Pour tous les exos

Données : la constante de Planck h = $6{,}62 \times 10^{-34}$ J.s
la célérité de la lumière dans le vide c = $3{,}00 \times 10^{8}$ m/s
1 eV = $1{,}6 \times 10^{-19}$ J

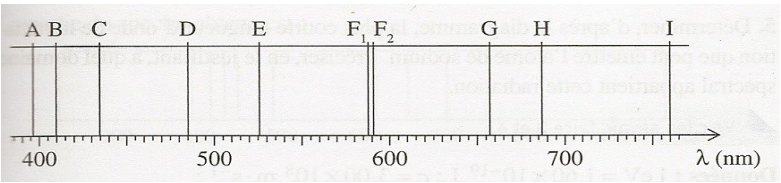
Exo 1

Voici un extrait du livre d'André Brahic et Isabelle Grenier, *Lumière d'étoiles*

La lumière blanche mélange toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Comme on passe continûment d'une couleur à une autre en changeant graduellement de nuance, on dit que la lumière blanche possède un spectre continu. C'est le cas de la lumière émise par un corps chaud qui contient toutes les couleurs à des doses différentes. Plus la température est forte, plus la couleur dominante se déplace du micro-onde vers les X. Mais les astronomes ont remarqué dès le XVIIIe siècle la présence de fines bandes noires dans la lumière solaire. Il manque des couleurs très précises et spécifiques, comme si elle sle lous étaient pas parvenues. Après quelques tâtonnements, ils ont compris que ces raies sombres trahissaient la présence d'éléments chimiques sur le trajet des rayons lumineux. Joseph von Fraunhofer fut le premier en 1814 à observer ces disparitions de lumière et à les attribuer à un phénomène d'absorption par un gaz situé entre la source d'émission et l'observateur...

André Brahic et Isabelle Grenier
Lumière d'étoiles, Les couleurs de l'invisible, Odile Jacob 2008

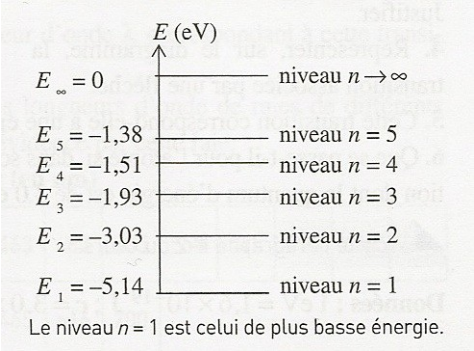
1. Donner les valeurs limites des longueurs d'ondes dans le vide du spectre visible en précisant les couleurs concernées.
2. Quelle est la relation entre la longueur d'onde dans le vide d'une radiation et sa fréquence ? Préciser les unités.
3. On donne les fréquences des micro-ondes ($3{,}0 \times 10^{14}$ Hz) et des rayons X ($3{,}0 \times 10^{18}$ Hz). Calculer l'ordre de grandeur des longueurs d'onde correspondantes dans le vide.
4. Indiquer en le justifiant laquelle de ces deux radiations est la plus énergétique.
5. « Joseph von Fraunhofer fut le premier en 1814 à observer ces disparitions de lumière ». Voici une partie du spectre qu'il a observé, où l'on peut voir des raies noires sur un fond coloré continu, nommées A, B, C, D, E, F1, F2, G, H et I. Les raies observées sont-elles des raies d'émission ou d'absorption ?



6. On donne les longueurs d'onde d'émission de quelques éléments. Quels sont ceux que l'on peut retrouver dans les couches superficielles du Soleil ? Justifier.

Exo 2

Lors d'une séance de TP, Ethan utilise une lampe à vapeur de sodium. Celle-ci émet une lumière jaune-orangé. Afin de comprendre l'origine de cette couleur, il consulte son livre de physique dans lequel figure le diagramme énergétique simplifié de l'atome de sodium reproduit ci-contre.

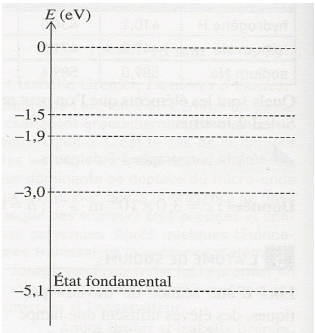


Le niveau $n = 1$ est celui de plus basse énergie.

1. Le diagramme énergétique simplifié de l'atome de sodium montre que l'énergie ne peut prendre que certaines valeurs. Comment qualifie-t-on alors l'énergie ?
2. Comment désigne-t-on le niveau E1 le plus bas du diagramme énergétique ? Comment déigne-t-on les niveaux suivants.
3. La couleur jaune-orangé correspond à une transition concernant les deux premiers niveaux (n=1 et n=2). Représentez cette transition par une flèche sur le diagramme énergétique ci-dessus, dans le cas d'une émission.
4. Calculez la longueur d'onde de la radiation émise par la lampe.
5. Déterminer, d'après le diagramme, la plus courte longueur d'onde de la radiation que peut émettre l'atome de sodium. Préciser, en le justifiant, à quel domaine spectral appartient cette radiation.

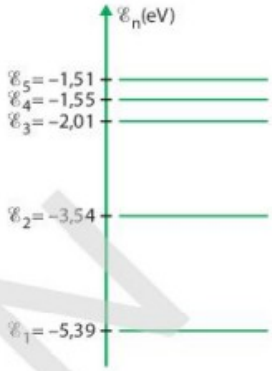
Exo 3

1. Calculer l'énergie perdue par un atome qui émet une radiation de longueur d'onde dans le vide 580 nm.
2. Exprimer cette énergie en eV.
3. Le diagramme simplifié des niveaux d'énergie de cet atome est donné ci-après. L'atome dans son état fondamental reçoit une radiation dont le quantum d'énergie est de 2,1 eV. Cette radiation peut-elle interagir avec l'atome ? Justifier. Quelle est la longueur d'onde correspondante ?
4. Représenter sur la diagramme la transition associée par une flèche.
5. Cette transition correspnd-elle à une émission ou à une absorption ?
6. Que se passe-t-il pour l'atome si, dans son état fondamental, il reçoit une radiation dont le quatum d'énergie est de 3,0 eV ?



