh ra và cũng không tự mất đi, mà chỉ chuyển hóa từ dạng này sang dạng khác, hoặc truyền từ vật này sang vật khác, còn tổng năng lượng không thay đổi.*



## 2. NĂNG LƯỢNG

### 2.3. Ý nghĩa của định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng

- Không thể có một hệ nào sinh công mãi mãi mà không nhận thêm năng lượng từ bên ngoài. Nói cách khác, không tồn tại động cơ vĩnh cửu.

*Trong phần cơ học, chúng ta chỉ xét **cơ năng** tức là dạng năng lượng tương ứng với sự chuyển động cơ của các vật. Cơ năng bao gồm 2 phần là động năng và thế năng.*



### 3. ĐỘNG NĂNG

#### 3.1. Định lý động năng

Động năng là phần cơ năng tương ứng với sự chuyển động của các vật.

Chất điểm khối lượng  $m$ , chịu tác dụng của lực  $\vec{F}$ , di chuyển từ vị trí 1 ứng với vận tốc  $\vec{v}_1$  đến vị trí 2 ứng với vận tốc  $\vec{v}_2$  trên 1 quỹ đạo cong.

Công của ngoại lực:

$$A = \int_1^2 \vec{F} d\vec{s} = \int_1^2 m \vec{a} d\vec{s} = \int_1^2 m \frac{d\vec{v}}{dt} d\vec{s} = \int_1^2 m \vec{v} d\vec{v} = \int_1^2 m d\left(\frac{\vec{v}^2}{2}\right) = \int_1^2 m d\left(\frac{v^2}{2}\right) = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

Tức là:  $A = W_{d2} - W_{d1}$

Trong đó:  $W_{d1} = \frac{mv_1^2}{2}$  và  $W_{d2} = \frac{mv_2^2}{2}$  lần lượt gọi là động năng của chất điểm ở vị trí 1 và 2.





### 3. ĐỘNG NĂNG

#### 3.1. Định lý động năng

**Định lý động năng:** Độ biến thiên động năng của chất điểm trong một chuyển dời có giá trị bằng công của ngoại lực tác dụng lên chất điểm trong chuyển dời đó.

**Hệ quả:**

- Khi ngoại lực thực hiện công phát động  $A > 0$ , động năng của chất điểm tăng:  $W_{d2} > W_{d1}$  (tức là vận tốc tăng);
- Khi ngoại lực thực hiện công cản  $A < 0$ , động năng của chất điểm giảm:  $W_{d2} < W_{d1}$  (tức là vận tốc giảm);
- Khi ngoại lực thực hiện công  $A = 0$ , động năng của chất điểm không đổi:  $W_{d2} = W_{d1}$  (tức là vận tốc không đổi về độ lớn).





### 3. ĐỘNG NĂNG

#### 3.2. Động năng trong trường hợp vật rắn quay

Ta có:  $dA = \vec{F} d\vec{s} = Fr d\alpha = \mathcal{M} \omega dt = \vec{\mathcal{M}} \vec{\omega} dt$

$$\text{Lại có: } \vec{\mathcal{M}} = I \vec{\beta} = I \frac{d\vec{\omega}}{dt} \rightarrow dA = I \frac{d\vec{\omega}}{dt} \vec{\omega} dt = I \vec{\omega} d\vec{\omega} = Id \left( \frac{\vec{\omega}^2}{2} \right) = Id \left( \frac{\omega^2}{2} \right)$$

Suy ra:  $A = \frac{I\omega_2^2}{2} - \frac{I\omega_1^2}{2}$ , trong đó  $W_d = \frac{I\omega^2}{2}$  gọi là động năng quay của vật rắn.

*Trong trường hợp tổng quát, vật rắn vừa tịnh tiến, vừa quay, động năng toàn phần sẽ bằng tổng động năng tịnh tiến cộng động năng quay:*

$$W_d = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$



#### 4. BÀI TOÁN VA CHẠM

Hai quả cầu nhỏ chuyển động trên đường thẳng nối liền hai tâm của chúng (va chạm xuyên tâm).

