

Chuyên đề: Chuyển động tròn đều và Gia tốc hướng tâm

Tài liệu này cung cấp một cái nhìn tổng quan và chi tiết về chuyển động tròn đều, một dạng chuyển động quan trọng trong chương trình Vật lý lớp 10. Chúng ta sẽ cùng tìm hiểu các khái niệm, đại lượng đặc trưng và các định luật liên quan.

I. Chuyển động tròn đều

1. Định nghĩa

Chuyển động tròn đều là chuyển động của một vật trên một quỹ đạo là đường tròn và có tốc độ không đổi theo thời gian.

- **Quỹ đạo:** Là một đường tròn có bán kính R xác định.
- **Tốc độ:** Độ lớn của vận tốc (tốc độ dài) là một hằng số ($v = \text{const}$).
- **Vận tốc:** Vector vận tốc luôn thay đổi về hướng (luôn tiếp tuyến với quỹ đạo tại mỗi điểm) nhưng có độ lớn không đổi.

Ví dụ: Một điểm trên đầu kim giây của đồng hồ, một điểm trên cánh quạt khi đang quay ổn định, cabin của vòng quay mặt trời.

2. Vector vận tốc trong chuyển động tròn đều

Trong chuyển động tròn đều, vector vận tốc của vật tại một điểm M trên quỹ đạo có:

- **Phương:** Tiếp tuyến với đường tròn quỹ đạo tại điểm M.
- **Chiều:** Theo chiều chuyển động của vật.
- **Độ lớn (tốc độ dài):** Không đổi, $v = \text{const.}$

Do hướng của vector vận tốc luôn thay đổi, nên chuyển động tròn đều là một chuyển động có gia tốc.

II. Các đại lượng đặc trưng của chuyển động tròn đều

1. Tốc độ dài (v)

Tốc độ dài là đại lượng cho biết độ nhanh chậm của chuyển động, được đo bằng quãng đường (độ dài cung tròn) mà vật đi được trong một đơn vị thời gian.

Công thức: $v = \Delta s / \Delta t$

Trong đó:

- **v :** Tốc độ dài (đơn vị: m/s)
- **Δs :** Độ dài cung tròn vật đi được (đơn vị: m)
- **Δt :** Khoảng thời gian đi hết cung tròn đó (đơn vị: s)

Ví dụ 1: Một chiếc xe đồ chơi chạy trên một đường đua tròn bán kính 1,5 m. Nó đi hết một vòng trong 6 giây. Tốc độ dài của xe là bao nhiêu?

Giải: Chu vi đường đua là $C = 2\pi R = 2\pi(1.5) = 3\pi$ (m). Thời gian đi hết một vòng là $\Delta t = 6$ s. Vậy tốc độ dài là $v = C / \Delta t = 3\pi / 6 = \pi/2 \approx 1,57$ m/s.

Ví dụ 2: Một điểm trên vành bánh xe đạp có bán kính 33 cm đang quay với tốc độ 10 m/s. Đây chính là tốc độ dài của điểm đó.

2. Tốc độ góc (ω)

Tốc độ góc là đại lượng đặc trưng cho sự quay của vật, được đo bằng góc mà bán kính nối từ tâm đến vật quét được trong một đơn vị thời gian.

Công thức: $\omega = \Delta\alpha / \Delta t$

Trong đó:

- **ω (omega):** Tốc độ góc (đơn vị: rad/s - radian trên giây)
- **$\Delta\alpha$:** Góc mà bán kính quét được (đơn vị: rad)
- **Δt :** Khoảng thời gian quét góc đó (đơn vị: s)

Lưu ý về đơn vị Radian: 1 vòng tròn = $360^\circ = 2\pi$ rad. Vậy $1 \text{ rad} \approx 57,3^\circ$.

Ví dụ 1: Kim giây của đồng hồ quay hết một vòng (2π rad) trong 60 giây. Tốc độ góc của kim giây là:

$$\omega = 2\pi / 60 = \pi/30 \text{ rad/s.}$$

Ví dụ 2: Một cánh quạt trần quay được 3 vòng trong 1 giây. Tốc độ góc của nó là bao nhiêu?

Giải: Mỗi vòng tương ứng với góc 2π rad. Vậy trong 1 giây, quạt quay được góc $\Delta\alpha = 3 * 2\pi = 6\pi$ rad. Tốc độ góc là $\omega = \Delta\alpha / \Delta t = 6\pi / 1 = 6\pi$ rad/s.

3. Mối liên hệ giữa tốc độ dài và tốc độ góc

Tốc độ dài và tốc độ góc liên hệ với nhau qua bán kính quỹ đạo.

