Методические указания к практическим занятиям по разделу „Атомная физика."
Методические указания к решению задач домашнего задания по данной теме. (7 модуль)
Для студентов, изучающих физику 4 семестра.

Волновые свойства частиц
(Гипотеза де-Бройля)

Движущаяся частица с импульсом p, в некоторых ситуациях, может обладать волновыми свойствами с длиной волны

$$\underbrace{\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}}$$ – длина волны де-Бройля,

где h – постоянная Планка
$h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

1) Классическая частица, обладающая кинетической энергией – W, где $W = \frac{p^2}{2m}$, откуда $p = \sqrt{2mW}$,

имеет длину волны $$\underbrace{\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mW}}}$$

Если заряженная частица приобретает кинетическую энергию в электрическом поле, пройдя разность потенциалов U, то

$W = qU$, где q – заряд частицы

и тогда λ определяется, как

$$\underbrace{\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mqU}}}$$

2) <u>Релятивистская</u> частица

Полная энергия такой частицы (1) $E = E_0 + W$, где

$E = mc^2$

$E_0 = m_0 c^2$ - энергия покоя

Длина волны де-Бройля:

(*) $\lambda = \frac{h}{p}$, где $\begin{cases} p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \\ E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{E_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \end{cases}$ исключив v, получим:

$$\Rightarrow p = \frac{\sqrt{E^2 - E_0^2}}{c}, \text{ тогда}$$

(*) $\lambda = \frac{hc}{\sqrt{E^2 - E_0^2}}$, учтя: $E - E_0 = W$ (из (1)), найдем

$\underline{E^2 - E_0^2} = W(W + 2E_0)$, и

$$\lambda = \frac{hc}{\sqrt{W(W+2E_0)}}, \text{ а также } \lambda = \frac{hc}{\sqrt{qU(qU+2E_0)}}$$

3) Если $W \ll E_0$ - частица классическая

$W \sim E_0$ - частица релятивистская

$\underline{E_0 = m_0 c^2} = 9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 9 \cdot 10^{16} = 81{,}9 \cdot 10^{-15}$ Дж $=$

энергия покоя электрона

$= \frac{81{,}9 \cdot 10^{-15}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} \cong 0{,}51 \cdot 10^6$ эВ $=$

$= \underline{0{,}51 \text{ МэВ}}.$

Задачи по теме „Волновые свойства частиц."

Гипотеза де-Бройля

Задача 1. Вычислить дебройлевскую длину волны электрона и атома водорода, кинетические энергии которых равны 100 *эВ*.

$$\left.\begin{matrix} W_e \\ W_H \end{matrix}\right\} = 100\,эВ$$

$\lambda_e = ?$

$\lambda_H = ?$

$\lambda = \frac{h}{p}$, поскольку $W = \frac{p^2}{2m}$, то $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mW}}$, тогда

$$\lambda_e = \frac{h}{\sqrt{2m_eW_e}} = \frac{6{,}63\cdot10^{-34}}{\sqrt{2\cdot9{,}1\cdot10^{-31}\cdot10^2\cdot1{,}6\cdot10^{-19}}} = 1{,}22\cdot10^{-10}(м) = 1{,}22\,\mathring{A}$$

учтя, что $m_H \equiv m_p = 1836{,}1m_e$

$$\lambda_H = \frac{h}{\sqrt{2m_pW_p}} = \frac{h}{\sqrt{2\cdot1836{,}1\,m_e\,W_H}} = \frac{1{,}22}{42{,}8} = 2{,}9\cdot10^{-2}\,\mathring{A}$$

Задача 2. На сколько отличаются дебройлевские длины волн протона и нейтрона, движущихся с энергией равной 1 *эВ*?

$W = 1\,эВ$

$m_p = 1836{,}1m_e$

$m_n = 1839{,}6m_e$

$\Delta\lambda = ?$

$\Delta m = 3{,}5m_e$, т.е. разность масс по отношению к массам самих частиц очень мала и Δ можно считать дифференциалом, а $m_p \approx m_n \simeq m$

тогда, продифференцировав

$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mW}}$ по массе, получим:

$$\Delta\lambda = d\lambda = -\frac{h\,2W\,dm}{2\cdot2\cdot mW\sqrt{2mW}} = -\frac{h}{2\sqrt{2mW}}\cdot\frac{\Delta m}{m} =$$

$$= \frac{6{,}63\cdot10^{-34}}{2\sqrt{2\cdot1838\cdot9{,}1\cdot10^{-31}\cdot1{,}6\cdot10^{-19}}}\cdot\frac{3{,}5m_e}{1838\,m_e} = 2{,}7\cdot10^{-14}(м) = 2{,}7\cdot10^{-4}\,\mathring{A}$$

Волновые свойства частиц.

