

I. Lý thuyết về Lực Hướng Tâm

1. Chuyển động tròn đều

Chuyển động tròn đều là chuyển động có quỹ đạo là một đường tròn và có tốc độ trung bình trên mọi cung tròn là như nhau. Trong chuyển động này, tốc độ dài (v) không đổi nhưng vector vận tốc luôn thay đổi về hướng, do đó vật có gia tốc.

2. Gia tốc hướng tâm (a_{ht})

Gia tốc trong chuyển động tròn đều luôn hướng vào tâm của quỹ đạo và được gọi là gia tốc hướng tâm. Nó đặc trưng cho sự thay đổi về hướng của vector vận tốc.

- Công thức: $a_{ht} = v^2 / R = \omega^2 * R$

- Trong đó:

- **v :** Tốc độ dài (m/s)
- **R :** Bán kính quỹ đạo tròn (m)
- **ω :** Tốc độ góc (rad/s)

Ví dụ 1: Một vệ tinh nhân tạo chuyển động tròn đều quanh Trái Đất ở độ cao có bán kính quỹ đạo $R = 7000$ km với tốc độ $v = 7,5$ km/s. Tính gia tốc hướng tâm của vệ tinh.

Giải: Đổi đơn vị: $R = 7.000.000 \text{ m}$, $v = 7.500 \text{ m/s}$. Gia tốc hướng tâm là: $a_{ht} = v^2 / R = (7500)^2 / 7000000 \approx 8,04 \text{ m/s}^2$.

Ví dụ 2: Một điểm trên cánh quạt dài 20 cm, quay với tốc độ góc $10\pi \text{ rad/s}$. Tính gia tốc hướng tâm của điểm đó.

Giải: Đổi đơn vị: $R = 0,2 \text{ m}$. Gia tốc hướng tâm là: $a_{ht} = \omega^2 * R = (10\pi)^2 * 0,2 \approx 197,4 \text{ m/s}^2$.

3. Lực hướng tâm (F_{ht})

Lực (hoặc hợp lực của các lực) tác dụng lên vật chuyển động tròn đều, gây ra gia tốc hướng tâm cho vật, được gọi là lực hướng tâm. Lực này không phải là một loại lực mới, mà là hợp lực của các lực đã biết (lực hấp dẫn, lực căng dây, lực ma sát...).

- **Đặc điểm:** Luôn hướng vào tâm của quỹ đạo tròn.
- **Công thức:** $F_{ht} = m * a_{ht} = m * v^2 / R = m * \omega^2 * R$
- **Trong đó:**
 - **m:** Khối lượng của vật (kg)

Ví dụ 1: Một vật khối lượng 200g được buộc vào một sợi dây và quay tròn đều trong mặt phẳng ngang với bán kính 50 cm, tốc độ 2 m/s. Lực căng dây là bao nhiêu?

Giải: Lực căng dây đóng vai trò là lực hướng tâm. Đổi đơn vị: $m = 0,2 \text{ kg}$, $R = 0,5 \text{ m}$. $F_{ht} = T = m * v^2 / R = 0,2 * 2^2 / 0,5 = 1,6 \text{ N}$.

Ví dụ 2: Mặt Trăng quay quanh Trái Đất. Lực nào đóng vai trò là lực hướng tâm?

Giải: Lực hấp dẫn giữa Trái Đất và Mặt Trăng đóng vai trò là lực hướng tâm, giữ cho Mặt Trăng chuyển động trên quỹ đạo tròn.

II. Ứng dụng: Giải bài toán xe qua cầu phẳng (cầu lồi)

Xét một ô tô khối lượng m , chuyển động với tốc độ v qua một chiếc cầu phẳng có bán kính cong là R tại điểm cao nhất.

1. Phân tích các lực tác dụng lên xe

Tại đỉnh cầu, các lực tác dụng lên xe bao gồm:

- **Trọng lực (P):** Hướng thẳng đứng xuống dưới, độ lớn $P = mg$.
- **Phản lực (N):** Do mặt cầu tác dụng lên xe, hướng vuông góc với mặt cầu, hướng lên trên.

Hợp lực của hai lực này đóng vai trò là lực hướng tâm, hướng vào tâm cong của cây cầu (hướng xuống dưới).

