

Atome et mécanique de Newton

Chapitre 18

allal Mahdade

Groupe scolaire La Sagesse Lycée qualifiante

2 mai 2017

Sommaire

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

- 1 Introduction
- 2 Limites de la mécanique de Newton
- 3 Quantification des échanges d'énergie
- 4 Quantification des niveaux d'énergie
- 5 Application aux spectres

Sommaire

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

1 Introduction

2 Limites de la mécanique de Newton

3 Quantification des échanges d'énergie

4 Quantification des niveaux d'énergie

5 Application aux spectres

Sommaire

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

- 1 Introduction
- 2 Limites de la mécanique de Newton
- 3 Quantification des échanges d'énergie
- 4 Quantification des niveaux d'énergie
- 5 Application aux spectres

Sommaire

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

- 1 Introduction
- 2 Limites de la mécanique de Newton
- 3 Quantification des échanges d'énergie
- 4 Quantification des niveaux d'énergie
- 5 Application aux spectres

Sommaire

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

- 1 Introduction
- 2 Limites de la mécanique de Newton
- 3 Quantification des échanges d'énergie
- 4 Quantification des niveaux d'énergie
- 5 Application aux spectres

Introduction

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres



L'analyse de la lumière émise par cette nébuleuse montre qu'elle est essentiellement constituée d'hydrogène. L'énergie de l'atome d'hydrogène (comme tout autre atome) ne peut prendre que certaines valeurs discrètes bien déterminées. Les lois de la mécanique Newtonienne peuvent-elles expliquer cela ?

I. Limites de la mécanique de Newton

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

1. Loi de Newton et loi de Coulomb

Loi d'interaction gravitationnelle :

Deux corps de masses m_A et m_B s'attirent ? Si ces corps ont une répartition de masse à symétrie sphérique et si la distance r entre leurs centres A et B est grande devant leur taille , les forces d'interaction gravitationnelle ont pour expression :

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} = -G \frac{m_A \cdot m_B}{r^2} \vec{u}_{AB}$$

I. Limites de la mécanique de Newton

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

Loi d'interaction électrostatique (loi de Coulomb)

L'interaction électrostatique entre deux corps ponctuels A et B portant des charges respectives q_A et q_B , est modélisée par des forces d'attraction ou de répulsion $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ opposées de mêmes direction et d'intensités :

$$\vec{F}_{A/B} = k \frac{q_A \cdot q_B}{AB^2} \vec{u}_{AB}$$

I. Limites de la mécanique de Newton

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

2. La mécanique de Newton appliquée à l'atome

Dans le cas de l'atome d'hydrogène , nous avons :

$$\frac{F_g}{F_e} = \frac{G.m_e.m_p}{k.(-e).e} \approx 4,4 \times 10^{-40}$$

Dans l'atome (le monde microscopique) l'interaction gravitationnelle est négligeable devant l'interaction électrostatique .

I. Limites de la mécanique de Newton

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

a. Le modèle planétaire de l'atome ;

En 1911, une expérience réalisée par Ernest Rutherford prouve l'existence de vide à l'intérieure de l'atome .

L'analogie entre les interactions gravitationnelles et électrostatiques le conduit à proposer un nouveau modèle :

☞ *L'atome possédait un centre, massique, constitué par le noyau de l'atome, analogue au Soleil ou à la Terre.*

☞ *Autour de ce centre gravitent des électrons, analogues aux planètes qui tournent autour du soleil ou aux satellites gravitant autour de la Terre.*

I. Limites de la mécanique de Newton

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

3. limite de la mécanique Newtonienne

On prend l'exemple d'un système (planète-satellite) ;
la mécanique Newtonienne prévoit la position où on peut mettre le satellite dans son orbite ;
sa hauteur par rapport à la surface de la terre dépend des conditions initiales de son lancement
puisque on peut changer ces conditions initiales alors le rayon orbitale du satellite peut prendre toutes les valeurs possibles .