Công thức: $v = \omega * r$

Giải thích: Công thức này cho thấy với cùng một tốc độ góc (cùng một vật quay), điểm nào ở càng xa tâm (bán kính r lớn hơn) thì sẽ có tốc độ dài lớn hơn.

Ví dụ 1: Một đĩa CD có bán kính 6 cm đang quay với tốc độ góc 50 rad/s. Tính tốc độ dài của một điểm trên mép đĩa.

Giải: Đổi $r = 6 \text{ cm} = 0.06 \text{ m}$. Tốc độ dài của điểm đó là $v = \omega * r = 50 * 0.06 = 3 \text{ m/s}$.

Ví dụ 2: Trên một cánh quạt, điểm A cách tâm 20 cm và điểm B cách tâm 40 cm. Khi quạt quay, cả hai điểm có cùng tốc độ góc ω . Tuy nhiên, tốc độ dài của điểm B sẽ gấp đôi tốc độ dài của điểm A ($v_B = \omega * r_B = \omega * (2*r_A) = 2 * (\omega*r_A) = 2*v_A$).

4. Chu kì (T)

Chu kì là thời gian để vật đi hết một vòng tròn.

Công thức: $T = 2\pi / \omega = 2\pi r / v$

Trong đó:

- **T:** Chu kì (đơn vị: s)

Ví dụ 1: Trái Đất quay hết một vòng quanh trục của nó mất khoảng 24 giờ. Vậy chu kì tự quay của Trái Đất là $T = 24 \text{ giờ} = 86400 \text{ s}$.

Ví dụ 2: Một vật chuyển động tròn đều với tốc độ dài 5 m/s trên đường tròn bán kính 2m. Chu kì chuyển động của vật là:

$$T = 2\pi r / v = 2\pi(2) / 5 = 4\pi/5 \approx 2,51 \text{ s}.$$

5. Tần số (f)

Tần số là số vòng mà vật đi được trong một giây.

Công thức: $f = 1 / T = \omega / 2\pi = v / 2\pi r$

Trong đó:

- **f**: Tần số (đơn vị: Hz - Hertz, hoặc vòng/giây)

Ví dụ 1: Dòng điện xoay chiều ở Việt Nam có tần số 50 Hz, nghĩa là nó đổi chiều 100 lần mỗi giây và hoàn thành 50 chu kì trong một giây.

Ví dụ 2: Một động cơ quay với tốc độ 3000 vòng/phút. Tần số của nó là bao nhiêu Hz?

Giải: Tần số $f = 3000 \text{ vòng} / 60 \text{ giây} = 50 \text{ vòng/giây} = 50 \text{ Hz}$.

Bảng tổng hợp các đại lượng

Đại lượng	Ký hiệu	Công thức liên quan	Đơn vị
Tốc độ dài	v	$v = \omega r = 2\pi r/T = 2\pi r f$	m/s
Tốc độ góc	ω	$\omega = v/r = 2\pi/T = 2\pi f$	rad/s
Chu kì	T	$T = 1/f = 2\pi/\omega = 2\pi r/v$	s
Tần số	f	$f = 1/T = \omega/2\pi = v/2\pi r$	Hz

III. Gia tốc hướng tâm

1. Định nghĩa và Đặc điểm

Mặc dù tốc độ của vật trong chuyển động tròn đều là không đổi, nhưng hướng của vector vận tốc lại thay đổi liên tục. Sự thay đổi về hướng của vận tốc này gây ra một gia tốc, gọi là gia tốc hướng tâm.

Đặc điểm của vector gia tốc hướng tâm (a_{ht}):

- **Phương:** Nằm trên đường thẳng nối từ vật đến tâm quỹ đạo (trùng với bán kính).
- **Chiều:** Luôn hướng vào tâm của quỹ đạo tròn.
- **Độ lớn:** Không đổi trong suốt quá trình chuyển động.

Chính gia tốc này làm cho quỹ đạo của vật bị 'bẻ cong' thành đường tròn thay vì đi thẳng.

2. Công thức tính độ lớn gia tốc hướng tâm

Độ lớn của gia tốc hướng tâm được tính bằng các công thức sau:

$$a_{ht} = v^2 / r = \omega^2 * r$$

Trong đó:

- **a_{ht} :** Độ lớn gia tốc hướng tâm (m/s^2)
- **v :** Tốc độ dài (m/s)
- **ω :** Tốc độ góc (rad/s)
- **r :** Bán kính quỹ đạo (m)

Ví dụ 1: Một vận động viên ném tạ đang quay quả tạ khối lượng 7,26 kg trên một quỹ đạo tròn bán kính 1,2 m với tốc độ 20 m/s. Tính gia tốc hướng tâm của quả tạ.