Задача 3. Какова скорость изменения дебройлевской длины волны протона, ускоряемого продольным электрическим полем напряженностью 3 *кВ/см*, в тот момент, когда его кинетическая энергия равна 1*кэВ*?

$E = 3 \cdot 10^5$ В/м
$W = 10^3$ эВ
$\frac{d\lambda}{dt} = ?$

$\lambda = \frac{h}{mv}$, где $\left.\begin{matrix} v = at \\ a = \frac{qE}{m} \end{matrix}\right\}$ тогда $\lambda = \frac{h}{qEt}$, а

$$\frac{d\lambda}{dt} = -\frac{h}{qEt^2} \quad (*)$$

Чему равно время (t) когда W станет равна 1кэВ?

$$W = \frac{ma^2t^2}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{2W}{ma^2} = \frac{2Wm}{q^2E^2}, \text{ подставим в } (*)$$

$$(*) \quad \frac{d\lambda}{dt} = -\frac{hqE}{2Wm} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 3 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^3 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 1{,}67 \cdot 10^{-27}} = 5{,}96 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$$

Задача 4. Определить, при какой скорости длина волны де-Бройля для электрона равна его комптоновской длине волны.

$\lambda_e = \lambda_c$
$v_{электрона} = ?$

Комптоновская длина волны $\lambda_c = \frac{h}{m_0 c}$ (1)

Электрон не может иметь скорость равную скорости света, по теории относительности в этом случае его скорость:

$$v_{ep} = \frac{v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \text{ а } p_{ep} = mv = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \text{ тогда}$$

$$\lambda_{ep} = \frac{h}{p_{ep}} = \frac{h}{m_p v_p} = \frac{h\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{m_0 v} = \frac{h\sqrt{c^2 - v^2}}{m_0 v c} \quad (2)$$

По условию $\lambda_e = \lambda_c$, приравняем (1) и (2)

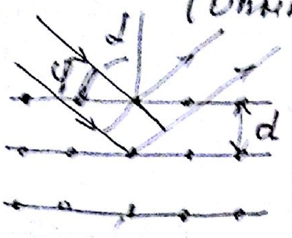
$$\frac{h}{m_0 c} = \frac{h\sqrt{c^2 - v^2}}{m_0 v c} \Rightarrow v = \sqrt{c^2 - v^2} \text{ или}$$

$$v^2 = c^2 - v^2 \Rightarrow 2v^2 = c^2, \text{ откуда}$$

$$v = \frac{c}{\sqrt{2}} = \frac{3 \cdot 10^8}{1{,}41} = 2{,}12 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

Дифракция электронов на кристаллических структурах.

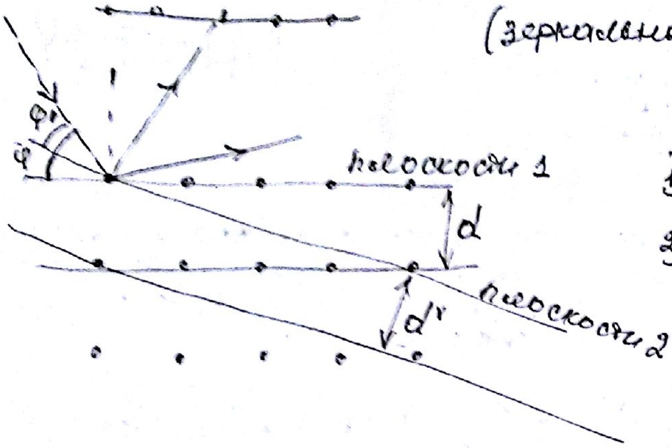
(Опыты Девиссона и Джермера)



Условие наблюд. max: $2d\sin\varphi = k\lambda$

(формула Вульфа-Брегов)

(зеркальное отражение от как-бы возникших плоскостей)



1) $2d\sin\varphi = k_1\lambda$

2) $2d'\sin\varphi' = k_2\lambda$

Задача: Пучок электронов с кинетической энергией 10 кэВ проходит через тонкую поликристаллическую фольгу и образует систему дифракционных колец на экране, отстоящем от фольги на $l = 10$ см. Найти межплоскостное расстояние, для которого максимум отражения третьего порядка соответствует кольцу с радиусом $r = 1{,}6$ см.

