

22 LỰC HƯỚNG TÂM VÀ LỰC QUÁN TÍNH LI TÂM

HIỆN TƯỢNG TĂNG, GIẢM, MẤT TRỌNG LƯỢNG

I – Mục tiêu

- HS hiểu rõ khái niệm, biểu thức của lực hướng tâm, lực quán tính li tâm.
- Biết vận dụng những khái niệm trên để giải thích được hiện tượng tăng, giảm, mất trọng lượng.
- Biết vận dụng kiến thức để giải được một số bài toán động lực học về chuyển động tròn đều.

II – Chuẩn bị

1. Giáo viên

Dụng cụ như ở các Hình 22.1, 22.3, 22.4 SGK.

2. Học sinh

Ôn lại về trọng lực, lực quán tính.

III – Những điều cần lưu ý

1. Về lực quán tính li tâm

Khi xét các hiện tượng cơ học trong một hệ quy chiếu quay, ta coi rằng mỗi vật khối lượng m đều chịu thêm tác dụng của lực quán tính li tâm

$\vec{F}_q = -m\vec{a}_{ht}$. Lực quán tính li tâm làm cho mỗi vật gắn với hệ có xu hướng văng ra xa tâm. Khi một vật đứng yên so với một hệ quy chiếu quay thì tức là lực quán tính li tâm đã cân bằng với lực hướng tâm tác dụng vào vật. Ở một số công viên giải trí, người ta tạo cảm giác mạnh cho khách bằng cách đưa khách vào những toa xe lao nhanh trên những vòng tròn thuộc mặt phẳng nằm ngang hoặc mặt phẳng thẳng đứng. Lực quán tính li tâm đã góp phần chủ yếu tạo ra cảm giác mạnh cho người trong toa xe.

Với khái niệm lực quán tính li tâm, ta dễ dàng giải thích "hiệu ứng li tâm". Chẳng hạn, khi máy giặt chạy ở chế độ vắt, lồng máy giặt quay nhanh. Khi đó, lực quán tính li tâm tác dụng lên các phần tử nước đủ lớn để thắng các lực liên kết giữ nước lại. Nước sẽ văng qua các lỗ ở thành lồng ra ngoài.

Trong một số sách, người ta còn đưa ra khái niệm "lực li tâm" như là phản lực của lực hướng tâm. Trong một số sách khác, người ta gọi tắt lực quán tính li tâm là lực li tâm. Để tránh nhầm lẫn, SGK vẫn gọi lực quán tính xuất hiện do sự quay của hệ quy chiếu là lực quán tính li tâm, và không đề cập đến khái niệm lực li tâm.

2. Về trọng lực và trọng lượng

Các nhà lí luận đã từng đưa ra nhiều ý kiến khác nhau xung quanh những thuật ngữ này. SGK trình bày với quan niệm như sau :

- Trọng lực là hợp lực của lực hấp dẫn của Trái Đất tác dụng lên một vật và lực quán tính li tâm xuất hiện do sự quay của Trái Đất quanh trục của nó :

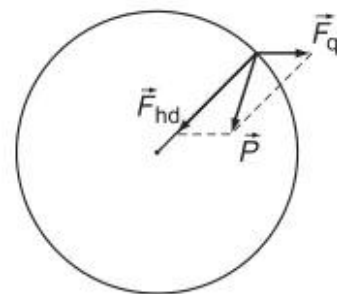
$$\vec{P} = \vec{F}_{hd} + \vec{F}_q \quad (1)$$

Trọng lượng là độ lớn của trọng lực của vật.

Lực \vec{F}_q một mặt làm cho trọng lực \vec{P} nói chung không hướng đúng vào tâm Trái Đất như lực \vec{F}_{hd} , mặt khác nó làm cho độ lớn của trọng lực nhỏ hơn độ lớn của lực hấp dẫn (Hình 22.1).

