

Table des matières

1	Objectifs pédagogiques de la LP	1
2	Objectifs et messages forts de la LP (disciplinaire)	1
3	Introduction générale de la leçon	1
4	Proposition de plan	1
4.1	Instabilité électromagnétique de l'électron.	2
4.2	Modèle de Bohr	2
4.3	Effets relativistes	2
5	Subtilités de la leçon et points disciplinaires essentiels	2
6	Exercices de base et applications intéressantes pour la leçon	2
7	Bibliographie pour construire la leçon	2
8	Expériences illustratives, simulations numériques et exploitation pédagogique	2
9	Critique des choix pédagogiques de la leçon	2

1 Objectifs pédagogiques de la LP

- ▷ Par une approche historique, l'idée est de replacer l'étude de l'atome d'hydrogène vis à vis de résultats expérimentaux historiques. La leçon propose une progression des modèles afin d'expliquer de plus en plus de résultats sans mécanique quantique. L'idée est d'étudier des modèles jouets dans lesquels nous pouvons en déduire des résultats expérimentaux des années 1900-1920. Il est cependant nécessaire de maîtriser mécanique analytique, et la base de relativité.

2 Objectifs et messages forts de la LP (disciplinaire)

- ▷ Expliquer instabilité de l'électron par le modèle de Thomson.
- ▷ Introduction historique de la quantification de l'énergie par Bohr.
- ▷ Introduire l'ancienne théorie des quantas par Bohr-Sommerfeld-Wilson.
- ▷ Prédiction relativiste du déboulement de la raie alpha de l'hydrogène .

3 Introduction générale de la leçon

4 Proposition de plan

- *La structure du plan en trois parties n'est pas figé : c'est un exemple. Cette partie peut vous permettre de tester plusieurs plans également : un plan brouillon avant le passage de la LP dans l'année, celui présenté dans l'année, le plan définitif que aurez construit pendant les révisions ou avant. Il est important de réfléchir aux transitions entre parties : elles structurent votre discours et votre progression et renforcent la cohérence et l'enchaînement de vos développements (aspect didactique).*

4.1 Instabilité électromagnétique de l'électron.

Transition didactique : Spectres d'émission de l'hydrogène quantifié qui n'est pas prévu par la théorie de Thomson ou de Perrin(Rutherford)

4.2 Modèle de Bohr

► Premier modèle

Observation de Pickering : Dzeta-Puppis, explication des raies d'émissions de l'hydrogène

► Modèle de Bohr-Sommerfield

Dédoublément de la raie alpha non expliqué, raffinement dans le modèle.

4.3 Effets relativistes

On explique l'effet Zeeman (normal, anormal), principe Pauli et spin électronique, manquement : quantification arbitraire, dépendance des choix de coordonnées, instabilité électroniques non résolue, hypothèse de Broglie non comprise.

5 Subtilités de la leçon et points disciplinaires essentiels

- ▷ Équation d'Euler-Lagrange pour Bohr (et Lagrangien, et moment conjugué bref toute la mécanique analytique)
- ▷ Équation d'ellipse
- ▷ Formule de la puissance pour dipôle oscillant (se préparer à des questions)
- ▷ Quantification de Bohr-Sommerfield (action de Maupertuis)

6 Exercices de base et applications intéressantes pour la leçon

- ▷ Exercice classique sur les modèle Rutherford, Thomson, Bohr
- ▷ Potentiel de Lennard-Johnes
- ▷ Full exo sur atome hydrogène en mécanique quantique (hypothèse cf cours Atomes et molécules de Pascal Parneix)

7 Bibliographie pour construire la leçon

- ▷ Feynmann volume 1 et 2 de Mécanique
- ▷ Le plus important Aslangul, le nouveau Cohen-Tannoudji

8 Expériences illustratives, simulations numériques et exploitation pédagogique

- ▷ Expérience de Lennard et Franck Herzt expliquer la matière quantifié
- ▷ Spectre émission étoile dzeta-puppis
- ▷ Spectre fin de l'atome d'hydrogène

9 Critique des choix pédagogiques de la leçon

Expérience sur la quantification de la matière ? Expérience de Franck hertz et Lennard

Est ce qu'on peut redémontrez le postulat de quantification de Bohr-Sommerdfield, à partir de la MQ, attention les ondes sont quantifiés de part leurs conditions limites, il manque dans Bohr la description ondulatoire de la matière, cependant il y a l'aspect de trajectoire qu'on peut expliquer par l'étude des valeur moyenne des opérateurs (théorème d'Erhenfest), redémontrer tout à partir des valeurs moyennes possible mais fastidieux

Qu'est ce que n_r et n_θ (correspondance avec n et l ?) Non pas exactement pareil on obtient n et m en faisant une recombinaison on prend $n_\theta = l - n_r + 1 = n$, remarque on a pas $l=0$ ici car on n'a pas introduit le spin, en effet en mécanique classique si $l=0$ alors le moment cinétique est nulle donc mouvement rectiligne donc pas un état lié absurde, on peut avoir un état lié seulement en MQ avec le spin.

erreur de signe sur le facteur de qualité, pour avoir décroissant de E suivant le temps

Il y a-t-il un lien entre coordonnées sphériques et harmonique sphérique ? Pas du tout, l'algèbre n'est pas du tout la même.

