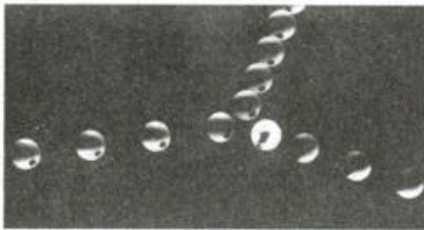


Va chạm cơ học là một hiện tượng, trong đó hai vật gặp nhau trong chuyển động tương đối và tương tác qua tiếp xúc trực tiếp. Theo nghĩa thông thường, va chạm có nhiều dạng : hai hòn bi-a bắn vào nhau, búa đóng đinh, vợt đập vào bóng,... Trong bài này, ta chỉ xét bài toán va chạm giữa hai vật mà sau đó vận tốc mỗi vật bị thay đổi (Hình 38.1). Coi hai vật va chạm là một hệ, ta sẽ vận dụng những định luật bảo toàn đối với hệ kín để khảo sát sự va chạm.



Hình 38.1 Ảnh chụp quá trình va chạm giữa hai hòn bi (hòn bi trắng lúc đầu nằm yên)

1. Phân loại va chạm

Khi va chạm, tương tác giữa hai vật xảy ra trong một thời gian rất ngắn. Trong khoảng thời gian đó, xuất hiện các nội lực rất lớn (được gọi là lực xung) làm thay đổi đột ngột động lượng của mỗi vật. Vì các nội lực của hệ rất lớn nên người ta có thể bỏ qua các ngoại lực thông thường (như trọng lực) và coi hệ hai vật là hệ kín trong thời gian va chạm. Do đó, đối với tất cả các va chạm, có thể vận dụng định luật bảo toàn động lượng : *tổng động lượng của hai vật trước và sau va chạm thì bằng nhau.*

Khi hai vật va chạm, có thể xuất hiện biến dạng đàn hồi trong khoảng thời gian rất ngắn, nhưng sau đó từng vật lại trở về hình dạng ban đầu và *động năng toàn phần không thay đổi*, hai vật tiếp tục chuyển động tách rời nhau với vận tốc riêng biệt. Va chạm như thế được gọi là *va chạm đàn hồi.*

Trường hợp sau va chạm, hai vật dính vào nhau thành một khối chung và chuyển động với cùng một vận tốc thì va chạm được gọi là *va chạm mềm* hay hoàn toàn không đàn hồi. Do biến dạng không được phục hồi, một phần động năng của hệ đã chuyển thành nội năng (toả nhiệt) và *tổng động năng không được bảo toàn.*

Trong thực tế, các va chạm thường ở giữa hai trường hợp giới hạn nói trên.

Dưới đây ta sẽ xét lần lượt mỗi loại va chạm.

2. Va chạm đàn hồi trực diện

Va chạm của hai quả cầu rắn, nhẵn (hoặc hai hòn bi) trên một mặt phẳng có thể coi là đàn hồi. Trong phạm vi kiến thức phổ thông, để đơn giản ta chỉ xét trường hợp va chạm trực diện, nghĩa là các tâm của hai quả cầu trước và sau va chạm luôn chuyển động trên cùng một đường thẳng (ví dụ ta chọn là trục Ox) vì thế còn gọi là va chạm xuyên tâm (Hình 38.2).

Giả sử m_1 và m_2 là khối lượng của các quả cầu, v_1 và v_2 là vận tốc của chúng trước va chạm. Ta cần tìm các vận tốc v_1' và v_2' sau va chạm. Lưu ý rằng v_1, v_2, v_1', v_2' là giá trị đại số của các vận tốc, tất cả các vận tốc đều có cùng phương trên trục Ox .

Va chạm là đàn hồi nên có thể áp dụng cả sự bảo toàn động lượng và động năng.

