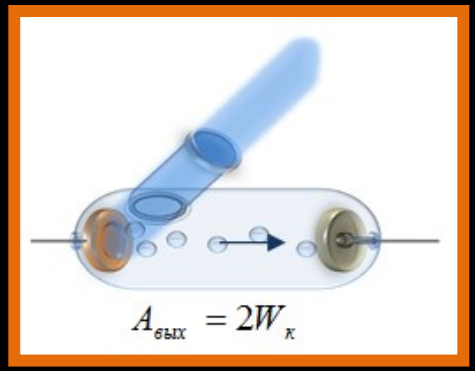
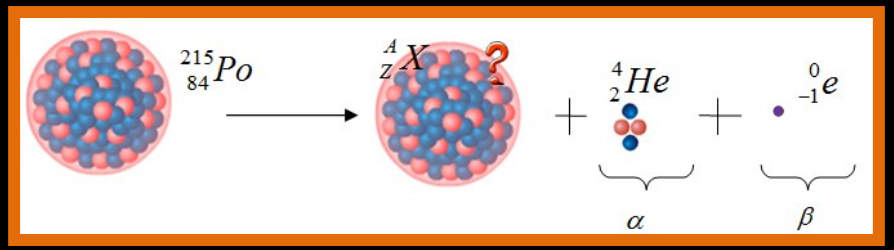
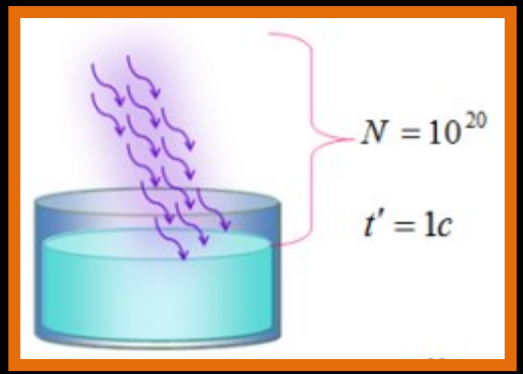
14.04.2017



СЛОЖНЫЕ ТЕМЫ ЕГЭ: «КВАНТОВАЯ ФИЗИКА».





Панченко Марина Николаевна,
учитель физики МБОУ «Гимназии №36»
методист по физике МКУ информационно-аналитического центра образования
г. Ростова-на-Дону.
(u-235_u-238@mail.ru)

Модель ЕГЭ в 2017 году

Механика				Молекулярная физика						Электродинамика								Квантовая физика			Методо-логия	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1	1

Часть 1

24	25	26	27	28	29	30	31
1	1	1	3	3	3	3	3

Часть 2

- 1,2,3,4,8,9,10,13,14,15,19,20,22,23,24,25,26 ответ в виде одного числа [3] [,] [5]
- 5,6,7,11,12, 16,17,18,21 ответом является последовательность двух цифр [1] [4]
- 27,28,29,30,31 ответ включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания

ФИЗИКА

ЕГЭ 2017

Спецификация ЕГЭ

Обобщенный план варианта КИМ ЕГЭ 2017 года по ФИЗИКЕ

Уровни сложности заданий: Б – базовый; П – повышенный; В – высокий.

Обозначение задания в работе	Проверяемые элементы содержания	Коды элементов содержания по кодификатору элементов содержания	Коды проверяемых умений	Уровень сложности задания	Максимальный балл за выполнение задания
Часть 1					
19	Планетарная модель атома. Нуклонная модель ядра. Ядерные реакции.	5.2.1, 5.3.1, 5.3.4, 5.3.6	1.1	Б	1
20	Фотоны, линейчатые спектры, закон радиоактивного распада	5.1.2, 5.2.2, 5.2.3, 5.3.5	2.1	Б	1
21	Квантовая физика *(изменение физических величин в процессах; установление соответствия между графиками и физическими величинами, между физическими величинами и формулами)*	5.1–5.3	2.1 2.4	Б	2

ФИЗИКА

ЕГЭ 2017

Квантовая физика

№ задания	Форма задания	Балл
19	краткий ответ (структура атома или его ядра)	1
20	краткий ответ	1
21	«увеличится – уменьшится, не изменится» или соответствие «график – величина» или «величина – формула»	2

