



TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN, ĐHQG-HCM
KHOA VẬT LÝ – VẬT LÝ KỸ THUẬT

CHƯƠNG 3: CÁC ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN

Tp. Hồ Chí Minh, tháng 3 năm 2024

Động lượng của chất điểm và của hệ chất điểm

Xét một chất điểm khối lượng m , chuyển động với vector vận tốc \vec{v} .

Theo định nghĩa:

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

được gọi là vector động lượng (hoặc vector xung lượng) của chất điểm.

Vector động lượng \vec{p} luôn cùng hướng với vector vận tốc \vec{v} . Trong hệ SI, động lượng có đơn vị là kgm/s.

Mở rộng: nếu một hệ gồm N chất điểm

$$\vec{p} = \sum_{i=1}^N \vec{p}_i = \sum_{i=1}^N m_i \vec{v}_i$$

**Vector động lượng
toàn phần của hệ**

Động lượng của chất điểm và của hệ chất điểm

Theo định luật II Newton ta có:

$$m\vec{a} = \vec{F}$$

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

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

hay $\Delta \vec{p} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt$

$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$ hay $d\vec{p} = \vec{F} dt$

Độ biến thiên của động lượng chất điểm trong khoảng thời gian dt bằng xung lượng của lực tác dụng lên chất điểm trong khoảng thời gian đó.

Định luật bảo toàn động lượng

Xét hệ kín chỉ gồm hai vật 1 và 2 tương tác với nhau. Theo định luật 3 Newton, ta có:

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$$

$$m_1 \frac{d\vec{v}_1}{dt} = -m_2 \frac{d\vec{v}_2}{dt}$$

$$\frac{d\vec{p}_1}{dt} + \frac{d\vec{p}_2}{dt} = 0$$

$$\frac{d(\vec{p}_1 + \vec{p}_2)}{dt} = 0$$

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$$

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = 0$$

$$\vec{p} = \text{const}$$

Vector động lượng toàn phần của một hệ kín (hệ cô lập) bảo toàn theo thời gian. (Trong hệ kín, tổng động lượng của hệ được bảo toàn)

Mở rộng: hệ gồm N chất điểm

$$\text{hay} \quad \frac{d(\sum_{i=1}^N \vec{p}_i)}{dt} = 0$$

Định luật bảo toàn động lượng

Súng giật lùi khi bắn



Súng đại bác



Định luật bảo toàn động lượng

Chuyển động của tên lửa



Chuyển động của máy bay phản lực



Định luật bảo toàn động lượng

Chuyển động của sứa



Chuyển động của mực



Năng lượng và Lực

? Thí nghiệm liên hệ giữa năng lượng và lực

Thổi hơi qua ống hút để tạo ra lực đẩy đủ mạnh để đẩy xe đồ chơi chuyển động



Năng lượng đặc trưng cho khả năng tác dụng lực

Công

Công là năng lượng mà một lực F tác động lên vật làm cho vật chuyển động trên một quỹ đạo.

Công của một vật do lực \vec{F} thực hiện trên quãng đường $d\vec{s}$:

$$dA = \vec{F} d\vec{s} \quad \Rightarrow \quad A_{12} = \int_1^2 dA = \int_1^2 \vec{F} d\vec{s} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} \vec{v} dt$$

Nếu $\vec{F} = \text{const}$ và s là đường thẳng: $A_{12} = \vec{F} \vec{s} = F \cdot s \cdot \cos(\vec{F}, \vec{s})$

$$A = \vec{F} d\vec{s}$$

$$1\text{J} = 1\text{N} \cdot \text{m}$$

Joule (J) là công do lực có độ lớn 1N tác dụng lên vật trên đoạn đường đi 1m với phương của lực trùng với phương của đường đi

