

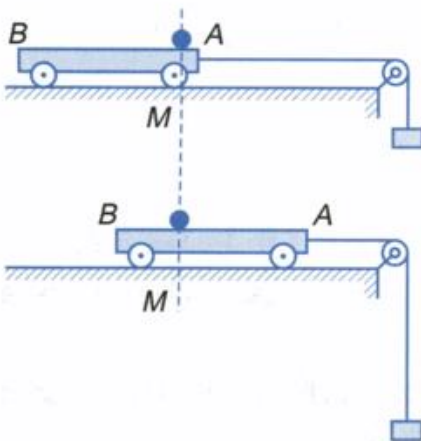
21

HỆ QUY CHIẾU CÓ GIA TỐC LỰC QUÁN TÍNH



Hình 21.1

Vi sao lại có cuộc đối thoại này ?



Hình 21.2

Hòn bi đặt trên một rãnh dọc theo chiều dài xe lăn.

- Giữ cho xe đứng yên : Hòn bi đứng yên tại đầu A.
- Thả cho xe chuyển động với gia tốc \vec{a} : Hòn bi chuyển động về đầu B của xe với gia tốc $-\vec{a}$ so với xe.

C1 Trong hệ quy chiếu gắn với xe, định luật I Niu-tơn có còn được nghiệm đúng nữa không ?

Các định luật Niu-tơn được nghiệm đúng trong hệ quy chiếu quán tính. Trong nhiều bài toán, ta đã coi một cách gần đúng hệ quy chiếu gắn với mặt đất là hệ quy chiếu quán tính. Vậy, liệu các định luật Niu-tơn có được nghiệm đúng trong một hệ quy chiếu chuyển động có gia tốc so với mặt đất hay không ?

1. Hệ quy chiếu có gia tốc

Ta hình dung một hòn bi đặt trên xe lăn như trên Hình 21.2. Khi xe chuyển động với gia tốc \vec{a} so với bàn, nếu không có ma sát giữa hòn bi và rãnh trên xe lăn thì theo định luật I Niu-tơn, hòn bi vẫn đứng yên ở phía trên điểm M của bàn.

Trong hệ quy chiếu gắn với xe, mặc dù không có lực nào tác dụng lên hòn bi theo phương nằm ngang, hòn bi vẫn chuyển động về phía B với gia tốc $\vec{a}' = -\vec{a}$ giống như là có một lực $\vec{F} = -m\vec{a}$ tác dụng lên vật.

Vậy trong một hệ quy chiếu chuyển động có gia tốc so với một hệ quy chiếu quán tính, các định luật Niu-tơn không được nghiệm đúng nữa. Ta gọi hệ đó là *hệ quy chiếu phi quán tính*.

2. Lực quán tính

Để giải các bài toán cơ học được thuận lợi, người ta tìm cách làm thế nào để vẫn áp dụng được định luật I và II Niu-tơn trong hệ quy chiếu phi quán tính. Muốn vậy, ta thừa nhận rằng : *Trong một hệ quy chiếu chuyển động với gia tốc \vec{a} so với hệ quy chiếu quán tính, các hiện tượng cơ học xảy ra giống như là mỗi vật có khối lượng m*

chịu thêm tác dụng của một lực bằng $-m\vec{a}$. Lực này gọi là lực quán tính :

$$\vec{F}_{qt} = -m\vec{a} \quad (21.1)$$

Với quan niệm đó, ta dễ dàng lí giải được hiện tượng nêu ở phần trên. Khi xe lăn chuyển động với gia tốc \vec{a} so với bàn, thì trong hệ quy chiếu gắn với xe, hòn bi coi như chịu tác dụng của lực quán tính $\vec{F}_{qt} = -m\vec{a}$. Lực này đã truyền cho hòn bi một gia tốc

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

và hòn bi chuyển động về phía B.

Lực quán tính giống các lực thông thường ở chỗ, nó cũng gây ra biến dạng hoặc gây ra gia tốc cho vật. Nhưng nó khác các lực thông thường ở chỗ, nó xuất hiện do tính chất phi quán tính của hệ quy chiếu chứ không do tác dụng của vật này lên vật khác. Do đó lực quán tính không có phản lực.

3. Bài tập vận dụng

Bài 1

Dùng dây treo một quả cầu khối lượng m lên đầu một cái cọc đặt trên xe lăn (Hình 21.3). Xe chuyển động với gia tốc \vec{a} không đổi. Hãy tính góc lệch α của dây so với phương thẳng đứng và lực căng của dây.

