

17 LỰC HẤP DẪN

I – Mục tiêu

HS hiểu được rằng hấp dẫn là một đặc điểm của mọi vật trong tự nhiên. Nắm được biểu thức, đặc điểm của lực hấp dẫn, trọng lực. Vận dụng được các biểu thức để giải các bài toán đơn giản.

II – Chuẩn bị

Từ cuối tiết trước, GV dặn HS ôn tập về sự rơi tự do.

III – Những điều cần lưu ý

1. Ở trên lớp, không thể dùng thí nghiệm để rút ra định luật vạn vật hấp dẫn được. Tuy nhiên, cần nêu rõ với HS rằng định luật này được rút ra từ những quan sát thực tế và sự khái quát hoá của Niu-tơn.

Khi nhìn quả táo rụng từ trên cây xuống và Mặt Trăng thì chuyển động tròn quanh Trái Đất chứ không rơi, chính Niu-tơn đã nêu lên ý tưởng : Lực gây ra gia tốc rơi tự do cho quả táo và lực gây ra gia tốc hướng tâm của Mặt Trăng có cùng một bản chất, đó là lực hút của Trái Đất.

Lực hút của Trái Đất lên các vật gần mặt đất như quả táo, hòn đá... thì tỉ lệ thuận với khối lượng của các vật đó. Vậy, lực hút của Trái Đất lên Mặt Trăng cũng phải tỉ lệ thuận với khối lượng Mặt Trăng.

Nhưng mặt khác, tác dụng giữa hai thiên thể này là tác dụng tương hỗ, nên theo Niu-tơn, Mặt Trăng cũng hút Trái Đất với một lực tỉ lệ thuận với khối lượng Trái Đất. Vì vậy, lực hấp dẫn giữa Trái Đất với Mặt Trăng tỉ lệ với tích khối lượng của chúng :

$$F_{\text{hd}} \sim M_{\text{T}}M_{\text{D}}$$

Lực hấp dẫn còn phụ thuộc gì nữa ? Một giả thuyết đưa ra rất tự nhiên là nếu khoảng cách giữa hai vật càng tăng thì lực càng giảm. Nhưng giảm theo quy luật nào ? Vào thời Niu-tơn, người ta đã biết rằng khoảng cách giữa Mặt Trăng và Trái Đất vào khoảng bằng 60 lần bán kính Trái Đất, và gia tốc hướng tâm của Mặt Trăng xấp xỉ $\frac{1}{3600}$ của gia tốc rơi tự do ở Trái

Đất^(*). Như vậy, gia tốc này tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách. Từ đó có thể suy đoán là lực hấp dẫn tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách : $F \sim \frac{1}{r^2}$.

Với những nhận xét như trên về lực hấp dẫn, Niu-tơn đã thử vận dụng cho chuyển động của các hành tinh quanh Mặt Trời, thì thấy hoàn toàn phù hợp với các quan sát thực tế của Kê-ple (xem bài 40 SGK).

Trên cơ sở đó, Niu-tơn lại khái quát hoá một lần nữa. Ông cho rằng mọi vật trong vũ trụ tác dụng lực hấp dẫn lên nhau. Từ đó ông phát biểu định luật vạn vật hấp dẫn.

2. Trên cơ sở kiến thức về lực hấp dẫn, GV hướng dẫn HS đi đến nhận thức rằng trọng lực là trường hợp riêng của lực hấp dẫn, đó là lực hấp dẫn của Trái Đất tác dụng lên một vật. Cũng nên nói thêm, từ "trọng lực" thường chỉ dùng cho những vật ở gần Trái Đất. Còn như lực hấp dẫn do Trái Đất đặt vào Hải Vương tinh chẳng hạn thì ít ai gọi là trọng lực !

(*) Theo hệ đơn vị SI : khoảng cách Mặt Trăng - Trái Đất là 384 000 km ; bán kính Trái Đất là 6 400 km. Gia tốc hướng tâm của Mặt Trăng là $0,00272 \text{ m/s}^2$, gia tốc rơi tự do ở Trái Đất là $9,8 \text{ m/s}^2$.

Chú ý rằng, dù nói "Trọng lực tác dụng lên một vật" hay "Trọng lực của một vật" thì đó cũng chỉ là hai cách nói khác nhau để diễn tả cùng một lực, đó là lực hấp dẫn của Trái Đất đặt lên vật.