I. Limites de la mécanique de Newton

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

En revanche , pour l'atome d'hydrogène , si on imagine que son électron en mouvement circulaire uniforme autour du noyau alors d'après la mécanique de Newton que le rayon de son orbite peut prendre toutes les valeurs possibles , donc deux atomes d'hydrogène peuvent voir deux volumes différents suivant leur rayon orbital et *cela est impossible car deux atomes d'hydrogène ont le même volume en général , tous les atomes d'hydrogène ont les mêmes caractéristiques i.e même identité.*

Ce qui montre que les lois de Newton restent impuissantes pour justifier l'identité des atomes . et elles ne permettent pas d'interpréter

I. Limites de la mécanique de Newton

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

Conclusion

La mécanique de Newton n'est pas utilisable à l'échelle atomique et moléculaire pour expliquer quelques phénomènes physiques comme l'échange énergétique entre la matière et la lumière et ceux qui sont mis en évidence expérimentalement par les spectres atomiques .

II. Quantification des échanges d'énergie

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

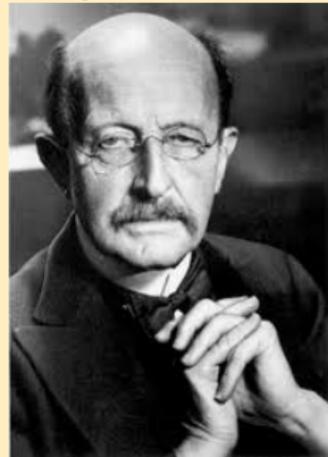
Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

Il y a échange d'énergie :

- * lorsqu'un atome est en collision avec une particule matérielle ;
- * lorsqu'un atome est en interaction avec un rayonnement lumineux ;

En 1900 , Max Planck émet l'hypothèse *que la lumière et la matière ne peuvent échanger de l'énergie que par quantités discrètes qu'il appelle **quanta** d'énergie .*



II. Quantification des échanges d'énergie

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

L'énergie échangée E_{ech} entre la matière et un rayonnement électromagnétique ne peut prendre que des valeurs définies et discrètes ; on dit que **cette énergie est quantifiée** .

II. Quantification des échanges d'énergie

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

a. Modèle du photon

En 1905 , Albert Einstein émet l'hypothèse que les quanta d'énergie sont portés par des particules appelées **photons** .

Les photons sont des corpuscules de masse nulle , non chargées , se propageant à la vitesse de la lumière $c = 3,00 \times 10^8 m/s$ dans le vide .

II. Quantification des échanges d'énergie

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

Une onde électromagnétique de fréquence ν et de longueur d'onde dans le vide λ est constituée de photons . L'énergie de chaque photon est donnée par la relation :

$$E = h.\nu = \frac{h.c}{\lambda}$$

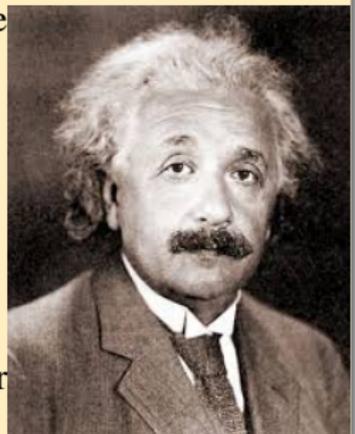
ν la fréquence de l'onde en (Hz)

λ longueur d'onde (m)

h : la constante de Planck (J.s) , sa valeur

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

E énergie de photon en joule (J)



II. Quantification des échanges d'énergie

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

Lorsque la matière absorbe ou émet de l'énergie par rayonnement , elle ne peut échanger que des paquets d'énergie multiples entiers de $h.v$.
Pour exprimer l'énergie de photon , on utilise souvent l'électron-volts (eV) :

$$1eV = 1,60 \times 10^{-19} J$$

exercice d'application 1

Calculer , en joule puis en eV , l'énergie d'un photon associé à la radiation bleue du spectre d'hydrogène , de longueur d'onde dans le vide égale à 486nm .