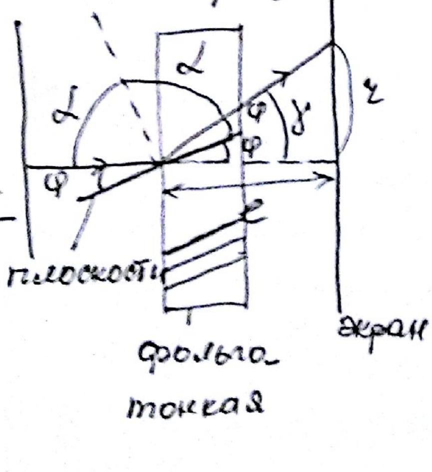
$W = 10\cdot10^3$ эВ

$l = 0{,}1$ м

$k = 3$

$r = 1{,}6\cdot10^{-3}$ м

$d = ?$



$\varphi = \frac{\gamma}{2}$ $\quad \gamma = ?$

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{r}{l} = \frac{1{,}6\cdot10^{-3}}{1\cdot10^{-1}} = 1{,}6\cdot10^{-2} = \gamma$$

тогда $\varphi = 0{,}8\cdot10^{-2}$

Усл. В-Бр:

$$2d\sin\varphi = k\lambda$$

$$2d\varphi = k\frac{h}{\sqrt{2mW}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d = \frac{kh}{2\varphi\sqrt{2mW}} = \frac{3\cdot6{,}63\cdot10^{-34}}{2\cdot8\cdot10^{-3}\sqrt{2\cdot9{,}1\cdot10^{-31}\cdot1{,}6\cdot10^{-15}}} =$$

$$= \frac{19{,}89\cdot10^{-34}}{16\cdot10^{-3}\cdot53{,}96\cdot10^{-23}} = 0{,}23\text{ нм}$$

Почему кольца? Вопрос Вам!

Соотношение неопределенностей Гейзенберга.

1) $\Delta x \Delta p \geq h$
2) $\Delta E \Delta t \geq h$

т.к. неопределенности по сути есть малые величины, то математически, с ними следует обращаться как с дифференциалами.

Задача: Оценить относительную неопределённость импульса и кинетической энергии частицы, у которой неопределенность координаты в 20 раз больше её длины волны.

$\frac{\Delta x}{\lambda} = 20$

1) $\frac{\Delta p}{p} = ?$

2) $\frac{\Delta W}{W} = ?$

1) $\frac{\Delta p}{p} = ?$ учтя: $\Delta x \Delta p = h \Rightarrow \Delta p = \frac{h}{\Delta x}$

$\lambda = \frac{h}{p} \Rightarrow p = \frac{h}{\lambda}$, подставив в 1)

$$\frac{\Delta p}{p} = \frac{\cancel{h} \cdot \lambda}{\Delta x \cdot \cancel{h}} = \frac{\lambda}{\Delta x} = \underbrace{\frac{1}{20}}_{\text{из условия}} = 0{,}05 = 5\%$$

2) $\frac{\Delta W}{W} = ?$ учтя: $W = \frac{p^2}{2m} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \Delta W = \frac{2p\Delta p}{2m}$$

$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{2\cancel{p}\Delta p\,\cancel{2m}}{\cancel{2m}\,p^{\cancel{2}}} = 2\frac{\Delta p}{p} = 2 \cdot 0{,}05 = 0{,}1 = 10\%.$$

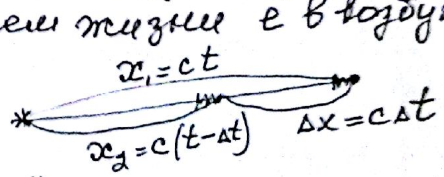
Задача: Атом излучил фотон с длиной волны $\lambda = 550$нм за время равное $\tau = 10^{-8}$с. Оценить неопределённость его координаты, энергии и относит. неопр. его длины волны.

для фотона

$\tau \equiv \Delta t = 10^{-8}$ с
$\lambda = 5{,}5 \cdot 10^{-7}$ м

$\Delta x = ?$
$\Delta E = ?$
$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = ?$

τ – неопределенность во времени излучения фотона (определяется временем жизни ё в возбужденном состоянии)

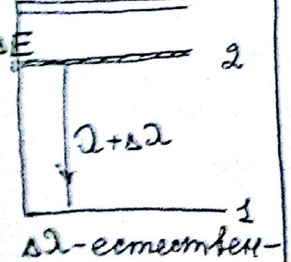


1) $\Delta x = c\Delta t = 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{-8} = 3$м

2) $\underbrace{\Delta E}_{\text{из соотн неопр.}} = \frac{h}{\Delta t} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}}{10^{-8}} = 6{,}63 \cdot 10^{-26} = 4{,}1 \cdot 10^{-7}$ эВ

