BASES DE PHYSIQUE GÉNÉRALE

I-Mécanique Newtonienne

A. Quelques définitions

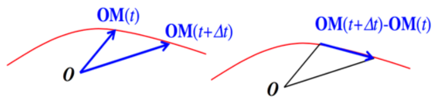
Référentiel : un référentiel est associé à un repère mathématique avec 3 axes : horizontal, vertical, transversal et un repère de temps nécessaire pour décrire la dynamique (ex : horloge universelle)

Trajectoire : ensemble des positions successives de M dans le temps.

Vecteur position OM : position de M par rapport à O. 3 coordonnées : $x(t), y(t)$ et $z(t)$

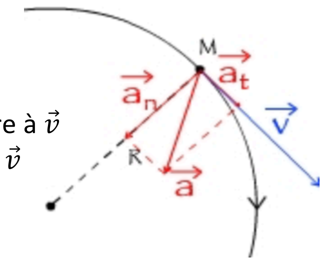
Vecteur vitesse :

- variation de la position de M pendant une durée t
- dérivée du vecteur position par rapport au temps :
$$\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}(t)}{dt}$$
- 3 coordonnées : v_x(t), v_y(t) et v_z(t)
- TOUJOURS TANGENT À LA TRAJECTOIRE



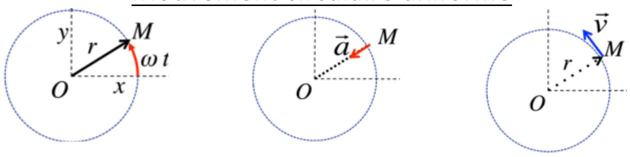
Vecteur accélération :

- variation de la vitesse de M pendant une durée t.
- dérivée du vecteur vitesse par rapport au temps : $a = \frac{d\vec{v}(t)}{dt}$
- 2 composantes : accélération normale $\boldsymbol{a_n(t)}$-> perpendiculaire à $\vec{v}$
  accélération tangentielle $\boldsymbol{a_t(t)}$ -> tangente à $\vec{v}$



B. Application

Mouvement circulaire uniforme



•v est tangent à la trajectoire
•a est centripète (cad dirigée vers le centre)
donc $\boldsymbol{a_t(t)} = 0$

Si $a_T(t) = 0$ le mouvement est circulaire uniforme
Si $a_N(t) = 0$ le mouvement est rectiligne

Avec les calculs de coordonnées de v et a (osef trop compliqué) on trouve les formules suivantes :

$$v = \omega r \Leftrightarrow \omega = \frac{v}{r} \quad \text{et} \quad a = \omega^2 r = \frac{v^2}{r}$$

C. Lois de Newton

1ere loi ou Principe d'inertie : $\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{F}_{tot} = \vec{0}$

2e loi ou Principe fondamental de la dynamique (PFD) :
$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}_{tot}$$

3e loi ou Principe d'action réaction : $\vec{F}_{a/b} = -\vec{F}_{b/a}$

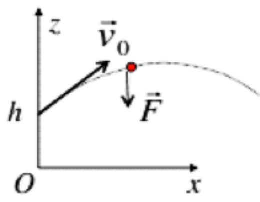
•Si la masse du système est constante alors $F_{tot} = m.a$

•La quantité de mouvement est définie par $\vec{P} = m.\vec{v}$

On ne prend en compte que les forces extérieures au système. Elles peuvent être de contact (frottements) ou à distance (pesanteur).

D. Applications

•Trajectoire d'une masse dans un champ de force constant



$$\vec{F} = m\vec{a} \quad \Leftrightarrow \quad \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

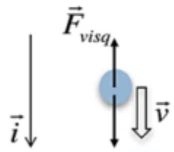
$$v_z(t) = v_{oz} - at$$

$$z(t) = h + v_{oz}t - \frac{at^2}{2}$$

•Vitesse limite d'une particule dans un fluide soumise à une force de frottement visqueux

$$m\vec{a} = m\vec{g} - \beta\vec{v}$$

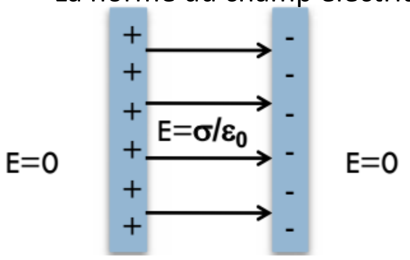
$v_{lim} = \frac{mg}{\beta}$ car $a = 0$ lorsqu'on atteint v_{lim}



