

CHƯƠNG VI: TỔNG HỢP CHUYỂN ĐỘNG CỦA ĐIỂM**1. KHÁI NIỆM VÀ ĐỊNH NGHĨA CÁC CHUYỂN ĐỘNG :**

Giả sử có động điểm M, hệ quy chiếu động Oxyz và hệ quy chiếu cố định $O_1x_1y_1z_1$

1.1. Chuyển động tương đối :

Chuyển động của M so với hệ quy chiếu động gọi là chuyển động tương đối, tương ứng ta có quỹ đạo tương đối và vận tốc tương đối. Ký hiệu $\vec{v}_r$

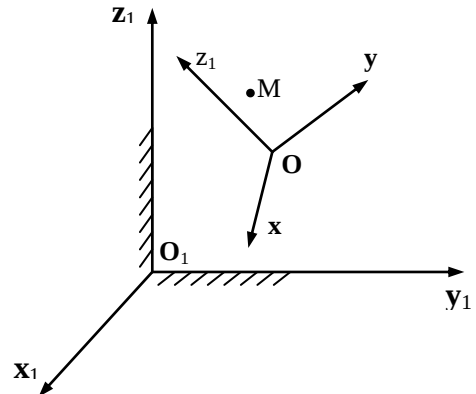
1.2. Chuyển động theo :

Chuyển động của M cùng với hệ quy chiếu động đối với hệ quy chiếu cố định gọi là chuyển động theo, tương ứng ta có quỹ đạo theo và vận tốc theo. Ký hiệu $\vec{v}_e$

1.3. Chuyển động tuyệt đối :

Chuyển động của điểm so với hệ quy chiếu cố định gọi là chuyển động tuyệt đối, tương ứng ta có quỹ đạo tuyệt đối và vận tốc tuyệt đối. Ký hiệu $\vec{v}_a$

Vậy, chuyển động tuyệt đối là tổng hợp của hai chuyển động, chuyển động tương đối và chuyển động theo

**2. ĐỊNH LÝ HỢP VẬN TỐC:**

Tại mỗi thời điểm, vận tốc tuyệt đối của chất điểm M bằng tổng hình học của vận tốc theo và vận tốc tương đối.

$$\vec{v}_a = \vec{v}_e + \vec{v}_r \quad (*)$$

Chứng minh:

Động điểm M được định vị bởi vectơ $\vec{r}$ và $\vec{r}_1$, gốc O được xác định bởi $\vec{r}_0$. Gọi $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ là các vectơ đơn vị của hệ trục oxyz, ta có $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$

Theo hình (*), ta có:

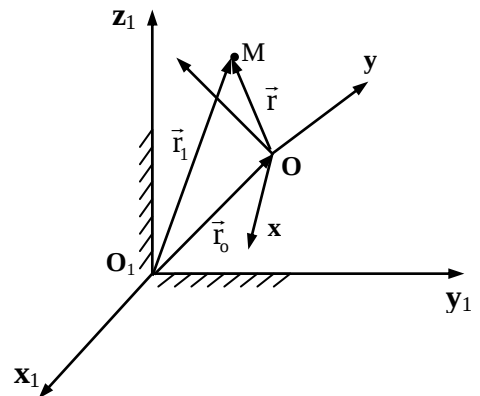
$$\vec{r}_1 = \vec{r}_0 + \vec{r}$$

Vận tốc tuyệt đối của M là:

$$\begin{aligned} \vec{v}_a &= \frac{d\vec{r}_1}{dt} = \frac{d\vec{r}_0}{dt} + \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v}_0 + x \frac{d\vec{i}}{dt} + y \frac{d\vec{j}}{dt} + z \frac{d\vec{k}}{dt} + \frac{dx}{dt} \vec{i} + \frac{dy}{dt} \vec{j} + \frac{dz}{dt} \vec{k} \\ \vec{v}_a &= \left(\frac{dx}{dt} \vec{i} + \frac{dy}{dt} \vec{j} + \frac{dz}{dt} \vec{k} \right) + \left[\vec{v}_0 + \left(x \frac{d\vec{i}}{dt} + y \frac{d\vec{j}}{dt} + z \frac{d\vec{k}}{dt} \right) \right] \end{aligned}$$

$$\text{hay } \vec{v}_a = \vec{v}_r + \vec{v}_e$$

Vậy, định lý đã được chứng minh.