3) $E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \Delta E = \cancel{-}\frac{hc}{\lambda^2}\Delta\lambda \Rightarrow$ знак чисто физический

$$\Rightarrow \Delta\lambda = \frac{\overbrace{\Delta E / h}^{1/\Delta t} \cdot \lambda^2}{c} = \frac{\lambda^2}{c\Delta t} = \frac{\lambda^2}{\Delta x} = 1 \cdot 10^{-3} \text{Å}$$

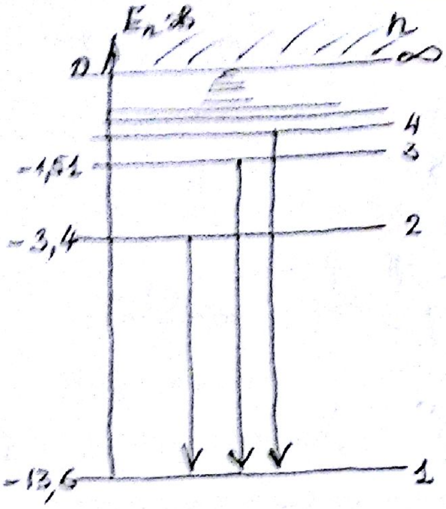


$\Delta\lambda$ – естественная ширина спектральной линии.

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\lambda}{\Delta x} = \frac{0{,}55 \cdot 10^{-6}}{3} = 1{,}8 \cdot 10^{-7}$$

! $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ – степень немонохроматичности излучения.

Спектральные закономерности
Теория Бора



Энергетическая схема атома водорода (распределение по возможным значениям энергии электронов в атоме)

Постулаты Бора

1) О стационарных орбитах

$$L = pr = n\hbar$$

момент импульса

2) Излучение только при переходе с одной орбиты на другую.

Упорядочение излучения: введение серий излучения (переходы $\bar{e}$ из всех выше лежащих состояний энергии в одно)

Формула Бальмера (описывающая сериальное излучение)

$$\tilde{\nu} = RZ^2\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \text{ где}$$

$\tilde{\nu}$ - волновое число $= \frac{1}{\lambda}$, где

λ - длина волны излучения.

R - постоянная Ридберга $= 1{,}0967 \cdot 10^7 \frac{1}{м}$

n - главное квантовое число

n_1 - значение главного квантового числа для уровня энергии, на который идёт переход.

n_2 - с которого.

Состояния атома бывают основным и возбужденным:

1) основное - все эл-ны в атоме находятся в основном состоянии, т.е. обладают min возможным для них значением энергии.

2) возбужденное - когда хотя бы один эл-н находится в состоянии с энергией большей, чем он может иметь в основном состоянии.

Энергия стационарного состояния $E_n = -\frac{hcR}{n^2}Z^2$

Z - зарядовое число ядра

Энергия излучения $h\nu = E_2 - E_1$

$$h\nu = \frac{hc}{\lambda} = hcRZ^2\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

Спектральные закономерности (теория Бора)

Комбинационный принцип Ритца.

Для описания системы энергетических состояний электрона в атоме Ритцем было введено понятие **термов**. $T=\frac{RZ^2}{n^2}$ — (терм)

Систему энергетических состояний атома называют иначе системой термов.
а излучение длиной волны λ по Ритцу определяется:

$$\tilde{\nu}=\frac{1}{\lambda}=T_1-T_2=RZ^2\left(\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2}\right)$$

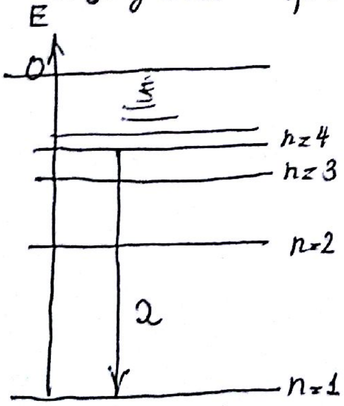
Связь энергии уровня с термом:

$$E=-hc\left(\frac{RZ^2}{n^2}\right)=-hcT$$

Задача 1. Определить квантовое число n возбужденного состояния атома водорода, если известно, что при переходе в основное состояние атом излучил фотон с длиной волны $\lambda=97{,}25$ нм

$\lambda=97{,}25$ нм

$n=?$



$$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{n}\right)\Rightarrow n^2=\frac{1^2R\lambda}{R\lambda-1^2}$$

$$n^2=\frac{1{,}0967\cdot10^7\cdot97{,}25\cdot10^{-9}}{1{,}0663-1}=\frac{1{,}0663}{0{,}0663}=16$$

$n=4$

Задача 2. Вычислить кинетическую энергию электрона, выбитого из первого возбужденного состояния атома водор. фотоном, длина волны которого 0,2 мкм.