Giải: $a_{ht} = v^2 / r = (20)^2 / 1.2 = 400 / 1.2 \approx 333,33 m/s^2$.

Ví dụ 2: Vệ tinh VINASAT-1 của Việt Nam quay trên quỹ đạo địa tĩnh cách tâm Trái Đất khoảng $r = 42.200 km$. Chu kì quay của nó bằng chu kì tự quay của Trái Đất ($T \approx 86400 s$). Tính gia tốc hướng tâm của vệ tinh.

Giải:

Đổi $r = 42.200 \text{ km} = 42.200.000 \text{ m}$.

Tốc độ góc của vệ tinh: $\omega = 2\pi / T = 2\pi / 86400 \approx 7,27 \cdot 10^{-5} \text{ rad/s}$.

Gia tốc hướng tâm: $a_{ht} = \omega^2 \cdot r = (7,27 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 42.200.000 \approx 0,223 \text{ m/s}^2$.

IV. Lực hướng tâm

1. Định nghĩa

Theo Định luật II Newton, bất kì vật nào có gia tốc cũng phải chịu tác dụng của một hợp lực. Lực (hoặc hợp lực) gây ra gia tốc hướng tâm cho vật chuyển động tròn đều được gọi là lực hướng tâm.

Lưu ý quan trọng: Lực hướng tâm không phải là một loại lực mới trong tự nhiên. Nó là tên gọi của hợp lực của tất cả các lực tác dụng lên vật theo phương bán kính, hướng vào tâm.

2. Công thức tính độ lớn lực hướng tâm

Áp dụng Định luật II Newton ($F = ma$), ta có công thức tính độ lớn lực hướng tâm:

$$F_{ht} = m \cdot a_{ht} = m \cdot v^2 / r = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

Trong đó:

- **F_{ht} :** Độ lớn lực hướng tâm (N - Newton)
- **m :** Khối lượng của vật (kg)

3. Bản chất và các ví dụ về lực hướng tâm

Lực hướng tâm có thể là một lực cụ thể hoặc là hợp của nhiều lực. Dưới đây là một số trường hợp phổ biến:

1. **Hành tinh quay quanh Mặt Trời:** Lực hấp dẫn giữa Mặt Trời và hành tinh đóng vai trò là lực hướng tâm, giữ cho hành tinh chuyển động trên quỹ đạo elip (gần tròn).

$$F_{ht} = F_{hd}$$

2. **Vật buộc vào dây và quay tròn:** Lực căng của sợi dây đóng vai trò là lực hướng tâm.

$$F_{ht} = T \text{ (Lực căng dây)}$$

Ví dụ: Một hòn đá khối lượng 200g được buộc vào sợi dây dài 50cm và quay tròn đều trong mặt phẳng ngang với tần số 2 Hz. Tính lực căng dây.

Giải:

Đổi $m = 200\text{g} = 0.2 \text{ kg}$; $r = 50\text{cm} = 0.5 \text{ m}$; $f = 2 \text{ Hz}$.

Tốc độ góc: $\omega = 2\pi f = 2\pi(2) = 4\pi \text{ rad/s}$.

Lực căng dây chính là lực hướng tâm: $T = F_{ht} = m\omega^2 r = 0.2 * (4\pi)^2 * 0.5 \approx 15,8 \text{ N}$.

3. **Xe chuyển động trên đoạn đường cong (nằm ngang):** Lực ma sát nghỉ giữa lốp xe và mặt đường đóng vai trò là lực hướng tâm, giúp xe không bị văng ra khỏi khúc cua.

$$F_{ht} = F_{msn}$$

Ví dụ: Một ô tô khối lượng 1,2 tấn chuyển động qua một khúc cua có bán kính 50 m với tốc độ 36 km/h. Để xe không bị trượt, lực ma sát nghỉ tối thiểu phải

bằng bao nhiêu?

Giải:

Đổi $m = 1,2 \text{ tấn} = 1200 \text{ kg}$; $r = 50 \text{ m}$; $v = 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$.

Lực hướng tâm cần thiết là: $F_{ht} = mv^2/r = 1200 * (10)^2 / 50 = 2400 \text{ N}$.

Vậy, lực ma sát nghỉ giữa bánh xe và mặt đường phải có độ lớn ít nhất là 2400 N để giữ xe đi đúng quỹ đạo.

4. **Xe chuyển động trên cầu vòng lên:** Hợp lực của trọng lực (P) và phản lực của mặt cầu (N) đóng vai trò là lực hướng tâm.

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

Từ đó suy ra phản lực $N = P - F_{ht} = mg - mv^2/r$. Khi xe ở đỉnh cầu, người lái sẽ có cảm giác hơi 'nhẹ' đi vì phản lực N nhỏ hơn trọng lượng P.