• **Ví dụ:** Cho cơ cấu tay quay culit với tay quay $OA = 200\text{mm}$ quay đều với vận tốc $\omega = 3\pi \text{ rad/s}$, Con chạy A nối bằng bản lề vào đầu mút tay quay chạy trong rãnh BC làm culit chuyển động lên xuống. Xác định vận tốc của culit tại thời điểm tay quay lệch một góc $\varphi = 30^\circ$ so với phương thẳng đứng.

Giải

- Chuyển động của con chạy A trong rãnh BC là chuyển động tương đối với vận tốc $\vec{v}_r$ hướng theo phương ngang.
- Chuyển động của BC (culit) so với khung máy là chuyển động theo với vận tốc $\vec{v}_e$ hướng theo phương thẳng đứng.
- Chuyển động của con chạy A so với khung máy là chuyển động tuyệt đối với vận tốc $\vec{v}_a$ tiếp tuyến với quỹ đạo tròn tại A.

Theo định lý hợp vận tốc ta có:

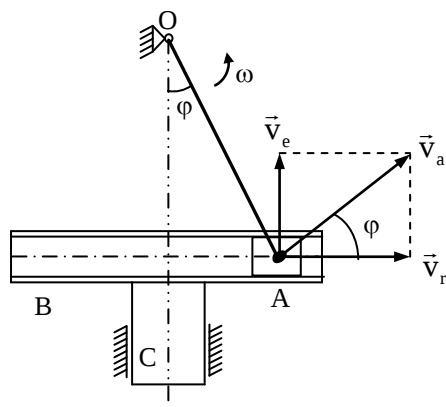
$$\vec{v}_a = \vec{v}_r + \vec{v}_e$$

Theo sơ đồ hợp vận tốc, ta có:

Vận tốc của culit là:

$$v_e = v = v_a \cdot \sin\varphi = OA \cdot \omega \cdot \sin\varphi$$

$$v = 200 \cdot 10^{-3} \cdot 3\pi \cdot \frac{1}{2} = 0,3\pi \text{ m/s}$$



3. ĐỊNH LÝ HỢP GIA TỐC

Tại mỗi thời điểm, gia tốc tuyệt đối bằng tổng hình học của gia tốc theo, gia tốc tương đối và gia tốc Criolit.

$$\vec{a}_a = \vec{a}_r + \vec{a}_e + \vec{a}_c$$

Chứng minh:

$$\begin{aligned} \vec{a}_a &= \frac{d}{dt}(\vec{v}_a) = \frac{d}{dt} \left[\left(\frac{dx}{dt} \vec{i} + \frac{dy}{dt} \vec{j} + \frac{dz}{dt} \vec{k} \right) + \left(\vec{v}_o + x \frac{d\vec{i}}{dt} + y \frac{d\vec{j}}{dt} + z \frac{d\vec{k}}{dt} \right) \right] \\ &= \left(\frac{d^2x}{dt^2} \vec{i} + \frac{d^2y}{dt^2} \vec{j} + \frac{d^2z}{dt^2} \vec{k} \right) + \left[\vec{a}_o + \left(x \frac{d^2\vec{i}}{dt^2} + y \frac{d^2\vec{j}}{dt^2} + z \frac{d^2\vec{k}}{dt^2} \right) \right] + 2 \left(\frac{dx}{dt} \cdot \frac{d\vec{i}}{dt} + \frac{dy}{dt} \cdot \frac{d\vec{j}}{dt} + \frac{dz}{dt} \cdot \frac{d\vec{k}}{dt} \right) \end{aligned}$$

