

32

CHUYỂN ĐỘNG BẰNG PHẢN LỰC

BÀI TẬP VỀ ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN ĐỘNG LƯỢNG

Khi học về lực ma sát (chương II) ta đã thấy mọi chuyển động của người, vật trên mặt đất hoặc tàu, thuyền trên nước đều thực hiện được nhờ có phản lực của mặt đất hoặc nước (tuân theo định luật III Niu-ton). Trong mục này, ta sẽ tìm hiểu khái niệm chuyển động bằng phản lực theo một ý nghĩa khác.

1. Nguyên tắc chuyển động bằng phản lực

Trong một hệ kín đứng yên, nếu có một phần của hệ bắt đầu chuyển động theo một hướng, thì theo định luật bảo toàn động lượng, phần còn lại của hệ cũng bắt đầu chuyển động theo hướng ngược lại. Chuyển động theo nguyên tắc như thế được gọi là *chuyển động bằng phản lực*.

Ta hãy quan sát một người bắn súng đang giữ nằm ngang một khẩu súng trường và ngắm bắn (Hình 32.1). Sau khi người bóp cò, viên đạn bay ra khỏi nòng, ta thấy khẩu súng tì trên vai người bị giật về phía sau.

Chuyển động giật lùi của súng khi bắn được gọi là chuyển động bằng phản lực. Nguyên tắc của chuyển động bằng phản lực được ứng dụng rộng rãi trong đời sống và kỹ thuật, đặc biệt quan trọng trong việc chế tạo động cơ phản lực và tên lửa.

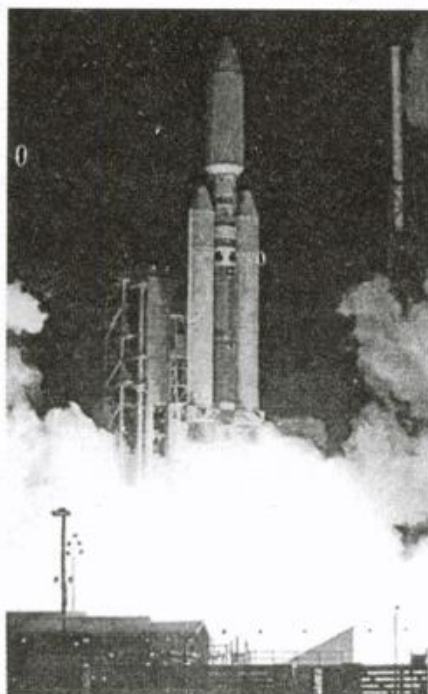
Hiện tượng súng giật được lợi dụng để khởi động bộ phận đẩy vỏ đạn (đã bắn) ra ngoài và đưa viên đạn mới vào nòng (súng bắn liên thanh). Tuy nhiên, có loại súng khi bắn mà súng vẫn không bị giật lùi. Một súng thuộc loại đó là súng SKZ (súng không giật) do kỹ sư Anh hùng Lao động Trần Đại Nghĩa sáng chế trong thời kỳ kháng chiến chống Pháp. SKZ có nòng để hờ phía sau, được người chiến sĩ đặt lên vai, nhắm bắn mục tiêu qua thước ngắm. Khi thuốc súng cháy nổ, đẩy đầu đạn bay về phía trước thì luồng khí phụt về phía sau và thoát ra ngoài khiến cho súng không bị giật lùi.



Hình 32.1 Người bắn súng

G1 Khi ta bước từ một thuyền nhỏ lên bờ thì thuyền lùi lại. Hãy giải thích.

C2 Tại sao máy bay cánh quạt lại không thể coi là máy bay phản lực ?



Tên lửa vũ trụ đang rời bệ phóng.

2. Động cơ phản lực. Tên lửa

a) Động cơ phản lực

Trước Chiến tranh thế giới lần thứ hai, các máy bay đều thuộc loại sử dụng động cơ cánh quạt. Chỉ từ nửa sau của thế kỉ XX máy bay phản lực mới ra đời. Những máy bay phản lực hiện đại thường sử dụng động cơ có tuabin nén. Phần đầu của động cơ có máy nén để hút và nén không khí. Khi nhiên liệu cháy, hỗn hợp khí sinh ra phụt về phía sau vừa tạo ra phản lực đẩy máy bay, vừa làm quay tuabin của máy nén. Vận tốc của máy bay phản lực dân dụng hiện đại thường đạt từ 900 – 1000 km/h, còn của máy bay phản lực chiến đấu có thể tới trên 1300 km/h (vận tốc siêu thanh).

b) Tên lửa

Từ thời nhà Tống cách đây trên một nghìn năm, người Trung Hoa đã biết cách làm pháo thăng thiên, chính là đã áp dụng nguyên tắc chuyển động bằng phản lực. Tên lửa hiện đại cũng hoạt động theo cùng nguyên tắc. Điều khác biệt với động cơ phản lực nói ở trên là tên lửa vũ trụ không cần đến môi trường khí quyển bên ngoài. Nó có thể chuyển động trong không gian vũ trụ (chân không) giữa các thiên thể vì có mang theo chất ôxi hoá để đốt cháy nhiên liệu.