Обозначение задания в работе	Проверяемые элементы содержания	Коды элементов содержания по кодификатору элементов содержания	Коды проверяемых умений	Уровень сложности задания	Максимальный балл за выполнение задания
Часть 2					
26	Электродинамика, квантовая физика *(расчетная задача)*	5.1–5.3	2.6	П	1
27	Механика – квантовая физика *(качественная задача)*	1.1–5.3	2.6, 3	П	3
28	Механика *(расчетная задача)*	1.1–1.5	2.6	В	3
29	Молекулярная физика *(расчетная задача)*	2.1, 2.2	2.6	В	3
30	Электродинамика *(расчетная задача)*	3.1–3.6	2.6	В	3
31	Электродинамика, квантовая физика *(расчетная задача)*	3.1–3.6	2.6	В	3

Спецификация ЕГЭ

Таблица 2. Распределение заданий по основным содержательным разделам (темам) курса физики

Раздел курса физики, включенный в экзаменационную работу	Количество заданий		
	Вся работа	Часть 1	Часть 2
Механика	9–11	7–9	2
Молекулярная физика	7–8	5–6	2
Электродинамика	9–11	6–8	3
Квантовая физика	4–5	3–4	1
Итого	31	23	8

Кодификатор ЕГЭ

5	***КВАНТОВАЯ ФИЗИКА***	
5.1	*КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ*	
	5.1.1	Гипотеза М. Планка о квантах. Формула Планка: $E = h\nu$
	5.1.2	Фотоны. Энергия фотона: $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = pc$. Импульс фотона: $p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$
	5.1.3	Фотоэффект. Опыты А.Г. Столетова. Законы фотоэффекта
	5.1.4	Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: $E_{\text{фотона}} = A_{\text{выхода}} + E_{\text{кин } max}$, где $E_{\text{фотона}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$, $A_{\text{выхода}} = h\nu_{\text{кр}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}$, $E_{\text{кин max}} = \frac{m\upsilon_{\max}^2}{2} = eU_{\text{зап}}$
	5.1.5	Волновые свойства частиц. Волны де Бройля. Длина волны де Бройля движущейся частицы: $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m\upsilon}$. Корпускулярно-волновой дуализм. Дифракция электронов на кристаллах
	5.1.6	Давление света. Давление света на полностью отражающую поверхность и на полностью поглощающую поверхность

ФИЗИКА
ЕГЭ 2017

Кодификатор ЕГЭ

5.2	*ФИЗИКА АТОМА*	
	5.2.1	Планетарная модель атома
	5.2.2	Постулаты Бора. Излучение и поглощение фотонов при переходе атома с одного уровня энергии на другой: $h\nu_{mn} = \frac{hc}{\lambda_{mn}} = \lvert E_n - E_m \rvert$
	5.2.3	Линейчатые спектры. Спектр уровней энергии атома водорода: $E_n = \frac{-13{,}6\ \text{эВ}}{n^2}$, $n = 1, 2, 3, \ldots$
	5.2.4	Лазер
5.3	*ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА*	
	5.3.1	Нуклонная модель ядра Гейзенберга–Иваненко. Заряд ядра. Массовое число ядра. Изотопы
	5.3.2	Энергия связи нуклонов в ядре. Ядерные силы
	5.3.3	Дефект массы ядра ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$: $\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_{\text{ядра}}$

ФИЗИКА
ЕГЭ 2017

Кодификатор ЕГЭ

	5.3.4	Радиоактивность. Альфа-распад: ${}^{A}_{Z}X \to {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$. Бета-распад. Электронный β-распад: ${}^{A}_{Z}X \to {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e + \tilde{\nu}_e$. Позитронный β-распад: ${}^{A}_{Z}X \to {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}\tilde{e} + \nu_e$. Гамма-излучение
	5.3.5	Закон радиоактивного распада: $N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$
	5.3.6	Ядерные реакции. Деление и синтез ядер

