BURHAN

Atome et mécanique de Newton : exercices, application

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Version en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/atome-et-mecanique-de-newton/exercices/application

Chapitre	Palier	Exercices
Atome et mécanique de Newton	Application	8

Exercice 1

Deux ions voisins dans un cristal

Dans un cristal de chlorure de potassium, un ion potassium K^{+}, de charge $+e$, et un ion chlorure Cl^{-}, de charge $-e$, sont voisins. La distance entre leurs centres vaut $d = 3{,}15 \times 10^{-10}\,\mathrm{m}$.

Données : $e = 1{,}60 \times 10^{-19}\,\mathrm{C}$; $k = 9{,}00 \times 10^{9}\,\mathrm{N \cdot m^{2} \cdot C^{-2}}$.

1.

Calculer la valeur F_e des forces électrostatiques qu'exercent l'un sur l'autre les deux ions.

INDICE

Outil : la loi de Coulomb, avec la valeur absolue du produit des deux charges.

CORRIGÉ

Expression. Le produit des charges vaut $(+e)(-e) = -e^{2}$, donc $F_e = k\,\dfrac{e^{2}}{d^{2}}$.

Application numérique. $e^{2} = 2{,}56 \times 10^{-38}\,\mathrm{C^{2}}$ et $d^{2} \approx 9{,}92 \times 10^{-20}\,\mathrm{m^{2}}$:

$$F_e = 9{,}00 \times 10^{9} \times \frac{2{,}56 \times 10^{-38}}{9{,}92 \times 10^{-20}}$$

$$F_e \approx 2{,}32 \times 10^{-9}\,\mathrm{N}$$

Conclusion. Les deux ions exercent l'un sur l'autre des forces de valeur $F_e \approx 2{,}32 \times 10^{-9}\,\mathrm{N}$.

2.

Ces forces sont-elles attractives ou répulsives ? Préciser leur direction.

INDICE

Outil : compare les signes des deux charges.

CORRIGÉ

Signes. L'ion potassium porte une charge positive, l'ion chlorure une charge négative : les charges sont de signes contraires.

Conclusion. Les forces sont attractives : chacune est portée par la droite qui joint les centres des deux ions et dirigée vers l'autre ion.

Exercice 2

Ionisation de l'hélium en joules et photon en électronvolts

L'énergie d'ionisation de l'atome d'hélium vaut $E_{\text{ion}} = 24{,}6\,\text{eV}$. Une lampe émet par ailleurs des photons d'énergie $E = 4{,}00 \times 10^{-19}\,\text{J}$.

Donnée : $1\,\text{eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}\,\text{J}$.

1.

Exprimer l'énergie d'ionisation de l'hélium en joules.

INDICE

Outil : un électronvolt vaut $1{,}60 \times 10^{-19}$ joule.

CORRIGÉ

Conversion.

$$\begin{aligned} E_{\text{ion}} &= 24{,}6 \\ &\quad \times 1{,}60 \times 10^{-19}\,\text{J} \\ E_{\text{ion}} &\approx 3{,}94 \times 10^{-18}\,\text{J} \end{aligned}$$

Conclusion. L'énergie d'ionisation de l'hélium vaut environ $3{,}94 \times 10^{-18}\,\text{J}$.

2.

Exprimer l'énergie d'un photon de la lampe en électronvolts.

INDICE

Outil : pour passer des joules aux électronvolts, on divise.

CORRIGÉ

Conversion.

$$\begin{aligned} E &= \frac{4{,}00 \times 10^{-19}}{1{,}60 \times 10^{-19}}\,\text{eV} \\ E &= 2{,}50\,\text{eV} \end{aligned}$$

Conclusion. Un photon de la lampe transporte $2{,}50\,\text{eV}$.

3.

Un seul de ces photons peut-il ioniser un atome d'hélium pris dans son état fondamental ?

INDICE

Outil : compare les deux énergies dans la même unité.

CORRIGÉ

Comparaison. $2{,}50\,\text{eV} < 24{,}6\,\text{eV}$: l'énergie du photon est environ dix fois trop faible.

Conclusion. Un photon de la lampe ne peut pas ioniser un atome d'hélium dans l'état fondamental.

Exercice 3

Niveau 5 de l'atome d'hydrogène et son ionisation

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par $E_n = -\dfrac{E_0}{n^2}$, avec $E_0 = 13{,}6\,\text{eV}$ et n entier naturel non nul. Un atome d'hydrogène se trouve dans l'état excité $n = 5$.