E. Exemple de forces

Force gravitationnelle	$\vec{F}_{a/b} = -G\frac{m_a.m_b}{r^2}\vec{r}$	Attractive	•$G = 6{,}7.10^{-11}\ N.m^2.Kg^{-2}$ •$\vec{r}$: vecteur unité •Sign(-) : dirigé vers le point qui applique la force
Force de pesanteur	$\vec{F}_T = -G\frac{m_t.m}{(R_T+z)^2}\vec{k}$ $\vec{F}_T = -mg\vec{k}$ $g = G\frac{m_T}{R_T^2} = 9{,}81\ m.s^{-2}$	Cas particulier de la force gravitationnelle La force est appliquée par la Terre et dirigée en son centre.	
Force de Coulomb	$\vec{F}_{a/b} = k\frac{q_a.q_b}{r^2}\vec{r}$ •Champ électrique au point (x, y, z) -> force électrique qui s'exerce sur une charge unité en ce point : $\vec{F} = q\vec{E}(x, y, z)$	•Concerne les particules chargées. •Additive. •Pour deux charges de même signe, $\vec{F}$est **répulsive**. •Pour deux charges de signes opposés, $\vec{F}$ est **attractive**.	•$k = 9.10^9 N.m^2.C^{-2}$

<u>Champ électrique créé par une distribution de charges :</u>
La norme du champ électrique créée par une distribution de charge est donnée par :



Il pour une plaque +

et

$E = -\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ pour une plaque -

Avec σ en C.m^{-2}

Pour deux plans de densité opposée, le champ s'annule à l'extérieur et s'additionne à l'intérieur.

Force de rappel d'un ressort	$\vec{F_r} = -k(x - x_0)\vec{\imath}$	Plus on s'éloigne plus elle est importante.	•k = Constante de rappel du ressort. En $N.m^{-1}$
Force de frottement sec dynamique	$\vec{F_s} = -\mu_d \, \lVert\vec{R}\rVert \, sign(\vec{v}) \, \vec{\imath}$	Entre 2 solides.	•μ_d= coefficient de frottement qui dépend de la nature du contact
Force de frottement visqueux	$\vec{F}_{visq} = -\beta\vec{v}$	Vitesse < 5 $m.s^{-1}$	
Force de trainée	$\vec{F_t} = -\frac{1}{2}\,\rho\, S\, C_x v\vec{v}$	Vitesse > 10 $m.s^{-1}$	•C_x = Coefficient de trainée. Sans dimension
Poussée d'Archimède	$\overrightarrow{F_A} = \rho V_i g\vec{k}$	•Point d'application : centre géométrique •Flottabilité si $\rho V_i = m$	•V_i = Volume immergé

II- Dynamique de rotation

A. Produit vectoriel

Représenté par $\vec{a}$ ^ $\vec{b} = \vec{c}$

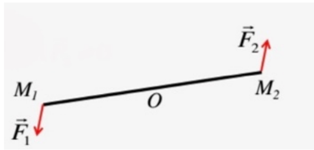
- •Sa <u>direction</u> est perpendiculaire au plan des vecteurs (a,b)
- •Son <u>sens</u> est donné par la règle du trièdre (pouce, index, majeur)
- •Sa norme est l'aire du parallélogramme définit par a & b

B. Le moment

•C'est l'application d'une force, vitesse, masse, quantité de mouvement à des systèmes en rotation.

•Il correspond au produit vectoriel du rayon du système en rotation par la force : $\vec{\Gamma} = \overrightarrow{OM} \wedge \vec{F}$ et caractérise la façon dont la force tend à faire tourner OM avec O fixé.

•Ici l'objet reçoit un couple de force dont la résultante est nulle telle que mais qui entraine sa rotation. On a alors $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$ et $\vec{\Gamma}_1 + \vec{\Gamma}_2 \neq 0$



C. Moment angulaire ou moment cinétique J

$\vec{J} = \vec{\omega}\mathrm{I}$

D'après le PFD on retrouve : $\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}_{tot} \rightarrow \frac{d\vec{J}}{dt} = \vec{\Gamma}_{tot}$

$\vec{\omega}$: vitesse angulaire en $\boldsymbol{rad.s^{-1}}$
I : moment d'inertie en $\boldsymbol{Kg.m^2}$

D. Moment d'inertie I

Roue creuse : $I = mr^2$
Disque en rotation : $I = \frac{1}{2}mr^2$

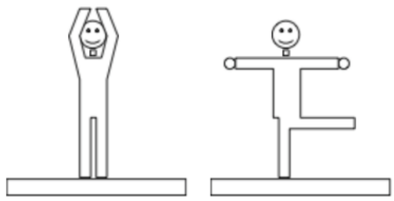
I détermine la difficulté à faire tourner l'objet.
Plus I est grand plus il faudra un grand moment de force pour le faire tourner.

À rayons et masses identique il est plus difficile de faire tourner une roue creuse qu'une roue pleine car la distribution des masses est plus éloignée du centre d'inertie.

