9 GIA TỐC TRONG CHUYỂN ĐỘNG TRÒN ĐỀU

I – Mục tiêu

– Hiểu rõ rằng khi chuyển động cong thì vận tốc chất điểm luôn thay đổi về phương, chiều và độ lớn, vì vậy vectơ gia tốc của chất điểm khác 0. Trong chuyển động tròn đều thì vectơ gia tốc là hướng tâm và có độ lớn phụ thuộc tốc độ dài và bán kính quỹ đạo.

– Nắm vững công thức gia tốc hướng tâm trong chuyển động tròn đều và áp dụng trong một số bài toán đơn giản.

II – Chuẩn bị

1. Giáo viên

Hình vẽ 9.1 SGK phóng to.

2. Học sinh

Học kĩ bài trước.

III – Những điều cần lưu ý

1. Về vectơ gia tốc hướng tâm

Ta có : $\vec{v} = \vec{\omega} \wedge \vec{r}$, $\vec{r}$ là vectơ tia. Để đơn giản, chọn gốc toạ độ trùng với tâm đường tròn. Khi đó $\vec{r}$ là một vectơ bán kính.

Lấy đạo hàm theo thời gian công thức trên :

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \wedge \vec{r} + \vec{\omega} \wedge \frac{d\vec{r}}{dt}.$$

Như thế trong trường hợp chung, vectơ gia tốc có hai thành phần :

$$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$$

trong đó : $$\vec{a}_t = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \wedge \vec{r}$$

và : $$\vec{a}_n = \vec{\omega} \wedge \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{\omega} \wedge \vec{v}$$

Thành phần thứ nhất bằng :

$$\vec{a}_t = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \wedge \vec{r}$$

$\vec{a}_t$ có phương trùng với tiếp tuyến, tức là trùng với phương của vận tốc $\vec{v}$, có chiều tuỳ theo dấu của giá trị của vectơ $\frac{d\vec{\omega}}{dt}$. Thành phần này đặc trưng cho sự biến đổi độ lớn của vận tốc. Thực vậy, vectơ $\frac{d\vec{\omega}}{dt} \wedge \vec{r}$ có phương vuông góc với $\vec{r}$ và độ lớn bằng β.r, trong đó $\beta = \left|\frac{d\vec{\omega}}{dt}\right|$ là gia tốc góc. Tích số β.r bằng độ biến thiên độ lớn vận tốc.

Thành phần thứ hai $\vec{a}_n = \vec{\omega} \wedge \vec{v}$, hay :

$\vec{a}_n = \vec{\omega} \wedge (\vec{\omega} \wedge \vec{r}) = (\vec{r}.\vec{\omega})\vec{\omega} - \omega^2\vec{r} = -\omega^2\vec{r}$

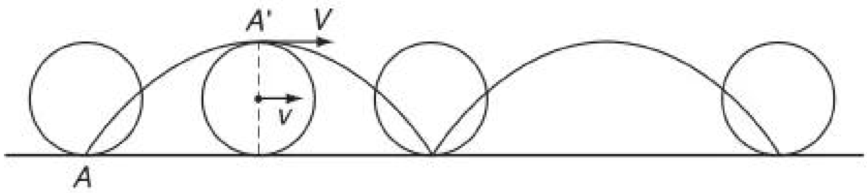
(Vì $(\vec{r}.\vec{\omega}) = 0$, $\vec{r} \perp \vec{\omega}$).

Vậy, $\vec{a}_n$ hướng theo $\vec{r}$ và ngược chiều với $\vec{r}$, có độ lớn bằng $|\vec{a}_n| = \omega^2.r$. Đó chính là thành phần hướng tâm của gia tốc $\vec{a}$ của chất điểm.

2. Trong chuyển động tròn đều công thức gia tốc hướng tâm là $a_{ht} = \frac{v^2}{r}$, với r là bán kính đường tròn. Trong trường hợp chuyển động cong, gia tốc hướng tâm (đúng ra phải gọi là gia tốc pháp tuyến) cũng có dạng như vậy, tức là $a_n = \frac{v^2}{\mathscr{R}}$, trong đó $\mathscr{R}$ là bán kính cong tại điểm đang xét. Ví dụ :

Xét quỹ đạo của điểm trên vành bánh xe lăn không trượt trên đường thẳng, tìm bán kính cong tại điểm A' là điểm cao nhất trên Hình 9.1.