Để tên lửa có thể đạt được vận tốc rất lớn, cần có hai điều kiện. Một là khối lượng và vận tốc của khí phụt ra cần phải lớn. Hai là, cần chọn tỉ lệ thích hợp giữa khối lượng của vỏ tên lửa và khối lượng nhiên liệu chứa trong nó. Từ đó người ta đã tìm ra giải pháp chế tạo tên lửa nhiều tầng. Khi nhiên liệu của tầng một đã cháy hết thì tầng một tự tách ra và bốc cháy trong khí quyển. Tầng hai bắt đầu hoạt động và tên lửa tiếp tục tăng tốc từ vận tốc đã đạt được trước đó. Do khối lượng toàn bộ tên lửa đã giảm đáng kể, nên vận tốc sẽ tăng nhanh. Quá trình lặp lại : khi nhiên liệu tầng hai cháy hết, tầng này lại tự động tách ra và tầng ba bắt đầu hoạt động,... Tuy nhiên, theo tính toán, người ta thấy kết cấu tên lửa ba tầng là hợp lí hơn cả và hiệu suất đạt cao nhất.

Ngày nay, tên lửa có vận tốc lớn hơn máy bay phản lực rất nhiều lần. Nó có thể đạt đến các tốc độ vũ trụ (xem bài 40) và do đó đảm nhiệm được vai trò vận chuyển các phương tiện khác nhau vào vũ trụ như phóng vệ tinh nhân tạo, phóng các trạm thăm dò lên các hành tinh khác trong hệ Mặt Trời và đưa con người vượt khỏi sức hút của Trái Đất để bay vào vũ trụ.

3. Bài tập về định luật bảo toàn động lượng

Bài 1

Một nhà du hành vũ trụ có khối lượng 75 kg đang đi bộ ngoài không gian. Do một sự cố, dây nối người với con tàu bị tuột. Để quay về con tàu vũ trụ, người đó ném một bình ôxi mang theo người có khối lượng 10 kg về phía ngược với tàu với vận tốc $v = 12 \text{ m/s}$. Giả sử ban đầu người đang đứng yên so với tàu, hỏi sau khi ném bình khí, người sẽ chuyển động về phía tàu với vận tốc V bằng bao nhiêu ?

Bài giải

Gọi khối lượng của người là M , của bình khí là m . Hệ người – bình khí được coi là một hệ kín. Xét trong hệ quy chiếu gắn với tàu, tổng động lượng ban đầu của hệ bằng 0. Theo định luật bảo toàn động lượng, sau khi người ném bình khí, tổng động lượng của hệ cũng phải bằng 0 :

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

Các vận tốc của người và bình khí có cùng phương nên đẳng thức trên có dạng đại số :

$$MV + mv = 0 \Rightarrow V = -\frac{mv}{M}$$

Thay số, ta được :

$$V = -\frac{10 \cdot 12}{75} = -1,6 \text{ m/s}$$

Dấu – chứng tỏ người chuyển động về phía tàu, ngược với chiều ném bình khí.

Bài 2

Hai vật có khối lượng m_1 và m_2 chuyển động ngược chiều nhau với vận tốc $v_1 = 6 \text{ m/s}$ và $v_2 = 2 \text{ m/s}$ tới va chạm vào nhau. Sau va chạm, cả hai đều bị bật ngược trở lại với vận tốc có giá trị bằng nhau $v'_1 = v'_2 = 4 \text{ m/s}$. Tìm tỉ số khối lượng của hai vật.

Bài giải

Giả sử chọn chiều của v_1 là chiều dương. Áp dụng định luật bảo toàn động lượng cho hệ hai vật (hệ kín) ta có :

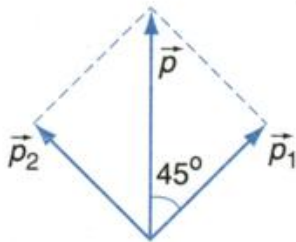
$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = -m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$\text{Thay số và chia cả hai vế cho } m_2 : \frac{m_1}{m_2} \cdot 6 - 2 = \frac{-m_1}{m_2} \cdot 4 + 4$$

$$\text{Chuyển vế ta được : } 10 \cdot \frac{m_1}{m_2} = 6, \text{ suy ra } \frac{m_1}{m_2} = 0,6.$$

Bài 3

Một viên đạn có khối lượng $m = 3 \text{ kg}$ đang bay thẳng đứng lên cao với vận tốc $v = 471 \text{ m/s}$ thì nổ thành hai mảnh. Mảnh lớn có khối lượng $m_1 = 2 \text{ kg}$ bay theo hướng chệch lên cao hợp với đường thẳng đứng góc 45° với vận tốc $v_1 = 500 \text{ m/s}$. Hỏi mảnh kia bay theo hướng nào và với vận tốc v_2 bằng bao nhiêu ?



