

Tính áp lực của vật tại điểm cao nhất của vòng cầu

A. Phương pháp & Ví dụ

- Bước 1: Xác định véc tơ lực hướng tâm: Vẽ hình, Tìm tất cả các lực tác dụng vào vật chuyển động tròn, Tổng hợp các lực đó theo phương bán kính hướng vào tâm (Tổng hợp véc tơ hay dùng phương pháp chiếu) đó là lực hướng tâm.

- Bước 2: Viết biểu thức tính độ lớn lực hướng tâm theo m và a_{ht}

- Bước 3: Đồng nhất biểu thức lực và biểu thức độ lớn tìm ẩn số.

Cụ thể với bài toán tính áp lực vật tại điểm cao nhất của vòng cầu thì:

Cầu vòng lên: $N = P - F_{ht} = mg - ma_{ht} = 0$ xe bay khỏi mặt cầu, mặt dốc.

* Chuyển động của xe đi vào khúc quanh: (mặt đường phải làm nghiêng) lực hướng tâm là hợp lực của phản lực $N \rightarrow$ và trọng lực $P \rightarrow$

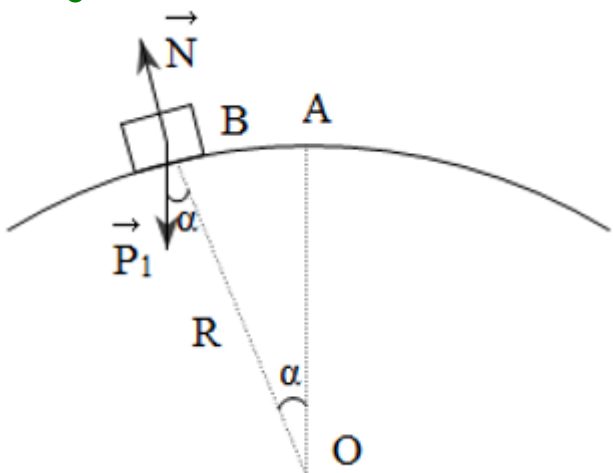
Bài tập vận dụng

Bài 1: Một xe có khối lượng $m = 1$ tấn chuyển động qua một chiếc cầu vòng nên với vận tốc $v = 10$ m/s. Bán kính cong của cầu $R = 50$ m. Tìm áp lực của xe nên cầu vòng tại :

a. Điểm cao nhất cầu.

b. Tại nơi bán kính cong hợp với phương thẳng đứng một góc 30° . Lấy $g = 10$ m/s²

Hướng dẫn:



Xe lên cầu với gia tốc a :

$$P \rightarrow N \rightarrow m \cdot a_{ht} \rightarrow (1)$$

Chiếu (1) nên bán kính ứng với vị trí của xe ta có:

$$P \cos \alpha - N = m a_{ht}$$

$$\Rightarrow N = P \cos \alpha - m \frac{v^2}{R} = m \left(g \cos \alpha - \frac{v^2}{R} \right) \quad (2)$$

a. Tại điểm cao nhất A của cầu vòng : $\alpha = 0$

$$(2) \Rightarrow N_A = m \left(g - \frac{v^2}{R} \right) = 1000 \left(10 - \frac{10^2}{50} \right) = 8 \cdot 10^3 \text{ N}$$

b. Tại vị trí B ứng với $\alpha = 30^\circ$ (hình vẽ)

$$(2) \Rightarrow N_B = m \left(g \cos \alpha - \frac{v^2}{R} \right) = 6660 \text{ N}$$

Bài 2: Một ô tô, khối lượng 2,5 tấn chuyển động qua một cầu vượt với vận tốc không đổi là 54 km/h. Cầu vượt có dạng một cung tròn lồi lên, bán kính 100 m. Tính áp lực của ô tô lên cầu tại điểm cao nhất của cầu. Lấy $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Hướng dẫn:

Ta có:

$$R = 100 \text{ m}$$

$$m = 2500 \text{ kg}$$

$$v = 15 \text{ m/s}$$

$$\vec{F}_{ht} = \vec{P} + \vec{N}$$

Hợp lực của áp lực và trọng lực đóng vai trò lực hướng tâm:

Tại điểm cao nhất, áp lực hướng lên và ngược chiều trọng lực.

Chọn chiều dương hướng về tâm quay nên ta có: $F_{ht} = P - N$

$$\Rightarrow N = m \left(g - \frac{v^2}{R} \right) = 2500 \cdot \left(9,8 - \frac{15^2}{100} \right) = 18875 \text{ N}$$

Bài 3: Một máy bay thực hiện vòng nhào lộn bán kính 400 m trong mặt phẳng đứng với vận tốc 540 km/h. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$

a. Tính lực do người lái có khối lượng 60kg nén lên ghế ngồi ở điểm cao nhất và thấp nhất của vòng nhào lộn ?

b. Vận tốc máy bay phải bằng bao nhiêu để người lái không nén lên ghế?