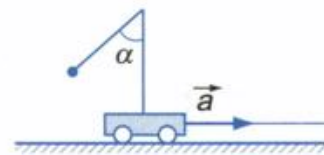
Bài giải

Trong hệ quy chiếu gắn với xe, quả cầu chịu tác dụng của lực hút của Trái Đất $\vec{P} = m\vec{g}$, lực căng \vec{T} của dây treo và lực quán tính $\vec{F}_{qt} = -m\vec{a}$ (chính \vec{F}_{qt} kéo dây lệch khỏi phương thẳng đứng). Khi dây treo đã có một vị trí ổn định so với xe, ba lực nói trên cân bằng nhau. Theo Hình 21.4 ta có :

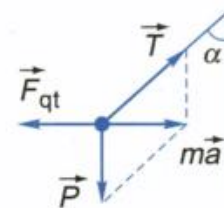
$$\tan \alpha = \frac{F_{qt}}{P} = \frac{a}{g}$$

$$T = \frac{mg}{\cos \alpha}$$

C2 Lực quán tính có gì giống và khác các lực thông thường ?



Hình 21.3



Hình 21.4

Quan sát từ mặt đất (hệ quy chiếu quán tính) : có hai lực tác dụng lên quả cầu là \vec{P} và \vec{T} . Hợp lực của chúng là $m\vec{a}$ (theo đúng định luật II Niu-tơn).

Quan sát từ trên xe (hệ quy chiếu phi quán tính) : ngoài hai lực \vec{P} và \vec{T} còn có lực quán tính $\vec{F}_{qt} = -m\vec{a}$ tác dụng lên quả cầu. Ba lực này cân bằng với nhau.

Bài 2

Một vật có khối lượng $m = 2 \text{ kg}$ móc vào một lực kế treo trong buồng thang máy. Hãy tìm số chỉ của lực kế trong các trường hợp :

- Thang máy chuyển động đều.
- Thang máy chuyển động với gia tốc $a = 2,2 \text{ m/s}^2$ hướng lên trên.
- Thang máy chuyển động với gia tốc $a = 2,2 \text{ m/s}^2$ hướng xuống dưới.
- Thang máy rơi tự do với gia tốc $a = g$.

Bài giải

a) Trong thang máy chuyển động đều (hệ quy chiếu quán tính), khi vật cân bằng, lực đàn hồi \vec{F} của lò xo lực kế cân bằng với lực hấp dẫn \vec{P} (Hình 21.5). Vậy số chỉ lực kế là $F = mg$.

$$F = 2 \cdot 9,8 = 19,6 \text{ N}$$

b) Trong hệ quy chiếu gắn với thang máy, ngoài \vec{P} và \vec{F} , vật còn chịu tác dụng của lực quán tính \vec{F}_{qt} hướng xuống dưới (Hình 21.6). Ở vị trí cân bằng :

$$F = P + F_{qt} = m(g + a)$$

Số chỉ của lực kế :

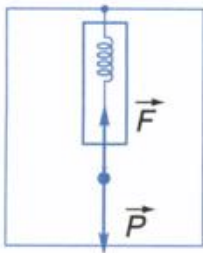
$$F = 2(9,8 + 2,2) = 24 \text{ N}$$

Ta cũng có thể giải *trong hệ quy chiếu quán tính gắn với mặt đất*. Trong hệ này, vật chỉ chịu tác dụng của \vec{F} và \vec{P} . Hợp lực của hai lực này đã tạo cho vật có cùng gia tốc như gia tốc \vec{a} của buồng thang máy. Theo định luật II Niu-tơn : $F - P = ma$. Từ đó, ta cũng có $F = m(g + a)$.

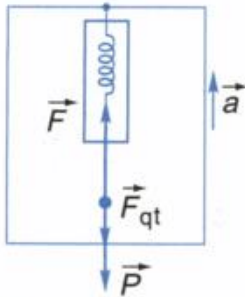
c) Khi \vec{a} hướng xuống dưới thì \vec{F}_{qt} hướng lên trên (Hình 21.7). Ta có thể giải theo một trong hai cách như ở câu b) và đi tới kết quả :

$$F = P - F_{qt} = m(g - a) = 15,2 \text{ N}$$

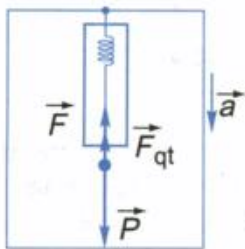
d) Theo kết quả câu c) nếu $a = g$ thì $F = 0$ (vật nặng hoàn toàn không còn tác dụng kéo dẫn lò xo của lực kế nữa).



