

CC1 – devoir maison de mécanique quantique KPCAIQ11

Travail à rendre le mardi 13 sept 2022 (en séance de cours)

Effet photoélectrique

1. Pour extraire un électron d'une photocathode en potassium il faut une énergie de 2 eV.
 - a. Quelle est la longueur d'onde maximale des photons permettant d'obtenir l'effet photoélectrique ?
 - b. Quelle est l'énergie cinétique des électrons extraits par un éclairage à $\lambda = 546,1 \text{ nm}$ (raie jaune du mercure). En déduire leur vitesse.
2. Pour extraire un électron de son puits de potentiel et le faire participer à la conduction il faut une énergie de 0.8 eV pour un semi-conducteur. Si le rendement quantique de l'effet photoélectrique sur ce matériau est de 70 % et qu'on l'éclaire avec une raie du mercure à $\lambda = 253,6 \text{ nm}$ et un flux / puissance de 40 mW, quelle est l'intensité du photocourant ?

Ordres de grandeur sur ondes / atomes

1. On se propose d'explorer des distances de l'ordre de la taille d'un atome, soit $\sim 1 \text{ \AA}$ (0.1 nm), avec des photons, des neutrons ou des électrons. Quel sera en eV l'ordre de grandeur de l'énergie de ces particules ?
2. Lorsque la longueur d'onde λ d'une onde sonore est grande par rapport au pas du réseau cristallin où se propage la vibration, la pulsation ω de cette onde sonore varie linéairement en fonction du vecteur d'onde $k = 2\pi / \lambda$ selon $\omega = c_s k$, avec c_s est la célérité du son. Dans le cas de l'acier, $c_s \approx 5 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$. Quelle est l'énergie $\hbar\omega$ d'une onde sonore pour $k = 1 \text{ nm}^{-1}$? La particule analogue du photon pour les ondes sonores est appelée phonon (quasiparticule), et $\hbar\omega$ est l'énergie d'un phonon. Sachant qu'un phonon peut être créé par collision inélastique sur le cristal, utiliserez-vous des neutrons ou des photons pour étudier les phonons ?
3. Dans une expérience d'interférences avec des fullerènes C_{60} , qui sont aujourd'hui les plus gros objets avec lesquels on a vérifié le comportement ondulatoire de la matière, la vitesse moyenne des molécules est de 220 m.s^{-1} . Quelle est leur longueur d'onde de *de Broglie* ? Comment se compare-t-elle aux dimensions de la molécule ?

Diffraction de Bragg

Dans un cristal, les atomes sont rangés régulièrement suivant les trois directions de l'espace, aux sommets d'un réseau parallélépipédique. Tous les atomes sont placés dans familles de plans parallèles dits *plans réticulaires* équidistants de d .

Montrer que lorsque l'on envoie un faisceau de rayons X parallèles entre eux sur un cristal (conditions dites *de Fraunhofer*), ce faisceau est réfléchi sur les plans réticulaires pour laquelle la relation de Bragg est vérifiée : $2d \sin \theta = n\lambda$, avec $\pi/2 - \theta$ l'angle de réflexion et n un entier (ordre de diffraction).

AN : des rayons X, de $\lambda = 0,709 \text{ \AA}$ arrivent sur un cristal de NaCl , de densité 2165 kg.m^{-3} . La réflexion du 1^{er} ordre se fait à $\theta = 7,27^\circ$. Calculer le nombre d'Avogadro à partir de ces données expérimentales.