Vecteur de Lenz peut être utilisé pour la conservation du moment cinétique pour passer d'une orbite à une autre, (remarque du correcteur démonstration de Pauli avec état lié et état de diffusion)

Dépendance de ω dans la partie 3 relativiste, dépend de α constante de structure fine et de n_θ

Puissance rayonnée par dipôle relié à quelle force ? Force d'Abraham Lorentz dérivé 3eme de la position, pourquoi utilise-t-on des forces visqueuses ? on peut montrer que l'électron se met en mouvement avant l'application de sa force donc il faut mettre des forces autres (forces visqueuses) (remarque du correcteur cf cours de Jean Michel Raymond). Le modèle de base en MQ n'explique pas la largeur de raie due à l'interaction avec l'environnement.

Observation expérimentale de la raie fine à 11 GHz ? Etoile dzeta-puppis

En mécanique quantique quelle est l'origine de la structure fine et hyperfine ? Couplage LS et couplage SS

Bohr il permet d'avoir quoi ? on rajoute à la main la quantification et la dégénérescence, la quantification est donc ad-hoc c'est donc un peu bizarre, il y a une accumulation de "principe" c'est bof pour une théorie.

Quel autre modèle peut on citer ? Le modèle des sphères dures (cristallographie, en chimie on doit quand même expliquer les liaisons chimiques donc Lewis introduit des postulats)

Traitement quantique classique on a besoin de quoi ? Coulomb avec coordonnées sphériques, base d'état stationnaire, pas d'effet de spin, on se place dans le référentiel barycentrique du noyau (supposé immobile) hypothèse d'adiabaticité (Born-Oppenheimer)

Pour un atome comment interpréter Klechowsky et Hund ? ce sont des règles expérimentales, mais pour les prédire à peu. près il faut prendre en compte la répulsion coulombienne (electron electron) dans orbitale séparé in minimise l'énergie coulombienne (Hund).

A quoi correspond les orbitales $1s 2S 3S 2p 3p$, n dépend de r et l dépend en θ et r

Les orbitales p combinaisons linéaires de deux harmonique sphériques.

Lien entre MQ et Bohr-Sommerfeld ? il ya quantification comme pour une corde de Melde, le maximum de proba en MQ correspond au rayon de Bohr, donc le modèle est adapté, cependant il ne prédit les géométries compliquées d'orbitale atomique pour le p, d, f, g .

Comment fait on pour des atomes polyelectronique ? Champ moyen rendre indépendant les hamiltoniens des électrons un par un, lien avec le modèle de Slater (Zeffectif, potentiel effectif), notion d'écrantage

Grosse contrainte sur la fonction d'onde on a N fermions donc la fonction d'onde globale doit être antisymétrique (cours de particule identique)

relier les conservations au nombre quantique ? n_θ traduit conservation de moment cinétique, l J carré, m_l Jz, m_s S, n l'énergie

Cela traduit quelle propriété vis à vis du Hamiltonien ? Comutation avec toutes les observables conservées, équation d'Heisenberg, on étudie la variation des opérateurs.

Maximum d'énergie quand n tend vers $+\infty$, est-ce vraiment l'infini ? Pour un état lié oui, mais il existe les états de diffusion, donc avec l'énergie cinétique on passe au dessus de la limite n tend vers $+\infty$.

Commentaire du correcteurs : Partis pris très intéressant, mais risqué. Pourquoi? car le jury n'est pas techniques et peut vouloir s'attendre à un déroulé plus classique. On peut se perdre dans les calculs. On peut justifier l'approche pédagogique par l'approche historique et donc l'essence de la physique par l'évolution de ses modèles avec l'expérience. Peut donner l'impression d'être incompetent en MQ, il s'attend à voir plus de MQ, on garde le I), le II)1) puis on enchaîne avec le III) Modèle de l'hydrogene en MQ et ouverture sur atome polyelectronique. Leçon qui appel de l'historique, questionne les modèles qu'on propose par échaffaudage. Pour la forme débit ultra important, expliquer plus les calculs, peut être faut il plus de graphes, présenter de manière moins violente. Faire le lien avec les résultat actuels en MQ, propriétés de la matières à savoir des liens avec la chimie, la conduction, le magnétisme).

- BONNE PRÉPARATION -