Tuy nhiên, cần thấy rằng tác dụng của \vec{F}_q là khá nhỏ so với tác dụng của \vec{F}_{hd} . Thực vậy, gia tốc do \vec{F}_q gây ra là :

$$a = \omega^2 r = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R \cos \varphi$$



Hình 22.1

trong đó, r là bán kính của vòng tròn vĩ tuyến ; R và T là bán kính và chu kì tự quay của Trái Đất ; φ là vĩ độ. Nếu xét tại xích đạo ($\varphi = 0$) là nơi \vec{F}_q lớn nhất, thì :

$$a = \left(\frac{2\pi}{24.3600} \right)^2 \cdot 6400.10^3 \approx 0,034 \text{ m/s}^2$$

So với gia tốc do lực hấp dẫn gây ra ($g \approx 9,8 \text{ m/s}^2$) thì tại xích đạo, a chỉ vào khoảng $\frac{1}{289} g$. Tại những nơi ở càng xa xích đạo, a càng nhỏ hơn nữa.

Vì vậy, trong những trường hợp không đòi hỏi độ chính xác cao, ta có thể bỏ qua \vec{F}_q , và như vậy ta sẽ trở lại quan niệm về trọng lực như HS đã học ở THCS : trọng lực là lực hấp dẫn mà Trái Đất đặt lên vật.

Nếu vật được treo vào một sợi dây và đứng yên trong hệ quy chiếu gắn với mặt đất, thì vật sẽ tác dụng vào dây một lực bằng \vec{P} và dây tác dụng trở lại vật lực căng $\vec{T} = -\vec{P}$. Nếu vật đặt nằm trên một mặt phẳng thì vật sẽ tác dụng lên mặt phẳng đó một lực bằng \vec{P} và mặt phẳng tác dụng trở lại vật một phản lực $\vec{N} = -\vec{P}$. Chính vì vậy mà trong nhiều tài liệu, từ "trọng lượng" được dùng để chỉ lực do vật tác dụng lên giá đỡ và dây treo (SGK này không dùng thuật ngữ trọng lượng với ý nghĩa đó).

3. Về sự tăng, giảm và mất trọng lượng

Ở trong một hệ chuyển động với gia tốc \vec{a} so với Trái Đất, ngoài trọng lực, vật còn chịu thêm tác dụng của lực quán tính $\vec{F}_{qt} = -m\vec{a}$. Mọi vật trong hệ đó dường như được đặt trong một trường lực tổng hợp :

$$\vec{P}' = \vec{P} + \vec{F}_{qt} \quad (2)$$

\vec{P}' gọi là trọng lực biểu kiến của vật ; độ lớn của nó gọi là trọng lượng biểu kiến. Khi đó, để phân biệt, người ta hay gọi trọng lượng thông thường \vec{P} của vật là "trọng lượng thực".

Theo (2) thì trọng lượng biểu kiến của vật khác với trọng lượng thực \vec{P} . Tùy theo chiều của \vec{F}_{qt} mà trọng lượng biểu kiến có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn trọng lượng thực. Đó chính là sự tăng hoặc giảm trọng lượng biểu kiến. Trong ngôn ngữ thông thường, ta gọi là sự tăng, giảm trọng lượng.

Nếu \vec{F}_{qt} cùng chiều \vec{P} (\vec{a} ngược chiều \vec{g}) thì $P' > P$. Đó là sự tăng trọng lượng. Nếu \vec{F}_{qt} ngược chiều \vec{P} (\vec{a} cùng chiều \vec{g}) thì $P' < P$. Đó là sự giảm trọng lượng.

Khi ở trong buồng thang máy, nếu chú ý, ta có thể cảm nhận được tình trạng tăng hoặc giảm trọng lượng. Khi thang máy bắt đầu đi lên, ta thấy dường như mình hơi "nặng" hơn mức bình thường. Khi thang máy bắt đầu đi xuống, ta thấy dường như mình hơi "nhẹ" hơn bình thường. Tuy nhiên, cảm giác đó chỉ thoáng qua trong khoảnh khắc, vì trong giai đoạn chuyển động có gia tốc của thang máy, gia tốc này thường nhỏ hơn nhiều so với gia tốc rơi tự do g nên cảm giác này không rõ rệt lắm.

