

Partie 2

Prof. Cécile Hébert



Video



Plan du cours

- I - Cinématique
- II - Référentiel accélérés
- III - Lois de Newton
- IV - Balistique – effet d'une force constante et uniforme
- V - Bilan des forces ; application des lois de Newton
- VI - Travail, Energie, principes de conservation
- VII - Chocs, systèmes de masse variable
- VIII - Oscillateur harmonique
- IX - Moment cinétique ; Gravitation
- X - Solide indéformable
- XI - Application du solide indéformable

2

Le système de coordonnées polaires pourrait sembler beaucoup plus complexe que les coordonnées cartésiennes. Nous allons voir un exemple, celui du mouvement circulaire uniforme, où ces coordonnées seront très efficaces. Nous sommes dans le chapitre I, « Cinématique ».

Notes

Summary



0m 05s

Table des matières

- 1 - Référentiel ; Repère
- 2 - Trajectoire, vitesse, accélération
- 3 - Coordonnées cartésiennes
- 4 - Coordonnées polaires
- 5 - Coordonnées curviligne
- 6 - Coordonnées cylindriques
- 7 - Coordonnées sphériques
- 8 - Mouvement circulaire en coordonnées cylindriques

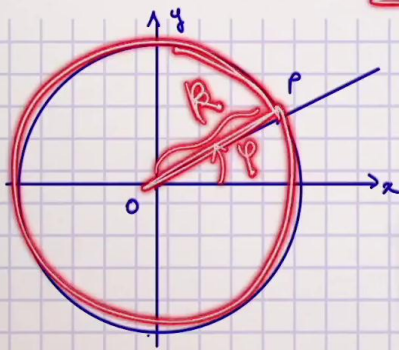
3

Et dans les coordonnées polaires, nous allons maintenant voir une application.

Notes

Summary



Exemple : mouvement circulaire uniforme

Rayon R = ρ = cte!

19

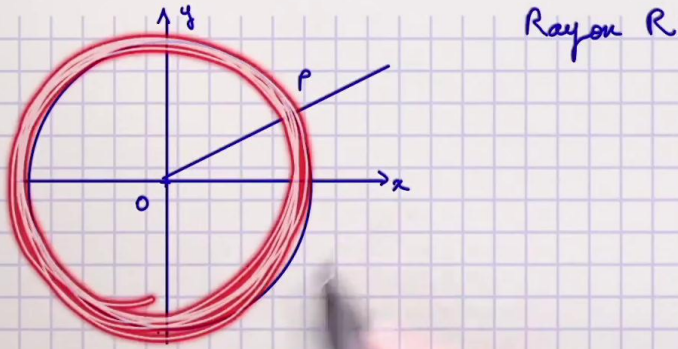
L'exemple que nous allons prendre est celui du mouvement circulaire uniforme. Mon point P va donc se déplacer sur un cercle de centre O. Les axes cartésiens sont Ox et Oy. Supposons que mon cercle a un rayon R. Comment traduire ce mouvement circulaire uniforme avec le langage des coordonnées polaires ρ et φ ? La première chose, c'est circulaire. Circulaire signifie que le point reste sur le cercle de rayon R, donc toujours à la distance R du centre. Donc ce rayon $R = \rho = \text{cte}$.

Notes

Summary



0m 27s

Exemple : mouvement circulaire uniforme

19

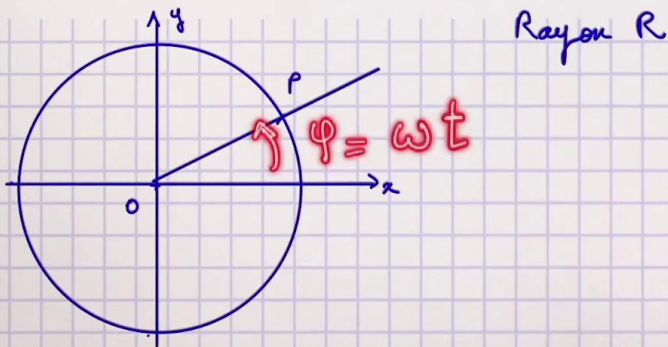
Ensuite, la deuxième chose, le mouvement est uniforme. Uniforme, cela signifie que la vitesse scalaire sur le cercle est constante. En d'autres termes, mon point P se déplace sur le cercle en voyant l'angle φ qui augmente régulièrement avec le temps, ou bien linéairement.

Notes

Summary



1m 13s

Exemple : mouvement circulaire uniforme

19

Donc, l'angle φ est tout simplement une fonction du temps de la forme constante, que nous allons appeler ω , multipliée par le temps.

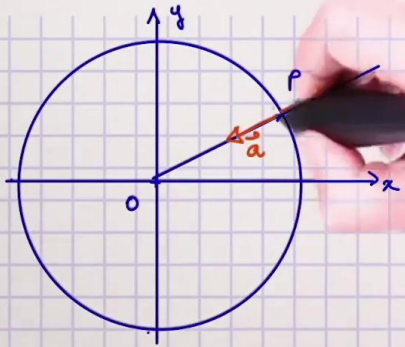
Notes

Summary



1m 37s

Exemple : mouvement circulaire uniforme

Rayon $R \Rightarrow \rho = R = \text{cte}$ uniforme $\varphi = \omega t$ $\omega = \text{cte}$

$$\rho = \text{cte} \Rightarrow \dot{\rho} = 0 \text{ et } \ddot{\rho} = 0; \quad \dot{\varphi} = \omega \quad \ddot{\varphi} = 0$$

$$\vec{r} = \rho \vec{e}_\rho = R \vec{e}_\rho$$

$$\vec{v} = \cancel{\dot{\rho} \vec{e}_\rho} + \rho \dot{\varphi} \vec{e}_\varphi = R \omega \vec{e}_\varphi$$

$$\vec{a} = (\ddot{\rho} - \rho \dot{\varphi}^2) \vec{e}_\rho + (\rho \ddot{\varphi} + 2\dot{\rho} \dot{\varphi}) \vec{e}_\varphi = -\rho \dot{\varphi}^2 \vec{e}_\rho = \underbrace{-R \omega^2 \vec{e}_\rho}_{\text{accélération centripète}}$$