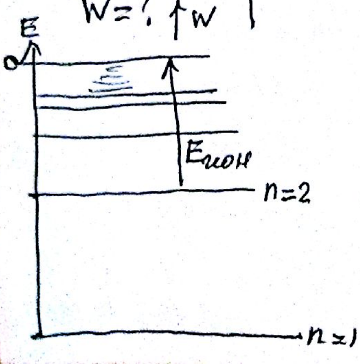
$n=2$

$\lambda=0{,}2$ мкм

$W=?$

$h\nu_ф=E_{ион}+W$

Эл-н поглощает энергию, часть расходует на $E_{ион}$ (покидает атом), оставшаяся часть энергии — это его кинет. энергия.



$$E_{ион}=\Delta E=hcR\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{\infty}\right)$$

$$E_{ион}=\frac{6{,}63\cdot10^{-34}\cdot3\cdot10^8\cdot1{,}0967\cdot10^7}{4\cdot1{,}6\cdot10^{-19}}\doteq3{,}4\text{ эВ}$$

$$E_ф=h\nu_ф=\frac{hc}{\lambda}=\frac{6{,}63\cdot10^{-34}\cdot3\cdot10^8}{2\cdot10^{-7}\cdot1{,}6\cdot10^{-19}}=6{,}2\text{ эВ},$$ тогда:

$$W=h\nu_ф-E_{ион}=6{,}2-3{,}4=2{,}8\text{ эВ}$$

теория Бора

Задача: 3. 1) Показать, что для атома водорода на боровских стационарных орбитах укладывается целое число длин волн де-Бройля.

2) Определить длину волны на первой боровской орбите.

3) Чему равна λ_e на второй боровской орбите, выраженная через радиус второй орбиты (R).

1) Исходя из условия квантования (первого постулата Бора):

$$pr = n\hbar \Rightarrow pr = n\frac{h}{2\pi} \Rightarrow 2\pi r = n\frac{h}{p} \Rightarrow \underline{\underline{2\pi r = n\lambda}},$$

2) $$\lambda_1 = \frac{2\pi r_{Б1}}{n} \quad (*) \qquad \text{где} \qquad r_{Б_1} = \frac{h^2 h^2 \varepsilon_0}{\pi m e^2} = 0{,}53\,\text{Å}$$

$$\boxed{r_Б \sim n^2}$$

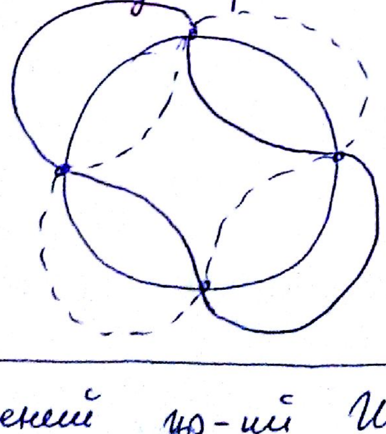
и тогда

$$(*) \quad \underline{\underline{\lambda_1 = 3{,}32\,\text{Å}}}$$

3) $$pR = n\hbar \Rightarrow 2\pi R = n\lambda_2$$ если по условию $n=2$,

то $\underline{\underline{\lambda_2 = \pi R}},$

Графически: при $n=2$ укладывается на орбите две длины волны де-Бройля (стоячие волны)



стоячие волны с числом узлов $2n$

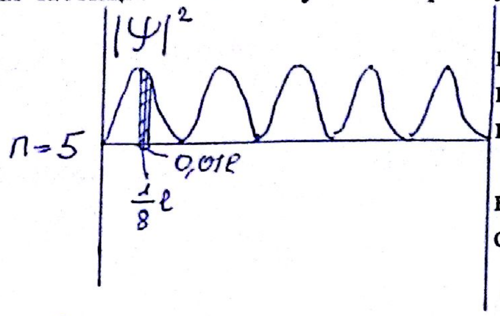
($n=2$; число узлов – 4)

О применении решений ур-ий Шредингера для описание состояния электрона в потенциальной яме (ящике), читайте в учебнике Э.В. Шпольского „Атомная физика" том I, §§ 156-157.

Применение решений уравнений Шредингера.

Задача 1. Частица находится в потенциальном ящике шириной L. Вычислить вероятность того, что частица находится на расстоянии 1/8 L от края ящика с точностью до 0,01 L, если энергия частицы соответствует четвертому возбужденному состоянию.

$n=5$
$\Delta x = 0{,}01l$
$x = \frac{1}{8}l$
$P = ?$



Распределение плотности вероятности нахождения частицы в потенциальной яме (ящике) в четвертом возбужденном состоянии.