Tương tự như hợp vận tốc, ta có:

$$\text{Gia tốc tương đối: } \vec{a}_r = \frac{d^2x}{dt^2} \vec{i} + \frac{d^2y}{dt^2} \vec{j} + \frac{d^2z}{dt^2} \vec{k}$$

$$\text{Gia tốc theo: } \vec{a}_e = \vec{a}_o + \left(x \frac{d^2\vec{i}}{dt^2} + y \frac{d^2\vec{j}}{dt^2} + z \frac{d^2\vec{k}}{dt^2} \right)$$

Gia tốc Oriolit:
$$\vec{a}_c = 2 \left(\frac{dx}{dt} \cdot \frac{d\vec{i}}{dt} + \frac{dy}{dt} \cdot \frac{d\vec{j}}{dt} + \frac{dz}{dt} \cdot \frac{d\vec{k}}{dt} \right)$$

Vậy: $\vec{a}_a = \vec{a}_r + \vec{a}_e + \vec{a}_c$ (định lý đã được chứng minh)

• **Chú ý:**

- Trường hợp hệ quy chiếu động Oxyz chuyển động tịnh tiến thì

$$\frac{d\vec{i}}{dt} = \frac{d\vec{j}}{dt} = \frac{d\vec{k}}{dt} = 0 \quad (\text{nên } \vec{a}_c = 0)$$

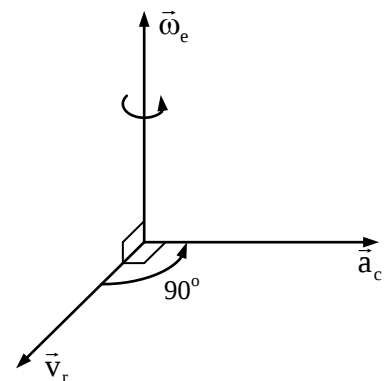
Vậy, khi chuyển động theo là chuyển động tịnh tiến thì gia tốc tuyệt đối bằng tổng hình học gia tốc theo và gia tốc tương đối.

$$\vec{a}_a = \vec{a}_r + \vec{a}_e$$

- Trường hợp hệ quy chiếu động Oxyz chuyển động quay quanh trục cố định với vectơ vận tốc góc $\vec{\omega}_e$ thì gia tốc Oriolit là $\vec{a}_c = 2\vec{\omega}_e \cdot \vec{v}_r$

+ Tại thời điểm khảo sát nếu $\vec{\omega}_e \parallel \vec{v}_r$ hoặc $\vec{v}_r = 0$ hay $\vec{\omega}_e = 0$ thì tại thời điểm này $\vec{a}_c = 0$

+ Nếu $\vec{\omega}_e \perp \vec{v}_r$ thì quy tắc tìm phương chiều của $\vec{a}_c$ như sau: quay $\vec{v}_r$ quanh gốc của nó theo chiều quay của hệ động quanh trục $\vec{\omega}_e$ một góc 90° , ta có ngay chiều của $\vec{a}_c$ và giá trị của nó bằng $2\vec{\omega}_e \cdot \vec{v}_r$.



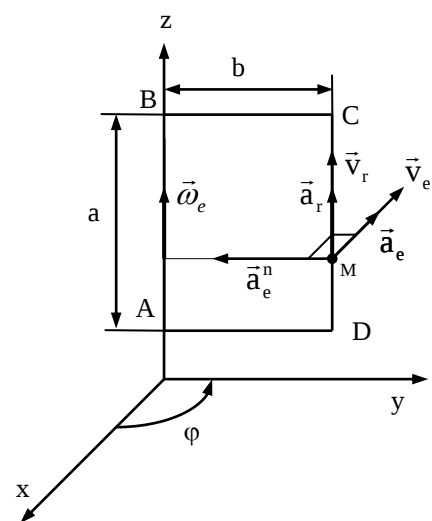
***Ví dụ:** Một tấm chữ nhật có các cạnh là a và b quay quanh trục thẳng đứng theo quy luật $\varphi = \frac{1}{2}t^2$. Điểm M chuyển động dọc theo DC với quy luật $s = 3t^2$ (m, s). Tìm vận tốc, gia tốc tuyệt đối của M theo thời gian t.

