

## Các định luật bảo toàn

# 23

## ĐỘNG LƯỢNG ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN ĐỘNG LƯỢNG

### I – MỤC TIÊU

1. a) Định nghĩa được *động lượng*, nêu được hệ quả : Lực với cường độ đủ mạnh tác dụng lên một vật trong một khoảng thời gian hữu hạn có thể làm cho động lượng của vật biến thiên.

b) Từ định luật II Niu-ton  $\vec{F} = m\vec{a}$  suy ra được *định lý biến thiên động lượng*.

2. a) Phát biểu được định nghĩa *hệ cô lập*.

b) Phát biểu được *định luật bảo toàn động lượng*.

c) Vận dụng được định luật bảo toàn động lượng để giải bài toán va chạm mềm.

3. Giải thích được nguyên tắc *chuyển động bằng phản lực*.

### II – CHUẨN BỊ

#### Giáo viên

Chuẩn bị thí nghiệm minh họa định luật bảo toàn động lượng :

- Đệm khí.
- Các xe nhỏ chuyển động trên đệm khí.
- Các lò xo (xoắn, lá).
- Dây buộc.
- Thiết bị đo vận tốc.

Mặc dù thí nghiệm này không được viết trong SGK, nhưng GV vẫn nên tiến hành thí nghiệm để minh họa một định luật quan trọng.

#### Học sinh

Ôn lại các định luật Niu-ton.

### III – THÔNG TIN BỔ SUNG

#### 1. Định lí biến thiên động lượng và phương trình Niu-tơn

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

a) Trong khuôn khổ cơ học cổ điển Niu-tơn thì khối lượng của vật không thay đổi, do đó :

$$m\vec{a} = \vec{F} \Leftrightarrow \text{Định lí biến thiên động lượng.}$$

Định lí biến thiên động lượng viết dưới dạng :

$$\Delta\vec{p} = \Delta(m\vec{v}) = m\Delta\vec{v} = \vec{F}\Delta t$$

Chỉ nghiệm đúng chính xác trong trường hợp  $\vec{F}$  không đổi. Nếu  $\vec{F}$  thay đổi trong quá trình tác dụng thì vẫn có thể áp dụng định lí biến thiên động lượng trong điều kiện  $\Delta t$  không lớn và  $\vec{F}$  là trị trung bình của lực tác dụng.

b) Trong khuôn khổ Thuyết tương đối của Anh-xtanh (Einstein) thì khối lượng  $m$  của vật thay đổi theo vận tốc :

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v^2}{c^2}\right)}}, \quad (m_0 : \text{khối lượng nghỉ}).$$

Do đó phương trình Niu-tơn không còn nghiệm đúng nữa, nhưng định lí biến thiên động lượng vẫn đúng :

$$\Delta\vec{p} = \Delta(m\vec{v}) = \Delta\left(\frac{m_0\vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}\right) = \vec{F}\Delta t, \quad (\text{giả thiết } \vec{F} \text{ không đổi}).$$

$$\text{Nếu } \vec{F} = \vec{0} \text{ thì } \vec{p} = \frac{m_0\vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \text{không đổi.}$$

#### 2. Động lực học của các tên lửa

Chuyển động của tên lửa là chuyển động của một vật có khối lượng thay đổi (giảm đi trong quá trình chuyển động).

Giả sử tại thời điểm  $t$ , khối lượng và vận tốc tên lửa là  $m$  và  $\vec{v}$ , tại thời điểm  $t + \Delta t$ , khối lượng và vận tốc tên lửa là  $m + \Delta m$  và  $\vec{v} + \Delta\vec{v}$ , ( $\Delta m < 0$ ). Trong khoảng thời gian  $\Delta t$ , khối lượng khí phụt ra phía sau tên lửa là  $(-\Delta m)$ .

Gọi vận tốc khí phụt ra là  $\vec{u}$  đối với tên lửa và là  $\vec{v} + \vec{u}$  đối với hệ quy chiếu cố định, động lượng của khối khí phụt ra phía sau là :

$$(-\Delta m)(\vec{v} + \vec{u})$$

Coi tên lửa là một hệ cô lập (tại thời điểm đang xét), áp dụng định luật bảo toàn động lượng ta có :

$$m\vec{v} = (-\Delta m)(\vec{v} + \vec{u}) + (m + \Delta m)(\vec{v} + \Delta\vec{v})$$

Sau khi ước lượng và bỏ đi những số hạng quá nhỏ, ta được :

$$\Delta\vec{v} = \vec{u} \frac{\Delta m}{m}$$

Ta nhận thấy, vì  $\Delta m < 0$  nên  $\Delta\vec{v}$  và  $\vec{u}$  ngược hướng.

Phép tích phân cho ta kết quả :

$$\vec{v} - \vec{v}_0 = \vec{u} \ln \frac{m}{m_0}$$

trong đó  $m_0$  và  $\vec{v}_0$  lần lượt là khối lượng và vận tốc tên lửa lúc  $t = 0$ . Công thức trên đây được gọi là công thức Xi-ôn-cốp-xki, nó cho phép ta tính được vận tốc tên lửa ở thời điểm  $t$ .