Hình 32.2

Bài giải

Có thể coi đạn trong quá trình nổ (rất ngắn) là một hệ kín vì các nội lực xuất hiện khi nổ rất lớn so với trọng lực. Trong trường hợp này, vectơ vận tốc của các mảnh đạn có phương khác nhau nên ta phải áp dụng định luật bảo toàn động lượng dạng vectơ :

$$m\vec{v} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 \text{ hay } \vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$$

Ta có thể biểu diễn đẳng thức vectơ trên bằng Hình 32.2.

Vì \vec{p}_1 hợp với \vec{p} góc 45° và độ lớn của $p = 3.471 = 1\,413 \text{ kg.m/s}$, độ lớn của $p_1 = 2.500 = 1\,000 \text{ kg.m/s}$, nên ta nhận thấy mối liên hệ :

$$p = p_1\sqrt{2}$$

Như vậy \vec{p}_1 chính là hình chiếu vuông góc của \vec{p} với góc chiếu 45° và nó hợp với \vec{p}_2 thành hai cạnh hình vuông có đường chéo là \vec{p} .

$$\text{Vậy : } p_2 = p_1 = 1\,000 \text{ kg.m/s ; suy ra } v_2 = \frac{1\,000}{1} = 1\,000 \text{ m/s.}$$

Mảnh thứ hai bay theo phương chệch lên cao, hợp với đường thẳng đứng góc 45° , nhưng về phía đối diện với mảnh thứ nhất, với vận tốc $1\,000 \text{ m/s}$.

Tam giác hợp bởi hai vectơ \vec{p}_1 và \vec{p} có một góc bằng 45° và hai cạnh có độ lớn lần lượt là p và

$$p_1 = \frac{p}{\sqrt{2}} = p \cos 45^\circ.$$

Vậy \vec{p}_1 là hình chiếu vuông góc của \vec{p} .

Tam giác mà ta xét là vuông và cân. Cạnh thứ ba có độ lớn bằng p_1 . Mặt khác, cạnh này song song với \vec{p}_2 và có độ lớn bằng p_2 . Vậy $p_2 = p_1$.

CÂU HỎI

1. Trình bày nguyên tắc của chuyển động bằng phản lực. Cho ví dụ.
2. Mô tả và giải thích chuyển động của loài sứa và loài mực trong nước.
3. Nêu đặc điểm hoạt động khác nhau giữa động cơ phản lực của máy bay và tên lửa. Vai trò của tên lửa vũ trụ quan trọng như thế nào ?

BÀI TẬP

1. Hai xe lăn nhỏ có khối lượng $m_1 = 300 \text{ g}$ và $m_2 = 2 \text{ kg}$ chuyển động trên mặt phẳng ngang ngược chiều nhau với các vận tốc tương ứng $v_1 = 2 \text{ m/s}$ và $v_2 = 0,8 \text{ m/s}$. Sau khi va chạm, hai xe dính vào nhau và chuyển động với cùng vận tốc. Tìm độ lớn và chiều của vận tốc này. Bỏ qua mọi lực cản.
2. Một tên lửa có khối lượng tổng cộng $M = 10 \text{ t}$ đang bay với vận tốc $V = 200 \text{ m/s}$ đối với Trái Đất thì phụt ra phía sau (tức thời) khối lượng khí $m = 2 \text{ t}$ với vận tốc $v = 500 \text{ m/s}$ đối với tên lửa. Tìm vận tốc tức thời của tên lửa sau khi phụt khí với giả thiết toàn bộ khối lượng khí được phụt ra cùng một lúc.
3. Một viên đạn có khối lượng $m = 2 \text{ kg}$ khi bay đến điểm cao nhất của quỹ đạo parabol với vận tốc $v = 200 \text{ m/s}$ theo phương nằm ngang thì nổ thành hai mảnh. Một mảnh có khối lượng $m_1 = 1,5 \text{ kg}$ văng thẳng đứng xuống dưới với vận tốc v_1 cũng bằng 200 m/s . Hỏi mảnh kia bay theo hướng nào và với vận tốc bằng bao nhiêu ?