Động năng

Năng lượng mà một vật có được khi nó chuyển động được gọi là động năng



$$W_{đ} = \frac{1}{2}mv^2$$

Định lý động năng

Độ biến thiên động năng của một vật trên đường chuyển động giữa hai vị trí nào đó bằng công của ngoại lực tác dụng lên vật

$$\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = A_{12}$$

$$\Leftrightarrow W_{đ2} - W_{đ1} = A_{12}$$

Động năng lúc
sau của vật

Động năng lúc
đầu của vật

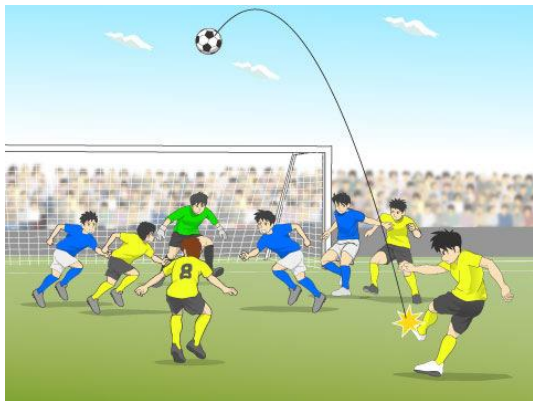
Mở rộng: hệ gồm N chất điểm

$$W_{đ}^{total} = \sum_{i=1}^N W_{đi}$$

$$W_{đ}^{total} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} m_i \vec{v}_i^2$$

Định lý động năng

Tác dụng của lực :



$$\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = A_{12} = -Q$$

Nhiệt lượng mà vật tỏa ra
(nóng lên) khi va chạm



Lực tác dụng lên vật
làm thay đổi chuyển
động của vật hoặc
làm vật bị biến dạng
hoặc làm vật nóng lên



Va chạm đàn hồi – Va chạm không đàn hồi

Va chạm đàn hồi là va chạm xuất hiện biến dạng đàn hồi trong khoảng thời gian rất ngắn, sau va chạm vật lấy lại hình dạng ban đầu và tiếp tục chuyển động tách rời nhau.



Va chạm đàn hồi trực diện xuyên tâm: trước và sau va chạm trọng tâm của vật luôn luôn chuyển động trên cùng một đường thẳng (nằm cùng phương chuyển động).

Va chạm đàn hồi – Va chạm không đàn hồi

Va chạm đàn hồi trực diện xuyên tâm: trước và sau va chạm trọng tâm của vật luôn luôn chuyển động trên cùng một đường thẳng (nằm cùng phương chuyển động).



v_1, v_2, v_1', v_2' là các giá trị đại số, có thể âm hoặc dương

Áp dụng đl bảo toàn động lượng: $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$

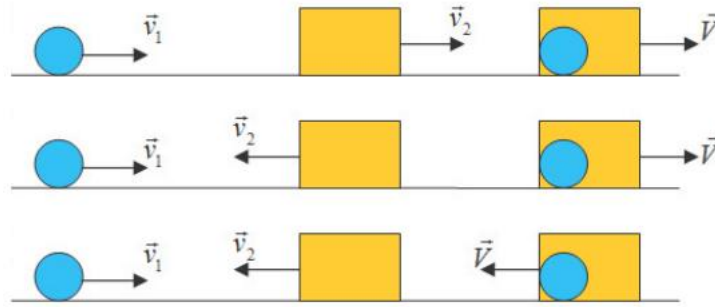
Áp dụng đl bảo toàn động năng: $\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2$

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

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

Va chạm đàn hồi – Va chạm không đàn hồi

Va chạm không đàn hồi (va chạm mềm): sau va chạm hai vật gắn chặt vào nhau và chuyển động cùng với vận tốc giống nhau.



v_1, v_2, V là các giá trị
đại số, có thể âm hoặc
dương

Áp dụng đl bảo toàn động lượng: $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) V$

$$\Rightarrow V = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

Trường lực thế

Trường lực là một vùng không gian mà khi chất điểm nằm tại mỗi vị trí trong nó thì đều xuất hiện một lực tương tác \vec{F} tác dụng lên chất điểm đó.

Lực tương tác \vec{F} tác dụng lên chất điểm phụ thuộc vào vị trí, tức là một hàm của tọa độ và có thể là một hàm của thời gian t . Khi chỉ xét đến \vec{F} là một hàm của tọa độ:

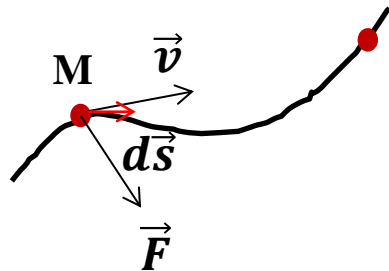
$$\vec{F} = \vec{F}(\vec{r}) = \vec{F}(x, y, z)$$

Công của lực \vec{F} khi chất điểm chuyển động từ M tới N: $A_{MN} = \int_M^N \vec{F} \cdot d\vec{s}$