Exo 4

Le diagramme ci-contre représente quelques niveaux d'énergie de l'atome de lithium.



1. Identifier l'état fondamental et les états excités du lithium.

2.a. Déterminer l'énergie que doit transporter un photon pour amener l'atome de lithium de son état fondamental au niveau d'énergie $\mathscr{E}_2$.
Exprimer cette énergie en électronvolt (eV) et en joule.

b. Reproduire le diagramme de niveaux d'énergie de l'atome de lithium et représenter, à l'aide d'une flèche, cette transition.

3.a. Lors d'une désexcitation, l'atome de lithium émet une radiation de longueur d'onde $\lambda = 611$ nm. Identifier la transition à laquelle cette radiation correspond.

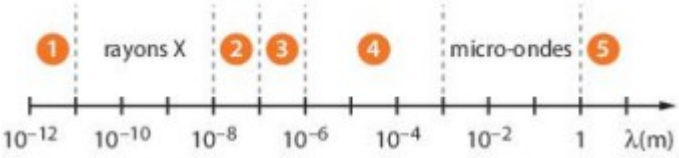
b. Représenter, à l'aide d'une flèche, cette transition sur le diagramme précédent.

Données

- $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J·s
- $1\ \text{eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}$ J

Exo 5

Les radiations électromagnétiques comportent différents domaines.



1. Nommer les domaines numérotés 1, 2, 3, 4 et 5 sur le schéma ci-dessus.

2. Évaluer l'ordre de grandeur de la fréquence ν d'une onde électromagnétique dont la longueur d'onde $\lambda = 10^{-7}$ m se situe à la frontière haute du domaine 2. Utiliser le réflexe 1

Exo 6

1. Donner l'ordre de grandeur, en hertz, des fréquences suivantes.

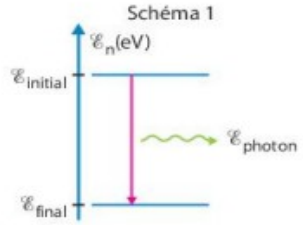
2. Attribuer chacune de ces fréquences à un domaine d'application d'ondes électromagnétiques : scanner, téléphonie mobile, fibroscopie, Wifi.

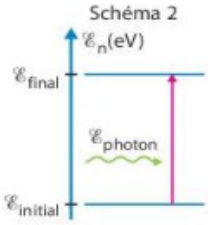
Exo 7

Le spectre de la lumière émise par un atome de sodium est représenté ci-dessous.

1. S'agit-il d'un spectre d'émission ou d'absorption ?

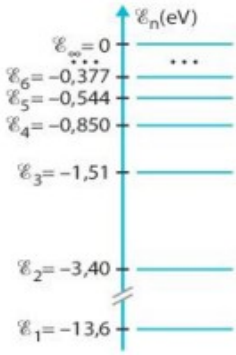
2. Quel schéma, parmi les deux ci-dessous, permet d'interpréter cette raie ?





Exo 8

Le diagramme d'énergie ci-contre est celui de l'atome d'hydrogène.



1.a. Quelle énergie doit posséder un photon pour permettre à l'atome de passer du niveau d'énergie $\mathscr{E}_1$ au niveau d'énergie $\mathscr{E}_\infty$?

b. Représenter cette transition.

Utiliser le réflexe 3

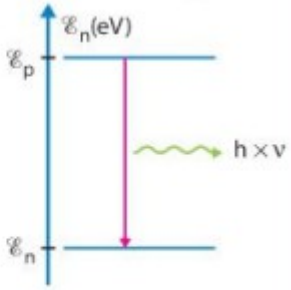
2. Calculer la longueur d'onde correspondante.

Données

- $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J·s
- 1 eV = $1{,}60 \times 10^{-19}$ J

Exo 9

Le schéma ci-contre représente une transition entre deux états d'énergie d'un atome.



1. Cette transition s'accompagne-t-elle d'une absorption ou d'une émission de photon ?

2. Que représentent $\mathscr{E}_p$ et $\mathscr{E}_n$? Que représente $h \times \nu$?

3. Quelle relation existe-t-il entre $h \times \nu$, $\mathscr{E}_p$ et $\mathscr{E}_n$?

Exo 10

Le laser femtoseconde est utilisé dans la chirurgie de l'œil (myopie). Il délivre des impulsions très brèves, de l'ordre de la femtoseconde, pour éviter des effets thermiques.

Un laser de ce type émet des radiations dont la longueur d'onde est $\lambda = 1\ \mu m$. Chacune des impulsions transporte une énergie $\mathcal{E} = 0{,}1\ \mu J$.

1. Calculer la fréquence de ces radiations.

2. Ces radiations appartiennent-elles au domaine infrarouge, ultraviolet ou visible ?

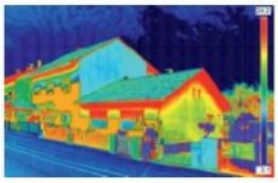
3. Calculer l'énergie des photons associés à ces radiations.

4. En déduire le nombre de photons émis par chaque impulsion.

Donnée

- $h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ J \cdot s$

Exo 11



La thermographie est devenue un outil très efficace pour les diagnostics énergétiques des bâtiments. Cette technique repose sur l'émission, par tout corps, d'un rayonnement électromagnétique dépendant de sa température de surface.

1. Une radiation de fréquence $\nu = 32{,}2$ THz est détectée par un appareil de thermographie. Déterminer sa longueur d'onde.