ФИЗИКА
ЕГЭ 2017

Особенности записи ответов в бланки ЕГЭ

Пример задания 19

Укажите число протонов и число нейтронов в ядре изотопа полония

$$^{214}_{84}Po$$

Ответ: 84 протона, 130 нейтронов

8	4	1	3	0		

Ответом к заданиям 19 и 22 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ

Ответ: (1,4 ± 0,2) Н. 22 1,40,2

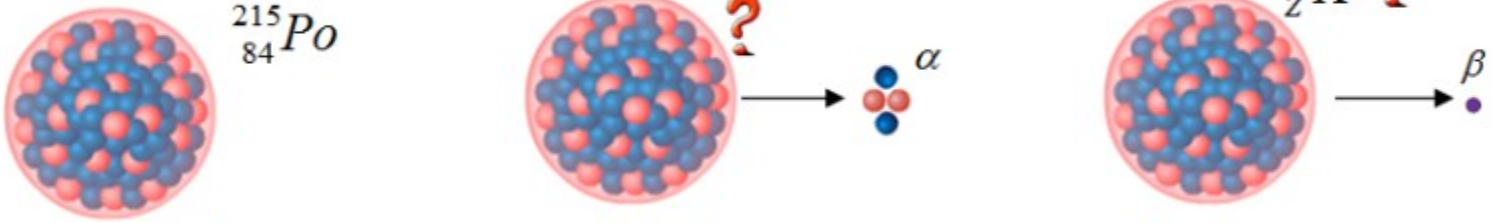
Бланк

Примеры заданий по разделу «Квантовая физика», вызвавших наибольшие затруднения у учащихся

Пример 1.

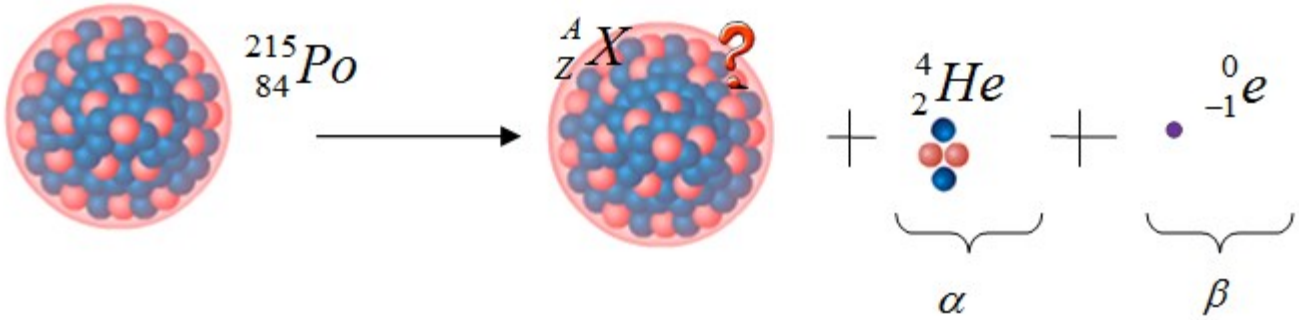
Какие заряд Z и массовое число A будет иметь ядро элемента, получившегося из ядра изотопа $^{215}_{84}Po$ после одного α – распада и одного электронного β – распада?

Реконструкция условия задачи.



Шаг 1. *Шаг 2.* *Шаг 3.*

Графическое представление процесса



Математическая модель решения.

$$^{215}_{84}Po \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{4}_{2}He + {}^{0}_{-1}e$$

$$^{215}_{84}Po \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{4}_{2}He + {}^{0}_{-1}e$$

$$215 = A + 4 + 0$$

$$A = 211$$

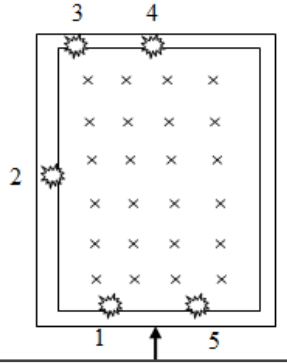
$$^{215}_{84}Po \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{4}_{2}He + {}^{0}_{-1}e$$

$$84 = Z + 2 + (-1)$$

$$Z = 83$$

Пример 2.

В камере прибора создано магнитное поле (см. рисунок), направленное перпендикулярно плоскости рисунка от нас. В прибор влетают с одинаковыми скоростями разные частицы, являющиеся продуктами разных ядерных реакций (электроны ${}^{0}_{-1}e$, позитроны ${}^{0}_{+1}e$, протоны ${}^{1}_{1}p$, нейтроны ${}^{1}_{0}n$, α – частицы ${}^{4}_{2}He$ и γ – кванты). На экране попаданию в него позитрона соответствует вспышка



Графическое представление решения.

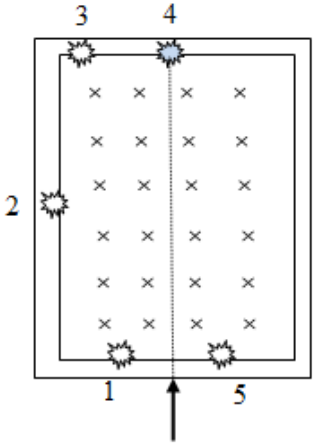


Рис 1.