Hướng dẫn:

a. Ta có $R = 400 \text{ m}$; $v = 540 \text{ km/h} = 150 \text{ m/s}$

$$\vec{F}_{ht} = \vec{P} + \vec{N}$$

Hợp lực của áp lực và trọng lực đóng vai trò lực hướng tâm:

* Tại điểm cao nhất của vòng nhào lộn, áp lực hướng xuống và cùng chiều trọng lực.

Chọn chiều dương hướng về tâm quay nên ta có: $F_{ht} = P + N$

$$\Rightarrow N = m \left(\frac{v^2}{R} - g \right) = 60 \cdot \left(\frac{150^2}{400} - 10 \right) = 2775 \text{ N}$$

* Tại điểm thấp nhất, áp lực hướng lên và ngược chiều trọng lực.

Chọn chiều dương hướng về tâm quay nên ta có: $F_{ht} = N - P$

$$\Rightarrow N = m \left(\frac{v^2}{R} + g \right) = 60. \left(\frac{150^2}{400} + 10 \right) = 3975 \text{ N}$$

b. Để người lái xe không nén lên ghế thì:

$$N = 0 \Rightarrow F_{ht} = P = mg \Rightarrow \frac{mv^2}{R} = mg \Rightarrow v = \sqrt{g.R} = 20\sqrt{10} \text{ m/s}$$

Bài 4: Vòng xiếc là một vành tròn bán kính $R = 8 \text{ m}$, nằm trong mặt phẳng thẳng đứng. Một người đi xe đạp trên vòng xiếc này, khối lượng cả xe và người là 80 kg . Lấy $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ tính lực ép của xe lên vòng xiếc tại điểm cao nhất với vận tốc tại điểm này là $v = 10 \text{ m/s}$.

Hướng dẫn:

Ta có:

$R = 8 \text{ m}$

$m = 80 \text{ kg}$

$v = 10 \text{ m/s}$

$$\vec{F}_{ht} = \vec{P} + \vec{N}$$

Hợp lực của áp lực và trọng lực đóng vai trò lực hướng tâm:

* Tại điểm cao nhất của vòng nhào lộn, áp lực hướng xuống và cùng chiều trọng lực.

Chọn chiều dương hướng về tâm quay nên ta có: $F_{ht} = P + N$

$$\Rightarrow N = m \left(\frac{v^2}{R} - g \right) = 80. \left(\frac{10^2}{8} - 9,8 \right) = 216 \text{ N}$$

Bài 5: Một ô tô khối lượng $2,5 \text{ tấn}$ chuyển động đều qua một đoạn cầu vượt (coi là cung tròn) với vận tốc 54 km/h . Biết bán kính cong của đoạn cầu vượt là 50 m . Lấy $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, bỏ qua ma sát. Hãy xác định áp lực của ô tô lên cầu khi đi qua điểm giữa cầu trong 2 trường hợp:

a. Cầu vòng xuống.

b. Cầu vòng lên.

Hướng dẫn:

$m = 2500 \text{ kg}$

$v = 54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s}$

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$

$R = 50 \text{ m}$

$$\vec{F}_{ht} = \vec{P} + \vec{N}$$

Hợp lực của áp lực và trọng lực đóng vai trò lực hướng tâm:

a. Khi cầu vòng xuống thì áp lực hướng lên và ngược chiều trọng lực.

Chọn chiều dương hướng về tâm quay nên ta có: $F_{ht} = N - P$

Áp lực của ô tô lên cầu là:

$$N = m \left(\frac{v^2}{R} + g \right) = 2500 \cdot \left(\frac{15^2}{50} + 9,8 \right) = 35750 \text{ N}$$

b. Khi cầu vòng lên thì áp lực hướng lên và ngược chiều trọng lực.

Chọn chiều dương hướng về tâm quay nên ta có: $F_{ht} = P - N$

Áp lực của ô tô lên cầu là:

$$N = m \left(g - \frac{v^2}{R} \right) = 2500 \cdot \left(9,8 - \frac{15^2}{50} \right) = 13250 \text{ N}$$

B. Bài tập trắc nghiệm

Câu 1: Một ô tô có khối lượng là 1200 kg chuyển động đều qua một đoạn cầu vượt dạng cung tròn với tốc độ là 36 km/h. Biết bán kính cong của đoạn cầu vượt là 50m. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$. Áp lực của ô tô tác dụng vào mặt đường tại điểm cao nhất là?