E. Application

•<u>Rotation libre :</u>

Soit un objet où $\vec{\Gamma}_{tot} = 0$ alors $\frac{d\vec{J}}{dt} = 0$ donc J est constant.



Avant Après

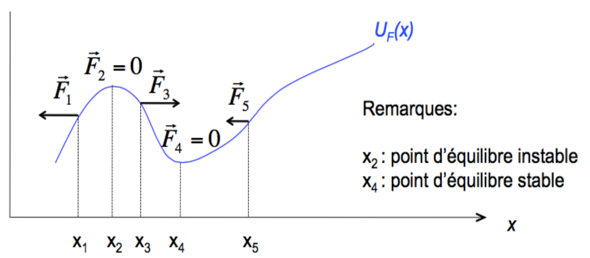
•<u>La physique du patinage artistique.</u>
Un patineur tourne sur lui-même avec une de ses jambes et ses bras perpendiculaires à son corps :
ω =8 $rad.s^{-1}$ et I=3,6 $Kg.m^2$.
Il ramène sa jambe à la verticale et lève ses bras en l'air.
- ➔ Son rayon diminue
- ➔ I diminue : I= 1,6 $Kg.m^2$
- ➔ ω augmente : **ω**= 18 $rad.s^{-1}$.

E. Mouvement de précession

Lorsqu'une toupie s'incline par rapport à la verticale elle subit un moment de force tel que : $\vec{\Gamma}_{tot} = \vec{\Omega} \wedge \vec{J}$
Avec la vitesse de précession :

$$\vec{\Omega} = -\frac{m\vec{g}}{I\omega} l$$

III-Formalisme du potentiel

Le travail d'une force W	•C'est l'énergie fournie pour déplacer un objet d'un point A à un point B •Il s'écrit sous la forme d'une intégrale •Il s'exprime en Joules (1J=1N.m) •Une force est **conservative** si W ne dépend que des points de départ et d'arrivée.	$W_{AB} = \int_{x_A}^{x_B} F_x(x)dx$ •Si W > 0 le travail est moteur Si W < 0 le travail est résistant	Force de pesanteur : $W_{AB} = \int_{x_A}^{x_B} (-mg)dx$ $= mg(x_A - x_B)$ Force de rappel d'un ressort : $W_{AB} = \int_{x_A}^{x_B} (-kx)dx$ $= \frac{k}{2}(x_A^2 - x_B^2)$ Force de Coulomb : $W_{AB} = \int_{x_A}^{x_B} k\frac{Qq}{x^2}dx$ $= kQq(\frac{1}{x_A} - \frac{1}{x_B})$
L'énergie potentielle U	•Elle dépend de la position de l'objet dans l'espace •Si $\vec{F}$ est conservative alors U est défini à une constante près	$U_p(x) = W_x + contante$ •Pour deux points A et B séparés : $U_p(B) - U_p(A) = W_{BA}$	Force de rappel d'un ressort : $U_R(x) = \frac{kx^2}{2} + constante$ •$\vec{F}$ est l'opposé de la dérivée de U : $F_x = -\frac{dU_x}{dx}$ •Donc quand la dérivée s'annule on a un point d'équilibre : -**stable** -> U_p minimale (en x_4) -**instable** -> U_p maximale $en\ x_2$) 

Potentiel électrique V	•La tension électrique (différence de potentiel électrique entre A et B) correspond au travail de la force électrique sur une charge unité (q=1)	$V(B) - V(A) = W_{BA}$	•<u>Potentiel électrique membranaire :</u> Les cellules ont naturellement une différence de potentiel transmembranaire de repos telle que V=-70mV Attention, hormis au niveau de la membrane, l'électro-neutralité est respectée.
Energie cinétique E_c		$E_c = \frac{1}{2}mv^2$ Théorème de l'énergie cinétique : $E_c(B) - E_c(A) = W_{AB}^{(ext)}$ Il permet de caractériser des forces non conservatives.	•Soit un bloc de masse m glissant sur un support à une vitesse v en A et sur une distance d. Il s'immobilise en B. Alors : $E_c(B) - E_c(A) = 0 - \frac{mv^2}{2}$ $W_{AB} = -\frac{mv^2}{2}$
Energie mécanique $E^{méca}$	•Si les forces extérieures sont **conservatives,** $E^{méca}$ Est conservée dans le temps	$E^{méca} = \frac{1}{2}mv^2 + U(x)$	<u>Masse liée à un ressort :</u> $E^{méca} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$

IV-Etude du dipôle électrique

$\vec{p}$ *est en* $C.m$

Dipôle : Distribution de charges constituées de deux charges q+ et q- séparées d'une distance d. On associe à ce dipôle un moment dipolaire : $\vec{p} = 2aq\vec{u}$ avec q>0

Moment dipolaire permanent : Ce sont les plus intenses. On définit alors la notion de moment dipolaire dans la matière telle que : $\vec{p} = Q_+\overrightarrow{AB}$.
Les molécules sont dites polaires et sous l'effet d'un champ électrique leur polarisabilité augmente.