Theo định luật bảo toàn động lượng :

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad (38.1)$$

Do động năng được bảo toàn nên ta có :

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2} \quad (38.2)$$

Có thể biến đổi (38.1) thành :

$$m_1 (v_1 - v_1') = m_2 (v_2' - v_2) \quad (38.3)$$

và (38.2) thành :

$$m_1 (v_1^2 - v_1'^2) = m_2 (v_2'^2 - v_2^2) \quad (38.4)$$

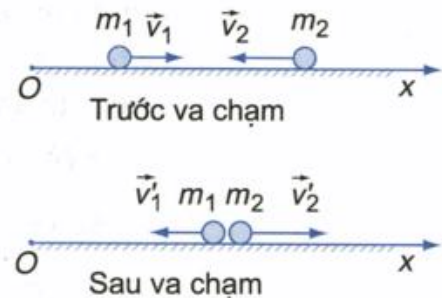
Giả thiết rằng $v_1 \neq v_1'$, khi đó có thể chia (38.4) cho (38.3) và thu được :

$$v_1 + v_1' = v_2 + v_2' \quad (38.5)$$

Rút $v_2' = v_1 + v_1' - v_2$ và thay vào (38.3), ta tính được vận tốc của từng quả cầu sau va chạm :

$$\begin{aligned} v_1' &= \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2 v_2}{m_1 + m_2} \\ v_2' &= \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1 v_1}{m_1 + m_2} \end{aligned} \quad (38.6)$$

C1 Tìm hai ví dụ khác về va chạm đàn hồi ngoài các ví dụ đã nêu ở phần đầu bài.



Hình 38.2

Biến đổi (38.5) thành

$$v_1 - v_2 = -(v_1' - v_2')$$

ta được một kết quả : Trong va chạm đàn hồi, vận tốc tương đối của hai vật giữ nguyên giá trị tuyệt đối, nhưng đổi chiều.

Ta hãy xét một số trường hợp riêng.

• *Hai quả cầu có khối lượng bằng nhau*

Nếu $m_1 = m_2$ thì (38.6) trở thành $v_1' = v_2$ và $v_2' = v_1$. Ta thấy có sự *trao đổi vận tốc*, sau va chạm quả cầu 1 nhận vận tốc trước va chạm của quả cầu 2, còn quả cầu 2 nhận vận tốc trước va chạm của quả cầu 1.

• *Hai quả cầu có khối lượng rất chênh lệch*

Giả sử $m_1 \gg m_2$ và $v_1 = 0$ ta có thể biến đổi gần đúng công thức (38.6) với $\frac{m_2}{m_1} \approx 0$ và được $v_1' = 0$, $v_2' = -v_2$.

Đó là trường hợp bắn một hòn bi nhỏ vào một quả tạ sắt có khối lượng lớn hơn rất nhiều, đang nằm yên. Hòn bi nhỏ sẽ bị bật lùi trở lại với tốc độ trước va chạm, còn quả tạ vẫn không chuyển động.

C2 Tìm hai ví dụ khác về va chạm mềm, ngoài các ví dụ đã nêu ở phần đầu bài.

3. Va chạm mềm

Một viên đạn có khối lượng m được bắn theo phương ngang vào con lắc là một thùng cát có khối lượng M treo ở đầu một sợi dây. Sau khi viên đạn xuyên vào thùng cát, nó mắc lại ở trong đó và chuyển động cùng thùng cát với vận tốc V . Ta hãy tính độ biến thiên động năng của hệ đạn – thùng cát trước và ngay sau va chạm.

