Лекция №6 (08.10.20)

2атомная молекула:

эл. конфигурации эл. оболочек

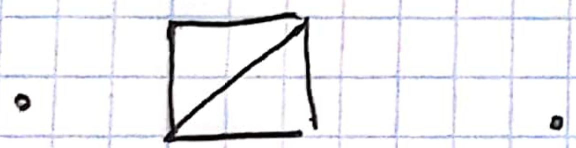
$$\boxed{E = \underbrace{E^{эл}}_{\frac{m_e e^4}{2\hbar^2}} + \underbrace{E^{кол}}_{E=\hbar\omega\left(n+\frac{1}{2}\right)} + E^{вращ}}, \quad E_n = -\frac{m_e e^4 Z^2}{2\hbar^2 n^2},\ n = 1, 2, \ldots$$

$E^{вращ} \to \frac{L^2}{2J}$ (см. далее)

$$\frac{m_e e^4}{2\hbar^2} \sim e^2/r_Б$$

$$r_Б = \frac{\hbar^2}{m_e e^2},$$

__Демонстрация__ – опыт Ньютона по туннел. эффекту



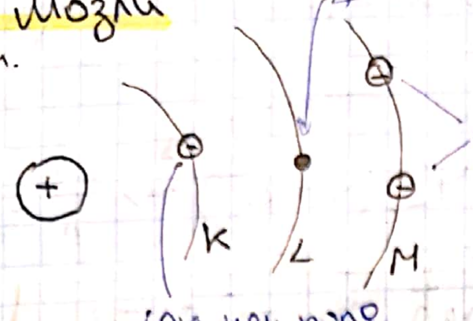
сжатие призмы

изм. зазор м/у ними

Необх-ть корректировки квазиклас. прибл:

// Закон Мозли

эмпирич.



$$\boxed{\sqrt{\nu} = A(z-\sigma)}$$

уменьшение „заряда ядра" ч-з экранировку внутр.эл.

K-серия : $\sigma = 1$

L-серия : $\sigma = 7,5$

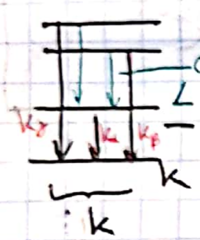
рентген.изл. –

– в рд-се с об-ми атома

Характеристич. излучение:

∡ Kсерию ⇒ выбит эл-н из K оболочки ↳ на K об. –

– вакансии для падения e

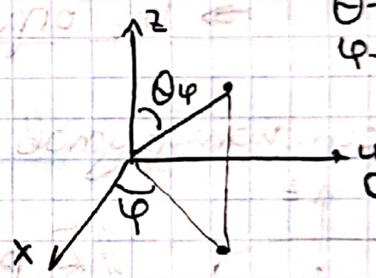


// K захват – ядро захват. e с ближ. оболочки //

I Пространственное квантование

$\vec{L}$ – только дискр. ряд значений

вращат. ⇒ удобна полер. Ck



θ - полер.
φ - азимутал. угол

Оператор момента импульса:

$[\bar{r} \times \bar{p}]$, 2пост.KM (все KM соотн. берутся из не KM добавлением ^)

$$\hat{\vec{L}} = [\hat{\vec{r}} \times \hat{\vec{p}}]$$

$$\hat{L} = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ \hat{x} & \hat{y} & \hat{z} \\ \hat{p}_x & \hat{p}_y & \hat{p}_z \end{vmatrix} = \bar{i}\underbrace{(\hat{y}\hat{p}_z - \hat{z}\hat{p}_y)}_{\hat{L}_x} + \ldots = \ldots \Rightarrow$$

непростая арифметика

$$\hat{L}_z = -i\hbar\left(\frac{\partial}{\partial\varphi}\right)$$

Волновая ф-я, опис. состояние с опред. зн-м L_z:

$$\Psi_{L_z} \sim e^{i(L_z/\hbar)\varphi} \quad (*)$$

Сканировано с CamScanner

Рет Откуда ф-ла ВФ:

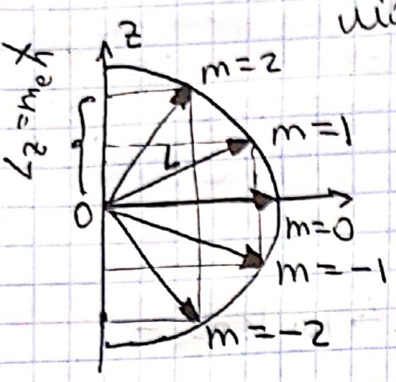
$\hat{L}\Psi = L\Psi$ L в эксп. набл. зн-е L, кот. в спектре с.з.

$$-i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial\varphi} = L_z\Psi \rightarrow \Psi_{L_z} = e^{i\left(\frac{L_z}{\hbar}\right)\varphi}$$

Ясно, что должно быть: $\Psi_{L_z}(\varphi) = \Psi_{L_z}(\varphi + 2\pi) \rightarrow \frac{L_z}{\hbar} \in \mathbb{Z}$

$\Downarrow$

квантование проекции мом.имп. $\rightarrow$ $\boxed{L_z = m_\ell \hbar,\ m_\ell = 0, \pm1, \pm2, \ldots}$



схема

То же для L_x, L_y.

