

## **2** PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG LỰC HỌC CỦA VẬT RẮN QUAY QUANH MỘT TRỤC CỐ ĐỊNH

### I - MỤC TIÊU

- Viết được công thức tính momen quán tính của một vật rắn đối với một trục quay và nêu được ý nghĩa vật lí của đại lượng này.
- Vận dụng kiến thức về momen quán tính để giải thích một số hiện tượng vật lí liên quan đến chuyển động quay của vật rắn.

- Hiểu được cách xây dựng phương trình động lực học của vật rắn quay quanh một trục cố định và viết được phương trình  $M = I\gamma$ .
- Giải các bài toán cơ bản về chuyển động quay của vật rắn.

## II - CHUẨN BỊ

### **Giáo viên**

Có thể dùng các tư liệu, các ví dụ trong thực tế thông qua các hình vẽ, tranh ảnh minh họa về chuyển động quay của vật rắn để khai thác các kiến thức có liên quan đến bài học.

### **Học sinh**

Ôn lại kiến thức ở Vật lí lớp 10 (momen lực, phương trình động lực học của chất điểm  $F = ma$ , ý nghĩa của khối lượng).

## III - NHỮNG ĐIỀU CẦN LƯU Ý

1. Ở lớp 10, HS đã được biết momen của lực  $F$  với một trục quay có độ lớn bằng :  $M = Fd$ , trong đó  $d$  là tay đòn của lực (khoảng cách từ trục quay đến giá của lực). Đơn vị của momen lực là N.m.

Ở đây, ta chọn chiều quay của vật làm chiều dương và quy ước momen lực có giá trị dương nếu nó có tác dụng làm vật quay theo chiều đã chọn, có giá trị âm nếu nó có tác dụng làm vật quay theo chiều ngược lại.

2. Để giúp HS tiếp cận khái niệm momen quán tính, có thể dựa vào sự tương quan giữa khối lượng  $m$  trong phương trình  $F = ma$  với đại lượng  $\sum m_i r_i^2$  trong phương trình  $M = (\sum m_i r_i^2)\gamma$ . Sau đó, GV hướng dẫn HS rút ra kết luận : Momen quán tính  $I$  đối với một trục là đại lượng đặc trưng cho mức quán tính của vật rắn trong chuyển động quay quanh trục ấy.

3. SGK chỉ nêu công thức tính momen quán tính của một số vật rắn đồng chất đối với trục đối xứng như trên Hình 2.3 SGK mà không yêu cầu phải chứng minh. Tuy nhiên, trong quá trình dạy học, GV cần nhấn mạnh khi nói đến momen quán tính, phải nói rõ momen quán tính đối với trục quay nào.

4. Phương trình động lực học của vật rắn quay quanh một trục là kiến thức trọng tâm của chương I. Do đó cần làm cho HS nắm được ý nghĩa của phương trình

động lực học trong chuyển động quay  $M = I\gamma$  và biết cách vận dụng phương trình này để giải các bài toán cơ bản về chuyển động quay của vật rắn.

#### IV - GỢI Ý VỀ PHƯƠNG PHÁP VÀ TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG DẠY HỌC

##### 1. Mối liên hệ giữa gia tốc góc và momen lực

GV có thể mở bài bằng cách nêu vấn đề : Trong chuyển động của chất điểm, giữa gia tốc của chất điểm và lực tác dụng có mối liên hệ được diễn tả bằng định

luật II Niu-tơn :  $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ . Câu hỏi đặt ra là *trong chuyển động quay của vật rắn,*

*giữa gia tốc góc và momen lực có mối liên hệ thế nào ?*

GV có thể nêu câu hỏi **C1** nhằm giúp HS ôn kiến thức đã học về momen lực và từ câu hỏi **C1**, gợi ý cho HS cùng tham gia vào việc tìm mối liên hệ giữa gia tốc góc và momen lực.

**C1** Khi dùng tay đẩy (hoặc kéo) cánh cửa, để làm cánh cửa quay càng mạnh, ta có thể tăng dần độ lớn của lực, hoặc thay đổi sao cho phương của lực vuông góc với cửa và giá của lực càng xa trục quay.

Để tìm mối liên hệ giữa gia tốc góc và momen lực, SGK đã trình bày theo phương án như sau :

Trước hết ta xét trường hợp đơn giản nhất : vật rắn gồm một quả cầu nhỏ khối lượng  $m$  gắn vào đầu một thanh rất nhẹ, dài  $r$ . Vật chỉ có thể quay trên mặt phẳng nhẵn nằm ngang xung quanh một trục thẳng đứng đi qua đầu  $O$  của thanh.

Để khích lệ sự tham gia của HS vào bài giảng, GV dùng gợi ý **C2**.

**C2** Ta chỉ xét đến thành phần tiếp tuyến của lực vì thành phần này gây nên gia tốc tiếp tuyến, tức làm biến đổi tốc độ góc. Thành phần pháp tuyến có tác dụng làm chất điểm chuyển động trên đường tròn nhưng không ảnh hưởng đến sự biến đổi tốc độ góc.

Từ đó, GV tiếp tục hướng dẫn HS lập luận như SGK để dẫn đến hệ thức :

$$M = (mr^2)\gamma$$

– Tiếp đó, xét trường hợp vật rắn gồm nhiều chất điểm khối lượng  $m_i, m_j, \dots$  ở cách trục quay những khoảng cách  $r_i, r_j, \dots$  khác nhau. GV hướng dẫn HS đi đến hệ thức :  $M = \sum_i M_i = (\sum_i m_i r_i^2)\gamma$ . Cần chú ý là trong số các lực tác dụng lên các

chất điểm chỉ có một số là ngoại lực, còn lại là nội lực, tức là lực liên kết giữa các chất điểm của vật rắn. Các nội lực luôn xuất hiện từng cặp trực đối nhau nên tổng đại số momen của các nội lực luôn bằng không. Do đó trong phương trình :  $M = \sum_i M_i = (\sum_i m_i r_i^2) \gamma$ ,  $M$  chỉ là tổng đại số momen của các ngoại lực.

