

1. Các khái niệm cơ bản trước khi xét va chạm

Trước khi đi vào phân tích chi tiết các loại va chạm, chúng ta cần nắm vững hai khái niệm nền tảng là Hệ kín (hệ cô lập) và Định luật bảo toàn động lượng.

1.1. Hệ kín (Hệ cô lập)

Một hệ được coi là hệ kín khi hệ đó không có tương tác (lực tác dụng) với các vật bên ngoài hệ. Nếu có, các lực này phải triệt tiêu lẫn nhau (hợp lực bằng không).

- Trong một hệ kín, các vật trong hệ chỉ tương tác với nhau. Các lực tương tác này được gọi là nội lực.
- Trên thực tế, một hệ được coi là gần đúng là hệ kín khi ngoại lực tác dụng lên hệ rất nhỏ so với nội lực (ví dụ: lực ma sát, lực cản không khí nhỏ so với lực va chạm).

Ví dụ: Hai viên bi-a va chạm với nhau trên một mặt bàn nhẵn bóng. Nếu bỏ qua ma sát và sức cản không khí, hệ hai viên bi-a được coi là một hệ kín.

1.2. Định luật bảo toàn động lượng

Đây là định luật quan trọng nhất khi nghiên cứu về va chạm.

Phát biểu: Động lượng của một hệ kín là một đại lượng được bảo toàn.

Công thức:

$$\Delta \vec{p} = 0 \text{ hay } \vec{p}_{\text{trước}} = \vec{p}_{\text{sau}}$$

Trong đó:

- $\vec{p}_{\text{trước}}$ là tổng động lượng của các vật trong hệ trước khi tương tác (va chạm).
- $\vec{p}_{\text{sau}}$ là tổng động lượng của các vật trong hệ sau khi tương tác (va chạm).

Đối với hệ hai vật có khối lượng m_1, m_2 chuyển động với vận tốc $\vec{v}_1, \vec{v}_2$ và chạm với nhau, sau va chạm chúng có vận tốc $\vec{v}'_1, \vec{v}'_2$, ta có:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$$

Lưu ý: Vì động lượng là đại lượng vector nên khi giải bài tập, cần chọn một chiều dương và chiếu phương trình vector lên chiều dương đó.

2. Va chạm đàn hồi

2.1. Định nghĩa và đặc điểm

Va chạm đàn hồi (hay va chạm đàn hồi hoàn toàn) là va chạm trong đó tổng động năng của hệ được bảo toàn. Nói cách khác, không có sự chuyển hóa năng lượng từ động năng sang các dạng năng lượng khác (như nhiệt năng, năng lượng biến dạng).

Đặc điểm chính:

- **Động lượng của hệ được bảo toàn.** (Vì hệ được coi là hệ kín)
- **Động năng của hệ được bảo toàn.** (Đây là đặc điểm riêng của va chạm đàn hồi)

- Sau va chạm, các vật tách rời ra và chuyển động với vận tốc riêng.
- Thường xảy ra với các vật có tính đàn hồi cao như bi-a, lò xo, phân tử khí.

2.2. Các định luật bảo toàn áp dụng

Xét hệ hai vật m_1, m_2 có vận tốc ban đầu là v_1, v_2 , sau va chạm đàn hồi có vận tốc là v'_1, v'_2 .

1. Định luật bảo toàn động lượng:

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

2. Định luật bảo toàn động năng:

$$(1/2)m_1 v_1^2 + (1/2)m_2 v_2^2 = (1/2)m_1 v'^2_1 + (1/2)m_2 v'^2_2 \quad (2)$$

Giải hệ phương trình (1) và (2) (sau khi chiếu lên chiều dương đã chọn) sẽ tìm được vận tốc của các vật sau va chạm.

2.3. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1 (Va chạm đàn hồi xuyên tâm): Một quả cầu khối lượng $m_1 = 2 \text{ kg}$ đang chuyển động với vận tốc $v_1 = 4 \text{ m/s}$ đến va chạm xuyên tâm vào quả cầu thứ hai có khối lượng $m_2 = 3 \text{ kg}$ đang đứng yên ($v_2 = 0$). Coi va chạm là đàn hồi. Tìm vận tốc của hai quả cầu sau va chạm.

Giải:

Chọn chiều dương là chiều chuyển động ban đầu của m_1 .

Áp dụng định luật bảo toàn động lượng:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$$

$$\Rightarrow 2 * 4 + 3 * 0 = 2v'_1 + 3v'_2 \Rightarrow 8 = 2v'_1 + 3v'_2 \quad (a)$$

Áp dụng định luật bảo toàn động năng:

$$(1/2)m_1v_1^2 + (1/2)m_2v_2^2 = (1/2)m_1v_1'^2 + (1/2)m_2v_2'^2$$

$$\Rightarrow (1/2)*2*4^2 + 0 = (1/2)*2*v_1'^2 + (1/2)*3*v_2'^2 \Rightarrow 16 = v_1'^2 + 1.5v_2'^2 \text{ (b)}$$

Giải hệ phương trình (a) và (b), ta được hai nghiệm. Một nghiệm là $v_1' = 4 \text{ m/s}$, $v_2' = 0$ (trạng thái trước va chạm, loại). Nghiệm còn lại là: $v_1' = -0.8 \text{ m/s}$ và $v_2' = 3.2 \text{ m/s}$.

Vậy sau va chạm, quả cầu 1 bật ngược trở lại với vận tốc 0.8 m/s , quả cầu 2 chuyển động về phía trước với vận tốc 3.2 m/s .

3. Va chạm mềm

3.1. Định nghĩa và đặc điểm

Va chạm mềm (hay va chạm không đàn hồi hoàn toàn) là va chạm mà sau đó hai vật dính vào nhau và cùng chuyển động với một vận tốc.