2. Cette radiation est-elle située dans le domaine du visible, de l'infrarouge ou de l'ultraviolet ?

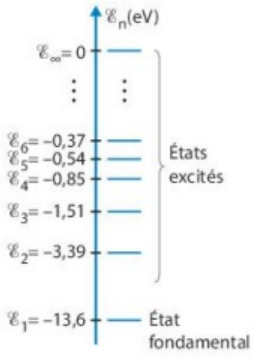
3. Dans ce domaine, les radiations sont souvent caractérisées par leur nombre d'onde σ. À l'aide de la formule $\mathcal{E}_{photon} = h \times c \times \sigma$, indiquer l'unité de σ.

Exo 12

La lumière émise par une lampe à vapeur d'hydrogène permet d'obtenir le spectre suivant sur lequel les longueurs d'onde sont exprimées en nm.

1. Calculer, en joule puis en électronvolt, l'énergie des photons associés à chacune de ces radiations.

2. On donne ci-contre le diagramme d'énergie de l'atome d'hydrogène.



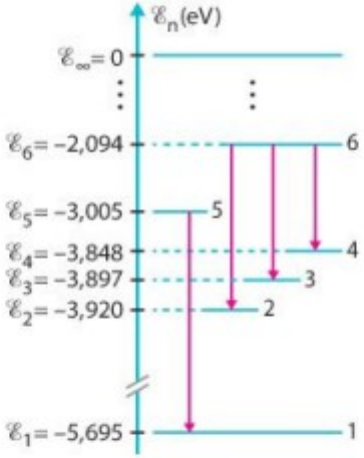
a. À quelle transition correspond chaque radiation émise par l'atome d'hydrogène ?

b. Reproduire le diagramme puis y représenter chacune de ces transitions.

Exo 13

Les feux d'artifice forment un spectacle lumineux et sonore très apprécié. Au cours de l'explosion, de petites billes appelées « étoiles » émettent des lueurs colorées et scintillantes à mesure qu'elles s'éloignent du point d'explosion. Sur la photographie ci-dessus, beaucoup des « étoiles » qui ont explosé sont principalement composées de strontium. Les photons émis par le strontium sont responsables de certaines des couleurs visibles.

On donne ci-dessous le diagramme simplifié de quelques niveaux d'énergie de l'atome de strontium. Les flèches indiquent les transitions possibles.



1. Comment nomme-t-on le niveau d'énergie numéroté 1 ? les niveaux d'énergie supérieure ?

2. Déterminer en électronvolt les quanta d'énergie transportés par les photons susceptibles d'être émis.

3.a. En déduire, en nanomètre, les longueurs d'onde des radiations émises.

b. Peut-on alors attribuer au strontium certaines des couleurs observées sur la photographie ? Lesquelles ?

Données

- $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J·s
- 1 eV = $1{,}60 \times 10^{-19}$ J

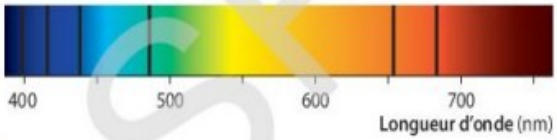
Couleur	Violet	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
λ (nm)	380 à 446	446 à 520	520 à 565	565 à 590	590 à 625	625 à 780

Exo 14

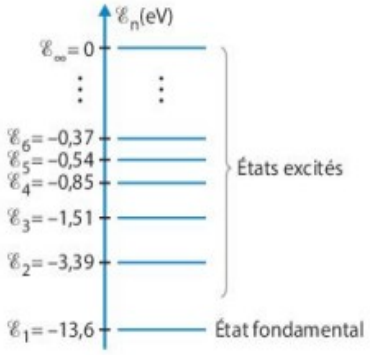
Véga est l'étoile la plus brillante de la constellation de la Lyre. Elle est située à 25 années-lumière du système solaire.

• Le spectre de la lumière venant de Véga montre-t-il, aux erreurs de mesures près, la présence d'hydrogène autour de cette étoile ?

A Spectre de la lumière venant de Véga



B Diagramme de quelques niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène



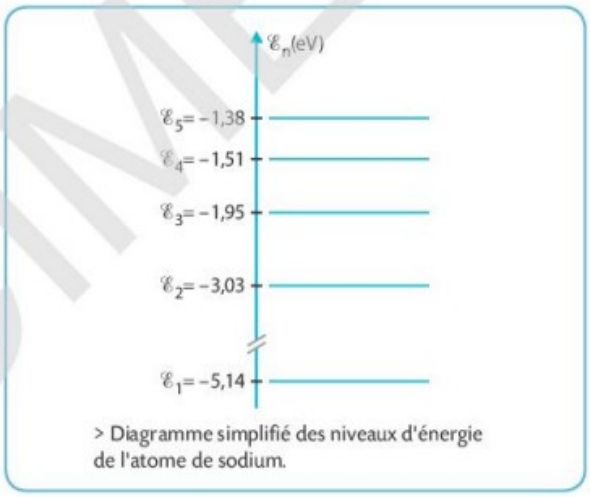
C La lumière d'une étoile

Les étoiles se comportent comme des corps chauds : elles émettent de la lumière dont le spectre est continu. Après émission, cette lumière traverse les couches de gaz qui entourent l'étoile. L'interaction entre la lumière et les entités contenues dans ces gaz provoque une absorption de certaines radiations.

Données

• $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J·s • 1 eV = $1{,}60 \times 10^{-19}$ J

Exo 15



> Diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de sodium.

Énoncé compact

• Recopier le diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de sodium et y représenter la transition énergétique associée à la raie noire de longueur d'onde 589 nm.

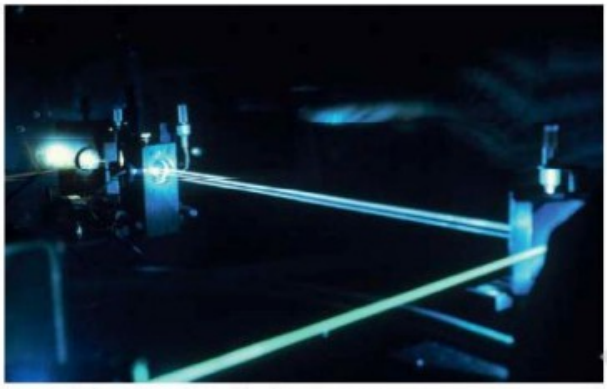
Exo 16

28 CORRIGÉ — 50 min — Le laser à Argon

Mobiliser et organiser ses connaissances ; effectuer des calculs ; effectuer une analyse dimensionnelle ; rédiger une explication.