Giải

– M chuyển động tương đối theo phương thẳng đứng DC với vận tốc tương đối $\vec{v}_r$ và gia tốc tương đối $\vec{a}_r$ nằm trên trục này, đồng thời:

$$v_r = \frac{ds}{dt} = 6t ; \quad a_r = \frac{d^2s}{dt^2} = 6$$

– Chuyển động của M cùng với ABCD là chuyển động theo quỹ đạo đường tròn có bán kính b và vận tốc $\vec{v}_e$ vuông góc với bán kính tại thời điểm đang xét.



$$v_e = r \cdot \omega = b \cdot \frac{d\varphi}{dt} = bt$$

$$\vec{a}_e = \vec{a}_e^n + \vec{a}_e^\tau$$

Với

$$a_e^n = r \cdot \omega^2 = b \cdot \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 = b \cdot t^2$$

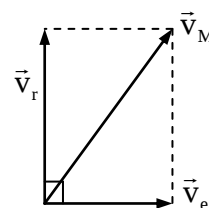
$$a_e^\tau = r \cdot \varepsilon = b \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} = b$$

Do vectơ vận tốc góc $\vec{\omega}_e$ nằm trên Az nên có $\vec{\omega}_e // \vec{v}_r$, suy ra: $\vec{a}_c = 0$

Vận tốc tuyệt đối của M:

$$\vec{v}_M = \vec{v}_r + \vec{v}_e$$

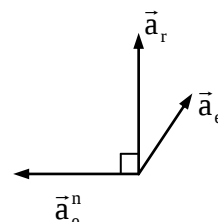
$$v_M = \sqrt{v_r^2 + v_e^2} = \sqrt{(6t)^2 + (bt)^2} \quad (\text{cm/s})$$



Gia tốc tuyệt đối của M:

$$\vec{a}_M = \vec{a}_r + \vec{a}_e = \vec{a}_r + \vec{a}_e^n + \vec{a}_e^\tau$$

$$a_M = \sqrt{a_r^2 + (a_e^n)^2 + (a_e^\tau)^2} = \sqrt{(6)^2 + (bt)^2 + b^2} \quad (\text{cm/s}^2)$$



CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Thế nào là chuyển động tương đối, tuyệt đối và chuyển động theo ? Phân tích qua ví dụ cụ thể.
2. Giải thích hiện tượng: Khi lặng gió, những giọt mưa lại rơi xiên trên thành tàu đang chạy? Độ xiên của giọt mưa phụ thuộc vào yếu tố nào?
3. Phát biểu định lý hợp vận tốc, hợp gia tốc của điểm chuyển động tổng hợp.

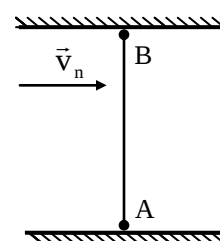
BÀI TẬP CHƯƠNG VI

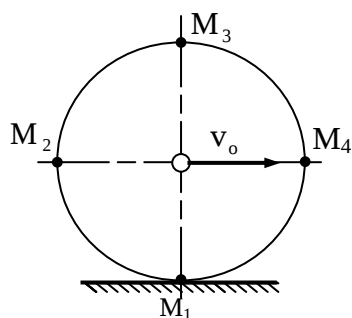
- 1) Một con thuyền sang sông theo phương AB . Vận tốc của nước là $v_n = 10$ m/phút, vận tốc của thuyền so với nước $v_{tn} = 20$ m/phút. Chiều rộng của sông AB = $l = 250$ m. Xác định:

a) Góc lập bởi phương của $\vec{v}_{tn}$ và AB.