Khối lượng của 2 quả cầu lần lượt là  $m_1$  và  $m_2$ , vận tốc trước va chạm lần lượt là  $\vec{v}_1$  và  $\vec{v}_2$ , vận tốc sau va chạm lần lượt là  $\vec{v}'_1$  và  $\vec{v}'_2$ . Giả sử hệ 2 vật cô lập, ta sẽ đi tìm  $\vec{v}'_1$  và  $\vec{v}'_2$ .

**Định luật bảo toàn động lượng:**

$$m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2 = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 \quad (1)$$



## 4. BÀI TOÁN VA CHẠM

### 4.1. Va chạm đàn hồi

Động năng của hệ  $m_1 + m_2$  trong va chạm đàn hồi được bảo toàn.

$$\text{Ta có: } \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} \quad (2)$$

Từ (1) và (2) dễ dàng giải ra:

$$v_1' = \frac{2m_2 v_2 + (m_1 - m_2)v_1}{m_1 + m_2} \quad (3)$$

$$v_2' = \frac{2m_1 v_1 + (m_2 - m_1)v_2}{m_1 + m_2} \quad (4)$$



## 4. BÀI TOÁN VA CHẠM

### 4.1. Va chạm đàn hồi

**Một số trường hợp đặc biệt:**

- trường hợp  $m_1 = m_2$ , thay vào (3) và (4) ta được  $v'_1 = v_2; v'_2 = v_1$ , dễ thấy 2 quả cầu *trao đổi vận tốc*.

- trường hợp quả cầu thứ 2 đứng yên ( $v_2 = 0$ ), ta được:

$$v'_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1}{m_1 + m_2} \quad (5)$$

$$v'_2 = \frac{2m_1v_1}{m_1 + m_2} \quad (6)$$

- trường hợp  $m_1 \ll m_2$  và  $v_2 = 0$ : từ (5) và (6) ta có:  $v'_1 \approx -v_1$  và  $v'_2 \approx 0$  tức là quả cầu 1 bật ngược trở lại với vận tốc có độ lớn bằng độ lớn vận tốc trước va chạm, còn quả cầu 2 vẫn đứng yên.



## 4. BÀI TOÁN VA CHẠM

### 4.2. Va chạm mềm

Sau va chạm 2 quả cầu dính chặt vào nhau và chuyển động với cùng 1 vận tốc. Chỉ có động lượng được bảo toàn, còn động năng thì không bảo toàn.

$$v'_1 = v'_2 = v$$

Định luật bảo toàn động lượng:  $(m_1 + m_2)v = m_1v_1 + m_2v_2 \rightarrow v = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2}$

Độ giảm động năng của hệ:

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

**Đây là công làm biến dạng hai quả cầu.**



## 5. THỂ NĂNG

### 5.1. 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:*

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

Nếu cả  $W_t(M)$  và  $W_t(N)$  cùng được cộng với 1 hằng số thì hệ thức trên vẫn đúng, nên có thể nói: thế năng của chất điểm tại một vị trí được định nghĩa sai khác một hằng số cộng.



## 5. THỂ NĂNG

### 5.1. Định nghĩa

**Thế năng trọng trường:**

$$W_t(h) = mgh + C;$$

trong đó  $h$  là độ cao từ  $m$  tới mặt đất,  $C = 0$  khi gốc thế năng ở mặt đất.

**Thế năng đàn hồi:**

$$W_t = \frac{1}{2}kx^2 + C,$$

trong đó  $x$  là độ biến dạng của lò xo,  $C = 0$  khi gốc thế năng ở vị trí lò xo không biến dạng

**Thế năng hấp dẫn:**

$$W_t = -GMm\frac{1}{r} + C;$$

trong đó  $r$  là khoảng cách từ  $m$  tới tâm của  $M$ ,  $C = 0$  khi gốc thế năng ở vô cùng.