Đặc điểm chính:

- **Động lượng của hệ được bảo toàn.** (Vì hệ vẫn được coi là hệ kín)
- **Động năng của hệ KHÔNG được bảo toàn.** Một phần động năng ban đầu đã chuyển hóa thành các dạng năng lượng khác như nhiệt năng (làm các vật nóng lên) và năng lượng làm biến dạng vật. Đây là trường hợp mất mát động năng lớn nhất.
- Sau va chạm, hai vật dính vào nhau thành một thể thống nhất.

3.2. Các định luật bảo toàn áp dụng

Xét hệ hai vật m_1, m_2 có vận tốc ban đầu là v_1, v_2 , sau va chạm mềm chúng dính vào nhau và cùng chuyển động với vận tốc V .

Định luật bảo toàn động lượng:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{V}$$

Từ đây có thể suy ra vận tốc của hệ sau va chạm:

$$\vec{V} = (m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2) / (m_1 + m_2)$$

Độ biến thiên động năng (Phần động năng bị mất):

$$\Delta W_d = W_{d \text{ sau}} - W_{d \text{ trước}} = (1/2)(m_1 + m_2)V^2 - [(1/2)m_1 v_1^2 + (1/2)m_2 v_2^2]$$

Phần động năng này thường được tỏa ra dưới dạng nhiệt nên $\Delta W_d > 0$.

3.3. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Một viên đạn có khối lượng $m_1 = 10 \text{ g}$ bay theo phương ngang với vận tốc $v_1 = 300 \text{ m/s}$ tới cắm vào một khối gỗ có khối lượng $m_2 = 290 \text{ g}$ đang đứng yên. Tìm vận tốc của hệ (đạn + gỗ) ngay sau va chạm.

Giải:

Đổi đơn vị: $m_1 = 10 \text{ g} = 0.01 \text{ kg}$; $m_2 = 290 \text{ g} = 0.29 \text{ kg}$.

Chọn chiều dương là chiều bay của viên đạn. Hệ (đạn + gỗ) là hệ kín.

Áp dụng định luật bảo toàn động lượng cho va chạm mềm:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) V$$

$$\Rightarrow 0.01 * 300 + 0.29 * 0 = (0.01 + 0.29) * V$$

$$\Rightarrow 3 = 0.3 * V$$

$$\Rightarrow V = 3 / 0.3 = 10 \text{ m/s.}$$

Vậy sau va chạm, hệ (đạn + gỗ) cùng chuyển động với vận tốc 10 m/s theo chiều bay ban đầu của đạn.

Ví dụ 2: Một xe tải khối lượng 3 tấn chạy với vận tốc 36 km/h đâm vào và dính chặt một ô tô con khối lượng 1 tấn đang đứng yên. Tính nhiệt lượng tỏa ra trong va chạm.

Giải:

Đổi đơn vị: $m_1 = 3 \text{ tấn} = 3000 \text{ kg}$; $m_2 = 1 \text{ tấn} = 1000 \text{ kg}$; $v_1 = 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$; $v_2 = 0$.

Tìm vận tốc chung V sau va chạm:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) V$$

$$\Rightarrow 3000 * 10 + 1000 * 0 = (3000 + 1000) * V$$

$$\Rightarrow 30000 = 4000 * V \Rightarrow V = 7.5 \text{ m/s.}$$

Nhiệt lượng tỏa ra bằng độ giảm động năng của hệ:

$$Q = W_{\text{đ trước}} - W_{\text{đ sau}}$$

$$Q = [(1/2)m_1 v_1^2 + (1/2)m_2 v_2^2] - (1/2)(m_1 + m_2) V^2$$

$$Q = [(1/2)*3000*10^2 + 0] - (1/2)*(3000 + 1000)*7.5^2$$

$$Q = 150000 - 112500 = 37500 \text{ J.}$$

Vậy nhiệt lượng tỏa ra là 37500 J.

4. Bảng so sánh Va chạm đàn hồi và Va chạm mềm

Tiêu chí	Va chạm đàn hồi	Va chạm mềm
Bảo toàn động lượng	Có. (Tổng động lượng trước = Tổng động lượng sau)	Có. (Tổng động lượng trước = Tổng động lượng sau)
Bảo toàn động năng	Có. (Tổng động năng trước = Tổng động năng sau)	Không. (Tổng động năng sau < Tổng động năng trước)
Trạng thái sau va chạm	Các vật tách rời và chuyển động với vận tốc riêng.	Các vật dính vào nhau và chuyển động cùng một vận tốc.
Chuyển hóa năng lượng	Không có sự chuyển hóa từ động năng sang các dạng năng lượng khác.	Một phần động năng chuyển hóa thành nhiệt năng, năng lượng biến dạng, âm thanh...
Ví dụ thực tế	Va chạm giữa các viên bi-a, va chạm của các phân tử khí lý tưởng.	Viên đạn cắm vào khúc gỗ, hai toa tàu móc vào nhau, hai cục đất sét dính vào nhau.

5. Kết luận

Việc phân biệt và hiểu rõ bản chất của va chạm đàn hồi và va chạm mềm là vô cùng quan trọng trong việc giải quyết các bài toán Vật lý. Điểm mấu chốt cần nhớ là:

- **Định luật bảo toàn động lượng** áp dụng cho cả hai loại va chạm (trong điều kiện hệ kín).
- **Định luật bảo toàn động năng** chỉ áp dụng cho va chạm đàn hồi.

Nắm vững hai nguyên tắc này sẽ giúp học sinh tự tin giải quyết các dạng bài tập liên quan đến va chạm trong chương trình Vật lý 10.

VIDOCU.COM