Áp dụng định luật bảo toàn động lượng :

$$mv = (M + m)V$$

trong đó v là vận tốc của đạn trước va chạm, V là vận tốc của thùng cát (có viên đạn nằm trong) ngay sau va chạm. Từ đó tìm được độ biến thiên động năng của hệ :

$$\begin{aligned} \Delta W_d &= W_{d_2} - W_{d_1} = \frac{M + m}{2} \left(\frac{mv}{M + m} \right)^2 - \frac{mv^2}{2} \\ &= \left(\frac{m}{M + m} - 1 \right) \frac{mv^2}{2} = \left(\frac{m}{M + m} - 1 \right) W_{d_1} = -\frac{M}{M + m} W_{d_1} < 0 \end{aligned}$$

$\Delta W_d < 0$, chứng tỏ động năng đã giảm một lượng trong va chạm. Lượng này chuyển hoá thành các dạng năng lượng khác, như nhiệt toả ra...

4. Bài tập vận dụng

Bắn một hòn bi thủy tinh có khối lượng m với vận tốc v_1 vào một hòn bi thép đứng yên có khối lượng $3m$. Tính các vận tốc của hai hòn bi sau va chạm, biết va chạm là trực diện và đàn hồi.

Bài giải

Lấy chiều dương là chiều của v_1 , áp dụng công thức (38.6), ta được :

$$v_1' = \frac{(m - 3m)v_1}{m + 3m} = -\frac{v_1}{2} ; v_2' = \frac{2mv_1}{m + 3m} = \frac{v_1}{2}$$

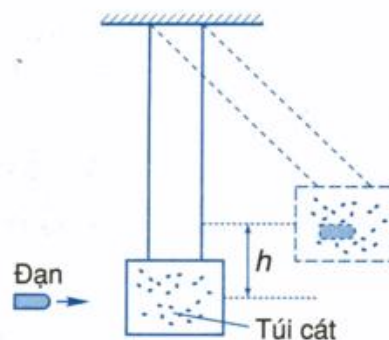
Kết quả : Sau va chạm, hòn bi thủy tinh bật ngược trở lại, hòn bi thép bị đẩy đi, cả hai vận tốc đều có giá trị tuyệt đối bằng $\frac{v_1}{2}$.

? CÂU HỎI

1. Va chạm là gì ? Tại sao hệ hai vật va chạm có thể coi là hệ kín ?
2. Phân biệt va chạm đàn hồi và va chạm mềm.
3. Tìm công thức xác định các vận tốc sau va chạm đàn hồi. Quan sát và giải thích trò chơi bắn bi của trẻ em (với điều kiện bắn xuyên tâm).

📖 BÀI TẬP

1. Đảo ngược bài tập vận dụng trên bằng cách bắn trực diện hòn bi thép vào hòn bi thủy tinh đang đứng yên. Khối lượng hòn bi thép vẫn bằng 3 lần khối lượng hòn bi thủy tinh. Tìm vận tốc của hai hòn bi sau va chạm.
2. Trên mặt phẳng ngang, một hòn bi khối lượng 15 g chuyển động sang phải với vận tốc 22,5 cm/s va chạm trực diện đàn hồi với một hòn bi khối lượng 30 g đang chuyển động sang trái với vận tốc 18 cm/s. Sau va chạm, hòn bi nhẹ hơn chuyển động sang trái (đổi chiều) với vận tốc 31,5 cm/s. Tìm vận tốc của hòn bi nặng sau va chạm. Bỏ qua ma sát. Kiểm tra lại và xác nhận tổng động năng được bảo toàn.
3. Bắn một viên đạn khối lượng $m = 10$ g với vận tốc v vào một túi cát được treo nằm yên có khối lượng $M = 1$ kg. Va chạm là mềm, đạn mắc lại trong túi cát và chuyển động cùng với túi cát.
 - a) Sau va chạm, túi cát được nâng lên độ cao $h = 0,8$ m so với vị trí cân bằng ban đầu (Hình 38.3). Hãy tìm vận tốc của đạn (túi cát được gọi là con lắc thử đạn vì nó cho phép xác định vận tốc của đạn).
 - b) Bao nhiêu phần trăm động năng ban đầu đã chuyển thành nhiệt lượng và các dạng năng lượng khác ?



Hình 38.3