Надо найти вероятность нахождения частицы в заштрихованной области.

пределы интегрования

$0{,}125 + 0{,}005 = 0{,}13l$
$0{,}125 - 0{,}005 = 0{,}12l$

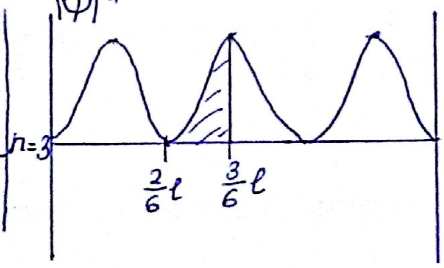
$$P = \int |\Psi|^2 dx$$

$$P = \int_{0{,}12l}^{0{,}13l} \frac{2}{l}\sin^2\frac{n\pi}{l}x\,dx = \frac{2}{l}\frac{1}{2}\left(x - \frac{l}{2n\pi}\left(\sin\frac{2n\pi}{l}x\right)\right)\Bigg|_{0{,}12l}^{0{,}13l} =$$

$$= \frac{1}{l}\left(0{,}13l - 0{,}12l - \frac{\sin 1{,}3\pi}{10\pi} + \frac{\sin 1{,}2\pi}{10\pi}\right) = 1{,}7\cdot 10^{-2}$$

Задача 2. Частица находится во втором возбужденном состоянии в прямоугольной яме шириной l с абсолютно непроницаемыми стенками. Найти вероятность обнаружения этой частицы в области $\frac{2}{6}l < x < \frac{3}{6}l$.

$n=3$
$\frac{2}{6}l < x < \frac{3}{6}l$
$P = ?$



$$P = \int |\Psi|^2 dx$$

$$P = \int_{\frac{2}{6}l}^{\frac{3}{6}l} \frac{2}{l}\sin^2\frac{n\pi}{l}x\,dx =$$

$$= \frac{2}{l}\frac{1}{2}\left(x - \frac{l}{2n\pi}\sin\frac{2n\pi}{l}x\right)\Bigg|_{\frac{2}{6}l}^{\frac{3}{6}l} =$$

$$= \frac{1}{l}\left(\frac{3}{6}l - \frac{2}{6}l - \frac{l}{2\cdot 3\cdot 3{,}14}\left(\sin\frac{2\cdot 3\pi}{l}\frac{3}{6}l - \sin\frac{2\cdot 3\pi}{l}\cdot\frac{2}{6}l\right)\right) = \frac{1}{6} - \underbrace{\left(\sin 3\pi - \sin 2\pi\right)}_{0}\frac{1}{2\cdot 3\cdot\pi} =$$

$$= \frac{1}{6}$$

По условиям нормировки вероятность нахождения частицы в данном состоянии равна 1. т.е. площадь под графиком $|\Psi|^2$ равна единице. Тогда при заданных условиях вероятностью нахождения частицы в этих пределах будет отношение заштрихованной части площади ко всей площади!

Квантование атомов

	K слой	L слой	M слой
Главное квантовое число	$n = 1,$	$2,$	$3, \ldots$

Главное квантовое число $n = 1, 2, 3, \ldots$ (K слой, L слой, M слой)

Орбитальное квантовое число $l = 0, 1, 2 \ldots n-1$ (s, p, d)

Магнитное квантовое число (орбитальное) $m_l = 0, \pm 1, \pm 2 \ldots \pm l$ $(2l+1)$

Магнитное спиновое число $m_s = +\frac{1}{2}; -\frac{1}{2}$

Заполнение электронных оболочек

слой	K	L		M		
оболочка (n, l)	1s	2s	2p	3s	3p	3d
m_l	0	0	+1 0 −1	0	+1 0 −1	+2 +1 0 −1 −2
m_s	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓
число электронов	2	2	6	2	6	10

L: 8 M: 18

„Вырождение" — одному значению энергии электрона соответствует несколько волновых функций.

Кратность вырождения — $2n^2$

Электронная конфигурация, например $Z = 12$

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

Состояние терма описывается квантовыми числами:

n, l, s, J — квант. число полного момента

s — спиновое

Как записать терм основного состояния атома?

Терм $n^{\vartheta}(\ell)_J$

ϑ – мультиплетность – число подуровней на которое расщепляется терм вследствие спин-орбитального взаимодействия.

Примеры

1) Углерод (C) $Z = 6$

Электронная конфигурация:

$1s^2 2s^2 2p^2$

2 p электрона

	p		
m_ℓ	+1	0	-1
	↑	↑	

Терм $n^{\vartheta}(\ell)_J$ что есть что?

