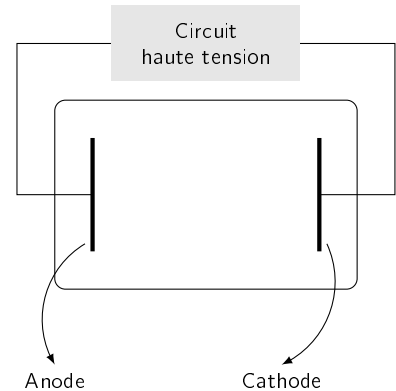


Charges, champ et potentiel

203-NYB-05 Électricité et magnétisme

Fonctionnement d'un tube à rayons X

Dans un tube à rayons X, un circuit à haute tension maintient une charge négative sur une plaque appelée la cathode et une charge positive sur l'anode. Pour y arriver, le circuit haute tension transfère des électrons de l'anode à la cathode. Pour une radiographie typique, on utilise un champ électrique de 500 kN/C entre la cathode et l'anode. En supposant que la cathode et l'anode sont des grandes plaques uniformément chargées, illustrez, sur la figure ci-contre, le champ électrique entre les deux plaques. Déterminez la densité surfacique de charge sur chacune des deux plaques.



À proximité de la cathode se trouve un filament de tungstène (semblable à ce qu'on peut retrouver dans une ampoule à incandescence). En faisant circuler un courant élevé dans ce filament, on le fait chauffer. La chaleur permet à certains électrons d'être arrachés au filament lors d'un processus appelé **thermoionisation**. On appelle les électrons ainsi arrachés des **thermoélectrons**. Les thermoélectrons sont accélérés vers l'anode grâce au champ électrique. Dans une radiographie typique, le transfert des thermoélectrons de la cathode à l'anode correspond à une charge de $-40,0 \text{ mC}$. Combien de thermoélectrons sont arrachés à la cathode ?

Un thermoélectron, lorsqu'il est arraché au filament, a une vitesse presque nulle. Quelle est alors son énergie cinétique ?

À partir du champ que vous avez déterminé plus haut, calculez la force qui agit sur un thermoélectron lorsqu'il est entre la cathode et l'anode. Utilisez cette force pour déduire l'accélération du thermoélectron.

La masse de l'électron est $m_e = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$.

Dans un tube à rayons X, la distance entre la cathode et l'anode est de 10,0 cm. Quelle est la vitesse d'un thermoélectron lorsqu'il est rendu à l'anode ?

Quelle est l'énergie cinétique du thermoélectron lorsqu'il est rendu à l'anode ?

Lorsque l'électron entre en collision avec l'anode, cette énergie cinétique peut être convertie, en tout ou en partie, en un rayon X.

La force électrique est une force conservative, c'est-à-dire qu'on peut lui associer une énergie potentielle. On peut fixer la valeur d'énergie potentielle à l'anode à zéro. En utilisant le principe de conservation de l'énergie, déduisez l'énergie potentielle électrique d'un thermoélectron lorsqu'il est à la cathode.

Le potentiel électrique est défini comme l'énergie potentielle par unité de charge. Quel est le potentiel électrique à la cathode ?

Bonus

Lorsqu'un électron entre en collision avec l'anode, il peut perdre toute son énergie cinétique et cette énergie est convertie en un rayon X. Vous verrez, dans votre troisième cours de physique, que l'énergie d'une « particule » de lumière (un **photon**), et donnée par

$$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$E_{\text{photon}} = hf$$

où h est la constante de Planck et f est la fréquence du photon. Si toute l'énergie cinétique d'un thermoélectron est convertie en énergie d'un photon, quelle est la fréquence de ce photon ? Est-ce que ça correspond bien à la fréquence d'un rayon X ?

En supposant qu'environ 0,1 % de l'énergie cinétique de tous les thermoélectrons est transférée à l'anode pour produire des rayons X. Quelle est l'énergie totale dans le faisceau de rayons X ?

On peut calculer la **dose de radiation équivalente** absorbée par le patient. La dose équivalente pour les rayons X est définie par l'énergie de radiation absorbée par unité de masse de la personne qui reçoit la radiation

$$H = \frac{E}{m}$$

où E représente l'énergie de la radiation reçue. Quelle serait votre dose équivalente si 1 % de l'énergie des rayons X était absorbée dans votre corps lors de la radiographie ?

L'unité de dose équivalente est le sievert : $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$.

Sachant que la dose quotidienne de radiation que vous recevez normalement en provenance de l'environnement et d'environ $10 \mu\text{Sv}$, devriez-vous être inquiet des effets néfastes sur votre santé d'une radiographie ?