1.

Calculer l'énergie E_5 de ce niveau.

INDICE

Outil : remplace n par 5 dans l'expression des niveaux.

CORRIGÉ

Calcul.

$$E_5 = -\frac{13{,}6}{5^2}\,\text{eV}$$
$$E_5 = -0{,}544\,\text{eV}$$

Conclusion. Le niveau $n = 5$ a pour énergie $E_5 = -0{,}544\,\text{eV}$.

2.

Quelle énergie minimale faut-il fournir à cet atome pour l'ioniser ? Combien de fois est-elle plus petite que l'énergie d'ionisation depuis l'état fondamental ?

INDICE

Outil : l'atome ionisé a l'énergie $E_\infty = 0$.

CORRIGÉ

Énergie à fournir. $E_\infty - E_5 = 0 - (-0{,}544) = 0{,}544\,\text{eV}$.

Comparaison. Depuis l'état fondamental, il faut $13{,}6\,\text{eV}$, et $\dfrac{13{,}6}{0{,}544} = 25$.

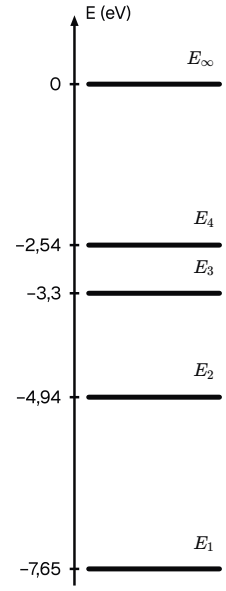
Conclusion. Il faut fournir au moins $0{,}544\,\text{eV}$: c'est 25 fois moins que depuis l'état fondamental.

Exercice 4

Diagramme des niveaux du magnésium

Le diagramme donne quatre niveaux d'énergie de l'atome de magnésium et le niveau de l'atome ionisé, pris comme référence $E_\infty = 0$. Le tableau en précise les valeurs.

Niveau	E_1	E_2	E_3	E_4
E (eV)	$-7{,}65$	$-4{,}94$	$-3{,}30$	$-2{,}54$



Quatre niveaux d'énergie de l'atome de magnésium et l'atome ionisé

1.

Quel niveau correspond à l'état fondamental ? Quels niveaux correspondent à des états excités ?

INDICE

Outil : l'état fondamental est celui de plus basse énergie.

CORRIGÉ

Lecture. Le niveau le plus bas est $E_1 = -7{,}65\,\text{eV}$; les niveaux E_2, E_3 et E_4 sont au-dessus.

Conclusion. E_1 est l'état fondamental ; E_2, E_3 et E_4 sont des états excités.

2.

Donner l'énergie d'ionisation de l'atome de magnésium.

INDICE

Outil : l'énergie d'ionisation se compte depuis l'état fondamental jusqu'à l'atome ionisé.

CORRIGÉ

Calcul. $E_{\text{ion}} = E_\infty - E_1 = 0 - (-7{,}65) = 7{,}65\,\text{eV}$.

Conclusion. L'énergie d'ionisation du magnésium vaut $7{,}65\,\text{eV}$.

3.

Un atome se trouve au niveau E_3. Quelle énergie lui a-t-il fallu recevoir depuis l'état fondamental ? Quelle énergie minimale l'ioniserait depuis ce niveau ?

INDICE

Outil : un écart entre deux niveaux se calcule en retranchant le plus bas du plus haut.

CORRIGÉ

Excitation. $E_3 - E_1 = -3{,}30 - (-7{,}65) = 4{,}35\,\text{eV}$.

Ionisation depuis E_3. $E_\infty - E_3 = 3{,}30\,\text{eV}$.

Conclusion. L'atome a reçu $4{,}35\,\text{eV}$; depuis E_3, $3{,}30\,\text{eV}$ suffisent pour l'ioniser.

Exercice 5

Énergie d'un photon de lumière bleue

Une diode électroluminescente bleue émet une lumière de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 450\,\mathrm{nm}$.

Données : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s}$; $c = 3{,}00 \times 10^{8}\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$; $1\,\mathrm{eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}\,\mathrm{J}$.

1.

Calculer l'énergie E d'un photon de cette lumière, en joules.

INDICE

Outil : l'énergie d'un photon vaut $h\,\nu$, et $\nu = \dfrac{c}{\lambda}$.

