La puce d'aujourd'hui à demain

FORMULAIRE

1. Force de gravitation

Soient deux corps ponctuels de masse M_A et M_B. Ils s'attirent mutuellement. La force exercée sur le corps B par le corps A est telle que :

$$\vec{F}_{A\to B} = -G\frac{M_A M_B}{AB^2}\vec{u}_{AB}$$

où G est la constante de gravitation, qui vaut $6{,}67\cdot 10^{-11}$ N.m^2.kg^{-2}, et $\vec{u}_{AB}$ est un vecteur de longueur unité allant de A vers B. Le signe − dans l'expression de la force signifie donc bien que la force est *attractive*, allant dans le sens opposé au vecteur unitaire $\vec{u}_{AB}$

2. Force de Coulomb

Soient 2 particules ponctuelles A et B chargées, de charge respective q_1 et q_2, distantes de r. A exerce une force sur B telle que :

$$\boxed{\vec{F}_{A\to B} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}\vec{u}_{AB}}$$

$\vec{u}_{AB}$ est un vecteur de longueur unité allant de A vers B. Le signe est imposé par le produit $q_1 \times q_2$. La force est *attractive*, allant dans le sens opposé au vecteur unitaire $\vec{u}_{AB}$, si les charges sont de signe contraire. Sinon, la force est répulsive.

3. Champ électrique

Si l'on considère une particule chargée, de charge **Q**. Elle produit un champ électrique tel que celui-ci est orienté de la particule source vers le point considéré et a pour norme :

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon}\frac{Q}{r^2}$$

où Q est la charge électrique, ϵ la permittivité du milieu et r la distance entre la source et le point considéré.

Un champ électrique peut aussi se voir comme dérivant d'un potentiel (un champ se crée s'il y a un gradient de potentiel). L'opérateur gradient se note :

$$\overrightarrow{\mathrm{grad}} \quad \text{ou} \quad \vec{\nabla} \quad \text{(cela signifie la même chose)}$$

La formule la plus simple à retenir est :

$$\boxed{\vec{E} = -\vec{\nabla} V} = -\frac{\partial V}{\partial x}\vec{i} - \frac{\partial V}{\partial y}\vec{j} - \frac{\partial V}{\partial z}\vec{k}$$

4. Energie potentielle dans un champ électrique

L'énergie potentielle d'une particule de charge q, au potentiel V, est :

$$\boxed{E_p = qV}$$

5. Champ magnétique

On ne verra pas ensemble l'origine du champ magnétique. Il se note **B**, en vecteur. Il est crée par le mouvement des charges électriques, ou par aimantation.

6. Force de Lorentz

Soit une particule animée d'une vitesse v, plongée dans un champ électrique E et un champ magnétique B. Il s'exerce sur cette particule une force telle que :

$$\vec{F} \; = \; q\,\vec{E} \; + \; q\,\vec{v} \wedge \vec{B}$$

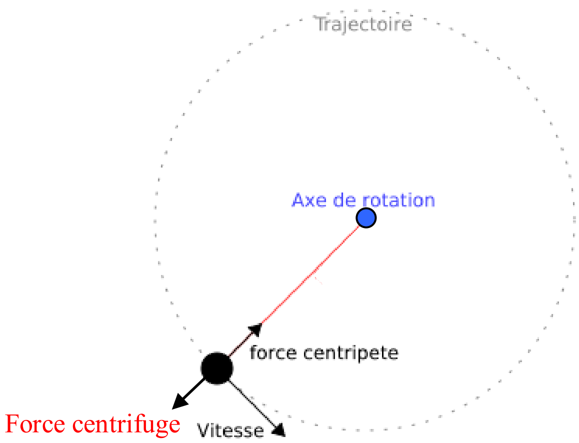
Cette force, appelée force de Lorentz, est la somme de la force de Coulomb et de la force de Laplace, ci-dessous :

$$\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$$

7. Accélération radiale

Pour une masse m se déplaçant à la vitesse v sur une trajectoire courbe de rayon r, s'applique une force centrifuge (dirigée vers l'extérieur de la courbe) telle que :

$$F_{radiale} = m \frac{v^2}{r}$$



8. Modèle de Bohr

Soit n le nombre quantique principal. L'énergie d'un électron en orbite autour d'un proton est telle que :

$$\boxed{E_n = -\frac{1}{n^2} \times 13{,}6 \quad (\text{eV})}$$

9. Cristallographie. Loi simplifiée de Bragg

$$2d \sin \theta = n\,\lambda$$

10. Concentration de porteurs de charge

Soient E_F, E_C, k et T l'énergie de Fermi, l'énergie minimale de la bande de conduction, k la constante de Boltzmann et T la température.

Soit n la concentration en porteur de charge négatif (i.e. les électrons) ou p la concentration en porteur de charge positif (i.e. les trous) :

$$\boxed{n = N_c \exp\left(\frac{E_F - E_c}{kT}\right) \quad \text{et} \quad p = N_v \exp\left(-\frac{E_F - E_v}{kT}\right)}$$

Le produit de n par p est constant : $\boxed{n \times p = n_i^2}$

La concentration intrinsèque n_i en porteurs de charge varie avec la température selon :

$$\boxed{n_i = AT^{3/2} \times \exp\left[\frac{-E_g}{2kT}\right]}$$

11. Conductivité d'un semiconducteur

Variation de la conductivité du semicon. avec la température :

$$\boxed{\sigma = \sigma_0 \times \exp\left[\frac{-E_g}{2kT}\right]}$$

12. Diffusion

Soit une espèce i en concentration C_i dans un milieu m. La densité de courant de i dans m s'écrit :

$$\vec{j}_i = -D_i^m \cdot \overrightarrow{grad}(C_i)$$

Dans le cas de la diffusion de charges,

$$\boxed{\vec{J}_d = -q\, D\, \overrightarrow{\text{grad}}\, n}$$

Avec L_n une constante appelée "longueur de diffusion", la loi intégrée donnant directement la concentration (par exemple en porteur n) en un point distant de x de la concentration initiale n(0) est :

$$\boxed{n(x) = n(0)\ exp\ (-\frac{x}{L_n})}$$

Relation entre la mobilité et le coefficient de diffusion :

$$\boxed{D_p = \mu\ kT/e}$$

13. Conduction (dérive des charges)

La conductivité σ est fonction de la mobilité des charges et de leur concentration, selon la loi :

$$\boxed{\sigma = n\ e\ \mu_e + p\ e\ \mu_p}$$

La dérive d''une charge dans un champ électrique s'exprime tq :

$$\boxed{\vec{v}_e = -\mu_e \vec{E} \quad \text{et} \quad \vec{v}_p = \mu_p \vec{E}}$$

La densité de courant de conduction, pour chacun des porteurs de charges, est :

$$j_p = p\ e\ v_p \qquad \text{et} \qquad j_n = n\ e\ v_n$$

On a $j = j_p + j_n$

$$\boxed{\text{Soit } j = \sigma\ E \qquad \text{(loi d'ohm dite "microscopique")}}$$

14. Courant direct (diode et transistor)

$$\boxed{I_d = I_s\ [\exp(\frac{eV_{direct}}{kT})-1]}$$