L'argon fait partie de la famille des gaz nobles. Son pourcentage volumique dans l'atmosphère terrestre est 0,93 %.

Les lasers ioniques à gaz noble ionisé Argon Ar^+ sont très utilisés en médecine pour traiter les rétines qui peuvent se décoller ou pour effacer des lésions superficielles (angiomes, tatouages).



> Laser à Argon sur une table d'expériences

On étudie un laser de ce type qui peut émettre neuf radiations aux longueurs d'onde λ, de façon simultanée ou de façon séparée.

Données

- constante de PLANCK : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J · s
- electrovolt : 1 eV = $1{,}60 \times 10^{-19}$ J

Raies	1	2	3	4	5
λ (nm)	514,5	501,7	496,5	488,0	476,5

Raies	6	7	8	9
λ (nm)	472,7	465,8	457,9	454,5

1.a. À quel domaine du spectre des ondes électromagnétiques appartiennent ces radiations ?

b. Calculer la fréquence de la radiation correspondant à la raie n° 4. Utiliser le réflexe 1

2. Rappeler l'expression de l'énergie $\mathscr{E}$ transportée par un photon en fonction de la longueur d'onde λ de la radiation associée.

3. Sans calcul, identifier dans le tableau précédent la longueur d'onde de la radiation associée au photon qui transporte :

a. la plus grande énergie : photon (A) ;

b. la plus petite énergie : photon (B).

4. Calculer, en électronvolt, les énergies $\mathscr{E}_A$ et $\mathscr{E}_B$ transportées par ces photons. Utiliser le réflexe 2

5. L'énergie d'un cation argon Ar^+ ionisé est quantifiée. Les raies 1, 4, 6, 7 et 9 sont émises lors de transitions d'états excités notés 4 p vers un autre état excité du cation Ar^+ noté 4 s. Ce niveau 4 s a pour énergie $\mathscr{E}_{4s} = -10{,}48$ eV.

a. Qu'appelle-t-on « quantification » de l'énergie ?

b. Indiquer la relation entre l'énergie $\mathscr{E}$ des photons émis et la différence d'énergie $\Delta\mathscr{E} = |\mathscr{E}_{4p} - \mathscr{E}_{4s}|$ des niveaux 4 p et 4 s de l'argon ionisé.

c. Déterminer, en électronvolt, les énergies des niveaux excités 4 p, notées :

- $\mathscr{E}_{4p\,max}$ dans le cas du photon (A) ;
- $\mathscr{E}_{4p\,min}$ dans le cas du photon (B).

d. L'énergie de l'état fondamental de l'ion argon Ar^+ est $\mathscr{E}_1 = -27{,}62$ eV.

Tracer le diagramme simplifié de ces niveaux d'énergie et représenter les transitions correspondant aux photons (A) et (B). Utiliser le réflexe 3

6. Le laser est réglé de telle sorte qu'il n'émet simultanément que les raies n° 1 et n° 4. Elles sont émises à la puissance $P_1 = 2{,}0$ W pour la raie n° 1 et $P_4 = 1{,}5$ W pour la raie n° 4.

a. La puissance P du laser, à une fréquence ν, est donnée par la relation :

$$P = N \times h \times \nu$$

où N est le nombre de photons émis par seconde.

Vérifier que le produit $N \times h \times \nu$ s'exprime avec l'unité de puissance.

b. Déterminer la valeur du rapport $\frac{N_4}{N_1}$ du nombre de photons émis chaque seconde lors de l'émission des radiations correspondant aux raies 1 et 4.

7. Citer, en indiquant l'ordre de grandeur de leurs fréquences, un autre type d'ondes électromagnétiques utilisées en médecine.

Effectuer une analyse dimensionnelle

Question 6a réussie ?
- Améliorer ses performances → ex. 3
- Relever de nouveaux défis → ex. 20

SPECIMEN

Exo 17

20 La découverte du césium

Le césium a été découvert en 1860 par les physiciens allemands Robert Wilhelm Bunsen et Gustav Kirchhoff lors de l'analyse de l'eau minérale de Durkheim, région d'Allemagne connue pour ses sources thermales.

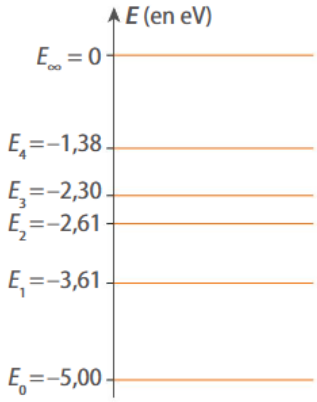
Lors de l'analyse spectroscopique de cette eau, deux raies bleu clair sont apparues : une raie α de fréquence $\nu_\alpha = 6{,}53 \times 10^{14}$ Hz et une raie β de longueur d'onde $\lambda_\beta = 455$ nm.

Données
- Vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3{,}00 \times 10^8$ m·s^{-1}
- Constante de Planck : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J·s
- 1 eV = $1{,}60 \times 10^{-19}$ J

a Identifier sur le diagramme de niveaux d'énergie (doc.) les dix transitions énergétiques possibles pour l'atome de césium.

b Calculer les longueurs d'onde des photons qu'un atome de césium excité au niveau d'énergie E_3 peut émettre en se désexcitant.