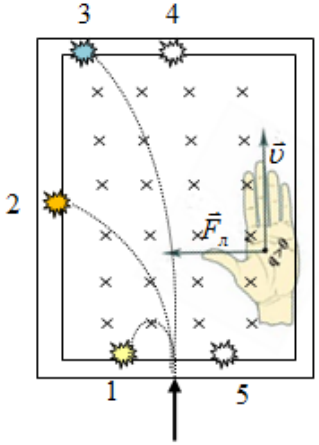


Рис 2.

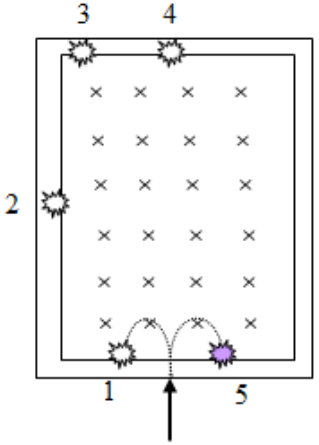


Рис 3.

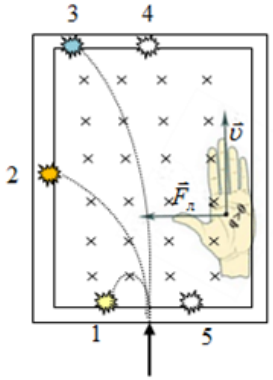


Рис 2.

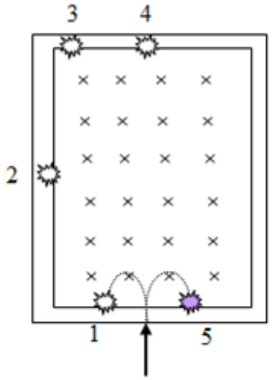


Рис 3.

1) На движущуюся заряженную частицу в магнитном поле действует сила Лоренца $F_л = Bq\upsilon (1)$ *, направление которой определяется с помощью правила левой руки (рис 2)*

Частица 4 не отклоняется магнитным полем (рис 1), следовательно, ее заряд $q = 0$

(это нейтрон) 4 ${}^{1}_{0}n$

2) Частицы 1, 2 и 3 отклоняются влево, имеют положительный заряд

По 2 закону Ньютона $F_л = ma$, *где* a *- центростремительное ускорение* $F_л = m\dfrac{\upsilon^2}{R} (2)$

Приравняем (1) и (2)

$$Bq\upsilon = m\frac{\upsilon^2}{R} \longrightarrow R = \frac{\upsilon \cdot m}{B \cdot q} (3)$$

Чем больше отношение $\dfrac{m}{q}$ *, тем больше радиус кривизны траектории по которой движется заряженная частица* $\longrightarrow$ 3 ${}^{4}_{2}He$ 2 ${}^{1}_{1}p$ 1 ${}^{0}_{+1}e$

