



# Задачи по квантовой механике

24.02.2021 г

# стр. 288, 297(2)

ЭТЭ стр. 288

(1) - (3)

(A2) - (2)

$$(A3) - \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{ch}{E_1 - E_0} \quad (3)$$

$$(4) \text{ т.к. } E_f = p_f \cdot c, \text{ то } p_f = p_{av} = \frac{E_f}{c} = \frac{6 \cdot 10^{-18}}{3 \cdot 10^8} = 2 \cdot 10^{-26} \text{ кг} \cdot \text{м/с} \quad (2)$$

$$(5) p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 1,5 \cdot 10^{14}}{3 \cdot 10^8} = 3,3 \cdot 10^{-28} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$$

стр. 297(2)

$$E_4 = -0,85 \text{ эВ}$$

$$E_2 = -3,4 \text{ эВ}$$

$\lambda = ?$

$$\nu = \frac{E_4 - E_2}{h} \Rightarrow \lambda = \frac{ch}{E_4 - E_2}$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34}}{(-0,85 - (-3,4)) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 4,85 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

# P-1175-1176

1175(1143). Для ионизации атома азота необходима энергия 14,53 эВ. Найти длину волны излучения, которое вызовет ионизацию.

1176(1144). Для однократной ионизации атомов неона требуется энергия 21,6 эВ, для двукратной — 41 эВ, для трехкратной — 64 эВ. Какую степень ионизации можно получить, облучая неон рентгеновскими лучами, наименьшая длина волны которых 25 нм?

$$\begin{array}{l}
 \text{P-1145} \\
 \Delta E_1 = 14,53 \text{ эВ} \\
 h; c \\
 \lambda - ?
 \end{array}
 \left|
 \begin{array}{l}
 \lambda = \frac{hc}{\Delta E_1} = \frac{19,8 \cdot 10^{-26}}{14,53 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 0,85 \cdot 10^{-7} \text{ м} = \\
 = 85 \text{ нм} \quad (\text{у/р}) \\
 \quad \quad \quad (\text{мм сетка})
 \end{array}
 \right.$$

$$\begin{array}{l}
 \text{P-1146} \\
 E_{i1} = 21,6 \text{ эВ} \\
 E_{i2} = 41 \text{ эВ} \\
 E_{i3} = 64 \text{ эВ} \\
 \lambda = 25 \cdot 10^{-9} \text{ м} \\
 n - ?
 \end{array}
 \left|
 \begin{array}{l}
 E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{19,8 \cdot 10^{-26}}{25 \cdot 10^{-9}} = \frac{0,792 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = \\
 = 0,495 \cdot 10^2 \text{ эВ} = 49,5 \text{ эВ} > E_{i2} \Rightarrow n = 2
 \end{array}
 \right.$$

# P-1177, 1178

✓ 1177(1145). Во сколько раз изменится энергия атома водорода при переходе атома из первого энергетического состояния в третье? при переходе из четвертого энергетического состояния во второе?

✓ 1178(1146). Во сколько раз длина волны излучения атома водорода при переходе из третьего энергетического состояния во второе больше длины волны излучения, обусловленного переходом из второго состояния в первое?

P-1144 (почти точно)

$$E_1/E_3? \quad \frac{E_1}{E_3} = \frac{R}{1^2} = \frac{R}{9} = \frac{1}{9} \quad (E \uparrow \text{ в } 9 \text{ раз})$$

$$E_4/E_2? \quad \frac{E_4}{E_2} = \frac{R}{4^2} = \frac{R}{16} = \frac{1}{16} = \frac{1}{4} \quad (E \downarrow \text{ в } 4 \text{ раза})$$
  

P-1148

$$\frac{\lambda_{3-2}}{\lambda_{2-1}} = \frac{c}{\nu_{3-2}} = \frac{c}{R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\lambda_{3-2}}{\lambda_{2-1}} = \frac{R \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right)}{R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right)} = \frac{1 - \frac{1}{4}}{\frac{1}{4} - \frac{1}{9}} = \frac{3 \cdot 36}{4 \cdot (9-4)} = \frac{27}{5} = 5,4$$
  

$\frac{\lambda_{3-2}}{\lambda_{2-1}} = 5,4$     мм     $\lambda_{3-2} = 5,4 \lambda_{2-1}$

# P-1183, стр.297(3)

✓ 1183(1151). Какую минимальную скорость должны иметь электроны, чтобы ударом перевести атом водорода из первого энергетического состояния в пятое?