CORRIGÉ

Expression. $E = h\,\nu = \dfrac{h\,c}{\lambda}$, avec $\lambda = 4{,}50 \times 10^{-7}\,\mathrm{m}$.

Application numérique.

$$E = \frac{6{,}63 \times 10^{-34}}{4{,}50 \times 10^{-7}} \times 3{,}00 \times 10^{8}$$

$$E = 4{,}42 \times 10^{-19}\,\mathrm{J}$$

Conclusion. Un photon de cette lumière bleue transporte $4{,}42 \times 10^{-19}\,\mathrm{J}$.

2.

Exprimer cette énergie en électronvolts.

INDICE

Outil : divise par la valeur de l'électronvolt en joules.

CORRIGÉ

Conversion.

$$E = \frac{4{,}42 \times 10^{-19}}{1{,}60 \times 10^{-19}}\,\mathrm{eV}$$

$$E \approx 2{,}76\,\mathrm{eV}$$

Conclusion. Le photon transporte environ $2{,}76\,\mathrm{eV}$, l'ordre de grandeur d'une transition atomique.

Exercice 6

Fréquence et longueur d'onde d'une raie du zinc

Un atome de zinc passe du niveau d'énergie $E_p = -3{,}59\,\text{eV}$ à l'état fondamental, d'énergie $E_1 = -9{,}39\,\text{eV}$, en émettant un photon.

Données : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}\,\text{J}\cdot\text{s}$; $c = 3{,}00 \times 10^{8}\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $1\,\text{eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}\,\text{J}$.

1.

Calculer la fréquence ν de la radiation émise.

INDICE

Outil : $\Delta E = h\,\nu$, avec l'écart exprimé en joules.

CORRIGÉ

Écart. $\Delta E = E_p - E_1 = 5{,}80\,\text{eV}$, soit $\Delta E = 9{,}28 \times 10^{-19}\,\text{J}$.

Fréquence.

$$\nu = \frac{\Delta E}{h}$$
$$\nu = \frac{9{,}28 \times 10^{-19}}{6{,}63 \times 10^{-34}}$$
$$\nu \approx 1{,}40 \times 10^{15}\,\text{Hz}$$

Conclusion. La radiation émise a une fréquence d'environ $1{,}40 \times 10^{15}\,\text{Hz}$.

2.

Calculer sa longueur d'onde dans le vide. Cette radiation est-elle visible ?

INDICE

Outil : $\lambda = \dfrac{c}{\nu}$, puis compare aux bornes du visible, $400\,\text{nm}$ et $800\,\text{nm}$.

CORRIGÉ

Longueur d'onde. Avec la fréquence non arrondie :

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$
$$\lambda \approx 2{,}14 \times 10^{-7}\,\text{m}$$

soit $\lambda \approx 214\,\text{nm}$.

Domaine. $214\,\text{nm} < 400\,\text{nm}$.

Conclusion. La radiation, de longueur d'onde $214\,\text{nm}$ environ, est ultraviolette : elle n'est pas visible.

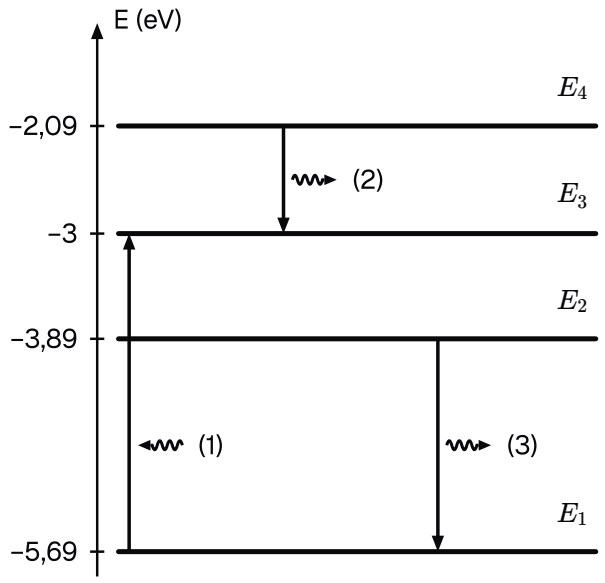
Exercice 7

Émissions et absorption sur le diagramme du strontium

Porté à haute température, le strontium émet une lumière rouge. Le diagramme représente quatre niveaux d'énergie de l'atome de strontium et trois transitions, numérotées de (1) à (3). Le tableau précise les énergies des niveaux.