Nhưng trong một con tàu vũ trụ được phóng lên thẳng đứng với gia tốc a khá lớn, thì trọng lượng biểu kiến của các nhà du hành sẽ tăng lên rõ rệt. Họ dường như là ở trong một trường lực mạnh hơn trường trọng lực thông thường ở mặt đất nhiều lần. Nếu các nhà du hành ở trong tư thế thẳng đứng thì sẽ phải chịu những ảnh hưởng nguy hiểm : máu khó chảy lên não, tim phổi bị "lôi" xuống dưới... Để tránh những ảnh hưởng đó, các nhà du hành được phóng lên trong tư thế nằm ngang.

Khi con tàu vũ trụ chuyển động tròn đều quanh Trái Đất và động cơ của con tàu không hoạt động thì tàu có gia tốc hướng tâm là \vec{g} . Các nhà du hành cùng mọi vật trong tàu đều chịu tác động của lực quán tính $\vec{F}_{qt} = -m\vec{g}$, lực này cân bằng với lực hấp dẫn. Đó là trạng thái mất trọng lượng trên con tàu vũ trụ. Trong trạng thái này, các nhà du hành sẽ cảm thấy toàn bộ trọng lượng cơ thể của mình biến mất. Người không còn đè lên sàn tàu hoặc thành tàu một lực nào nữa. Nước sẽ vón lại thành những khối cầu bay lơ lửng trong khoang tàu (về sau, khi dạy đến hiện tượng căng bề mặt (bài 53 SGK), GV nên liên hệ lại để giải thích hiện tượng nước vón lại thành khối cầu).

Một cách tổng quát, có thể chứng minh rằng với một con tàu chuyển động trong vũ trụ chỉ dưới tác dụng của lực hấp dẫn của các thiên thể, các vật trong tàu đều ở trạng thái mất trọng lượng (xem câu hỏi 5 SGK).

IV – Gợi ý về phương pháp và tổ chức hoạt động dạy học

Nội dung bài này dài và có một số điểm phức tạp. Vì vậy, cần xác định trọng tâm của bài là lực hướng tâm và lực quán tính li tâm. Phần nói về tăng, giảm và mất trọng lượng là phần vận dụng những kiến thức nói trên.

1. GV làm thí nghiệm gợi mở ở Hình 22.1 SGK để dẫn tới khái niệm lực hướng tâm. Cần nhấn mạnh \vec{F}_{ht} không phải là một loại lực cơ học mới. Nói "Lực hướng tâm" chỉ là nói đến vai trò của lực đó là gây ra gia tốc hướng tâm.

Sau đó, làm tiếp các thí nghiệm ở Hình 22.3 và Hình 22.4 SGK để làm ví dụ minh họa cho lực hướng tâm. Dùng C1 để gợi ý cho HS thấy được có

những trường hợp lực hướng tâm không do một vật duy nhất tác dụng, mà do nhiều vật cùng tạo nên. Rút ra một nhận xét đơn giản : Khi một vật chuyển động tròn đều, thì hợp lực của tất cả các lực tác dụng lên vật là lực hướng tâm.

2. Khái niệm về lực quán tính li tâm là một khái niệm mới và có thể là khó đối với nhiều HS. GV nên dùng thí nghiệm trên bàn xoay (Hình 22.4 SGK) để dẫn dắt như cách đặt vấn đề ở đầu mục 1b) SGK.

Dùng [C2] để thấy được tác dụng của lực quán tính li tâm là có xu hướng làm cho vật rời xa tâm quay. Đó là cơ sở để giải thích "hiệu ứng li tâm" (câu hỏi 4 SGK).