выходит странно: z-произв? проекция Vox?

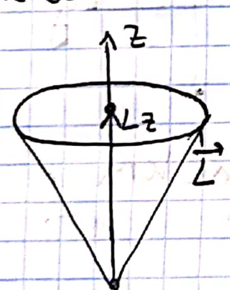
имеем дело с $\hat{L}$ ← для сред.ожид.зн.

[При измерении проекции момента импульса мы обязательно получим рез-т, кратный $\hbar$.]

[Поскольку проекция м.имп. $\leq$ м.имп. $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ m_ℓ огранич. числом ℓ ($2\ell+1$ зн-е проекции для заданного ℓ)]

// L не сост. коммутатов с вир. центр, не им. опр. знач. — прецессия ℓ-г. азимут. угл.



// $\vec{L}$ размазан по образующим конуса //

— квант. мех. принцип неопр-ти имп.

Если нет выделенной поляризации: (все равновероятно)

$$\overline{L_x^2} = \overline{L_y^2} = \overline{L_z^2}$$

$$\overline{L^2} = \overline{L_x^2} + \overline{L_y^2} + \overline{L_z^2} = 3\overline{L_z^2}$$

Все зн-я L_z равновероятны:

$$\overline{L_z^2} = \hbar^2 \cdot \frac{\ell^2 + (\ell-1)^2 + \ldots + (-\ell)^2}{2\ell+1} = \frac{\hbar^2}{3}\ell(\ell+1)$$

$$1^2 + \ldots + \ell^2 = \frac{\ell(\ell+1)(2\ell+1)}{6}$$

$\boxed{L^2 = \hbar^2 \ell(\ell+1)}$ m_ℓ — магнитное квант. число $\rightarrow m_{\ell_{max}} = \ell$, $m_{\ell_{min}} = -\ell$

ℓ — орбитал. квант. число

$(L_{z\,max} = \hbar l) \neq (L_{max} = \hbar\sqrt{l(l+1)})$, ← кстати, нюанс

а меньше L_{max}! ← из-за принципа неопр.

Итак, e^- в атоме:

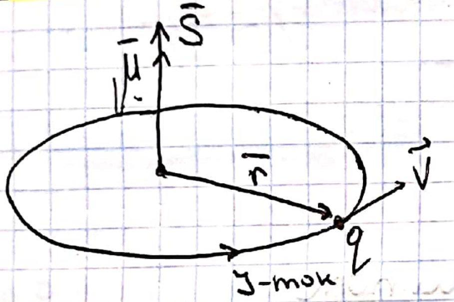
$|\vec{l}|^2 = \hbar^2 l(l+1)$, $l = 0, 1, 2\ldots$, $\vec{l}$ – орбитал. момент.

$l_z = \hbar m_l$, $m_l = 0, \pm 1, \pm 2, .., \pm l$ l – орб. число.

$\vec{l} = 0$ — $l=0$ (sharp) сферсимм.; $l=1$ (principal) основная; $l=2$ d; $l=3$ f

$\vec{l} \neq 0 \Rightarrow$ есть ток $\Rightarrow$ есть магн. момент

II. Магнитный момент



Момент витка с током в класс.:

$\vec{\mu} = \frac{1}{c} J \vec{S}$

$T = \frac{2\pi r}{v}$, $J = \frac{q}{T} = \frac{qv}{2\pi r}$ – ток

Момент витка $\vec{\mu} = \frac{1}{c}\frac{qv}{2\pi r}\pi r^2 \vec{n}$

$\vec{\mu} = \frac{q}{c} r v \vec{n} = \frac{q}{2c}[\vec{r}\times\vec{v}]$.

Момент импульса частицы:

$\vec{L} = [\vec{r}\times\vec{p}] = m[\vec{r}, \vec{v}] \longrightarrow \boxed{\vec{\mu} = \frac{q}{2mc}\vec{L}}$

γ – гиромагнитное отношение

$\vec{L}$ квантуется $\Rightarrow \vec{\mu}$ квантуется:

$L_z = m_l \hbar$, $m_l = 0, \pm 1, \ldots$

$\mu_z = \gamma m_l \hbar = \frac{q\hbar}{2mc} m_l$

μ_0 – магнетон – квант проекции магн. мом.