Nếu công A_{MN} không phụ thuộc dạng đường đi từ M tới N

mà chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu M và vị trí điểm cuối N

thì trường lực đó gọi là **trường lực thế** và lực $\vec{F}(\vec{r})$ gọi là **lực thế**



Thế năng

Vì công của lực thế chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu và vị trí điểm cuối, nên ứng với mỗi vị trí người ta đưa ra đại lượng thế năng W_t và theo định nghĩa: Thế năng của một chất điểm trong trường lực thế là một hàm W_t phụ thuộc vào vị trí:

$$A_{MN} = mgh_1 - mgh_2 = W_t(M) - W_t(N)$$

Thế năng của một chất điểm tại vị trí có độ cao h trong trọng trường:

$$W_t = mgh + c$$

hằng số c phụ thuộc vào việc chọn mốc thế năng.

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

Công của lực thế làm vật di chuyển từ M tới N bằng độ giảm thế năng

Thế năng

Các dạng thế năng:

Thế năng đàn hồi:

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

x: độ biến dạng của lò xo

c = 0: gốc thế năng ở vị trí lò xo không biến dạng

Thế năng hấp dẫn:

$$W_t = \frac{-\gamma Mm}{r} + c$$

r: khoảng cách từ m tới tâm M

c = 0: gốc thế năng ở vô cùng

Thế năng của trọng lực:

$$W_t = mgh + c$$

h: độ cao vật so với mặt đất

c = 0: gốc thế năng ở mặt đất

Định luật bảo toàn cơ năng

Trong hệ kín, không có lực ma sát (chất điểm chỉ chịu tác dụng của lực thế), có sự biến đổi qua lại giữa động năng và thế năng nhưng tổng của chúng là cơ năng được bảo toàn.

$$W_{đ1} + W_{t1} = W_{đ2} + W_{t2}$$

$$\text{hay} \quad W_{đ} + W_t = W = \text{const}$$

Cơ năng: $W = W_{đ} + W_t$

Mở rộng cho hệ gồm N chất điểm: $\sum_{i=1}^N W_{đ1i} + \sum_{i=1}^N W_{t1i} = \sum_{i=1}^N W_{đ2i} + \sum_{i=1}^N W_{t2i}$

Định luật bảo toàn cơ năng

Xét chất điểm khối lượng m chuyển động trong trường lực từ vị trí 1 đến vị trí 2, chịu cả tác dụng của lực thế và lực không thế. Theo định lý động năng:

$$W_{đ2} - W_{đ1} = A_{lựcthế} + A_{lựckhôngthế}$$

Mà công của lực thế bằng độ giảm thế năng: $A_{lựcthế_{12}} = W_{t1} - W_{t2}$

$$\Rightarrow W_{đ2} - W_{đ1} = W_{t1} - W_{t2} + A_{lựckhôngthế}$$

$$\Leftrightarrow (W_{đ2} + W_{t2}) - (W_{đ1} + W_{t1}) = A_{lựckhôngthế}$$

$$\Leftrightarrow W_2 - W_1 = A_{lựckhôngthế}$$

Khi chất điểm chịu tác dụng của lực không thế thì cơ năng không bảo toàn mà có sự chuyển hóa cơ năng thành công cơ học.

Năng lượng không tự sinh ra cũng không tự mất đi mà chỉ biến đổi từ dạng này sang dạng khác trong sự biến đổi này năng lượng toàn phần luôn được bảo toàn.

Tổng kết các định luật bảo toàn trong cơ học

Định luật bảo toàn động lượng: áp dụng cho hệ kín, chỉ gồm lực tương tác giữa các vật trong hệ

$$\vec{p} = \text{const}$$

Định lý động năng: áp dụng được trong mọi trường hợp

$$W_{đ2} - W_{đ1} = A_{12} \qquad A_{12} = \vec{F} \cdot \vec{s} = F \cdot s \cdot \cos(\vec{F}, \vec{s})$$

Định luật bảo toàn cơ năng: áp dụng khi lực tác dụng lên vật là lực thế

$$W = W_{đ} + W_t = \text{const}$$

Định luật bảo toàn năng lượng: áp dụng khi có sự chuyển hóa từ dạng năng lượng này sang dạng năng lượng khác (ví dụ cơ năng sang nhiệt năng trong trường hợp vật chịu thêm tác dụng của lực ma sát)

$$\vec{E} = \text{const}$$