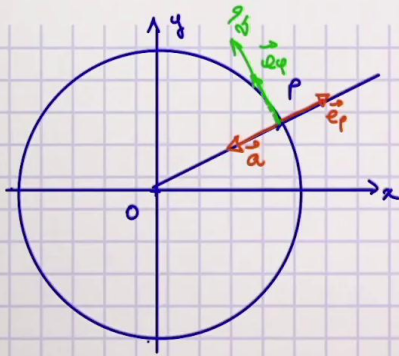
19

Bref, circulaire de rayon R signifie que $\rho = R = \text{cte}$. Et uniforme rajoute la contrainte $\varphi = \omega t$ avec $\omega = \text{cte}$. Mais si $\rho = \text{cte}$, alors $\rho \cdot = 0$ et $\rho \cdot \cdot = 0$. Et avec l'expression $\varphi = \omega t$, $\varphi \cdot = \omega$ et $\varphi \cdot \cdot = 0$. Reprenons maintenant l'expression de r , v et a . r qui valait $\rho \vec{e}_\rho$, va maintenant s'écrire $R \vec{e}_\rho$ avec $R = \text{cte}$. D'une façon générale, je vous encourage à repartir toujours de la formule la plus générale et à voir comment elle se simplifie. Nous allons reprendre l'expression pour la vitesse qui était $\rho \cdot \vec{e}_\rho + \rho \varphi \cdot \vec{e}_\varphi$. $\rho \cdot = 0$, ce terme disparaît. $\varphi \cdot$ valant ω , je peux remplacer $\varphi \cdot$ par ω . De plus, ρ valant R , je peux aussi remplacer ρ par R . $v = R \omega \vec{e}_\varphi$. Et pour l'accélération a , son expression complète était la suivante. $(\rho \cdot \cdot - \rho \varphi \cdot^2) \vec{e}_\rho + (\rho \varphi \cdot \cdot + 2 \rho \cdot \varphi \cdot) \vec{e}_\varphi$. Voyons ce qui se simplifie. $\rho \cdot \cdot = 0$, $\rho \cdot = 0$, $\varphi \cdot \cdot = 0$. Donc le terme sur \vec{e}_φ disparaît, il ne me reste qu'un terme sur \vec{e}_ρ , qui est $-\rho \varphi \cdot^2$. Or $\rho = R$ et $\varphi \cdot = \omega$. Nous retrouvons donc l'expression de la vitesse et de l'accélération. Pour un mouvement circulaire uniforme, $v = R \omega \vec{e}_\varphi$ et $a = -R \omega^2 \vec{e}_\rho$. \vec{e}_ρ est dirigé selon le rayon vers l'extérieur. L'accélération est donc dirigée vers l'intérieur du cercle. C'est l'accélération centripète. Le vecteur \vec{e}_φ est colinéaire au cercle.

Notes

Summary



Exemple : mouvement circulaire uniforme

Rayon $R \Rightarrow \rho = R = \text{cte}$
 uniforme $\varphi = \omega t$ $\omega = \text{cte}$
 $\rho = \text{cte} \Rightarrow \dot{\rho} = 0$ et $\ddot{\rho} = 0$; $\dot{\varphi} = \omega$ $\ddot{\varphi} = 0$

$$\vec{r} = \rho \vec{e}_r = R \vec{e}_r$$

$$\vec{v} = \cancel{\dot{\rho} \vec{e}_r} + \rho \dot{\varphi} \vec{e}_\varphi = R \omega \vec{e}_\varphi$$

$$\vec{a} = (\ddot{\rho} - \rho \dot{\varphi}^2) \vec{e}_r + (\rho \ddot{\varphi} + 2\dot{\rho} \dot{\varphi}) \vec{e}_\varphi = -\rho \dot{\varphi}^2 \vec{e}_r = -R \omega^2 \vec{e}_r$$

$$|\vec{v}| = v = R \omega \quad |\vec{a}| = R \omega^2 = a = \frac{v^2}{R} \quad \text{accélération centripète}$$

$$\omega = 2\pi f \quad f: \text{fréquence en tours par seconde} \quad \omega:$$

19

Le vecteur vitesse est lui colinéaire à e_φ . Il est donc lui aussi tangent au cercle. En norme, $|\vec{v}| = v = R\omega$. $|\vec{a}| = R\omega^2$. Cela nous permet de réécrire l'accélération comme étant v^2/R . Par ailleurs, si j'appelle f la fréquence, soit le nombre de tours par seconde, comme un tour fait 2π , l'angle parcouru par seconde est 2π fois la fréquence. Donc, la pulsation $\omega = 2\pi f$.

Notes

Summary





Et ω est appelé la pulsation. Voilà. Donc un mouvement circulaire uniforme se décrit très bien en coordonnées polaires. Avec des exercices et de l'entraînement, vous apprendrez à identifier le système de coordonnées adapté au problème que vous avez.

Notes

Summary



5m 30s