2) Частица 5 отклоняется вправо (рис 3), следовательно, ее заряд $q < 0$

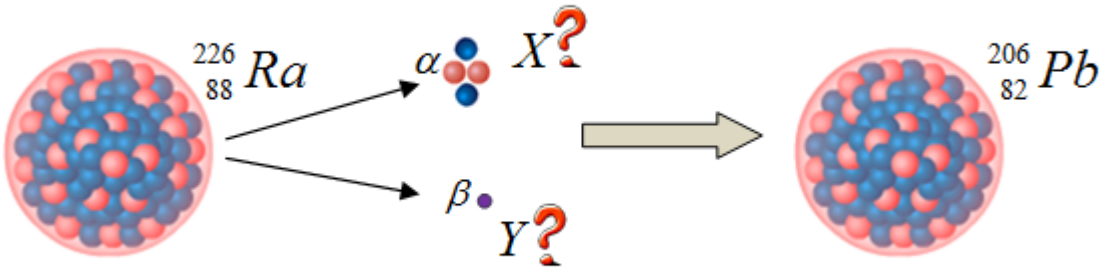
5 ${}^{0}_{-1}e$

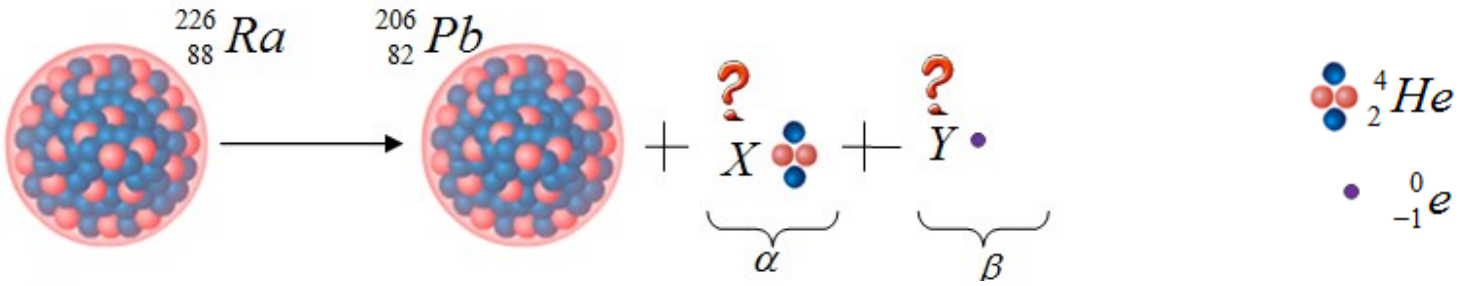
Ответ: 1

Пример 3.

Изотоп радия $^{226}_{88}Ra$ превратился в свинец $^{206}_{82}Pb$. При этом произошло

1) два α – распада и три β – распада
2) два α – распада и два β – распада
3) четыре α – распада и три β – распада
4) пять α – распада и четыре β – распада





$^{4}_{2}He$

$^{0}_{-1}e$

Обозначим X – число α – распадов, Y – число β – распадов.

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + X \cdot {}^{4}_{2}He + Y \cdot {}^{0}_{-1}e$$

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + X \cdot {}^{4}_{2}He + Y \cdot {}^{0}_{-1}e \qquad {}^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + X \cdot {}^{4}_{2}He + Y \cdot {}^{0}_{-1}e$$

Массовое число ядра (верхний индекс) при каждом α – распаде уменьшается на 4, а при β – распаде не меняется. Зарядовое число ядра (нижний индекс) при каждом α – распаде уменьшается на 2, а при β – распаде увеличивается на1.

Составим уравнения

$$226 = 206 + 4x + 0y \qquad 88 = 82 + 2x + (-1)y$$

Решим систему

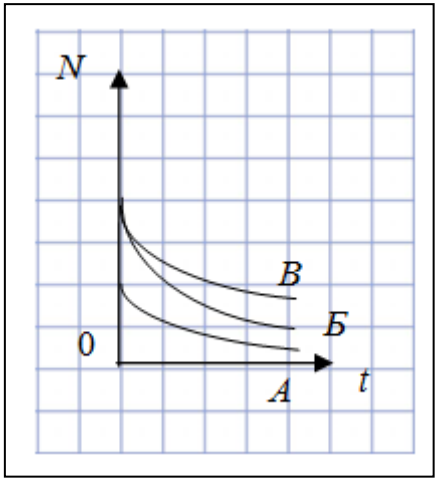
$$\begin{cases} 226 = 206 + 4x + 0y \\ 88 = 82 + 2x + (-1)y \end{cases} \Rightarrow \quad x = 5 \quad y = 4$$

Ответ 2)

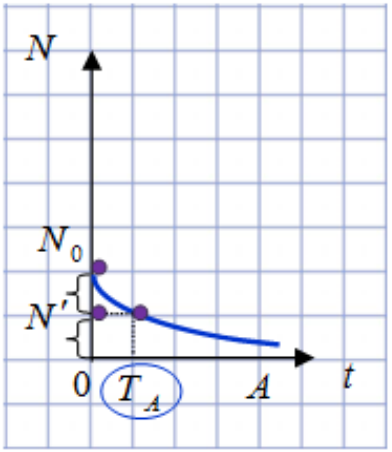
Пример 4.

На рисунке приведена зависимость от времени числа нераспавшихся ядер в процессе радиоактивного распада для трех изотопов. Для какого из них период полураспада наибольший?

1) А 2) Б 3) В 4) у всех одинаков

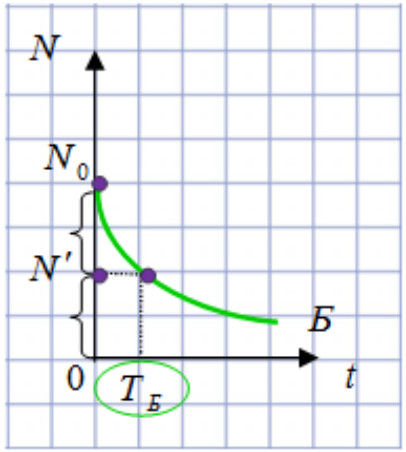


Графическое представление решения.