## 5. THỂ NĂNG

### 5.2. Tính chất

- Thế năng tại 1 vị trí có thể sai khác 1 hằng số tùy ý, nhưng hiệu thế năng giữa 2 vị trí hoàn toàn xác định.
- Định lý về độ giảm thế năng: Công của trường lực tác dụng lên chất điểm bằng độ giảm thế năng.

$$A_{MN} = \int_{MN} \vec{F} d\vec{s} = W_t(M) - W_t(N)$$

Hệ quả: nếu chất điểm dịch chuyển theo 1 đường khép kín  $M \equiv N$  thì công của ngoại lực bằng 0.





## 6. ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN CƠ NĂNG

### 6.1. Cơ năng và định luật bảo toàn cơ năng

Chất điểm chuyển dịch từ điểm M đến N trong trường lực thế

Theo định lý động năng (nếu chất điểm chỉ chịu tác dụng của trường lực thế):

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

Theo định lý về độ giảm thế năng:

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

So sánh ta được:

$$W_d(N) - W_d(M) = W_t(M) - W_t(N) \rightarrow W_d(N) + W_t(N) = W_d(M) + W_t(M)$$

Như vậy:  $W = W_d + W_t = \text{const}$

*Tổng động năng và thế năng của chất điểm được gọi là cơ năng của chất điểm. Khi chất điểm chuyển động trong một trường lực thế (mà không chịu tác dụng của 1 lực nào khác) thì cơ năng của chất điểm là một đại lượng bảo toàn.*



## 6. ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN CƠ NĂNG

### 6.1. Cơ năng và định luật bảo toàn cơ năng

Ví dụ: trong trọng trường đều

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

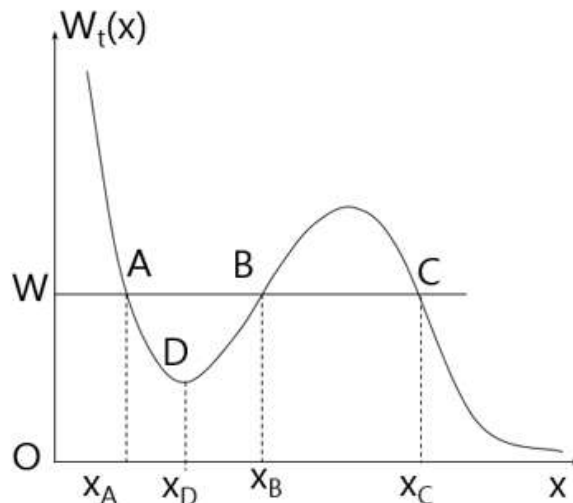
*Như vậy khi động năng tăng thì thế năng giảm và ngược lại. Động năng cực đại khi thế năng cực tiểu và ngược lại.*

Chú ý: Khi chất điểm chuyển động trong trường lực thế mà còn chịu tác dụng của những lực không phải lực thế (ví dụ như lực ma sát) thì cơ năng không bảo toàn: *độ biến thiên của cơ năng chất điểm trong trường hợp này sẽ bằng công của lực không phải lực thế nói trên.*



## 6. ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN CƠ NĂNG

### 6.2. Sơ đồ thế năng



Đồ thị của hàm số  $W_t(x)$  theo  $x$  gọi là **sơ đồ thế năng**:

$$\frac{mv^2}{2} + W_t(x) = W = \text{const}$$

$$\frac{mv^2}{2} \geq 0 \rightarrow W_t(x) \leq W$$

Tại A, B:  $W_d = 0$ , vật đổi chiều chuyển động.

Tại D:  $W_{\text{tmin}}$ , vật chuyển động với vận tốc lớn nhất; D là vị trí cân bằng bền.

Tóm lại: nếu vật ở đoạn AB, nó bị nhốt trong hố thế.



### **Các bài tập cần làm**

**4.2, 4.4, 4.8, 4.12, 4.13, 4.14, 4.16, 4.18, 4.20, 4.22, 4.26, 4.27, 4.30, 4.32.**

28

### **Bài tập cần trình bày ra giấy A4 & ghim vào nộp cho thầy**

**4.2, 4.4, 4.14, 4.16, 4.20, 4.27, 4.32**



# HẾT