II. Quantification des échanges d'énergie

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

b. Les postulats de Bohr

Expérience 1 :

On analyse , avec un prisme ou un réseau , la lumière émise par une lampe à hydrogène . On obtient le spectre suivant :



II. Quantification des échanges d'énergie

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

Exploitation :

La lumière de la lampe à hydrogène produit un spectre de raies . La lumière provient d'une décharge électrique traversant le gaz . Cet spectre qu'est émis par la matière est un spectre d'émission contenant quatre raies de longueur d'onde différente.

L'énergie de l'atome d'hydrogène ne peut prendre que certaines valeurs discrètes qui correspond à chaque longueur d'onde .

$$E = h.\nu = \frac{h.c}{\lambda}$$

En 1913 , le physicien Danois Niels Bohr , élève de Ernest Rutherford énonce les postulats qui permettent d'interpréter les raies de spectre de l'atome d'hydrogène :

II. Quantification des échanges d'énergie

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

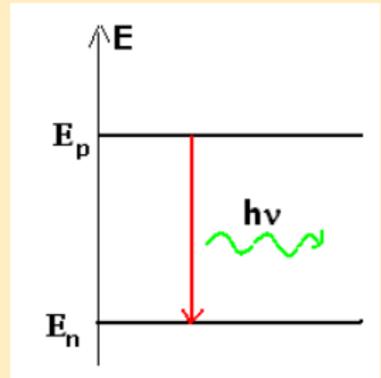
Application aux
spectres

☞ Les variations d'énergie d'un atome sont quantifiées .

☞ L'atome ne peut exister que dans certains états d'énergies bien défini ; chaque état est caractériser par niveau d'énergie .

☞ Un photon de fréquence ν est émis lorsque l'atome se désexcite en effectuant une transitions d'un niveau d'énergie E_p vers un niveau d'énergie inférieure E_n tel que :

$$E_p - E_n = h\nu$$



III. Quantification des niveaux d'énergie

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

1. Niveaux d'énergie des atomes

modèle de l'atome énoncé par Neil Bohr est en parfait accord avec les idées nouvelles de quantification ; il propose que l'énergie des atomes est quantifiée , autrement dit, elle ne prend que des valeurs bien déterminées correspondant à des niveaux d'énergie . L'énergie d'un niveau donné se caractérise par un nombre n , appelé **nombre quantique** et qui prend les valeurs 1,2,3

- * Le niveau d'énergie dont $n = 1$ est dit niveau fondamental ; il correspond à l'énergie la plus basse (état stable de l'atome)
- * Les niveaux d'énergie dont $n > 1$; correspond à **des niveaux excités**
- * Le niveau d'énergie dont $n = \infty$ correspond à l'énergie $E_{\infty} = 0$ où l'électron n'est pas lié au noyau . Cette convention implique que tous les autres niveaux ont une énergie négative .

III. Quantification des niveaux d'énergie

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

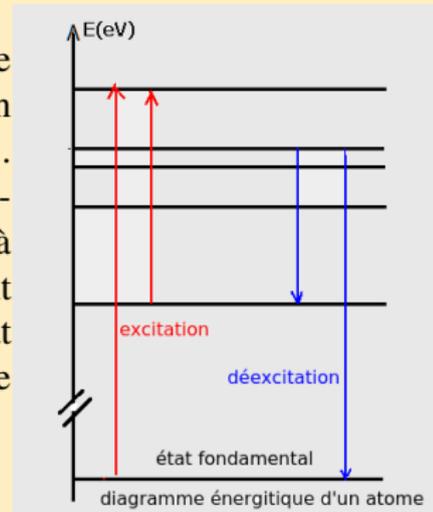
Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

2. Diagramme énergétique d'un atome

En absence de toute excitation extérieure , si l'état fondamental d'un atome est son état initial, alors l'atome reste dans cet état . Lorsqu'un atome reçoit une énergie extérieure , il transite de son état fondamental à l'un de ses états excités qui généralement n'est pas stable . L'atome revient à un état de niveau d'énergie inférieur en libérant de l'énergie.



