

Évolution des conceptions de l'Univers (Phys137)

TD 5

Exercice 1 : kg et MeV/c²

1. Quelle est la dimension d'une énergie divisée par une vitesse au carré ?
2. Si la dimension du Volt est $[V]=[ML^2T^{-2}C^{-1}]$ où C correspond à la dimension d'une charge électrique, quelle est la dimension de electron-Volt (eV) ?
3. Convertir 1eV en J.
4. Que vaut la masse d'un proton en Mev/c² ?

Exercice 2 : protons, neutrons et noyaux

Pour traiter des masses des particules élémentaires, on utilise aussi l'*unité de masse atomique unifiée*, notée u, qui vaut $1,660 \cdot 10^{-27}$ kg.

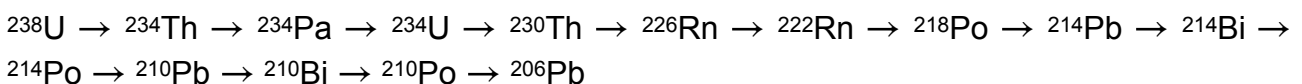
1. A partir de la table de Mendeleïev du site www.elementschimiques.fr, choisir un isotope (plutôt stable) de quelques éléments de plus en plus lourds et calculer leur rapport du nombre de protons sur le nombre de neutrons.
2. Toujours à partir du même site, trouver les valeurs de masse nécessaires pour répondre à la question suivante. (cliquer sur "Eléments chimiques", cliquer sur un élément de la table, puis voir les "Principaux isotopes" en bas de page)

Calculer la différence Δm entre la masse d'un noyau et celle de la somme des protons et neutrons qui le composent pour 4 éléments : ⁴He, ²³Na, ⁵⁶Fe, ¹⁹⁷Au, puis calculer l'énergie de liaison par nucléons ΔE (différence de masse divisée par le nombre de nucléons). NB : faire de préférence le calcul en unité de masse atomique unifiée (u définie comme 1/12^{ème} de la masse du Carbone 12, $m_u=1,660 \cdot 10^{-27}$ kg). Les masses sont données sur www.elementschimiques.fr pour chaque isotope (chercher les isotopes, choisir le plus abondant, puis prendre la valeur en haut à gauche de l'icône).

3. Comparer les ΔE de chaque noyau. Que peut-on en conclure?

Exercice 3 :

L'uranium 238, après plusieurs transmutations, se transforme en plomb selon la chaîne suivante :



1. En vous aidant par exemple du site www.elementschimiques.fr, retrouver le nom des différents isotopes et leur nombre de protons, ainsi que leur demi-vie.

2. En déduire quelle radioactivité est à l'œuvre pour chacune des transmutations et estimer la durée totale de cette chaîne de transmutations une fois l'uranium 238 transmuté.

Exercice 4 : Radioactivité

On considère la réaction (en 2 parties) ${}^n_m X \rightarrow {}^j_k Y \rightarrow {}^p_p Z$. L'élément X a une demi-vie $T_{1/2}$ de 6 ans et il faut 24 ans pour désintégrer 45% de l'élément Y .

1. Trouver sans calcul compliqué le temps nécessaire pour que 75% de l'élément X se désintègre.
2. Si la loi de décroissance s'exprime comme $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$, retrouver la relation entre λ et $T_{1/2}$.
3. Quelle est la demi-vie de la réaction de désintégration de Y en Z ?

Exercice 5 : Demi-vie et relativité

Les rayons cosmiques sont des particules très énergétiques arrivant de l'espace qui percutent les molécules de l'atmosphère et crée d'autres particules, comme le muon, une sorte d'électron lourd, qui se déplacent alors à des vitesses relativistes. Les muons sont instables, leur demi-vie $T_{1/2}$ vaut 1,53 μ s. Lors de la descente dans l'atmosphère, le nombre de muons diminue à cause de leur désintégration.

Une expérience est menée avec 2 détecteurs de muons, l'un placé au sommet d'une montagne à $h = 1907$ m, l'autre au niveau de la mer ($h = 0$ m). Les muons ont une vitesse $v = 0,992c$. Le détecteur au sommet compte environ 563 muons par heure, et celui au niveau de la mer en compte environ 408 par heure.

1. Calculer la durée Δt de la descente des muons du sommet au niveau de la mer.
2. Calculer la valeur de λ correspondant à $T_{1/2}$ et en déduire le rapport N_{mer}/N_h du nombre de muons par heure que l'on pourrait attendre au niveau de la mer sur le nombre observé au sommet.
3. $T_{1/2}$ est mesuré dans le référentiel du muon, alors que Δt est mesuré dans le référentiel de la Terre, supposé immobile. Quelle est la valeur $\Delta t'$ de Δt dans le référentiel du muon ? (voir cours sur la relativité restreinte)
4. En déduire le nombre N'_{mer} de muons par heure attendus au niveau de la mer.

Données utiles :

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s} ; c = 299\,792\,458 \text{ m/s} ; q_e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} ; m_p = 1,67262 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,0073 \text{ u} ; m_n = 1,67493 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,0086 \text{ u}$$