

Pr ABD-LEFDIL Pr.ERROUGANI

Université Mohammed V-Agdal

Département de Physique

Faculté des Sciences -Rabat

Année Universitaire 2013-2014

SVT-STU

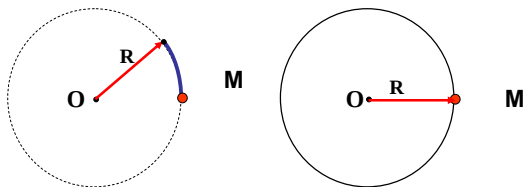
1

chapitre III

Mouvement circulaire

2

1. Qu'est ce qu'un mouvement circulaire ?



→ C'est un mouvement **plan** dont la **trajectoire** est un **cercle** ou une **portion de cercle**.

→ Le **module** du vecteur position $\overrightarrow{OM}$ est **constant** et il est égal au rayon **R** du cercle. $\|\overrightarrow{OM}\| = R$

3

A- Mouvement circulaire non uniforme (MCNU)

Un mouvement circulaire est dit non uniforme si la vitesse varie au cours du temps.



Vecteur vitesse

Le vecteur vitesse est orienté dans le sens du mouvement et il est tangent au cercle mais sa norme et son sens varie au cours du temps.



Vecteur accélération

Le vecteur accélération peut être exprimé à l'aide d'une composante dite normale($\vec{a}_N$) et d'une composante tangentielle($\vec{a}_T$):

$$\vec{a} = \vec{a}_N + \vec{a}_T$$

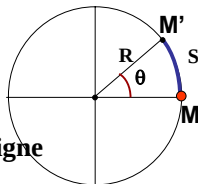
4

Rappel (voir chapitre1)

$$S = R \theta$$

(où S et R sont mesurés en mètre et θ en radian)

$S = \widehat{MM'}$ est appelé abscisse curviligne



Déplacement angulaire : $d\theta$

$$\text{Vitesse(m/s)} = \frac{dS}{dt} = \frac{d(R\theta)}{dt} = R \frac{d\theta}{dt} = R\dot{\theta}$$

Vitesse angulaire $\omega = d\theta/dt$ (en radians/seconde)

5

→ accélération tangentielle

Cette **composante du vecteur** accélération est **tangente** au cercle.

Sa valeur est donnée par la relation suivante:

$$a_T = \frac{dV}{dt}$$

→ accélération normale

Cette **composante du vecteur** accélération est **normale** au cercle . Elle est donc **orientée vers le centre du cercle**.

Sa valeur est donnée par la relation suivante:

$$a_N = \frac{V^2}{R}$$

La vitesse variant par définition au cours du temps, l'accélération normale varie donc elle aussi .

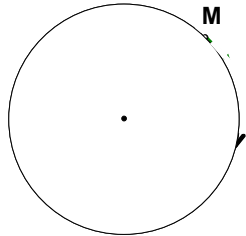
6

$$\vec{a} = \vec{a}_N + \vec{a}_T$$

Le repère de Frenet ($M; \vec{u}_N, \vec{u}_T$) orthonormé, lié au point M "mobile", peut être utilisé pour décrire le mouvement du point M sur une trajectoire non rectiligne. Il est constitué de deux vecteurs:

$\vec{u}_N$: orienté vers le centre du cercle

$\vec{u}_T$: tangent à la trajectoire et orienté dans le sens du mouvement



7

Si on utilise le repère de Frenet alors le vecteur accélération peut s'écrire:

$$\vec{a} = a_N \vec{u}_N + a_T \vec{u}_T$$

avec

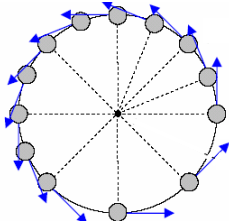
$$\begin{cases} V = R \frac{d\theta}{dt} = R\dot{\theta} = R\omega \\ a_N = \frac{V^2}{R} = R\omega^2 \\ a_T = \frac{dV}{dt} = R \frac{d\omega}{dt} \end{cases}$$

$\frac{d\omega}{dt}$ est appelée accélération angulaire

8

B- Mouvement circulaire uniforme (MCU)

Un mouvement circulaire est dit uniforme si le module de la vitesse reste constant au cours du temps.



Même si le mouvement se fait à vitesse constante, l'accélération est non nulle car le vecteur vitesse change de direction.

$$\left. \begin{aligned} a_N &= \frac{V^2}{R} \\ a_T &= \frac{dV}{dt} = 0 \end{aligned} \right\} \vec{a} = a_N \vec{N} + a_T \vec{T} = a_N \vec{N}$$

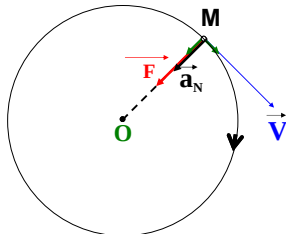
Donc l'accélération est radiale ou centripète

9

La force nécessaire pour produire cette accélération sera donnée par la 2^{ème} loi de Newton.

$$\vec{F} = m \vec{a} = m a_N \vec{N}$$

Force est centripète dirigée vers le centre du cercle.