III. Quantification des niveaux d'énergie

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

La transition est le passage d'un état à un autre . Si le second état est de niveau d'énergie supérieure ; il s'agit d'une excitation , s'il est de niveau d'énergie inférieure, il s'agit d'une désexcitation .

III. Quantification des niveaux d'énergie

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

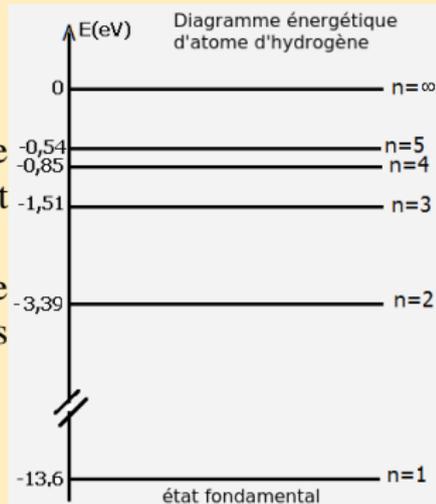
Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

Exercice d'application 2

En utilisant le document ci-contre .

1. Calculer l'énergie libérée par l'atome d'énergie en transitant du troisième état excité à son état fondamental .
2. Déterminer la plus grande valeur de l'énergie de transition entre deux états consécutifs.



III. Quantification des niveaux d'énergie

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

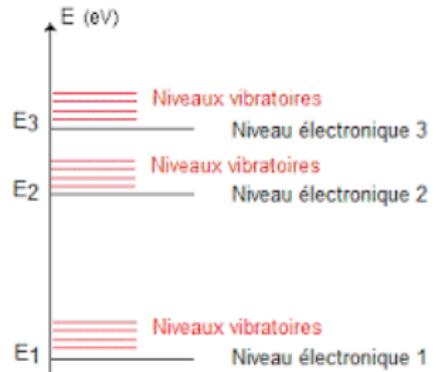
Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

3. Niveau d'énergie des molécules

Une molécule est constituée d'atomes, l'interaction entre les atomes a pour effet de multiplier et d'élargir les niveaux d'énergie

L'énergie d'une molécule est quantifiée, elle dépend des électrons, des vibrations de la molécule autour de son centre de masse et de sa rotation.



III. Quantification des niveaux d'énergie

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

4. Niveau d'énergie des noyaux

En radioactivité, les noyaux fils résultent d'une désintégration radioactive sont souvent dans état excité. Leur désintégration radioactive s'accompagne de l'émission de photons de grande énergie (rayonnement α).

Les énergies de ces photons sont caractéristiques des noyaux émetteurs comme l'atome, **le noyau possède des niveaux d'énergie quantifiée.**

III. Quantification des niveaux d'énergie

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

5. Conclusion

Les atomes, les molécules et les noyaux possèdent des niveaux d'énergies quantifiées .

Lorsque ces entités échangent de l'énergie avec le milieu extérieur , elles transitent d'un niveau d'énergie (E_p) à un niveau d'énergie (E_n) ou réciproquement .

Cette énergie échangée subit la relation de Bohr :

$$\Delta E = E_p - E_n$$

où $E_p > E_n$

IV. Application aux spectres

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

1. Définition d'un spectre

On appelle spectre d'une lumière, l'ensemble des radiations dont elle est constituée. Chacune de ces radiations est caractérisée par sa longueur d'onde dans le vide .