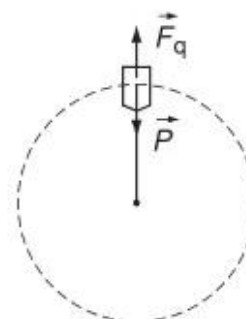
3. Khi dạy sang phần 2a) cần xuất phát từ hiểu biết đã có của HS về trọng lực (từ lớp 6, HS đã hiểu trọng lực là lực hút của Trái Đất đặt vào vật). Ta bổ sung thêm một lực thành phần khác tạo nên trọng lực : lực quán tính li tâm do sự quay của Trái Đất. Dùng [C3] kết hợp với Hình 22.6 SGK để giúp HS thấy được : lực quán tính li tâm không những làm thay đổi độ lớn của trọng lực so với độ lớn của lực hấp dẫn, mà còn làm thay đổi cả hướng của trọng lực so với hướng của lực hấp dẫn. Tuy nhiên, những thay đổi đó là rất nhỏ. Cần phân tích để HS thấy rõ định nghĩa mới của trọng lực là tổng quát và bao hàm định nghĩa cũ.

4. Vấn đề tăng, giảm và mất trọng lượng là một vấn đề thú vị nhưng phức tạp. Thời gian ở trên lớp có ít nên không thể đề cập kĩ được. Có thể đưa vào nội dung sinh hoạt ngoại khóa.

V – Hướng dẫn trả lời câu hỏi và giải bài tập

Câu hỏi

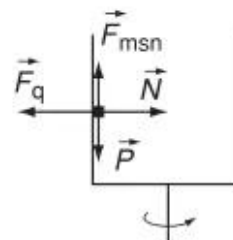
2. Do trọng lực của nước cân bằng với lực quán tính li tâm (Hình 22.2).



Hình 22.2

3. Lực hướng tâm là phản lực pháp tuyến mà thành hình trụ tác dụng vào vật.

– Lực quán tính li tâm ép vật vào thành bình hình trụ, tạo ra lực ma sát nghỉ cân bằng với trọng lực \vec{P} của bao diêm (Hình 22.3).



Hình 22.3

4. Nước văng ra là do lực quán tính li tâm. Ứng dụng : Máy vắt quần áo, máy quay rầy, máy bơm li tâm...

Do bài này dài nên không đưa hiệu ứng li tâm vào bài giảng được, SGK đưa ra câu hỏi số 4 để GV có cơ hội giới thiệu cho HS những ứng dụng của hiện tượng này.

5. Lực hấp dẫn của các thiên thể gây cho con tàu và mọi vật trong tàu cùng một gia tốc :

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{hd}}{m}$$

Mỗi vật trong con tàu đều chịu tác dụng của lực quán tính :

$$\vec{F}_{qt} = -m\vec{a}$$

Do đó, trọng lực của vật trong con tàu là :

$$\vec{P} = \vec{F}_{hd} + \vec{F}_{qt} = m\vec{a} - m\vec{a} = \vec{0}$$

Bài tập

1. D đúng.

2. Xem hình 22.4 : $F_{ht} = P \tan \alpha$ (1)

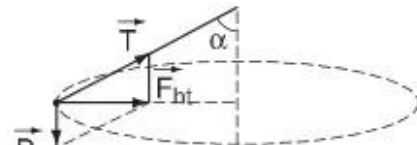
Trong đó : $P = mg$ (2)

$$F_{ht} = m\omega^2 R = m(2\pi n)^2 l \sin \alpha$$
 (3)

Từ (1), (2), (3) rút ra :

$$m(2\pi n)^2 l \sin \alpha = mg \tan \alpha$$

$$n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l \cos \alpha}} \approx 1 \text{ vòng/giây.}$$



Hình 22.4

3. Ở chỗ cao nhất :

$$N = m \left(g - \frac{v^2}{R} \right) = 9\,360 \text{ N}$$

Nếu cầu vồng xuống thì ở chỗ thấp nhất :

$$N = m \left(g + \frac{v^2}{R} \right) = 14\,160 \text{ N} > mg$$

tức là vật đè xuống cầu một lực lớn hơn trọng lượng của nó. Vì lí do đó (và một số lí do khác) người ta không làm cầu vồng xuống.

4. Vật không bị trượt nếu :

$$F_{qt} \leq F_{ms}$$

$$m\omega^2 R \leq \mu mg$$

$$R \leq \frac{\mu g}{\omega^2} = 0,272 \text{ m.}$$

Vậy phải đặt vật trên mặt bàn, trong phạm vi một hình tròn có tâm nằm trên trục quay, bán kính 0,272 m.