Moment dipolaire induit : Dans le cas de molécules non polaire (barycentre des charges positives coïncide avec celui des charges négatives) on peut induire un moment dipolaire en les soumettant à un champ électrique. Alors : $\vec{p} = \alpha\vec{E}$

Barycentre : Centre d'inertie.

Condensateur : Deux électrodes conductrices séparées par un matériau isolant mais polarisable. Fonction principale : stocker de l'énergie.

V-Conduction électrique

A. Définition

Les isolants : matériaux n'ayant pas de charge libre mais qui sont polarisables.
Les conducteurs : matériaux possédant des charges libres. Ils peuvent donc laisser passer un courant.

B. Loi d'Ohm

La loi d'Ohm décrit le phénomène de déplacement de charges sous l'effet d'une différence de potentiel dans un matériau conducteur. Pour maintenir un courant constant dans un élément conducteur il faut constamment apporter de l'énergie aux charges.

- $I = \frac{U}{R}$ ⇔ $U = RI$

R : la résistance en ohm (***Ω***).
I : l'intensité en ampère (**A**).
U : la tension en volt (**V**).

Pour un fil conducteur la résistance s'exprime :

- $R = \frac{L}{S}\rho$

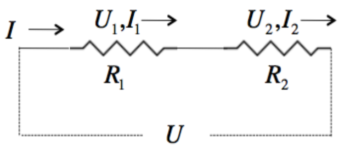
ρ : la résistivité, propre au matériau conducteur
L : la longueur
S : la section

Petit + : pour un fil $S = \pi r^2$

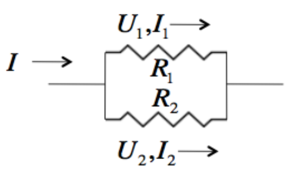
La résistance est une caractéristique du matériau, elle s'oppose au passage des charges et dissipe l'énergie sous forme de chaleur. Alors, la puissance électrique consommée est telle que :

- $P = UI = RI^2$

On distingue deux types de résistances :



En série : $R_{tot} = R_1 + R_2$



En parallèle : $\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

VI- Oscillateurs

A. Oscillateur harmonique

Un oscillateur harmonique est un système dynamique dont l'équation du mouvement s'exprime : $\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega_0^2 x$

Ses variables effectuent des oscillations périodiques sinusoïdales dans le temps, de période :

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0}$$

ω_0 : la pulsation propre, intrinsèque au système

B. Oscillateur harmonique amorti

L'équation de son mouvement est telle que : $\frac{d^2x}{dt^2} = -\gamma\frac{dx}{dt} - \omega_0^2 x$
Dans ce cas, les oscillations sont amorties au cours du temps. On trouve alors :

- Le temps d'amortissement : $\tau = \frac{2}{\gamma}$
- La pseudo-période : $T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}$

Tel que : $w_1^2 = w_0^2 - \left(\frac{\gamma^2}{2}\right) > 0$

- Le facteur de qualité : $Q = \frac{\omega_0}{\gamma}$

Lorsque Q est grand l'amortissement est faible. L'oscillateur est alors un **résonateur**.

C. Oscillateur harmonique amorti et entretenu

On peut entretenir un oscillateur amorti avec un forçage périodique.
Si la force est constante on aura une amplitude stationnaire. Les amplitudes dépendent de la fréquence.
Il existe une fréquence optimale = la fréquence de résonnance.
Le phénomène de résonnance est max quand ω = pulsation du système. Si Q>>1 (on est en résonnance) l'amplitude est max dans un intervalle $\left[\omega_0 - \frac{\gamma}{2} ; \omega_0 + \frac{\gamma}{2}\right]$ qui correspond à la **bande passante** du résonateur.

Bande passante : correspond au domaine de fréquence/pulsation pour lesquelles il y a une résonnance

Exemple :
Résonnance dans un circuit RLC

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Petit + : $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$

C'est la fin de cette première fiche de physique ! Ces deux cours comportent beaucoup de formules qu'il faut connaitre le plus vite possible (no panic, si vous commencez maintenant et si vous les revoyez assez souvent ça ira).
N'oubliez pas de faire des QCMs, c'est vraiment MEGA SUPER important.
Vous allez voir la physique c'est super !
Bonne chance à tous, l'UE3a est avec vous !

Difficulté +++
Rentabilité +++
Nbr de QCMs ≅ 2