Niveau	E_1	E_2	E_3	E_4
E (eV)	$-5{,}69$	$-3{,}89$	$-3{,}00$	$-2{,}09$

Données : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s}$; $c = 3{,}00 \times 10^{8}\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$; $1\,\mathrm{eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}\,\mathrm{J}$.



Quatre niveaux du strontium et trois transitions numérotées

1.

Pour chaque transition, dire s'il s'agit d'une émission ou d'une absorption.

INDICE

Outil : regarde le sens de chaque flèche.

CORRIGÉ

Sens des flèches. La flèche (1) monte de E_1 à E_3 ; les flèches (2) et (3) descendent, de E_4 à E_3 et de E_2 à E_1.

Conclusion. La transition (1) est une absorption ; les transitions (2) et (3) sont des émissions.

2.

Des deux photons émis, lequel a la plus grande fréquence ?

INDICE

Outil : la fréquence du photon est proportionnelle à l'écart entre les deux niveaux.

CORRIGÉ

Écarts. Pour (2) : $E_4 - E_3 = 0{,}91\,\text{eV}$; pour (3) : $E_2 - E_1 = 1{,}80\,\text{eV}$.

Conclusion. L'écart de la transition (3) est le plus grand : son photon a la plus grande fréquence.

3.

Calculer la longueur d'onde de la radiation émise lors de la transition (3) et vérifier qu'elle est rouge.

INDICE

Outil : la longueur d'onde de la radiation émise, avec l'écart en joules.

CORRIGÉ

Écart en joules. $\Delta E = 1{,}80 \times 1{,}60 \times 10^{-19} = 2{,}88 \times 10^{-19}\,\text{J}$.

Longueur d'onde.

$$\lambda = \frac{h\,c}{\Delta E}$$
$$\lambda \approx 6{,}91 \times 10^{-7}\,\text{m}$$

Conclusion. $\lambda \approx 691\,\text{nm}$: la radiation est visible, vers l'extrémité rouge du spectre.

Exercice 8

Identifier le gaz d'une lampe par ses raies

Le spectre d'émission d'une lampe dont on ignore le gaz montre quatre raies colorées, de longueurs d'onde mesurées $432\,\text{nm}$, $557\,\text{nm}$, $587\,\text{nm}$ et $760\,\text{nm}$.

Le tableau donne les principales raies visibles de quatre gaz.

Gaz	Raies visibles (nm)
krypton	432 ; 557 ; 587 ; 760
xénon	462 ; 467 ; 473 ; 482
argon	420 ; 697 ; 707 ; 751
baryum	455 ; 493 ; 554 ; 614

Données : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}\,\text{J}\cdot\text{s}$; $c = 3{,}00 \times 10^{8}\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $1\,\text{eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}\,\text{J}$.

1.

Quel gaz contient la lampe ? Justifier.

INDICE

Outil : compare chaque raie mesurée aux lignes du tableau.

CORRIGÉ

Comparaison. Les quatre raies mesurées figurent toutes dans la ligne du krypton, et aucune autre ligne ne les contient toutes.

Conclusion. La lampe contient du krypton.

2.

Pourquoi une seule raie commune ne suffirait-elle pas à conclure ?

INDICE

Outil : pense à la précision d'une mesure rapide.

CORRIGÉ

Raies voisines. Le krypton a une raie à $557\,\text{nm}$, le baryum une raie à $554\,\text{nm}$: à la précision d'une mesure rapide, une raie isolée peut appartenir à deux gaz.

Conclusion. C'est l'ensemble des raies, propre à chaque élément, qui permet de l'identifier.

3.

Calculer, en électronvolts, l'énergie d'un photon de la raie à $587\,\mathrm{nm}$.

INDICE

Outil : la relation entre l'énergie d'un photon et sa longueur d'onde, avec λ en mètres.

CORRIGÉ

Énergie en joules.

$$E = \frac{h\,c}{\lambda}$$
$$E \approx 3{,}39 \times 10^{-19}\,\mathrm{J}$$

Conversion. En divisant la valeur non arrondie par $1{,}60 \times 10^{-19}$, $E \approx 2{,}12\,\mathrm{eV}$.

Conclusion. Un photon de la raie jaune du krypton transporte environ $2{,}12\,\mathrm{eV}$.