$n = 2$

$\ell = \sum m_\ell = 1(+1) + 1(0) = 1$ $\ell \equiv p$

$s = \sum m_s = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$

$\vartheta = 2s + 1 = 2 \cdot 1 + 1 = 3$

$J = \begin{cases} \ell + s \text{ – если оболочка заполнена больше чем на половину} \\ \ell - s \text{ – если меньше} \end{cases}$

если наполовину, то $\ell = 0$

Итак: здесь $J = \ell - s = 1 - 1 = 0$

Вид терма $\underline{2\,{}^3P_0}$

2) Азот (N) $Z=7$

$1s^2 2s^2 2p^3$

m_e	p		
	+1	0	-1
	↑	↑	↑

$n=2$

$l=\Sigma m_e = 1(1)+1(0)+1(-1)=0$ $\quad l=S$

$s=\Sigma m_s = \frac{1}{2}+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}=\frac{3}{2}$

$\vartheta = 2s+1 = 2\cdot\frac{3}{2}+1 = 3+1 = 4$

$J = 0+\frac{3}{2}=\frac{3}{2}$

Вид терма $2\,{}^4S_{3/2}$ Состояние при $S=0$ – расщепления нет

S – состояния наз. синглетными.

3) Литий (Li) $Z=3$

$1s^2 2s^1$

m_e	S
	0
	↑

$n=2$

$l=0$

$s=\frac{1}{2}$

$\vartheta = 2\cdot\frac{1}{2}+1=2$

$J=0+\frac{1}{2}=\frac{1}{2}$

Вид терма $2\,{}^2S_{1/2}$

1) Бериллий $Z = 4$

$1s^2 2s^2$

	s
m_l	0
	↑↓

$n = 2$

$l = 0$ $l \to S$

$s = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} = 0$

$\chi = 2s + 1 = 0 + 1 = 1$

$J = l + s = 0 + 0 = 0$

Вид терма 2^1S_0

<u>Первое возбужденное состояние</u>

Литий $Z = 3$

Было $1s^2 2s^1$

Стало $1s^2 2p^1$

	s
m_l	0
	↑

→

	p		
m_l	+1	0	−1
	↑		

$n = 2$

$l = 1(1) = 1$

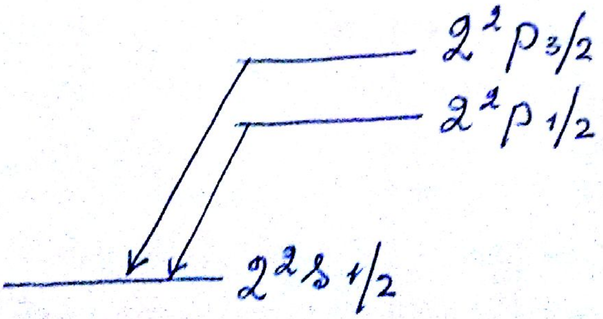
$s = \frac{1}{2}$

$$J \text{ м.б. } \left.\begin{aligned} l - s &= 1 - \tfrac{1}{2} = \tfrac{1}{2} \\ l + s &= 1 + \tfrac{1}{2} = \tfrac{3}{2} \end{aligned}\right\}$$

Вид термов $2^2P_{1/2}$ – скорее это!