## 2. Momen quán tính

– GV nêu câu hỏi **C3** và hướng dẫn HS trả lời.

**C3** Phương trình (2.6) SGK cho thấy với cùng momen lực  $M$  tác dụng, vật rắn nào có  $\sum_i m_i r_i^2$  lớn thì gia tốc góc  $\gamma$  nhỏ, nghĩa là trong chuyển động quay, vật đó

có quán tính lớn. Đại lượng  $\sum_i m_i r_i^2$  đặc trưng cho mức quán tính của vật quay và

được gọi là momen quán tính, kí hiệu là  $I$ . Momen quán tính  $I = \sum_i m_i r_i^2$  trong

phương trình (2.6) SGK có vai trò như khối lượng  $m$  trong phương trình  $F = ma$ .

– GV có thể đưa ra vài ví dụ để HS hiểu được tính ì của vật thể đối với chuyển động quay quanh một trục biểu hiện bằng momen quán tính của vật đối với trục quay đó (chẳng hạn, con quay có momen quán tính lớn thì quay càng lâu và càng ổn định, các bánh đà cần có momen quán tính lớn để khi quay nó dự trữ năng lượng lớn...)

– GV cần nhấn mạnh để HS hiểu rằng hệ thức  $I = \sum_i m_i r_i^2$  cho thấy độ lớn

của momen quán tính của một vật rắn không chỉ phụ thuộc khối lượng của vật rắn mà còn phụ thuộc cả vào sự phân bố khối lượng xa hay gần trục quay.

## 3. Phương trình động lực học của vật rắn quay quanh một trục cố định

Với khái niệm momen quán tính, phương trình :  $M = \sum_i M_i = (\sum_i m_i r_i^2) \gamma$

được viết dưới dạng :  $M = I \gamma$ , đó là phương trình động lực học của vật rắn quay quanh một trục cố định (hay còn gọi là phương trình cơ bản của chuyển động quay).

Thông qua bài tập ví dụ ở mục 4, GV hướng dẫn HS cách vận dụng phương pháp động lực học, các công thức và phương trình động lực học của chuyển động quay để giải các bài tập cơ bản về chuyển động quay của vật rắn quanh một trục.



#### 4. Bài tập ví dụ

Mục tiêu của bài tập này chủ yếu là giúp HS vận dụng phương trình động lực học của vật rắn quay quanh một trục cố định trong trường hợp đơn giản, để tìm gia tốc góc  $\gamma$  khi biết momen quán tính  $I$  của vật.

• Trước khi giải bài tập này, GV cần phân tích giúp HS hiểu được :

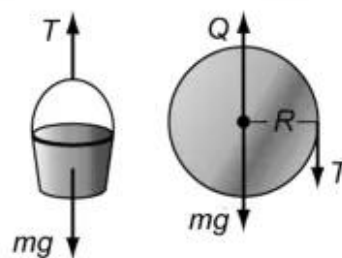
– Chuyển động của thùng nước là chuyển động tịnh tiến.

– Chuyển động của hình trụ là chuyển động quay quanh một trục cố định.

– Gia tốc tịnh tiến của thùng và gia tốc góc của hình trụ liên hệ với nhau bằng hệ thức :  $a = \gamma R$ .

• Tiếp đó, GV hướng dẫn HS vẽ các lực tác dụng lên từng vật trong hệ như trên Hình 2.1.

• Gợi ý cho HS giải bài tập theo trình tự như đã nêu trong SGK.



Hình 2.1

Bài tập này được yêu cầu giải bằng chữ với dụng ý giúp HS nắm được phương pháp giải tổng quát của dạng toán. Tùy theo trình độ HS mà GV có thể khai thác tiếp bài tập này bằng cách cho dữ kiện bằng số hoặc yêu cầu HS tính thêm lực căng của dây treo...

GV thảo luận với HS để giúp HS rút ra nhận xét về kết quả của bài toán như sau :

– Khi momen quán tính  $I$  có giá trị rất lớn, gia tốc  $a$  của thùng khi thả xuống giếng sẽ có giá trị rất nhỏ (đó là lí do vì sao các trụ quay của giếng nước ở nông thôn thường làm bằng khối hình trụ rất nặng).

– Khi  $I$  rất nhỏ,  $a$  có giá trị gần bằng  $g$  (thùng nước rơi khá nhanh gần như rơi tự do).

## V - HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI CÂU HỎI VÀ GIẢI BÀI TẬP

### Câu hỏi

1. Công thức momen quán tính :  $I = \sum_i m_i r_i^2$ . Ý nghĩa của momen quán tính

đối với một trục đặc trưng cho mức quán tính (tính ì) của vật rắn trong chuyển động quay quanh trục ấy.

2. Phương trình động lực học của vật rắn là  $M = I\gamma$ . Từ phương trình này, nếu biết trước momen các ngoại lực tác dụng lên vật rắn và momen quán tính  $I$  của vật

rắn đối với trục quay, ta có thể tìm được gia tốc góc  $\gamma$ , tức là xác định được tính chất của chuyển động quay đó (từ đó sẽ biết được tốc độ góc tức thời, góc quay...). Vì vậy, phương trình này còn được gọi là phương trình cơ bản của chuyển động quay của vật rắn.

**Bài tập**

1. D.
2. B.
3. B.
4. A.
5. D.
6.  $0,125 \text{ kg.m}^2$ .
7.  $30 \text{ rad/s}$ .
8.  $20 \text{ s}$ .