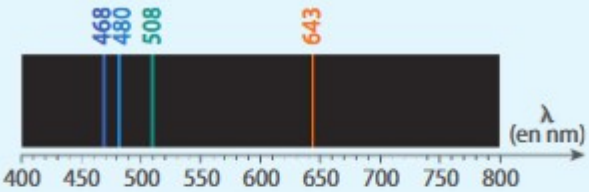
c Calculer la longueur d'onde λ_α de la raie α. Parmi les deux raies (α et β), laquelle forme la signature de l'atome de césium dans l'eau de Durkheim ?



Doc. Diagramme de niveaux d'énergie de l'atome de césium.

Exo 18

On donne ci-dessous le spectre de l'atome de cadmium (Cd).



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

a Les raies observées correspondent-elles à l'émission ou à l'absorption de photons ? Lors de ce phénomène, l'atome passe-t-il vers un état de plus haute ou de plus basse énergie ?

b Calculer la fréquence associée à la raie rouge, puis calculer l'énergie du photon correspondant à cette raie et donner le résultat en électron-volts.

c Calculer de même les fréquences et les énergies pour les trois autres raies.

d La raie rouge correspond pour l'atome de cadmium à la transition du niveau d'énergie E_2 au niveau E_1, état fondamental. On donne $E_1 = -8{,}99$ eV. Exprimer E_2 en électron-volts.

e L'atome dans son état fondamental peut-il être excité par un rayonnement de longueur d'onde 731 nm ?

Exo 19

23 On donne ci-contre le diagramme de niveaux d'énergie du lithium (Li).
On s'intéresse à la transition $E_3 \rightarrow E_1$.

Données • Vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3{,}00 \times 10^8$ m·s^{-1}
• Constante de Planck : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J·s
• 1 eV = $1{,}60 \times 10^{-19}$ J

Échantillons de lithium pur.

a Cette transition énergétique correspond-elle à une émission ou à une absorption de photon ?

b Calculer la longueur d'onde du rayonnement associé.

c Cette radiation est-elle dans le domaine du visible ?

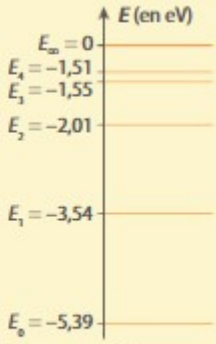


Diagramme de niveaux d'énergie de l'atome de lithium.

Exo 20

31 Dans un spectrophotomètre (dispositif de mesure d'absorbance de solutions chimiques), on sélectionne une radiation de longueur d'onde dans le vide de valeur λ = 580 nm.

a. Quelle est la relation entre la fréquence ν d'une radiation et sa longueur d'onde dans le vide λ ?

b. Calculer la fréquence de l'onde utilisée.

c. Déterminer l'énergie mise en jeu lors de l'émission de cette onde.

Exo 21

36 Four à micro-ondes

Apparition dans les foyers : 1980

Puissance : 1 000 W

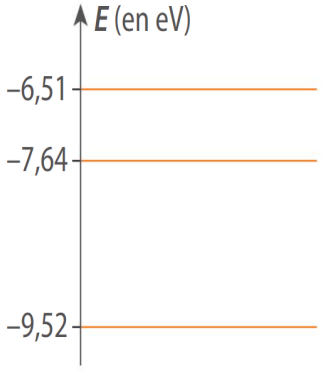
Fréquence du rayonnement : 2,45 GHz

a. Calculer la longueur d'onde du rayonnement utilisé.

b. Le terme « four à micro-ondes » est-il judicieux ?

Exo 22

33 On donne ci-contre le diagramme des niveaux d'énergie d'un atome donné.



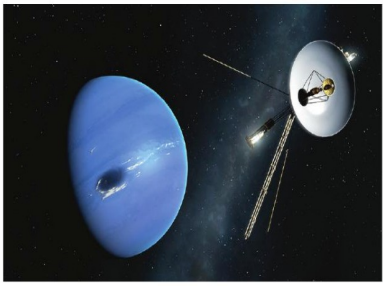
a. Recopier le diagramme et indiquer l'état fondamental et les états excités.

b. Représenter l'absorption d'un photon d'énergie $E = 1{,}13$ eV par une flèche, sur le diagramme.

c. Même question pour l'émission d'un photon d'énergie $E = 1{,}88$ eV.

d. Cet atome peut-il absorber un photon d'énergie $E = 1{,}01$ eV ?

Exo 23



Les sondes Voyager 1 et 2 ont été lancées le 5 septembre 1977 par la NASA. Les informations recueillies au cours de leur mission sont transmises vers la Terre par des ondes électromagnétiques dans la bande S (autour de 3 GHz) et dans la bande X (autour de 8 GHz).

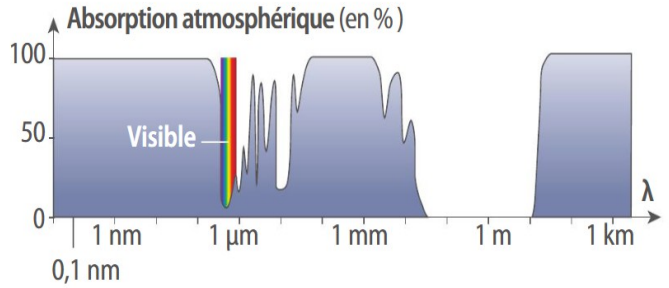
a. Donner les longueurs d'onde dans le vide des ondes de ces bandes.

b. Donner les énergies d'un photon associé à chacune de ces ondes électromagnétiques.

c. À quel domaine du spectre électromagnétique ces ondes appartiennent-elles ?