P-1183 |  $E_k = \Delta E_{1-5} = E_5 - E_1 = -\frac{R}{5^2} - \left(-\frac{R}{1^2}\right) = \frac{24}{25} R$   
 $E_1 \rightarrow E_5$   
 $m_e; R$  |  $E_k = \frac{m_e v_e^2}{2} = \frac{24R}{25} \Rightarrow v_e = \sqrt{\frac{48R}{25 \cdot m_e}}$   
 $v_e^{-}?$  |  $v_e = \sqrt{\frac{48 \cdot 13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{25 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}} \approx 2,1 \cdot 10^6 \text{ м/с} = 2100 \text{ км/с}$

стр.297(3) |  $E = k \frac{q_p q_e}{r_1}$ , где  $r_1$  из:  $m_e v_e r_1 = n \cdot h \Rightarrow r_1 = \frac{n \cdot h}{m_e v_e}$   
 $n=1$   
 $E = k \frac{e \cdot m_e^2 v^2}{n^2}$  где  $r_1 = 5,29 \cdot 10^{-11} \text{ м}$  (см. 3-й стр.297(1))  
 $E = ?$   $r = ?$   
 $q = E \cdot r_1 = k \frac{q_p q_e}{r_1}$

# ЕГЭ стр. 298(2,3)

ЕГЭ стр. 298(2)

$$E_f = |E_1| + E_k$$

$$E_1 = -13,6 \text{ эВ}$$

$$\lambda = 80 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$v_e - ?$$

$$\frac{hc}{\lambda} = |E_1| + \frac{m_e v_e^2}{2}; \quad \frac{2hc}{2\lambda} = \frac{2\lambda|E_1|}{2\lambda} + \frac{\lambda m_e v_e^2}{2\lambda}$$

$$v_e = \sqrt{\frac{2(hc - \lambda|E_1|)}{\lambda \cdot m_e}}$$

$$v_e = \sqrt{\frac{2(19,8 \cdot 10^{-26} - 80 \cdot 10^{-9} \cdot 13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19})}{4080 \cdot 10^{-9} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}} = \sqrt{\frac{10^{-26}(19,8 - 17,408)}{10^{-40} \cdot 364}} \approx$$

$$\approx 0,081 \cdot 10^4 \text{ м/с} = 810 \text{ км/с}$$

ЕГЭ стр. 298(3)

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ эВ}$$

$$\lambda_{кр} = 300 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$E_2 \rightarrow E_1$$

$$v_e - ?$$

$$E_f = \Delta E_{\text{кр}} + E_k$$

$$E_2 - E_1 = \frac{hc}{\lambda_{кр}} + \frac{m_e v_e^2}{2}; \quad \frac{2\lambda_{кр} E_f}{2\lambda_{кр}} = \frac{2hc}{2\lambda_{кр}} + \frac{\lambda_{кр} m_e v_e^2}{2\lambda_{кр}}$$

$$E_f = E_2 - E_1 = -\frac{13,6}{2^2} + \frac{13,6}{1^2} = \frac{3 \cdot 13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{4} = 16,32 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$v_e = \sqrt{\frac{2(\lambda_{кр} E_f - hc)}{\lambda_{кр} \cdot m_e}} = \sqrt{\frac{2(300 \cdot 10^{-9} \cdot 16,32 \cdot 10^{-19} - 19,8 \cdot 10^{-26})}{300 \cdot 10^{-9} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2(48,96 - 19,8) \cdot 10^{-26}}{27,3 \cdot 10^{-38}}} \approx 1,46 \cdot 10^6 \text{ м/с} = 1,46 \text{ Мм/с}$$