2. Thiết lập phương trình Định luật II Newton

Chọn chiều dương là chiều hướng vào tâm (hướng xuống). Áp dụng Định luật II Newton:

$$P - N = F_{ht}$$

Thay các biểu thức vào, ta có:

$$mg - N = m * v^2 / R$$

Từ đó, ta suy ra công thức tính phản lực (cũng là áp lực của xe lên cầu):

$$N = mg - m \cdot v^2 / R = m(g - v^2/R)$$

3. Biện luận và các trường hợp

- **Áp lực lên cầu:** Áp lực Q mà xe đè lên cầu có độ lớn bằng phản lực N . Do đó, $Q = N = mg - m \cdot v^2 / R$. Ta thấy áp lực này nhỏ hơn trọng lượng của xe.
- **Điều kiện để xe qua cầu an toàn (không bị bay lên):** Để xe không bị bay khỏi cầu, xe phải luôn tiếp xúc với mặt cầu, nghĩa là phải có phản lực $N \geq 0$.

$$N \geq 0 \Leftrightarrow mg - m \cdot v^2 / R \geq 0 \Leftrightarrow g \geq v^2/R \Leftrightarrow v^2 \leq gR$$

Vậy, vận tốc tối đa để xe qua cầu an toàn là: **$v_{\max} = \sqrt{gR}$**

4. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Một ô tô có khối lượng 1,5 tấn đi qua một cây cầu lồi với bán kính cong 50 m. Tại điểm cao nhất, xe có tốc độ 36 km/h. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tính áp lực của ô tô lên cầu.

Giải: Đổi đơn vị: $m = 1500 \text{ kg}$, $v = 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$. Áp lực lên cầu là: $Q = N = m(g - v^2/R) = 1500 \cdot (10 - 10^2/50) = 1500 \cdot (10 - 2) = 12000 \text{ N}$.

Ví dụ 2: Với các thông số từ Ví dụ 1, tìm vận tốc tối đa để ô tô có thể qua cầu mà không bị bay lên.

Giải: Vận tốc tối đa là: $v_{\max} = \sqrt{gR} = \sqrt{10 \cdot 50} = \sqrt{500} \approx 22,36 \text{ m/s}$ (khoảng 80,5 km/h).

III. Mở rộng: Bài toán xe qua cầu lõm (cầu vồng)

Tương tự, xét xe khối lượng m , tốc độ v đi qua điểm thấp nhất của một cây cầu vồng bán kính R .

1. Phân tích lực và phương trình

Các lực tác dụng vẫn là trọng lực P (hướng xuống) và phản lực N (hướng lên). Tuy nhiên, lúc này tâm của quỹ đạo lại ở phía trên xe. Hợp lực hướng tâm sẽ hướng lên trên.

Chọn chiều dương hướng vào tâm (hướng lên), phương trình Định luật II Newton là:

$$N - P = F_{ht}$$

$$N - mg = m * v^2 / R$$

$$\text{Suy ra phản lực (áp lực): } N = mg + m * v^2 / R = m(g + v^2/R)$$

2. Nhận xét

Trong trường hợp này, áp lực N luôn lớn hơn trọng lượng P của xe. Xe càng đi nhanh (v càng lớn) thì áp lực lên cầu càng lớn. Không có điều kiện 'bay' khỏi cầu, mà chỉ có giới hạn về sức chịu đựng của cây cầu.

Ví dụ: Một xe tải 5 tấn đi qua một cây cầu vồng bán kính 100 m tại điểm thấp nhất với tốc độ 54 km/h. Lấy $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Tính áp lực xe tác dụng lên cầu.

Giải: Đổi đơn vị: $m = 5000 \text{ kg}$, $v = 54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s}$. Áp lực lên cầu là: $Q = N = m(g + v^2/R) = 5000 * (9,8 + 15^2/100) = 5000 * (9,8 + 2,25) = 60250 \text{ N}$.

IV. Bảng tổng kết và lưu ý

Đặc điểm	Xe qua cầu phồng (lồi)	Xe qua cầu lõm (vồng)
Phương trình lực	$P - N = F_{ht}$	$N - P = F_{ht}$
Công thức phản lực N	$N = m(g - v^2/R)$	$N = m(g + v^2/R)$
So sánh N và P	$N < P$ (cảm giác nhẹ hơn)	$N > P$ (cảm giác nặng hơn)
Điều kiện giới hạn	Vận tốc tối đa để không bay khỏi cầu: $v \leq \sqrt{gR}$	Không có vận tốc tối đa (giới hạn bởi sức bền của cầu)

Lưu ý khi giải bài tập:

1. Luôn vẽ hình và phân tích đầy đủ các lực tác dụng lên vật tại vị trí cần xét.
2. Xác định đúng tâm quỹ đạo tròn để chọn chiều dương cho hợp lý (luôn hướng vào tâm).
3. Viết phương trình Định luật II Newton ở dạng vectơ trước, sau đó chiếu lên phương đã chọn.
4. Chú ý đổi đơn vị của các đại lượng về đơn vị chuẩn (SI) trước khi tính toán.