

3 L'atome d'hydrogène

Script à compléter

Fichiers Python

Script à compléter
Fiche d'accompagnement
hatier-clic.fr/pc1384

L'objectif de cette activité est de mettre en correspondance les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène et les énergies des photons susceptibles :

- d'être absorbés lors d'une excitation ;
- d'être émis lors d'une désexcitation de l'atome.

Lorsque l'atome passe du niveau E_n au niveau E_p , la différence $\Delta E = E_n - E_p$:

- est négative si $E_n < E_p$ et égale à l'opposé de l'énergie du photon absorbé dans la transition $E_n \rightarrow E_p$;
- est nulle si $E_n = E_p$;
- est positive si $E_n > E_p$ et égale à l'énergie du photon émis dans la transition $E_n \rightarrow E_p$.

Pour un atome (ou un ion) où l'on considère, par exemple, les 7 niveaux d'énergie les plus basses (en commençant par celui de l'état fondamental), il est fastidieux de calculer les 49 différences possibles, c'est pourquoi on utilise un programme Python.

Prérequis théoriques

- Modèle particulaire de la lumière
- Interaction lumière-matière

Le programme Python fourni permet de calculer les énergies de transition dans le cas de l'atome d'hydrogène.

La question c nécessite des modifications du programme pour calculer les énergies de transition dans le cas de l'ion hélium.

Script à modifier dans la question c (Programme « 17_niveaux_energie.py »)

```

1 from numpy import *
2 print("Calcul du tableau des transitions
   énergétiques de l atome d hydrogène")
3 niveau=array([0,0,0,0,0,0,0])
4 matdeltae=array([[0,0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0,0],[0,0,
   0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0,
   0,0],[0,0,0,0,0,0,0]])
5 #saisie des niveaux d'énergie en milliélectron-volt
6 for n in range(1,8):
7     niveau[n-1]=-13603/(n**2)
8 print("Niveaux d énergie en milliélectron-volt")
9 print(niveau)
10 #calcul des Delta E
11 for n in range(7):
12     for p in range(7):
13         matdeltae[n,p]=niveau[n]-niveau[p]
14 #affichage du tableau des Delta E en milliélectron-volt
15 print("Tableau des transitions énergétiques Delta E en
   milliélectron-volt")
16 print(matdeltae)

```

Module

Le module numpy est nécessaire pour la création des matrices

Définitions (ne pas modifier)

Définition de la liste niveau et de la matrice matdeltae.

Calcul à modifier (question c)

Calcul du niveau d'énergie E_i . Les valeurs sont à modifier en ligne 7 à la question c.

Calcul (ne pas modifier)

Calcul des différences de niveaux énergétiques.

- À la ligne 3, on définit la liste « niveau » : le i -ième terme de cette liste sera le niveau d'énergie E_i .

- À la ligne 4, on définit la matrice des différences exprimées en milliélectrons-volts : la i -ième ligne sera constituée de la liste des différences $E_i - E_j$.

- Aux lignes 6 et 7, on calcule le niveau d'énergie E_i . Notons une difficulté particulière due à la numérotation des termes d'une liste par Python : alors qu'on a l'habitude de numérotter les éléments d'une liste de 6 termes de 1 à 6 (en France), Python les numérote de 0 à 5 (système anglo-saxon). C'est pourquoi on doit adapter la formule donnée dans le document 2 : $E_n = -\frac{E_1}{n^2}$ pour prendre en compte le décalage d'une unité en écrivant `niveau[n-1]`.

Ainsi, on obtient la liste « niveau » des niveaux d'énergie (E_1, \dots, E_7).

- Aux lignes 11 à 13, on calcule les différences énergétiques.

Ainsi, on obtient le tableau `matricedeltae` des différences d'énergie ($E_n - E_p$) :

- Sur la diagonale, $n = p$ et on obtient des différences nulles.

- Sous la diagonale, $n > p$ et les différences sont positives, égales aux énergies des photons émis lors de la désexcitation.

- Au-dessus de la diagonale, $n < p$ et les différences sont négatives, égales à l'opposé des énergies des photons absorbés lors de l'excitation.

- La deuxième colonne est formée des différences énergétiques $E_n - E_2$: c'est la **série de Balmer**, qui correspond aux seules transitions énergétiques dans le domaine visible.