Exo 24

Les rayons T, ou ondes térahertz (1 THz = 10^{12} Hz), ont des fréquences comprises entre 0,3 et 10 THz, d'où leur nom. Le rayonnement fossile, dont on pense qu'il a été émis 380 000 ans après le Big bang, est une onde térahertz. Voici le spectre d'absorption des ondes électromagnétiques par l'atmosphère :

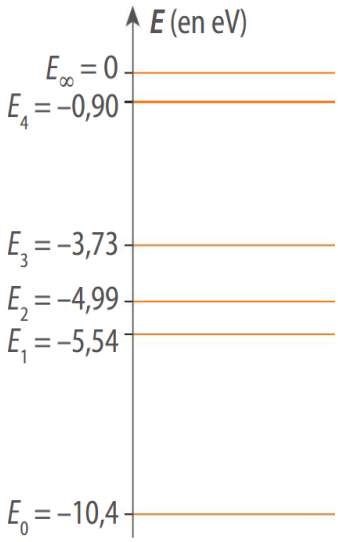


Le rayonnement fossile n'a été détecté qu'en 1964, alors que son existence avait été prédite dès 1948.

■ Pourquoi le rayonnement fossile est-il difficile à détecter sur Terre ?

Exo 25

On dispose du diagramme de niveaux d'énergie de l'atome de mercure (ci-contre). Un atome de mercure passe du niveau d'énergie E_1 au niveau d'énergie E_3.



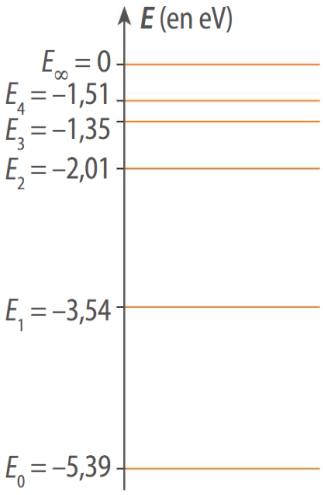
a. Recopier le diagramme et indiquer sur celui-ci les états excités, l'état fondamental et l'état ionisé.

b. Représenter par une flèche la transition étudiée. Lors de cette transition, l'atome de mercure a-t-il émis ou absorbé un photon ?

c. Calculer la différence énergétique correspondante en joules (J).

Exo 26

On donne ci-contre le diagramme de niveaux d'énergie de l'atome de lithium.



a. Recopier ce diagramme et représenter la transition du niveau E_0 au niveau E_2 par une flèche.

b. Lors de cette transition, l'atome de lithium a-t-il émis ou absorbé un photon ?

c. Calculer la différence énergétique ΔE correspondante en électron-volts (eV), puis en joules (J).

d. En déduire la longueur d'onde associée.

e. À quel domaine des ondes électromagnétiques ce rayonnement appartient-il ?

Exo 27

On ne s'intéresse qu'à deux niveaux d'énergie E' et E'' d'un atome, avec $E'' > E'$. Leur différence énergétique est $\Delta E = E'' - E' = 2{,}11$ eV.

a. Lorsque cet atome émet un photon, quel était son état d'énergie initial ? Quel est son état d'énergie final ? Quelle est la longueur d'onde du photon ? Celui-ci est-il visible ?

b. Un photon de longueur d'onde 590 nm peut-il être absorbé par l'atome au niveau E' ?

c. Un photon de longueur d'onde 589 nm peut-il être absorbé par l'atome au niveau E'' ?

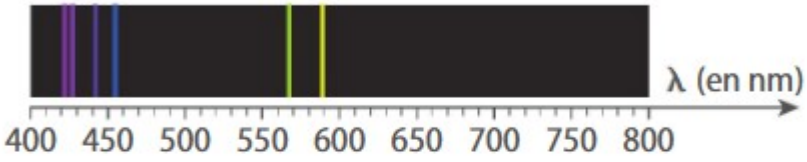
d. Un atome A excité au niveau d'énergie E'' est placé à côté d'un atome B au niveau d'énergie E'. Quelques instants plus tard, A est au niveau E', et B au niveau E''. Que s'est-il passé ?

Exo 28

L'ampoule d'une lampe à vapeur de sodium contient du sodium gazeux à haute ou basse pression. Ces lampes produisent une lumière jaune orangé et servent pour l'éclairage public. Elles offrent en effet une bonne qualité de vision et un coût d'utilisation peu élevé.

On donne ci-dessous les niveaux d'énergie de l'atome de sodium et son spectre caractéristique.

n	0	1	2	3	4	5
E_n (en eV)	−5,14	−3,03	−2,96	−2,65	−2,13	−1,80



1. Où se trouvent, sur le spectre ci-dessus, les domaines UV, visible et IR ?

2. Tracer, à l'échelle, le diagramme de niveaux d'énergie et indiquer les états excités, l'état ionisé et l'état fondamental.

3. On considère la raie jaune du sodium de longueur d'onde $\lambda = 568{,}8$ nm.

a. Déterminer la différence énergétique correspondant à cette radiation.

b. À quelle transition est-elle associée ?

c. La représenter sur le diagramme par une flèche.

Exo 29

Un atome d'hydrogène comportant un unique électron est caractérisé par des niveaux d'énergie dont les quatre plus bas sont E_0, E_1, E_2 et E_3 avec $E_0 < E_1 < E_2 < E_3 < 0$. On place dans une ampoule un grand nombre d'atomes d'hydrogène, tous excités au niveau E_3 à l'instant initial.

Tube spectral à hydrogène.

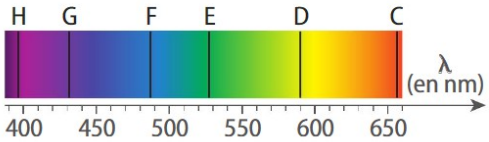
- Combien de raies le spectre d'émission de ce système comportera-t-il ?

Exo 30

Les raies de Fraunhofer sont les raies noires d'absorption présentes dans le spectre du Soleil. Elles furent découvertes par **Joseph von Fraunhofer** (1787-1826) au début du XIXe siècle. On recense les principales raies de Fraunhofer par des lettres (doc. 1).

Doc. 1 Quelques raies de Fraunhofer dans une portion du spectre du Soleil

Le Soleil est une boule de gaz et de plasma chaud (environ 6 000 K en surface) qui émet de la lumière en donnant un spectre continu. Celle-ci traverse la chromosphère, atmosphère du Soleil, constituée de différents éléments chimiques qui vont absorber certaines radiations.