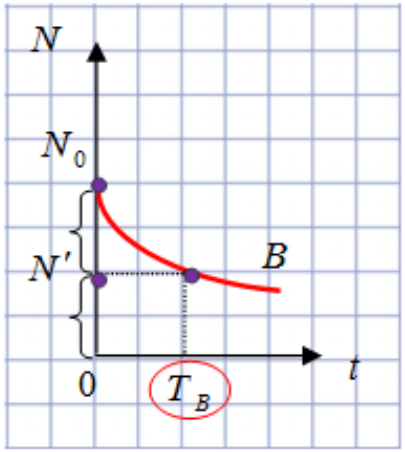
Период полураспада изотопа А.

Рис 1.



Период полураспада изотопа Б.

Рис 2.



Период полураспада изотопа В.

Рис 3.

Обозначим N_0 *- начальное число атомов*

За время, равное периоду полураспада Т, исходное большое число ядер сокращается в 2 раза

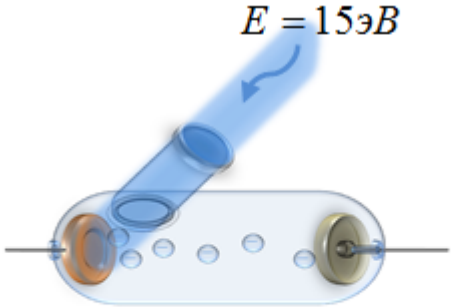
$$N' = \frac{N_0}{2}$$

По графикам (рис 1,2,3) определим, что у изотопа В наибольший период полураспада.

Ответ: 3)

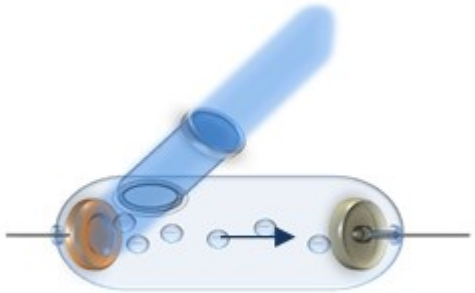
Пример 5.

Поток фотонов с энергией 15эВ выбивает из металла фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых в 2 раза меньше работы выхода. Какова максимальная кинетическая энергия образовавшихся фотоэлектронов?



Поток фотонов с энергией 15эВ выбивает из металла фотоэлектроны

Шаг 1.



$A_{вых} = 2W_к$

Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов в 2 раза меньше работы выхода. Какова максимальная кинетическая энергия образовавшихся фотоэлектронов?

Шаг 2.

Поток фотонов с энергией 15эВ выбивает из металла фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых в 2 раза меньше работы выхода. Какова максимальная кинетическая энергия образовавшихся фотоэлектронов?

Дано.

$E = 15эВ$

$A_{вых} = 2W_к$

$W_к - ?$

Воспользуемся формулой Эйнштейна для фотоэффекта

$$h\nu = A_{вых} + \frac{m\upsilon^2}{2} \quad т.к.\ по\ условию\ A_{вых} = 2W_к \longrightarrow E = 2W_к + W_к$$

$$W_к = \frac{E}{3} \qquad W_к = \frac{15эВ}{3} = 5эВ$$

ЕГЭ. ЗАДАНИЯ НА УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ.

Пример 1.

Фотон с энергией E движется в вакууме. Пусть h — постоянная Планка, c — скорость света в вакууме. Чему равны частота и импульс фотона? Установите соответствие между физическими величинами и выражениями для них.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ВЫРАЖЕНИЕ ДЛЯ НЕЁ
А) Частота фотона	1) hc/E
Б) Импульс фотона	2) E/c^2
	3) E/c
	4) E/h

А	Б

$$E = h\nu \quad \rightarrow \quad \nu = E/h \quad (A-4)$$

$$E = mc^2 \qquad p = mc$$

$$E = pc \quad \rightarrow \quad p = E/c \quad (B-3)$$

ЕГЭ. ЗАДАНИЯ НА УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ.

Пример 2.

Радиоактивное ядро испытало β^--распад. Как изменились в результате этого массовое число и заряд радиоактивного ядра, а также число нейтронов в ядре?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличилась;
2) уменьшилась;
3) не изменилась.