A. 760 N

B. 950 N

C. 600 N

D. 400 N

Lời giải:

Chọn C

$m = 1200 \text{ kg}$

$v = 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$

$g = 10 \text{ m/s}^2$

$R = 50 \text{ m}$

$$\vec{F}_{ht} = \vec{P} + \vec{N}$$

Hợp lực của áp lực và trọng lực đóng vai trò lực hướng tâm:

Tại điểm cao nhất thì áp lực hướng lên và ngược chiều trọng lực.

Chọn chiều dương hướng về tâm quay nên ta có: $F_{ht} = P - N$

Áp lực của ô tô lên cầu là:

$$N = m \left(g - \frac{v^2}{R} \right) = 1200 \cdot \left(10 - \frac{10^2}{50} \right) = 9600 \text{ N}$$

Câu 2: Chọn câu sai:

- A. Khi xe chạy qua cầu cong thì luôn có lực nén trên mặt cầu.
- B. Khi ô tô qua khúc quanh thì hợp lực tác dụng có thành phần hướng tâm.
- C. Lực hướng tâm giúp ô tô đi qua khúc quanh an toàn.
- D. Lực nén của ô tô khi đi qua cầu phẳng luôn cùng hướng với trọng lực.

Lời giải:

Chọn C

Câu 3: Ở những đoạn đường vòng mặt đường được nâng lên một bên. Việc làm này nhằm nào kể sau đây?

- A. Tạo lực hướng tâm để xe chuyển hướng
- B. Tăng lực ma sát để khỏi trượt
- C. Giới hạn vận tốc của xe
- D. Cho nước mưa thoát dễ dàng

Lời giải:

Chọn B

Câu 4: Một tài xế điều khiển một ô tô có khối lượng 1000 kg chuyển động quanh vòng tròn có bán kính 100 m nằm trên một mặt phẳng nằm ngang với vận tốc có độ lớn là 10 m/s. Lực ma sát cực đại giữa lốp xe và mặt đường là 900 N. Ô tô sẽ:

- A. Chưa đủ cơ sở để kết luận
- B. Trượt ra khỏi đường tròn
- C. Trượt vào phía trong đường tròn
- D. Chạy chậm lại vì lực hướng tâm

Lời giải:

Chọn B

$$m = 1000 \text{ kg}$$

$$v = 10 \text{ m/s}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$R = 100 \text{ m.}$$

$$\text{Lực hướng tâm tác dụng lên xe là: } F_{ht} = m \cdot v^2 / R = 1000 \cdot 10^2 / 100 = 1000 \text{ N}$$

Vì $F_{ht} > F_{msn \text{ max}} = 900 \text{ N}$ nên xe bị trượt ra khỏi đường tròn.

Câu 5: Trong thang máy một người có khối lượng 60 kg đứng yên trên một lực kế bàn. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$. Thang máy đi xuống nhanh dần đều với gia tốc $a = 0.2 \text{ m/s}^2$. Lực kế chỉ:

- A. 600 N
- B. 120 N
- C. 612 N
- D. 588 N

Lời giải:

Chọn D

Thang máy đi xuống nhanh dần đều với gia tốc $a = 0.2 \text{ m/s}^2$ nên ta có:

$$P - N = m.a$$

$$\Rightarrow N = P - m.a = m.(g - a) = 60.(10 - 0.2) = 588 \text{ N.}$$

***Tính áp lực của ô tô 4 tấn đi qua điểm giữa cầu với tốc độ 72 km/h, lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$. Trả lời câu 6-7-8 dưới đây.**

Câu 6: Tính áp lực của ô tô khi qua cầu phẳng.

- A. 20000 N
- B. 30000 N
- C. 40000 N
- D. 50000 N

Lời giải:

Chọn C

Cầu phẳng: $F_{ht} = 0$; $N = P = mg = 40000 \text{ N}$

Câu 7: Tính áp lực của ô tô khi đi qua cầu cong lồi bán kính 100 m

- A. 18000 N
- B. 24000 N
- C. 36000 N
- D. 48000 N

Lời giải:

Chọn B

Cầu cong lồi: $F_{ht} = P - N \Rightarrow N = P - F_{ht} = mg - mv^2/r = 24000 \text{ N.}$

Câu 8: Tính áp lực của ô tô khi đi qua cầu cong lõm bán kính 200 m.

- A. 56000 N
- B. 72000 N
- C. 64000 N
- D. 49000 N

Lời giải:

Chọn A

Cầu cong lõm: $-F_{ht} = P - N \Rightarrow N = F_{ht} + P = mg + mv^2/r = 56000 \text{ N.}$

Câu 9: Người đi xe đạp khối lượng tổng cộng 60kg trên vòng xiếc bán kính 6,4m phải đi qua điểm cao nhất với vận tốc tối thiểu bằng bao nhiêu để không rơi? Xác định lực nén lên vòng khi xe qua điểm cao nhất với vận tốc 10 m/s.