10

2- Exemples de mouvements circulaires uniformes

11

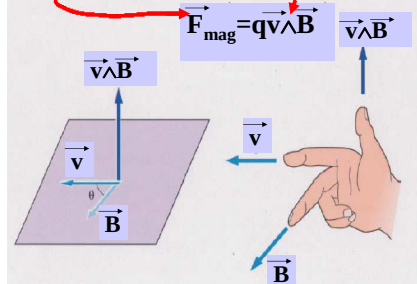
a) La force électrostatique $F_{\text{électr}}$ entre deux charges q_1 et q_2 séparées par une distance r est donnée par:

$$F_{\text{électr}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

12

b)

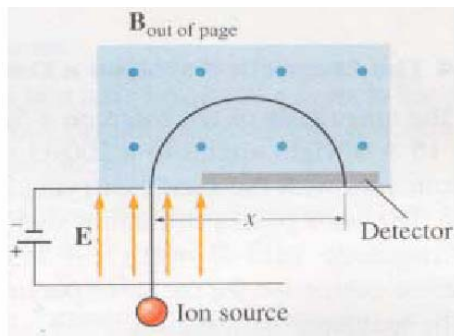
Définition de la force magnétique



$$F_{\text{mag}} = |\vec{F}_{\text{mag}}| = q |\vec{v}| |\vec{B}| \sin \theta = qvB \sin \theta$$

13

Suite de b) spectroscopie de masse (voir TD 3)



14

c)

VOITURE DANS UN VIRAGE

L'accélération centripète est due à la force de frottement entre les pneus et la chaussée.



15

3- calcul de l'accélération dans un mouvement circulaire uniforme

16

→ Lorsqu'on effectue une **rotation complète**, les **vecteurs position** et **vitesse** effectuent une **rotation de 2π** et tournent au même rythme. Par conséquent leurs **taux de variations** seront égaux.

17

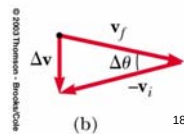
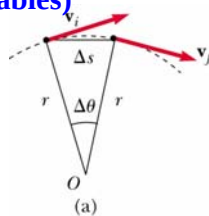
À partir de la géométrie des 2 figures (triangles semblables)

Or
$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta r}{r}$$

Et
$$v = \frac{\Delta r}{\Delta t} \quad \text{Et} \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

D'où

$$a = \frac{v^2}{r}$$

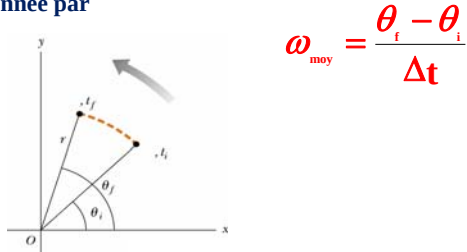


18

→ **Vitesse angulaire ω :**

Elle est définie par le taux de variation de l'angle θ par rapport au temps.

Si l'angle θ varie de $\Delta\theta$ ($\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$) entre t_i et t_f ($t_f - t_i = \Delta t$), alors la vitesse **angulaire moyenne** sera donnée par



19

Quant à la **vitesse angulaire instantanée**, elle est donnée par :

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \omega_{\text{moy}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}$$

La vitesse angulaire est une grandeur vectorielle: $\vec{\omega}$ est portée par l'axe de rotation Δ .
Son sens dépend de celui de la rotation.

Relation entre vitesse de rotation ω et v :

$$\vec{v} = r\vec{\omega}$$

20

$$\vec{OM} = x\vec{i} + y\vec{j}, \quad \vec{OM} = \rho \cos \theta \vec{i} + \rho \sin \theta \vec{j}$$

$$\text{Or } \vec{OM} = \rho \vec{e}_\rho, \text{ par conséquent } \vec{e}_\rho = \cos \theta \vec{i} + \sin \theta \vec{j}$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt} = \dots$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \dots$$

On voit que l'accélération est dirigée vers le point O: elle est opposée au vecteur position.

21

4- Le principe physique de la centrifugeuse

22

A- Force centrifuge

Chaque fois qu'un objet décrit un mouvement circulaire et qu'il reste sur sa trajectoire, il sera soumis à la fois à :

- La force centripète (ou radiale) $\vec{F}_r$ est parallèle à $\vec{a}$,
 - La force centrifuge $\vec{F}_c$ est opposée à $\vec{a}$.
- $$F_c = F_r = m \omega^2 r$$

23

B- Centrifugation

- C'est une des applications les plus intéressantes de la force centrifuge.
- Sous l'effet du poids effectif, une particule peut se sédimenter au fond d'un tube à condition que sa masse volumique soit supérieure à celle du liquide où elle se trouve.
- Rappelons que $P_{\text{eff.}}$ est inférieure à $m \times g$ (Revoir chapitre 2).

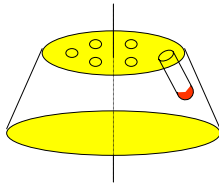
24

- Si on incline le tube à la position horizontale, et qu'on le fasse tourner, les particules présentes dans le liquide vont subir la force centrifuge et se dirigeront au fond du tube: c'est la sédimentation sous l'effet de F_c .
- Cette force peut être 10^6 fois plus grande que P_{eff} . Elle dépend principalement de la vitesse de rotation.
C'est le principe physique de la centrifugeuse.

25

Schéma d'une centrifugeuse

– Un tube placé dans une centrifugeuse.



26

- Les centrifugeuses sont utilisées dans plusieurs domaines :
 - a- l'isolement des globules rouges du sérum,
 - b- la séparation des précipités ou de bactéries,
 - c- la séparation des matières grasses (le beurre du lait par exemple)
 - d- la sédimentation des molécules protéiques.
 - e- Si la solution contient plusieurs types de particules, elles seront identifier grâce à leurs vitesses de sédimentation qui dépend de leur masse. Ainsi, on pourra identifier les différentes composantes du mélange (solutions biologiques...).

27