Величина $\mu = \sqrt{\langle \vec{\mu}^2 \rangle} = \sqrt{\gamma^2 \langle \vec{L}^2 \rangle} = |\gamma| \hbar \sqrt{l(l+1)} = |\mu_0| \sqrt{l(l+1)}$

Min ненул. зн-е магн. момента: при $l = 1$,

$\mu_{min} = |\mu_0| \sqrt{2}$

$$E = E^{эл} + E^{кол} + E^{вращ}$$

$$\sim \frac{L^2}{2Y} \leftarrow \text{сред}$$

$\boxed{\text{III}}$ Магнетон Бора – атом H

Из $\mu_z = \mu_0 m_\ell$, где $q = -e < 0$

$\mu_0 = \frac{q\hbar}{2m_e}$ $\qquad m = m_e$ – масса e

$\mu_z = -\mu_Б m_\ell$, $m_\ell = 0, \pm1, \pm2, \ldots$, $\mu_Б = \frac{e\hbar}{2m_e c} = 9{,}274 \cdot 10^{-21}$ эрг/Гс

квант магн. мом. эл-на
магнетон Бора

Для протона:

$$\mu_{яд} = \frac{|e|\hbar}{2m_p c} = 5{,}0508 \cdot 10^{-24} \text{ эрг/Гс}$$

ядерный магнетон

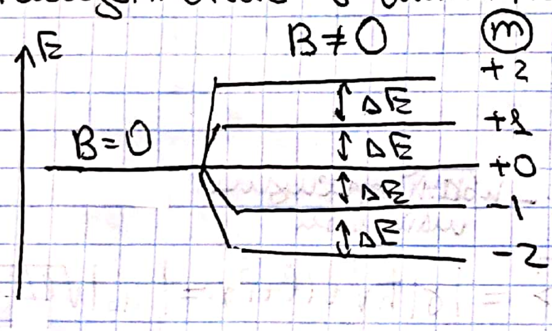
$\boxed{\text{IV}}$. Снятие вырождения в магн. поле

$U = -\vec{\mu}\vec{B}$ – энергия магн. момента в м. поле

Если выбрать z по $\vec{B}$: $U = -\mu_0 B m_\ell$, $m_\ell = 0, \pm1, \ldots$

[В магн. поле следует ожидать расщепление уровней с задан. ℓ на $2\ell+1$ эквидистантных энерг. подуровней с шагом $\Delta E = \mu_Б B$]

Расщепление в магн. поле уровня $\ell = 2$.

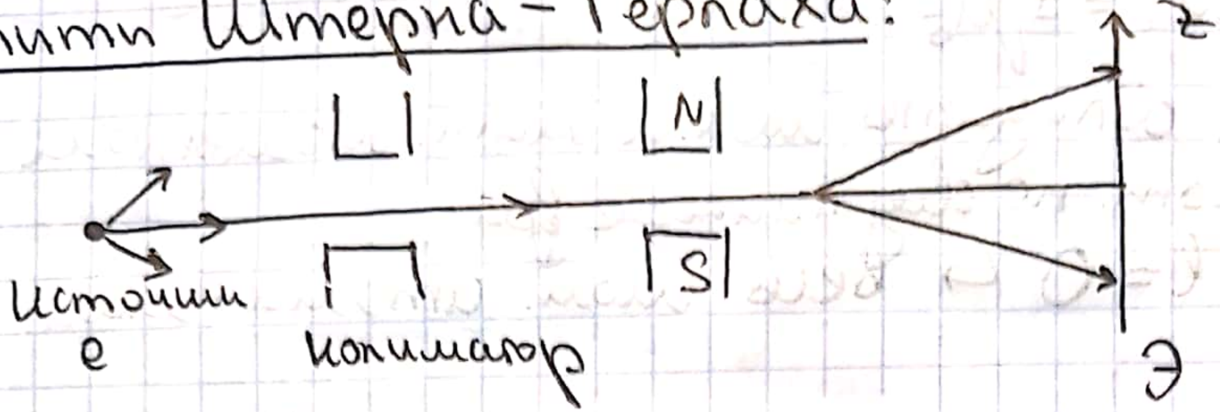


счит, на сколько линий расщ ↔ наход. ℓ
опыт.

$\boxed{V}$ Спин

1) экспериментально счит. $2l+1 \Rightarrow$ наход. l

Опыты Штерна-Герлаха:



$U = -\overline{M}\,\overline{H} = -MH\cos\alpha$

$\overline{F} = -\mathrm{grad}\,\overline{U} = -M\frac{\partial H}{\partial z}\cos\alpha$ делаем поле доб. неодн.

2 особенности:

1) дискретность распр-я по z

2) расщ. пучка на 2 комп-ты