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

Массовое число	Заряд ядра	Число нейтронов в ядре

Электронный β-распад:

$${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e + \tilde{\nu}_e.$$

${}^{A}_{Z+1}Y$.

${}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e$ $\quad \downarrow N_n \rightarrow A - Z_p \uparrow$

ЕГЭ. ЗАДАНИЯ НА УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ.

Пример 3.

При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через светофильтры. В первой серии опытов использовался синий светофильтр, а во второй – жёлтый. В каждом опыте измеряли запирающее напряжение.

Как изменяются длина световой волны, напряжение запирания и кинетическая энергия фотоэлектронов?

Для каждой физической величины определите соответствующий характер изменения.

1) увеличилась
2) уменьшилась
3) не изменилась

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

Длина световой волны	Запирающее напряжение	Кинетическая энергия фотоэлектронов

$$\nu_{син} > \nu_{жел}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\nu \downarrow = \frac{c}{\lambda \uparrow} \quad (А-1)$$

$$E_ф = A_{вых} + E_{кин}$$

$$E_{кин} \downarrow = h\nu \downarrow - A_{вых} \quad (В-2)$$

$$E_{кин} = U_{зап} \cdot q$$

$$U_{зап} \downarrow = \frac{E_{кин} \downarrow}{q} \quad (Б-2)$$

ЕГЭ. ЗАДАНИЯ НА УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ.

Пример 4.

Металлическую пластину освещали монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 500$ нм. Что произойдет с частотой падающего света, импульсом фотонов и кинетической энергией вылетающих электронов при освещении этой пластины монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 700$ нм одинаковой интенсивности? Фотоэффект наблюдается в обоих случаях.

К каждому элементу первого столбца подберите соответствующий элемент из второго и внесите в строку ответов выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А. Частота падающего света

Б. Импульс фотонов

В. Кинетическая энергия вылетающих электронов

ИЗМЕНЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) Увеличивается

2) Уменьшается

3) Не изменится

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \rightarrow \nu\downarrow = \frac{c}{\lambda\uparrow} \quad (А-2)$$

$$E = mc^2 \quad p = mc \rightarrow E = pc(1)$$

$$E = h\nu(2) \quad (1) = (2) \quad pc = h\nu$$

$$p\downarrow = \frac{h\nu\downarrow}{c} \quad (Б-2)$$

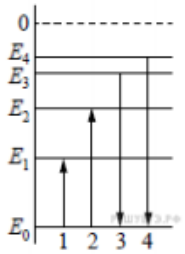
$$E_ф = A_{вых} + E_{кин}$$

$$E_{кин}\downarrow = h\nu\downarrow - A_{вых} \quad (В-2)$$

ЕГЭ. ЗАДАНИЯ НА УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ.

Пример 5.

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 наименьшей длины волны и излучением кванта света с наибольшей энергией?



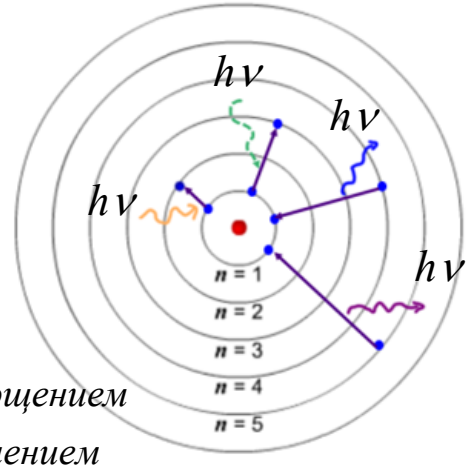
Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

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

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

А	Б



переходы:

1,2 - *с поглощением*

3,4 - *с излучением кванта света*

$$h\nu = (E_m - E_k)$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \rightarrow \nu\uparrow = \frac{c}{\lambda\downarrow} \quad (А-2)$$

$$h\nu\uparrow = (E_m - E_k)\uparrow \quad (Б-4)$$

ЕГЭ. ЗАДАНИЯ НА УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ.

Пример 5.

При переходе электрона в атоме с $(n + 1)$-го энергетического уровня на n-й энергетический уровень испускается фотон. Как изменятся следующие физические величины при уменьшении n на единицу: энергия испускаемого фотона, длина волны испускаемого фотона.