Ta có thể viết :

$$\vec{v} = \vec{v}_0 - \vec{u} \ln \frac{m_0}{m}, \quad (-\vec{u}, \vec{v}_0, \vec{v} \text{ cùng hướng}).$$

Về độ lớn :  $v = v_0 + |\vec{u}| \ln \frac{m_0}{m}$ . Đặc biệt nếu  $\vec{v}_0 = \vec{0}$  ta có

$$v = |\vec{u}| \ln \frac{m_0}{m}$$

### 3. Hệ cô lập

a) Hệ không có tác dụng của ngoại lực gọi là hệ cô lập.

*Ví dụ :* Tên lửa chuyển động trong khoảng không gian vũ trụ xa các hành tinh.

b) Hệ có ngoại lực tác dụng nhưng các ngoại lực đó cân bằng nhau cũng được coi là hệ cô lập.

*Ví dụ :* – Vật chuyển động trên đệm khí.

– Hệ vật chuyển động trên mặt phẳng ngang không ma sát.

c) *Trường hợp đặc biệt* : Một hệ lúc bình thường là không cô lập. Trong một khoảng thời gian ngắn  $\Delta t$ , trong hệ này xảy ra va chạm hoặc phân huỷ mạnh sao cho nội lực tương tác giữa các bộ phận của hệ có cường độ rất lớn, vượt trội hẳn các ngoại lực. Trong điều kiện đó, trong khoảng thời gian  $\Delta t$  có thể áp dụng được định luật bảo toàn động lượng cho hệ.

*Chú ý* : Định luật bảo toàn động lượng và các định luật bảo toàn khác trong chương này chỉ đúng trong hệ quy chiếu quán tính.

## IV – GỢI Ý VỀ PHƯƠNG PHÁP VÀ TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG DẠY HỌC

1. Trong bài này có hai khái niệm mới là động lượng của vật (khái niệm cơ bản) và xung lượng của lực (khái niệm bổ trợ).

2. GV nêu lên một số ví dụ về xung lượng của lực.

3. Xung lượng của lực gây ra tác dụng gì ? Câu hỏi này được giải đáp khi thiết lập hệ thức sau đây xuất phát từ phương trình Niu-tơn :

$$m\vec{a} = \vec{F} \Rightarrow \Delta\vec{p} = \Delta(m\vec{v}) = \vec{F}\Delta t$$

Đồng thời ở định lí này xuất hiện khái niệm *động lượng*  $\vec{p} = m\vec{v}$ . Ta được một phát biểu tương đương của định luật II Niu-tơn.

4. Mối liên hệ giữa khối lượng và vận tốc của một vật (trong các quá trình va chạm cơ học) đã được thống nhất trong khái niệm động lượng. Nói cách khác : Động lượng đặc trưng cho trạng thái động lực của vật.

## V – TRẢ LỜI CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

**C1** Đơn vị động lượng  $p = mv$  là  $\text{kg}\cdot\text{ms}^{-1} = (\text{kg}\cdot\text{ms}^{-2})\text{s}$ , trong đó :

$$1 \text{ kg}\cdot\text{ms}^{-2} = 1 \text{ niuton (N)}.$$

**C2**  $mv = F\Delta t$

$$v = \frac{F\Delta t}{m} = 50 \cdot \frac{0,01}{0,1} = 5 \text{ m/s}.$$

**C3** Hệ (súng + đạn) có thể coi là hệ cô lập (bỏ qua mọi lực ma sát, lực cản...). Ban đầu hệ đứng yên, tổng động lượng của hệ bằng không.

Khi đạn có khối lượng  $m$  bắn đi với vận tốc  $\vec{v}$  thì súng có khối lượng  $M$  chuyển động với vận tốc  $\vec{V}$ , tổng động lượng của hệ bằng :

$$m\vec{v} + M\vec{V}$$

Theo định luật bảo toàn động lượng :

$$m\vec{v} + M\vec{V} = \vec{0}$$

$$\vec{V} = -\frac{m}{M}\vec{v}$$

Súng chuyển động với vận tốc  $\vec{V}$  ngược với chiều đạn bay.

**1, 2, 3, 4.** Xem bài học.

**5. B ; 6. D ; 7. C.**

**8. a)** Xe A :  $p_A = 1\,000 \cdot \frac{60\,000}{3\,600} = 16\,666,6 \text{ kg.m/s.}$

b) Xe B :  $p_B = 2\,000 \cdot \frac{30\,000}{3\,600} = 16\,666,6 \text{ kg.m/s.}$

Hai xe có động lượng bằng nhau.

**9.**  $p = 160\,000 \cdot \frac{870\,000}{3\,600} = 38,66 \cdot 10^6 \text{ kg.m/s.}$