Quỹ đạo của một điểm trên vành bánh xe là một đường xiclôit như Hình 9.1.



Hình 9.1

Chuyển động của bánh xe gồm chuyển động quay xung quanh tâm và chuyển động tịnh tiến của bánh xe với vận tốc v (bằng tích của tốc độ góc và bán kính của bánh xe). Ta còn có thể xem chuyển động của bánh xe là chuyển động quay tức thời quanh điểm tiếp xúc của bánh xe với mặt đường. Đối với mặt đường, điểm tiếp xúc lần lượt chạy dọc trên đường lăn, còn đối với bánh xe thì điểm này lần lượt trùng với tất cả các điểm trên vành. Như thế, chẳng hạn điểm A của vành bánh xe lúc trước là điểm tiếp xúc, bây giờ ở vị trí cao nhất trên quỹ đạo, kí hiệu là A'. Điểm A' có vận tốc là V theo phương nằm ngang, ta có $V = 2v$ (Hình 9.1) và tâm quay tức thời là điểm tiếp xúc với mặt đường. Tại vị trí A', gia tốc pháp tuyến là $a'_n = \frac{V^2}{\mathscr{R}}$, trong đó $\mathscr{R}$ là bán kính cong cần xác định. Biết rằng các hệ quy chiếu quán tính khác nhau là hoàn toàn tương đương về mặt động lực học, tức là chất điểm có gia tốc như nhau trong các hệ quy chiếu quán tính bất kì. Gia tốc của một điểm trên vành bánh xe chỉ liên quan đến chuyển động quay quanh tâm, là $a_{ht} = \frac{v^2}{r}$. Ta phải có $a'_n = a_{ht}$, tức là $\mathscr{R} = 4r$ (vì $V = 2v$).

IV – Gợi ý về phương pháp và tổ chức hoạt động dạy học

Khi xét phương và chiều của vectơ gia tốc trong chuyển động tròn đều, ta vẽ một hình, trong đó chọn điểm M' rất đặc biệt. Với cách chọn như vậy, rõ ràng là vectơ $\Delta\vec{v}$ đi qua điểm M nằm giữa cung tròn $\widehat{M_1M_2}$ và hướng vào tâm vòng tròn. Lập luận của ta là như sau : dù cho Δt có giá trị như thế nào thì điều nhận xét trên là hoàn toàn đúng. Vậy khi Δt tiến tới O thì điểm M_2 và điểm giữa M tiến dần tới M_1, vectơ $\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ tại điểm M trùng với M_1 cũng có phương và chiều như trên. Đó chính là phương và chiều của gia tốc hướng tâm tại điểm M_1.

V – Hướng dẫn trả lời câu hỏi và giải bài tập

Câu hỏi

1. Chưa đúng. Chỉ trong chuyển động tròn đều thì gia tốc là gia tốc hướng tâm. Trường hợp chuyển động tròn không đều, gia tốc toàn phần còn có thành phần theo phương tiếp tuyến làm thay đổi độ lớn của vận tốc gọi là gia tốc tiếp tuyến.
2. Xem mục 2 bài 9 SGK.

Bài tập

1. C đúng.

   Hướng dẫn :

   A. Sai Chu kì tỉ lệ nghịch với tốc độ dài.

   B. Sai. Chu kì tỉ lệ nghịch với tốc độ góc.

C. Đúng. Chu kì tỉ lệ nghịch với tần số.

D. Sai. Tốc độ góc không liên quan đến bán kính.

2. $\omega = \dfrac{2\pi}{60} = 0,10$ rad/s ; a = ω^2.R = $0,10^2.0,025 = 2,5.10^{-4}$ m/s^2.

3. T = 27,32 ngày = 27,32.24.3600 s = 2 360 448 s ;

$\omega = \dfrac{2\pi}{T} = 2,66.10^{-6}$ rad/s ;

$a = \omega^2 R = 2,66^2.10^{-12}.3,84.10^8 = 2,7.10^{-3}$ m/s^2.