Nói trọng lực là lực hấp dẫn của Trái Đất là cách nói gần đúng về trọng lực, khi chưa xét đến các lực quán tính tác dụng lên vật. Ở bài 22, ta sẽ có định nghĩa đầy đủ hơn về trọng lực.

Sau khi dùng định luật II Niu-tơn thiết lập được biểu thức $g = \frac{GM}{R^2}$, GV có thể nói thêm mấy ý :

- Theo biểu thức trên, g của các vật khác nhau ở cùng một nơi là như nhau. Điều đó hoàn toàn phù hợp với thực nghiệm (liên hệ lại với thí nghiệm của Ga-li-lê ở tháp nghiêng Pi-da). Sự kiện này gián tiếp kiểm nghiệm tính đúng đắn của định luật II Niu-tơn.

- Vào thời kì mà Ca-ven-đi-sơ làm thí nghiệm xác định G , người ta đã xác định được g trên mặt đất và bán kính R của Trái Đất. Từ đó người ta xác định được khối lượng của Trái Đất là $M = \frac{gR^2}{G} \approx 6.10^{24}$ kg. Vì thế, phép xác định G của Ca-ven-đi-sơ còn được gọi là "Phép cân Trái Đất".

3. Trong Vật lí có phân biệt hai khái niệm "khối lượng quán tính" và "khối lượng hấp dẫn". Đây là vấn đề tinh vi về mặt lí luận. Trong Bài đọc thêm ở cuối chương, SGK có đề cập sơ lược vấn đề này. GV nên nhắc HS tham khảo phần đó để có thêm những nhận thức mới.

4. SGK có nêu khái niệm về trọng trường, nhằm tạo thuận lợi cho việc trình bày một số bài sau (chuyển động của vật bị ném, thế năng...).

Cần nhấn mạnh đặc điểm quan trọng của trọng trường là, nếu ta lần lượt đặt các vật khác nhau tại một điểm, thì trọng trường gây cho các vật đó cùng một gia tốc như nhau.

Không cần đi sâu vào những vấn đề phức tạp như bản chất vật lí, ý nghĩa triết học của trọng trường...

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

Bài này là bài đầu tiên nghiên cứu về một loại lực cơ học. Vì vậy, cần làm cho HS hiểu rõ, để xác định được chuyển động của một vật, cùng với các định luật Niu-tơn, ta còn phải biết đặc điểm của lực tác dụng vào vật. Trong những bài sắp tới, ta sẽ nghiên cứu những đặc điểm của các lực

trong cơ học, đó là lực hấp dẫn, lực đàn hồi, lực ma sát. Phương pháp vận dụng các định luật Niu-ton và đặc điểm của các lực để giải bài toán cơ học gọi là phương pháp động lực học.

– Ở phần 1, để cho HS tiếp thu nội dung định luật vạn vật hấp dẫn được tự nhiên, GV nên trình bày sơ qua về những ý tưởng chính đã dẫn dắt Niu-ton tới định luật này (tham khảo phần III trên đây). Sau khi đã có biểu thức của F_{hd} và trước khi đưa ra trị số của G , GV dùng [C1] để đưa HS vào tình huống : Tại sao theo định luật vạn vật hấp dẫn thì lực này là rất phổ biến, nhưng trong thực tế lại thường khó cảm nhận lực này (ngoại trừ trọng lực) ? Tình huống đó chỉ được giải quyết sau khi HS được biết trị số của G .

– Ở phần 2, GV hướng dẫn HS vận dụng định luật vạn vật hấp dẫn và định luật II Niu-ton để thiết lập biểu thức của gia tốc rơi tự do g . GV dùng [C2] để gợi ý cho HS đối chiếu biểu thức này với nhận xét ở bài 6 về giá trị của g , qua đó thấy được biểu thức vừa lập được là phù hợp với thực tế. GV nêu thêm : vận dụng định luật vạn vật hấp dẫn và định luật II Niu-ton ta đã đạt tới những kết quả phù hợp với thực tế. Đó là một bằng chứng gián tiếp chứng tỏ tính đúng đắn của các định luật này.