<http://www.unice.fr/lasi/pagesperso/golebiowski/cours.htm>

IV. Application aux spectres

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

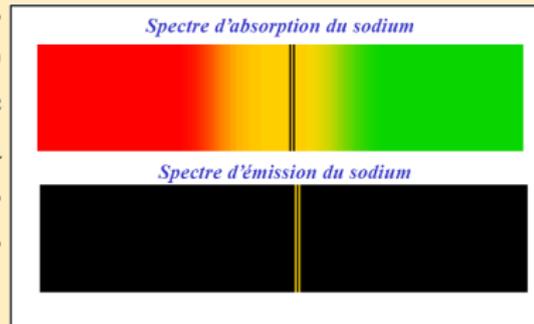
Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

2. Spectres des atomes

La figure ci-contre présente les spectres de raies d'absorption (a) et d'émission (b) de l'atome de sodium; les raies obscures de la figure (a) occupent les mêmes positions que les raies claires (raies d'émission figure (b))



IV. Application aux spectres

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

Lorsqu'un atome passe d'un niveau d'énergie E_p à un niveau d'énergie E_n inférieur ($E_n < E_p$), l'atome perd de l'énergie qu'il peut émettre sous forme de rayonnement de fréquence ν telle que :

$$\Delta E = E_p - E_n = h\nu$$

IV. Application aux spectres

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

* Plus la différence $h\nu = E_p - E_n$ est plus importante , plus la fréquence ν du rayonnement émis est grande .

* Les fréquences émises sont déterminées par les niveaux d'énergie.

Ainsi, sur un spectre d'émission atomique , chaque raie monochromatique correspond à une transition entre deux niveaux d'énergie .

* Le niveau d'énergie de l'atome ne dépend que de sa nature : celui -ci émet des radiations qui lui sont propre et qu'il est , par ailleurs , capable de les absorber .

Le spectre d'émission , comme le niveau d'énergie, est caractéristique de l'atome .

IV. Application aux spectres

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

Lorsqu'un atome transite d'un niveau d'énergie E_n à un niveau d'énergie E_p supérieur ($E_p > E_n$), l'atome absorbe un rayonnement de fréquence ν telle que :

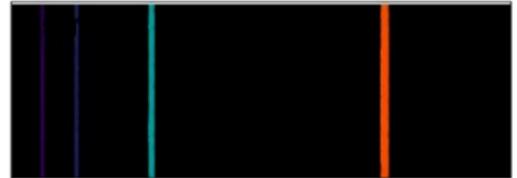
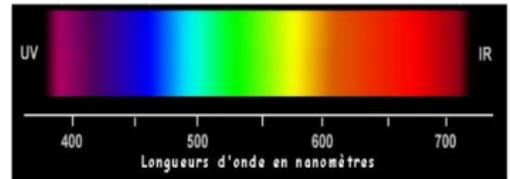
$$\Delta E = E_p - E_n = h\nu$$

IV. Application aux spectres

Exemple : étude du spectre de l'atome d'hydrogène :

En comparant le spectre du rayonnement thermique émis par les corps denses (filament incandescent) et le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène, on constate que :

- * Le spectre du rayonnement thermique est continu ce qui veut dire que toutes les couleurs, i.e les longueurs d'ondes correspondantes, y sont représentées.



- * Le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène est discontinu. On ne peut distinguer que quelques raies colorées auxquelles correspondent des longueurs d'ondes discrètes que l'on peut mesurer à l'aide d'un spectromètre adéquat.

IV. Application aux spectres

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

En 1885, Johann Jacob Balmer publia une formule empirique permettant de calculer les longueurs d'onde du spectre de l'atome d'hydrogène. Cette formule, que Johannes Robert Rydberg généralisa en 1890, peut s'écrire pour la partie visible du spectre de l'atome H :

$$\frac{1}{\lambda_{np}} = R_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right)$$

avec $R_H = 1,09737320 \times 10^7 m^{-1}$ étant la constante de Rhydberg . A partir d'une certaines valeurs de n , on peut calculer une suite de raies en faisant varier p .