Doc. 2 Transitions énergétiques correspondant à quelques raies d'émission dans le visible de différents éléments

Atome ou ion	Principales transitions énergétiques ΔE (en eV)			
H	3,03	2,86	2,55	1,89
He	2,11			
Fe	3,47	3,26	2,66	2,36
Na	2,11			
Ca^{2+}	3,16	3,13		
K^+	2,71	2,34	2,04	

Données

- Vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3{,}00 \times 10^8\ m \cdot s^{-1}$
- Constante de Planck : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ J \cdot s$
- $1\ eV = 1{,}60 \times 10^{-19}\ J$

Problème

Quels éléments chimiques peut-on identifier dans le spectre du Soleil au niveau de sa chromosphère ?

Exo 31

L'étude du spectre de l'atome d'hydrogène a été principalement réalisée par trois physiciens : le Suisse Johann Balmer en 1885, l'Américain Theodore Lyman entre 1906 et 1914 et l'Allemand Friedrich Paschen en 1908.

Balmer s'est intéressé aux transitions des états excités vers le niveau $n = 2$. Lyman a, quant à lui, étudié les transitions des états excités vers le niveau $n = 1$. Paschen s'est intéressé pour sa part aux transitions des états excités vers le niveau $n = 3$. L'explication théorique de ces raies a été l'un des triomphes de la physique quantique.

On donne ci-dessous les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène, en eV, le niveau de référence $E_\infty = 0$ correspondant à l'atome ionisé.

n	1	2	3	4	5	6	7
E_n (en eV)	–13,6	–3,40	–1,51	–0,850	–0,544	–0,378	–0,278

1. Quelle est l'énergie du niveau fondamental ?

2. Quelle est l'énergie nécessaire pour ioniser un atome d'hydrogène initialement dans son état fondamental ?

3. Représenter les transitions correspondant aux séries de Lyman, Balmer et Paschen sur un diagramme de niveaux d'énergie.

4. Étude de la **série de Paschen**

a. Calculer les écarts énergétiques mis en jeu dans cette série.

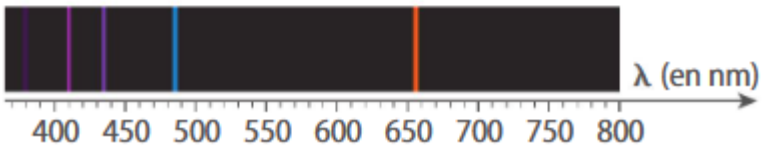
b. En déduire les longueurs d'onde associées.

c. À quel domaine spectral ces ondes appartiennent-elles ?

5. Dans la **série de Lyman**, quelle est la longueur d'onde la plus petite, et à quel domaine spectral l'onde associée appartient-elle ?

6. Pourquoi les raies de la **série de Paschen** sont-elles toutes dans le domaine infrarouge ?

7. Voici le spectre de l'atome d'hydrogène.



Est-il cohérent avec les résultats de l'étude des trois séries. menée dans cet exercice ?

Exo 32

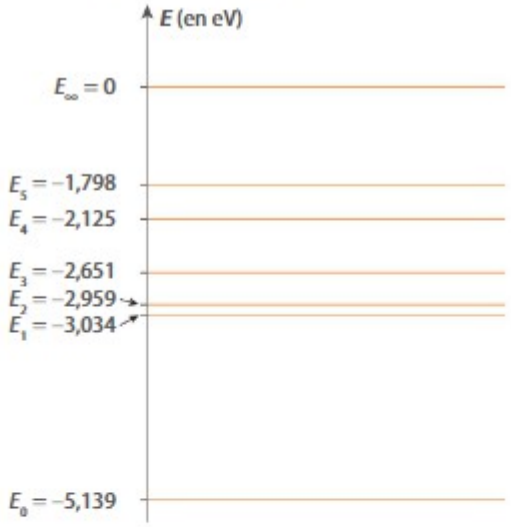
Lors de l'éclipse totale du Soleil du 18 août 1868, le Français Pierre Janssen et le Britannique Norman Lockyer ont analysé le spectre de la couronne solaire et ont remarqué qu'il présentait une raie brillant dans le jaune très proche de celle du sodium. Lockyer a émis l'hypothèse que cette raie était due à un nouvel élément qu'il baptisa hélium. Ce n'est que 27 ans plus tard que cet élément chimique fut identifié sur Terre.

1. Illustrer, avec un schéma de niveaux d'énergie d'un atome, le phénomène d'émission d'un quantum d'énergie lumineuse.

2. On note E l'énergie du photon émis lors d'une transition énergétique d'un atome.

Donner l'expression littérale de E en fonction de la longueur d'onde λ de la radiation lumineuse émise dans le vide, de la constante de Planck h et de la célérité de la lumière dans le vide c.

3. Voici le diagramme énergétique de l'atome de sodium :



a. On s'intéresse à la raie « D_2 » du sodium, de longueur d'onde λ_{Na} = 589,0 nm.

Calculer la valeur de E, en eV, pour le rayonnement correspondant à cette raie.

b. Déterminer la transition à laquelle cette émission correspond.

4. L'énergie du photon correspondant à l'émission de la raie jaune de l'hélium (λ_{He} = 587,6 nm) est égale à 2,110 eV. Justifier que cette émission ne peut pas être attribuée au sodium.

Exo 33

Le laser hélium-néon (He-Ne) est le laser couramment utilisé en travaux pratiques de physique. Il est constitué d'une cavité contenant de l'hélium et du néon à l'état gazeux. Dans cet exercice, on note E_H les niveaux d'énergie de l'hélium et E_N ceux du néon.