– Ở phần 3, sau khi đưa ra khái niệm về trường hấp dẫn, GV có thể nói thêm : mọi trường hợp tương tác không tiếp xúc giữa các vật đều gắn liền với sự tồn tại của một loại trường nào đó xung quanh các vật đó (điện trường, từ trường...).

– Để cho bài giảng được sinh động, GV có thể bố trí một số bài tập trắc nghiệm (tham khảo các bài tập trắc nghiệm ở SGK). Nếu có điều kiện, nên chiếu các câu hỏi lên màn, cho từng nhóm HS thảo luận và đưa ra câu trả lời chung của mỗi nhóm.

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

Câu hỏi

2. Theo định luật vạn vật hấp dẫn, lực hấp dẫn chỉ phụ thuộc vào khối lượng các vật và khoảng cách giữa chúng, không phụ thuộc vào môi trường.

Đây là một điểm rất khác biệt của trường hấp dẫn so với các loại trường khác như điện trường, từ trường, vì như ta đã biết, độ lớn của lực điện, lực từ còn phụ thuộc vào khả năng nhiễm điện, nhiễm từ của môi trường.

Bài tập

1. D đúng.

$$\text{Hướng dẫn : } F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

Khi m_1 , m_2 và r đều tăng gấp đôi thì cả tử và mẫu ở vế phải đều tăng gấp 4, vậy F không đổi.

2. C đúng (vận dụng định luật III Niu-tơn).

3. B đúng (vận dụng định luật III Niu-tơn).

4. Gia tốc rơi tự do ở mặt đất : $g_{\text{Đ}} = \frac{GM_{\text{Đ}}}{R_{\text{Đ}}^2}$.

Gia tốc rơi tự do trên bề mặt một hành tinh khác : $g = \frac{GM}{r^2}$.

$$\text{Từ đó : } g = \frac{M}{M_{\text{Đ}}} \cdot \left(\frac{R_{\text{Đ}}}{r} \right)^2 \cdot g_{\text{Đ}}.$$

Vì Bảng 1 ở bài 40 SGK cho các đường kính d của các hành tinh, nên ta thay $\frac{R_{\text{Đ}}}{r}$ bằng $\frac{d_{\text{Đ}}}{d}$:

$$g = \frac{M}{M_{\text{Đ}}} \left(\frac{d_{\text{Đ}}}{d} \right)^2 g_{\text{Đ}}$$

$$\text{– Hoả tinh : } g_{\text{H}} = 0,11 \cdot \left(\frac{12\,750}{6\,790} \right)^2 \cdot 9,81 \approx 3,80 \text{ m/s}^2.$$

$$\text{– Kim tinh : } g_{\text{K}} = 0,82 \cdot \left(\frac{12\,750}{12\,100} \right)^2 \cdot 9,81 \approx 8,93 \text{ m/s}^2.$$

$$\text{– Mộc tinh : } g_{\text{M}} = 318 \cdot \left(\frac{12\,750}{142\,980} \right)^2 \cdot 9,81 \approx 24,8 \text{ m/s}^2.$$

5. Theo định luật III Niu-tơn, hòn đá hút Trái Đất đúng bằng lực do Trái Đất hút hòn đá, tức là bằng trọng lượng :

$$P = mg = 2,3 \cdot 9,81 \approx 22,56 \text{ N}$$

(không cần dùng đến dữ kiện về khối lượng Trái Đất).

6. $m_1 = m_2 = 100\,000 \text{ tấn} = 10^8 \text{ kg}$

$$R = 0,5 \text{ km} = 500 \text{ m}$$

$$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{(10^8)^2}{500^2} \approx 2,7 \text{ N}$$

Lực này quá nhỏ so với nhiều lực khác tác dụng vào tàu như : lực của sóng, gió, lực cản của nước..., nên nó không làm cho hai tàu lại gần nhau được.

7. Ở mặt đất ($h = 0$) : $g_0 = \frac{GM}{R^2}$.

Ở độ cao h : $g = \frac{GM}{(R+h)^2}$.

Theo đầu bài : $g = \frac{1}{2} g_0$,

hay : $\frac{GM}{(R+h)^2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{GM}{R^2}$.

Từ đó : $h = R(\sqrt{2} - 1) \approx 2 \text{ 650 km}$.