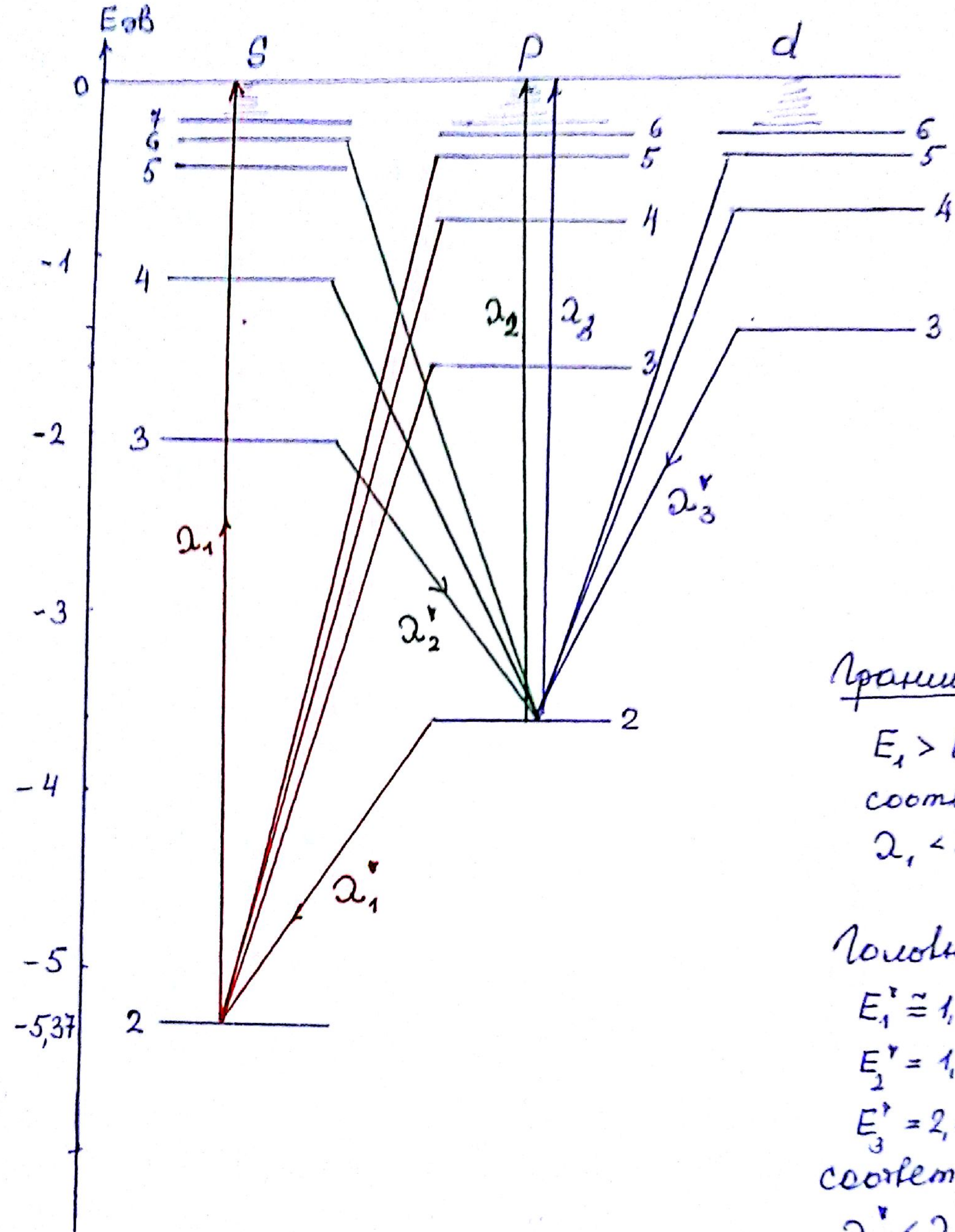
$2^2P_{3/2}$

но м.б. дублет



Generated by CamScanner

Спектральные закономерности излучения щелочно-земельных элементов на примере лития



Главная серия

Резкая серия

Диффузн. серия

Границы серий

$E_1 > E_2 = E_3$

соответственно

$\lambda_1 < \lambda_2 = \lambda_3$

Головные линии

$E_1' \cong 1{,}8$ эВ

$E_2' = 1{,}5$ эВ

$E_3' = 2{,}3$ эВ

соответственно

$\lambda_3' < \lambda_1' < \lambda_2'$

Главная $p \to S$

Резкая $S \to p$

Дифф. $d \to p$

Правила отбора:

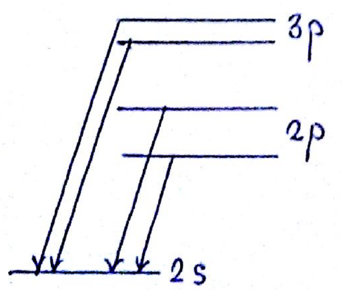
$\Delta l = \pm 1$

$\Delta S = 0$

$\Delta m_J = 0, \pm 1$

$\Delta J = 0, \pm 1$ кроме $J_0 \to J_0$

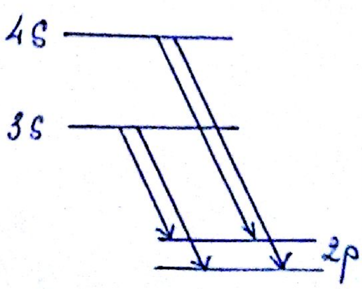
Главная



Дублеты

Расщепление различно

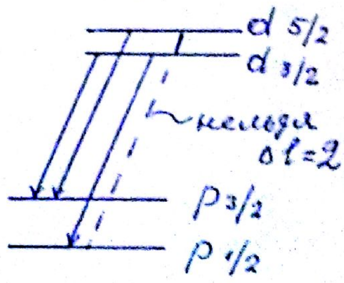
Резкая



Дублеты

Расщепление одинаково

Диффузная



триплет