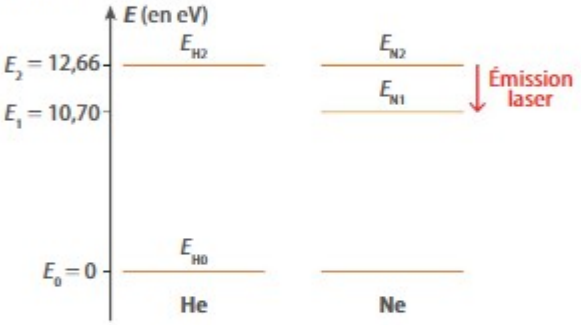
Lorsque ce mélange est soumis à une décharge électrique, plusieurs phénomènes provoquent l'émission de lumière.

1re étape : la collision d'un électron avec un atome d'hélium excite celui-ci, qui passe alors de l'état E_{H0} à l'état E_{H2}.

2e étape : l'atome d'hélium excité transfère, par collision, son énergie à un atome de néon qui se trouve alors porté au niveau E_{N2}.

3e étape : la désexcitation de l'atome de néon du niveau E_{N2} au niveau E_{N1} entraîne l'émission de lumière laser.

Voici un extrait des diagrammes énergétiques de l'hélium et du néon représentés selon la même échelle, et construits en choisissant, exceptionnellement, la référence d'énergie $E_0 = 0$ dans l'état fondamental de l'atome :



a. Reproduire le diagramme ci-dessus et représenter par des flèches les transitions évoquées dans le texte.

b. Indiquer pour chaque transition s'il s'agit d'une émission ou d'une absorption de quantum d'énergie.

c. Pourquoi la bonne concordance entre les niveaux d'énergie E_{H0} et E_{N0} d'une part, E_{H2} et E_{N2} d'autre part, est-elle importante ?

d. Calculer la différence énergétique correspondant à l'émission laser.

e. Déterminer la longueur d'onde du rayonnement émis.

f. Dans quel domaine spectral se situe-t-il ? Est-il visible, et le cas échéant, de quelle couleur est-il ?

Exo 34

53 Fluorescence

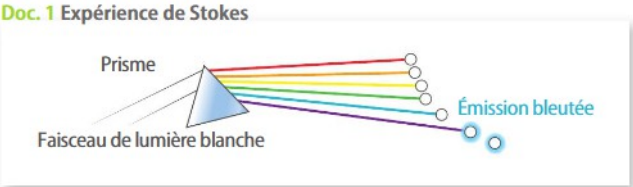
En 1852, le mathématicien et physicien britannique George Gabriel Stokes réalise l'expérience suivante : une solution de sulfate de quinine est placée dans un tube à essais. Un faisceau de lumière solaire blanche entre dans une pièce sombre et traverse un prisme qui décompose la lumière. Le tube à essais est doucement déplacé dans le faisceau dispersé. Dans la zone rouge, dans la jaune, dans la verte et dans la bleue, aucun effet notable n'est observé, la solution est traversée par la lumière comme si c'était de l'eau. Mais dans la zone violette, elle émet une lumière bleutée dans toutes les directions. Cette émission persiste quand on déplace le tube au-delà de la zone violette (doc. 1).

Stokes a nommé **fluorescence** ce phénomène d'émission lumineuse.

Dans cet exercice, on admettra que les lois relatives à l'émission et l'absorption de photons par une molécule sont les mêmes que pour un atome.

L'erlenmeyer contient une solution fluorescente de sulfate de quinine.

Doc. 1 Expérience de Stokes



Doc. 2 Niveaux d'énergie de la quinine

Dénomination	E_0 (état fondamental)	E_1	E_2	E_3
Énergie (en eV)	0 (référence)	2,76	3,58	4,00

Données
- $c = 2{,}998 \times 10^8$ m·s^{-1}
- $h = 6{,}626 \times 10^{-34}$ J·s
- 1 eV = $1{,}602 \times 10^{-19}$ J

Question préliminaire

Pourquoi l'émission n'apparaît-elle qu'à partir de la zone violette et persiste-t-elle même au-delà de la zone violette ?

Problème

Quelle est la longueur d'onde de cette émission bleutée ?

DES CLÉS POUR RÉUSSIR

1 Traduire les données numériques

Le diagramme des niveaux d'énergie, dont l'axe est dirigé vers le haut, permet de prévoir les transitions énergétiques possibles.

2 Traduire l'expérience réalisée par des grandeurs physiques

- Déterminer les longueurs d'onde qui délimitent chaque zone, y compris celle au-delà de la zone violette.
- Calculer les énergies correspondantes.

3 Traduire la question posée grâce aux lois du cours

- Dans quelle(s) zone(s) l'absorption de photons par la quinine est-elle possible ?
- Lorsque la molécule est excitée, quelles sont les caractéristiques de la lumière qu'elle émet ?

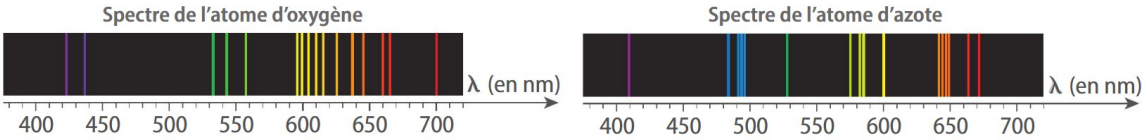
Exo 35

54 Aurore polaire

Lors des éruptions solaires, le Soleil éjecte des particules chargées (électrons, protons) qui vont venir exciter les atomes présents dans l'atmosphère terrestre. Les teintes observables des aurores polaires peuvent être traduites par les énergies E des photons associés : rouge ($E \approx 1{,}90$ eV), vert ($E \approx 2{,}40$ eV), indigo ($E \approx 2{,}90$ eV). Une autre teinte courante, le rose, n'est pas associée à une énergie particulière. C'est une teinte blanchâtre renforcée en rouge.

Doc. Composition de l'atmosphère terrestre

L'air sec est composé d'environ 80 % de diazote et 20 % de dioxygène.



Problème

Justifier les couleurs observables des aurores polaires.