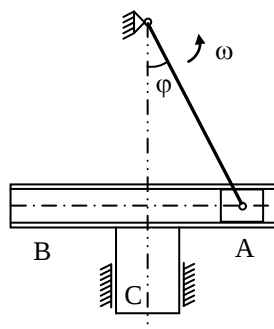
- b) Vận tốc tuyệt đối của thuyền và thời gian thuyền sang sông (xem thuyền chuyển động đều)

- 2) Một bánh xe có bán kính $R = 0,5\text{m}$ lăn không trượt trên đường ray thẳng. Vận tốc của trục là $v_o = 10$ m/s. Xác định vận tốc tuyệt đối của các điểm M_1, M_2, M_3, M_4 trên hình



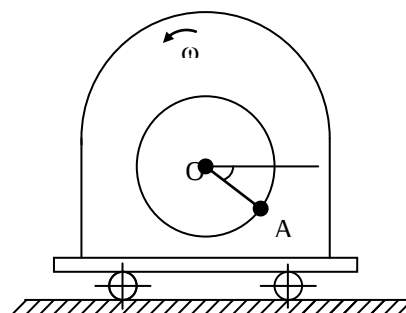
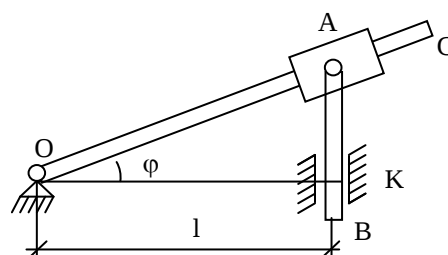


Hình câu 2



Hình câu 3

- 3) Cơ cấu tay quay thanh trượt trong máy búa biểu thị trên hình vẽ. Thanh trượt chuyển động lên xuống nhờ con trượt A trượt trong rãnh B. Tay quay OA dài $r = 30 \text{ cm}$ quay quanh O với vận tốc $n = 150 \text{ v/phút}$. Khi $t = 0$, thanh trượt ở vị trí thấp nhất. Tìm vận tốc của thanh trượt (búa) và vận tốc của con chạy A đối với thanh trượt
- 4) Theo đầu bài tập 3 hãy xác định vận tốc của búa C và vận tốc con chạy A tại thời điểm $\varphi = 60^\circ$
- 5) Tàu hoả đang chạy trên đoạn thẳng nằm ngang với vận tốc 216 km/h . Viên đạn được bắn trong mặt phẳng nằm ngang theo phương vuông góc với phương chuyển động của đoàn tàu với vận tốc có trị số $v = 1000 \text{ m/s}$. Xác định trị số vận tốc tuyệt đối của viên đạn.
- 6) Trong cơ cấu lắc, tay quay OC quay quanh trục $O \perp$ với mặt phẳng hình vẽ. Con trượt A trượt dọc theo OC và làm thanh AB tịnh tiến lên xuống. Biết $OK = l$ và vận tốc tay quay OC là ω , góc quay là φ . Tìm vận tốc con trượt A đối với tay quay OC tại thời điểm đó.
- 7) Xe chuyển động nằm ngang, hướng sang phải với gia tốc $a = 49,2 \text{ cm/s}^2$. trên xe đặt một động cơ điện với roto của nó quay theo quy luật $\varphi = t^2$, bán kính roto $r = 20 \text{ cm}$. xác định gia tốc tuyệt đối của điểm A nằm trên vành roto tại thời điểm $t = 1 \text{ giây}$ nếu tại vị trí này $\alpha = 30^\circ$.



- 8) Bánh xe lăn không trượt trên đoạn nằm nghiêng. Tại thời điểm khảo sát, tâm bánh xe có vận tốc $v_0 = 1 \text{ m/s}$ và gia tốc $a_0 = 3 \text{ m/s}^2$. Bán kính bánh xe $R = 0,5 \text{ m}$. Tìm vận tốc và gia tốc điểm M.