П-981(824) (y)  $(\Delta E = -3,4 - (-13,6)) = (10,2 \text{ эВ})$

⊕ П-984(827) (нет, т.к. квант-мо 10,2 эВ)

П-985(828)  $\nu = \frac{E_3 - E_2}{h}$  (мм)  $\lambda = \frac{ch}{E_3 - E_2}$ , где  $(E_n = -\frac{R}{n^2})$

$n=3$

$k=2$

$\nu - ? (\lambda - ?)$

$$\lambda = \frac{ch}{-\frac{R^{14}}{3^2} + \frac{R^{19}}{2^2}} = \frac{36ch}{5R} = \frac{36 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34}}{5 \cdot 13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 6,6 \cdot 10^{-7} \text{ м (ультрафиолет! не светит)}$$

П-986(829) (y)

П-991(834)  $\Delta E = E_3 - E_2 = U \cdot e^-$

$n=2$

$k=3$

$U - ?$

$$U = \frac{E_3 - E_2}{e^-} = -\frac{R^{14}}{3^2} + \frac{R^{19}}{2^2} = \frac{5R}{36} = \frac{5 \cdot 13,6 \text{ эВ}}{36} \approx 1,9 \text{ эВ}$$

# №32

№32

Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой  $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$  эВ, где  $n = 1, 2, 3, \dots$  При переходе атома из состояния  $E_2$  в состояние  $E_1$  атом испускает фотон. Попад на поверхность фотокатода, фотон выбивает фотоэлектрон. Максимально возможная кинетическая энергия фотоэлектрона  $E_{max} = 6,1$  эВ. Определите длину волны света, соответствующую красной границе фотоэффекта для материала поверхности фотокатода.

№32

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ эВ}$$

$$E_{max(кин)} = 6,1 \text{ эВ}$$

$$E_2 \rightarrow E_1$$

$$\lambda_{кр} = ?$$

$$E_f = A_{вых} + E_{к} \quad \left. \begin{array}{l} E_f = A_{вых} + E_{к} \\ E_f = E_2 - E_1 \end{array} \right\} E_2 - E_1 = \frac{hc}{\lambda_{кр}} + E_{к},$$

$$E_f = E_2 - E_1 \quad \left. \begin{array}{l} E_f = E_2 - E_1 \\ A_{вых} = \frac{hc}{\lambda} \end{array} \right\} \frac{hc}{\lambda_{кр}} = E_2 - E_1 - E_{к}$$

$$\lambda_{кр} = \frac{hc}{E_2 - E_1 - E_{к}}$$

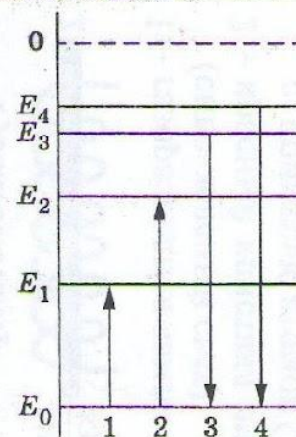
$$\lambda_{кр} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{\left(-\frac{13,6}{2^2} + \frac{13,6}{1^2} - 6,1\right) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} =$$

$$= \frac{19,8 \cdot 10^{-26}}{4,1 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \approx \underline{3 \cdot 10^{-8} \text{ м}} \quad (9/90)$$



4 На рисунке изображена упрощённая диаграмма энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих переходов связаны с поглощением света с наименьшей энергией и излучением кванта света с наибольшей длиной волны?

Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕСС	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД
А) поглощение света с наименьшей энергией	1) 1
Б) излучение кванта света с наибольшей длиной волны	2) 2
	3) 3
	4) 4

Ответ:

А	Б

# №32

32. Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой

$$E_n = -\frac{13,6 \text{ эВ}}{n^2}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

При переходах с верхних уровней энергии на нижние атом излучает фотон. Переходы с верхних уровней на уровень с  $n = 1$  образуют серию Лаймана; на уровень с  $n = 2$  — серию Бальмера; на уровень с  $n = 3$  — серию Пашена и т.д. Найдите отношение  $\beta$  максимальной частоты фотона в серии Лаймана к максимальной частоте фотона в серии Бальмера.

№32 | (решать по схеме №4)

$$\nu_{\text{Л}} = \frac{E_{\text{max}} - E_1}{h}, \quad \text{где } E_{\text{max}} = -\frac{13,6}{n^2 \rightarrow \infty} = 0$$

$$\nu_{\text{Б}} = \frac{E_{\text{max}} - E_2}{h}$$

$$\beta = \frac{\nu_{\text{Л}}}{\nu_{\text{Б}}} = \frac{+E_1 \cdot h}{h (-E_2)} = \frac{13,6 \cdot 2^2}{12 \cdot 13,6} = 4$$

# B2

B2. Атом переходит из возбуждённого состояния в основное, излучая при этом фотон. Как изменится энергия этого фотона, его частота и длина волны, если во втором случае атом переходит в основное состояние из возбуждённого состояния с более высокой энергией, чем в первом случае?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

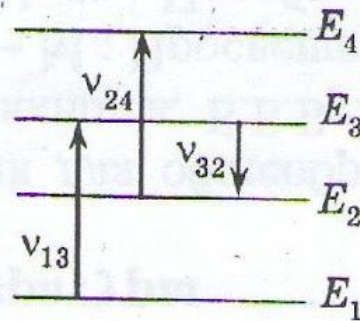
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Энергия излучаемого фотона	Частота излучаемого фотона	Длина волны излучаемого фотона

# C6

- С6. На рисунке представлены энергетические уровни электронной оболочки атома и указаны частоты фотонов, излучаемых и поглощаемых при некоторых переходах между ними. Какова максимальная длина волны фотонов, излучаемых атомом при любых возможных переходах между уровнями  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$  и  $E_4$ , если  $\nu_{13} = 7 \cdot 10^{14}$  Гц,  $\nu_{24} = 5 \cdot 10^{14}$  Гц,  $\nu_{32} = 3 \cdot 10^{14}$  Гц?



C6) (стр. 58)

$$\nu_{13} = 7 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$$\nu_{24} = 5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$$\nu_{32} = 3 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$\lambda_{\text{max}} - ?$

$$\lambda_{\text{max}} \Rightarrow \nu_{\text{min}} \Rightarrow \nu_{3-4} = \frac{E_4 - E_3}{h}$$

$$h \cdot \nu_{13} = E_3 - E_1$$

$$h \cdot \nu_{24} = E_4 - E_2$$

$$h \cdot \nu_{32} = E_3 - E_2$$

$$h(\nu_{24} - \nu_{32}) = E_4 - E_3$$

$$\lambda_{3-4} = \frac{c}{\nu_{3-4}}$$

$$\nu_{3-4} = \frac{h(\nu_{24} - \nu_{32})}{h}$$

$$\lambda_{3-4} = \frac{c}{\nu_{24} - \nu_{32}}$$

$$= \frac{3 \cdot 10^8}{(5 - 3) \cdot 10^{14}} = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

(м/к)

# Домашнее задание

- § 74,75,77
- стр.298(6)
- ЕГЭ стр.298(1)
- Р-1173,1174, П-982, 988

✓ 1173(1141). При переходе атома водорода из четвертого энергетического состояния во второе излучаются фотоны с энергией 2,55 эВ (зеленая линия водородного спектра). Определить длину волны этой линии спектра.

1174(1142). При облучении паров ртути электронами энергия атома ртути увеличивается на 4,9 эВ. Какова длина волны излучения, которое испускают атомы ртути при переходе в невозбужденное состояние?