IV. Application aux spectres

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

- * Série de Balmer pour laquelle $n=2$, donne des longueur d'onde de quatre raies visibles dont chacune correspond une valeur particulière de p .
- * Série de Paschen (1909), elle correspond à $n=3$ et $p>3$
- * Série de Lyman (1919) ; elle correspond à $n=1$ et $p>1$
- * Série de Brackett (1922) ; elle correspond à $n=4$ et $p>4$
- * Série de Pfund (1924) ; elle correspond à $n=5$ et $p>5$

IV. Application aux spectres

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

1. Vérifier la validité de la formule de Rydberg en calculant les longueur d'onde des raies visibles de la série de Balmer .
2. Calculer la fréquence ν_{np} des quatre premières raies des séries précédentes .
3. Placer les fréquences ν_{np} calculées sur un axe vertical de fréquences en représentant chaque raie par un trait horizontal . lier chaque raies aux valeurs de n et p correspondantes .
On utilisera l'échelle : $1\text{cm} \longleftrightarrow 2.10^{14}\text{Hz}$
4. Établir la relation permettant de calculer la différence $(E_p - E_n)$ en utilisant la formule de Bohr pour l'atome d'hydrogène : $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ en (eV) .

IV. Application aux spectres

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

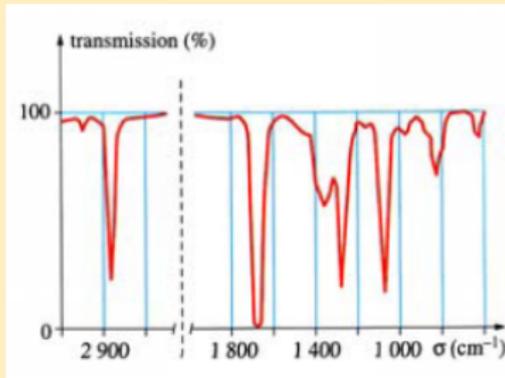
Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

3. Spectres des molécules

Le spectre d'absorption d'une molécule est formé de raies et de domaines d'absorption, d'intensité lumineuse du rayonnement absorbé diminue brusquement. Cela se traduit sur le spectre par un pic inversé au niveau de la fréquence de la radiation considérée (voir figure).



IV. Application aux spectres

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

L'analyse du spectre d'absorption d'une molécule permet d'identifier cette molécule du fait qu'il présente des informations concernant les groupes caractéristiques et les liaisons que contient la molécule .

IV. Application aux spectres

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

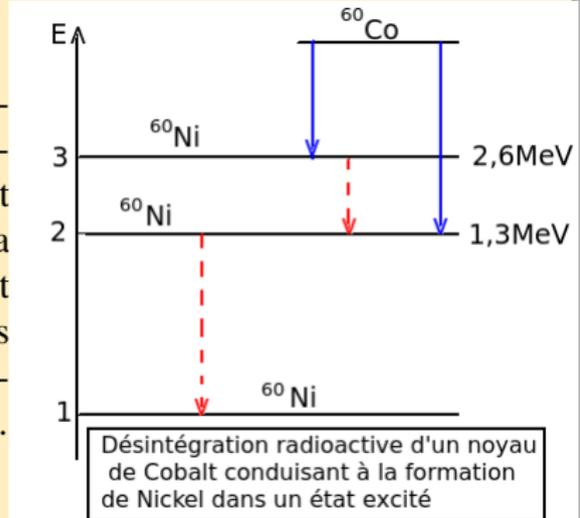
Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

4. Spectres des noyaux

L'énergie des noyaux est aussi quantifiée ; lors d'une désintégration radioactive , le noyau fils résultant est souvent dans un état excité ? La désexcitation de tels noyaux conduit à l'émission de photons de très grande énergie (rayonnement γ caractéristiques des noyaux émetteurs.



IV. Application aux spectres

Atome et
mécanique de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Limites de la
mécanique de
Newton

Quantification des
échanges
d'énergie

Quantification des
niveaux d'énergie

Application aux
spectres

Un noyau est capable d'absorber ou émettre un rayonnement (γ) correspondant à une énergie de quelques MeV