24ª aula de Fís IV - Poli 2000 - 23ª aula = 2ª Prova

↳ 1ª aula depois da 2ª prova

Serway Cap. 42 - Física Atômica

42.1 - Modelos primitivos do átomo

modelos atômicos

→ nos dias de Newton → esfera pequena, dura, indestrutível → teoria cinética dos gases

→ J. J. Thomson (1856-1940) → "pudim de passas"
e^- + carga positiva (fig. 42.1)

→ 1911 - E. Rutherford + Geiger e Marsden → fig. (42.a)

→ espalhamento de partículas α (núcleo de He) por película metálica. ⇒ resultado assombroso = espalhamento em grandes ângulos e mesmo para trás.

⇒ negação do "pudim de passas".

⇒ modelo de concentração de carga positiva numa região pequena (núcleo) e modelo orbital p/ e^-. → fig. (42.2.b)

⇒ fig 42.3 → colapso das órbitas por radiação !!!

⇒ também, como explicar frequências características das radiações emitidas pelo átomo? Porque não outras?

→ Bohr
↓
Grande sucesso
explicou espectro do H

→ idéias de Planck dos níveis de energia quantizada

→ e^- em órbitas estáveis não radiantes = estados estacionários.

→ fóton é emitido quando e^- salta de 1 estado estacionário para outro.

+ tarde ~~+pessoa~~ exp: raias espectrais do H são constituídas por grupos de linhas e sensíveis a campo magnético externo

→ modificações necessárias ao modelo de Bohr:

→ $\bar{e}$ pode girar sobre o próprio eixo (Spin) — Goudsmidt + Uhlenbeck + Pauli

→ Sommerfeld → relatividade no mov. do $\bar{e}$

→ órbitas elípticas ⇒ veloc. variável ⇒ energia variável

42.2 - O átomo de H

A função energia potencial no átomo de H é dada por:

$$\boxed{U(r) = \frac{-ke^2}{r}} \quad (42.1)$$

k = cte de Coulomb $= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

r = distância radial entre o próton $(r=0)$ e o $\bar{e}$ → fig (42.4)

Resolução da eq. de Schrodinger p/ átomo de H:

$$U = U(x,y,z) = U(r) = \frac{-ke^2}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}} = \frac{-ke^2}{r}$$

eq. de Sch. indep. do tempo = complicada p/ este caso = 3D:

$$\boxed{\frac{-\hbar^2}{2m}\nabla^2\psi(x,y,z) + U(x,y,z)\,\psi(x,y,z) = E\,\psi(x,y,z)}$$

Não faremos a solução aqui (ver E.R. quem quiser!). Vamos apenas descrever as propriedades das soluções e algumas consequências.

~~Conforme~~ Na Mec. Quântica, as energias dos estados permitidos do átomo de H são dados por:

$$\boxed{E_n = -\left(\frac{Ke^2}{2a_0}\right)\frac{1}{n^2} = -\frac{13,6}{n^2}\, eV} \quad n = 1, 2, 3 \ldots \qquad (42.2)$$

Este resultado concorda c/ Bohr.

No caso 1D somente 1 nº quântico (n) basta para caracterizar um estado estacionário. No problema 3D são necessários 3 nºs quânticos p/ cada estado estacionário → 3 graus de liberdade do e^-

⇒ símbolos n, l e m_l

n → principal

l → orbital

m_l → magnético orbital

Restrições:

- Os valores de n são inteiros e podem variar de 1 até ∞.
- " " " l " " " " de 0 até $n-1$.
- " " " m_l " " " " " " $-l$ a $+l$.

ex: p/ $n = 1$ ⇒ $l = 0$ e $m_l = 0$ somente são permitidos.

p/ $n = 2$ ⇒ $l = 0$ ⇒ $m_l = 0$; $l = 1$ ⇒ $m_l = \pm 1$

→ tabela 42.1 - resumo das ~~na~~ regras.

tabela 42.1

Nº quântico	Nome	Val. permitidos	Nº de est. permitidos
n	Principal	1, 2, 3 . . .	qualquer número
l	orbital	0, 1, 2 . . . n - 1	n
m_l	magnético orbital	$-l, -l+1 \ldots 0, \ldots l-1, l$	$2l+1$

Em virtude de razões históricas diz-se que: a) os estados c/o mesmo nº quântico principal $\underline{n}$ formam 1 camada → letras K, L, M ...

$n=1 \quad n=2 \quad n=3$

b) Os estados que tem os mesmos valores de n e de l formam 1 subcamada → letras s, p, d, f, g, h ...

$l=0 \quad 1 \quad 2 \ldots$

→ tabela 42.2

n	Símbolo da camada	l	Símbolo da subcamada
1	K	0	s
2	L	1	p
3	M	2	d
4	N	3	f
5	O	4	g
6	P	5	h
⋮	⋮	⋮	⋮

ex: $3p \rightarrow \begin{cases} n=3 \\ l=1 \end{cases}$

Os estados que violam as regras da tabela 42.1 não podem existir, por ex 2d, pois $l = n = 2$ neste caso.

exemplo 42.1 pg 93 se der tempo.

42.3 - O n.º quântico magnético do spin

A necessidade do número quântico magnético do spin m_s veio à tona em virtude das características especiais dos espectros de certos gases, como os do vapor de sódio → 1 raia na realidade é constituída por 2 outras muito próximas i.e. $\lambda_1 = 589{,}0\,nm$, $\lambda_2 = 589{,}6\,nm$

Goudsmidt + Uhlenbeck + Pauli ⇒ introduziram o número quântico do spin para resolver o problema das 2 raias.

Atenção: Cômodo porém incorreto → modelo clássico pensar que o e^- gira em torno do próprio eixo ao orbitar o núcleo como Terra em torno do sol e de si mesma → fig. 42.5

→ direções do spin p/ cima ou p/ baixo ⇒ 2 direções de rotação c/ ≠s energias (pequena ≠) ⇒ explica 2 raias do Na.

Os n.ºs quânticos associados ao spin do e^- são $m_s = \frac{1}{2}$ (↑) e $m_s = -\frac{1}{2}$ (↓) ⇒ duplica o nº de estados permitidos por n, l e m.

ex. 42.2 ~~pg~~