Hình 21.5



Hình 21.6



Hình 21.7

C3 Trong mỗi trường hợp của bài toán này, hãy so sánh số chỉ của lực kế với độ lớn của lực hấp dẫn do Trái Đất đặt lên vật.

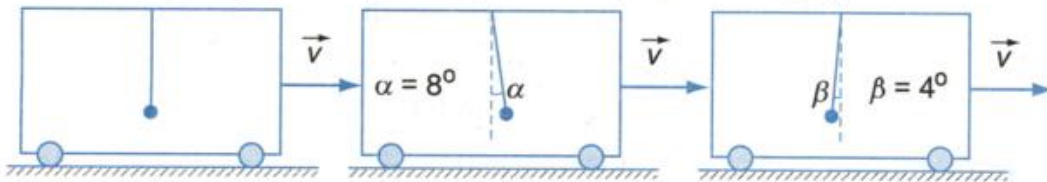
CAU HỎI

- Hãy lí giải hiện tượng xảy ra trong Hình 21.1. Vì sao lại có cuộc đối thoại như trong hình ?
- Theo kết quả bài tập vận dụng 2, hãy dự đoán xem khi đi thang máy, ta có thể có cảm giác gì khác thường. Nếu có dịp đi thang máy, em hãy thử để ý xem có cảm thấy được điều đó không. Hãy giải thích vì sao.

BÀI TẬP

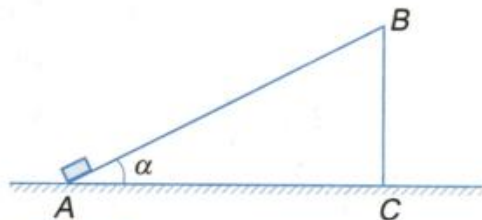
- Hãy chọn câu đúng.
Bằng cách so sánh số chỉ của lực kế trong thang máy với trọng lượng $P = mg$ của vật treo vào lực kế, ta có thể
 - biết được thang máy đang đi lên hay xuống.
 - biết chiều của gia tốc thang máy.
 - biết được thang máy đang chuyển động nhanh dần hay chậm dần.
 - biết được cả ba điều nói trên.
- Một vật có khối lượng 0,5 kg móc vào lực kế treo trong buồng thang máy. Thang máy đang đi xuống và được hãm với gia tốc 1 m/s^2 . Số chỉ của lực kế là bao nhiêu ?
A. 0,5 N. B. 5,4 N. C. 4,9 N. D. 4,4 N.
- Một người có khối lượng $m = 60 \text{ kg}$ đứng trong buồng thang máy trên một bàn cân lò xo. Nếu cân chỉ trọng lượng của người là : a) 588 N ; b) 606 N ; c) 564 N thì gia tốc của thang máy như thế nào ?
- Một quả cầu nhỏ, khối lượng $m = 300 \text{ g}$, buộc vào một đầu dây treo vào trần của toa tàu đang chuyển động.

Hình 21.8 ghi lại những vị trí ổn định của quả cầu trong một số trường hợp.



Hình 21.8

- Hãy nhận xét về tính chất của chuyển động của toa tàu trong mỗi trường hợp.
 - Tính gia tốc của toa tàu và lực căng của dây treo trong mỗi trường hợp.
- Khối nêm hình tam giác vuông ABC có góc nghiêng $\alpha = 30^\circ$ đặt trên mặt bàn nằm ngang (Hình 21.9). Cần phải làm cho khối nêm chuyển động trên mặt bàn với gia tốc như thế nào để một vật nhỏ đặt tại A có thể leo lên mặt phẳng nghiêng ? Bỏ qua ma sát.



Hình 21.9

- Một quả cầu khối lượng $m = 2 \text{ kg}$ treo vào đầu một sợi dây chỉ chịu được lực căng tối đa $T_m = 28 \text{ N}$. Hỏi có thể kéo dây đi lên phía trên với gia tốc lớn nhất là bao nhiêu mà dây chưa đứt ?