- A. 337,5 N
- B. 297 N
- C. 238,6 N
- D. 842 N

Lời giải:

Chọn A

Tại điểm cao nhất: $F_{ht} = P + Q \Rightarrow Q = F_{ht} - P = mv^2/R - mg$

Để xe đi qua được điểm cao nhất không rơi $N = Q \geq 0 \Rightarrow v \geq \sqrt{(gR)} = 8 \text{ m/s}$

$v = 10 \text{ m/s} \Rightarrow Q = mv^2/R - mg = 337.5 \text{ N}$

Câu 10: Một người đi xe đạp trên vòng xiếc bán kính 10m. Phải đi qua điểm cao nhất của vòng với vận tốc tối thiểu bằng bao nhiêu để khỏi rơi? Cho $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- A. 5 m/s
- B. 10 m/s
- C. 15 m/s
- D. 20 m/s

Lời giải:

Chọn B

Để người không rơi ra khỏi vòng xiếc thì: $F_{ht} = P = mg = mv^2/r$
 $\Rightarrow v = 10 \text{ m/s}$

Câu 11: Một xe chạy qua cầu vồng , bán kính 40 m, xe phải chạy với vận tốc bao nhiêu để tại điểm cao nhất xe không đè lên cầu lực nào? Cho $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- A. 5 m/s
- B. 10 m/s
- C. 20 m/s
- D. 15 m/s

Lời giải:

Chọn C

Để tại điểm cao nhất xe không đè lên cầu lực nào thì $N = 0$

$\Rightarrow F_{ht} = P = mg \Rightarrow mv^2/R = mg \Rightarrow v = \sqrt{g.R} = 20 \text{ m/s}$

Câu 12: Chọn phát biểu **sai**

- A. Vệ tinh nhân tạo chuyển động tròn đều quanh trái đất do lực hấp dẫn đóng vai trò lực hướng tâm.
- B. Vật nằm yên trên mặt bàn nằm ngang đang quay đều quanh trục thẳng đứng thì lực ma sát nghỉ đóng vai trò lực hướng tâm.
- C. Xe chuyển động vào một đoạn đường cong, lực đóng vai trò lực hướng tâm là lực ma sát.
- D. Xe chuyển động trên đỉnh một cầu hình vòng cung thì hợp lực của trọng lực và phản lực vuông góc đóng vai trò lực hướng tâm.

Lời giải:

Chọn C

Câu 13: Điều nào sau đây là đúng khi nói về lực tác động lên vật chuyển động tròn đều:

- A. Ngoài các lực cơ học vật còn chịu thêm tác dụng của lực hướng tâm.
- B. Vật chỉ chịu tác dụng của một vật duy nhất.
- C. Hợp lực của tất cả các lực tác dụng lên vật nằm theo phương tiếp tuyến với quỹ đạo.
- D. Hợp lực của tất cả các lực tác dụng lên vật đóng vai trò là lực hướng tâm.

Lời giải:

Chọn D

Câu 14: Khi vật chuyển động tròn đều thì lực hướng tâm là:

- A. Trọng lực tác dụng lên vật
- B. Hợp lực của tất cả các lực tác dụng lên vật
- C. Trọng lực tác dụng lên vật
- D. Lực hấp dẫn

Lời giải:

Chọn B

Câu 15: Một xe có khối lượng $m = 700 \text{ kg}$ chuyển động qua một chiếc cầu vòng nên với vận tốc $v = 15 \text{ m/s}$. Bán kính cong của cầu $R = 68,2 \text{ m}$. Tìm áp lực của xe nên cầu vòng tại điểm cao nhất cầu. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$.

A. 9309,4 N

B. 4754,4 N

C. 1376,6 N

D. 9467,3 N

Lời giải:

Chọn B

$m = 700 \text{ kg}$

$v = 15 \text{ m/s}$

$g = 10 \text{ m/s}^2$

$R = 68,2 \text{ m}$

$$\vec{F}_{ht} = \vec{P} + \vec{N}$$

Hợp lực của áp lực và trọng lực đóng vai trò lực hướng tâm:

Tại điểm cao nhất thì áp lực hướng lên và ngược chiều trọng lực.

Chọn chiều dương hướng về tâm quay nên ta có: $F_{ht} = P - N$

Áp lực của ô tô lên cầu là:

$$N = m \left(g - \frac{v^2}{R} \right) = 700 \cdot \left(10 - \frac{15^2}{68,2} \right) = 4690,6 \text{ N}$$