PHYSIQUE MODERNE

1. Dualité onde – corpuscule et relativité.

Les détails qu'on peut voir avec un microscope habituel (sa résolution) ne peuvent pas être plus petits que la longueur d'onde de la lumière visible qu'on utilise. Comme λ se situe entre 350 nm et 750 nm, la résolution ne peut pas être meilleure qu'environ 1000 nm = 1 μm. En effet, il faut que les photons soient diffractés par l'objet (voir **dualité onde - corpuscule** p. 26) pour que celui-ci devienne visible.

a) Dans le microscope à électrons on accélère les électrons par une différence de potentiel élevée : 100 000 V. Calcule la longueur d'onde associée à un tel électron (longueur d'onde de de Broglie) ce qui est la limite de résolution du microscope.

b) Un accélérateur de particules peut être considéré comme microscope qui permet de voir le noyau atomique, dont la taille est de l'ordre de grandeur de 10^{-15} m. Calcule la quantité de mouvement, l'énergie totale ainsi que la vitesse d'un électron dont la longueur d'onde associée vaut 10^{-15} m.

Rép. a) 0.0037 nm b) p=1,24 10^9 eV/c; E=1,24 GeV; v=0,9999999 c

2. Effet photoélectrique.

Un laser ArF émet des photons dont la longueur d'onde vaut 193 nm. Le laser considéré a une puissance de 5 mW et éclaire une plaque de Zn pendant 2 s. Le travail de sortie du Zn vaut 3,3 eV.

a) Calcule l'énergie d'un photon et explique que cette énergie est suffisante pour extraire un électron du Zn. Calcule la quantité de mouvement de l'électron ainsi que sa vitesse de sortie.

b) Combien de photons sont émis par le laser pendant les 2 s ? Si chaque photon extrait un électron du métal, calcule le courant électrique.

Rép. a) E_γ = 6,43 eV>3,3 eV p=1788 eV/c v=1,05 10^6 m/s
b) N=9,7 10^{15} I=0,78 mA

3. Atome de Bohr.

Un atome H se trouve dans l'état fondamental.

a) Son électron peut-il absorber un photon dont l'énergie vaut la moitié de l'énergie de liaison ? trois quart de l'énergie de liaison ?

b) L'électron absorbe un photon dont l'énergie vaut le double de l'énergie de liaison. Avec quelle énergie cinétique et quelle vitesse va-t-il quitter l'atome ?

Rép. a) différence d'énergie entre l'état fondamental et le premier état excité : ¾ E_0 b) E_{cin}=13,6 eV v=2,2 10^6 m/s

4. Relativité

Ben et Bill voyagent en train ultrarapide. A l'extérieur ils voient passer des bornes kilométriques. Ben mesure un temps de 2500 ns entre deux bornes consécutives.

a) Pourquoi Ben ne peut-il pas utiliser sa mesure du temps pour déterminer la vitesse du train ?

b) Pour déterminer la vitesse des bornes respectivement du train correctement, Ben se met à l'avant et Bill à l'arrière du train. Ils sont séparés de 120 m. A l'aide de chronomètres synchronisés ils mesurent un temps de 500 ns qu'une borne met pour passer de Ben à Bill. Calculer la vitesse des bornes respectivement du train. La première mesure du temps de Ben n'est pas inutilisable. A quoi peut-elle servir maintenant ?

c) Près de la borne 24 on a installé un chronomètre. Au passage de Ben il indique 0 s. Quel temps va-t-il indiquer lorsque Bill (toujours 120 m en arrière de Ben) se trouve en face de la borne 24 ?

Réponses :

a) Le temps de 2500 ns a été mesuré dans le référentiel du train tandis que la distance entre deux bornes (1 km) se rapporte au référentiel lié aux rails. Il ne faut pas mélanger les référentiels !

b) $v = 120\ m / 500\ 10^{-9}\ s = 2{,}4\ 10^{8}\ m/s = 0{,}8\ c$

La mesure de 2500 ns (référentiel du train) et la mesure de la vitesse permettent de calculer la distance de deux bornes consécutives dans le référentiel du train (longueur impropre) : $x' = 2{,}4\ 10^{8}\ m/s\ \ 2500\ 10^{-9}\ s = 600\ m.$

c) Le chronomètre indique son temps propre t'. Le temps de 500 ns a été déterminé par deux chronomètres en deux endroits différents, donc c'est un temps impropre. Avec v/c = 0,8 on obtient t' = 500 ns 0,6 = 300 ns.