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.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ЕЁ ИЗМЕНЕНИЕ
А) энергия испускаемого фотона Б) длина волны испускаемого фотона	1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

А	Б



$$E_{фот} = h\nu = (E_n - E_k)$$

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

$$h\nu \uparrow = (E_m - E_k) \uparrow \quad (A-1)$$

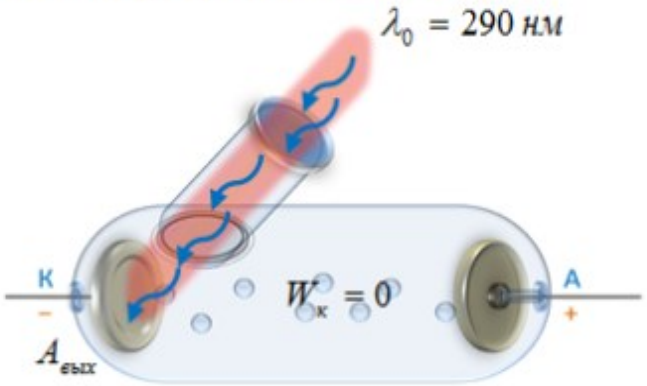
$$\lambda = \frac{c}{\nu} \ \rightarrow \ \nu \uparrow = \frac{c}{\lambda \downarrow} \quad (A-2)$$

ЕГЭ. ЗАДАНИЯ С РАЗВЕРНУТЫМ РЕШЕНИЕМ.

Пример 1.

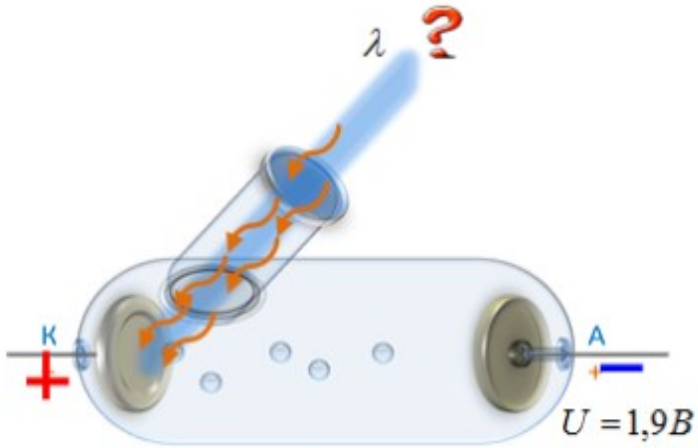
Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода $\lambda_0 = 290\ нм$.при облучении катода светом с длиной волны λ фототок прекращается при напряжении между катодом и анодом $U = 1{,}9B$. Определите длину волны λ .

Реконструкция условия задачи.



Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода $\lambda_0 = 290\ нм$

Шаг 1.



При облучении катода светом с длиной волны λ фототок прекращается при напряжении между катодом и анодом $U = 1{,}9B$. Определите длину волны λ .

Шаг 2.

Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода $\lambda_0 = 290\ нм$.при облучении катода светом с длиной волны λ фототок прекращается при напряжении между катодом и анодом $U = 1{,}9B$. Определите длину волны λ .

Дано.

$U = 1{,}9B$

$\lambda_0 = 290\ нм$

$\lambda - ?$

1) Воспользуемся формулой Эйнштейна для фотоэффекта

$$h\nu = A_{вых} + \frac{m\upsilon^2}{2} \qquad \frac{hc}{\lambda} = A_{вых} + \frac{m\upsilon^2}{2} (1)$$

2) Условие связи красной границы фотоэффекта и работы выхода

$$h\frac{c}{\lambda_0} = A_{вых} (2)$$

3) Выражение для запирающего напряжения – условие равенства максимальной кинетической энергии электрона и изменения его кинетической энергии при перемещении в электростатическом поле $\frac{m\upsilon^2}{2} = qU (3)$

4) Подставим (2) и (3) в (1), получаем $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + qU \longrightarrow \lambda = \frac{hc\lambda_0}{hc + qU\lambda_0}$

$$\lambda = 200 \cdot 10^{-9}\ м$$

Ответ: $\lambda = 200\ нм$

Пример 2.

Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ эВ, где $n = 1, 2, 3, \ldots$. При переходе атома из состояния E_2 в состояние E_1 атом испускает фотон. Попав на поверхность фотокатода, фотон выбивает фотоэлектрон. Длина волны света, соответствующая красной границе фотоэффекта для материала поверхности фотокатода, $\lambda_{кр} = 300$ нм. Чему равна максимально возможная кинетическая энергия фотоэлектрона?

$$h\nu = E_2 - E_1 = -13,6 \text{ эВ}\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{1^2}\right) = 10,2 \text{ эВ}$$

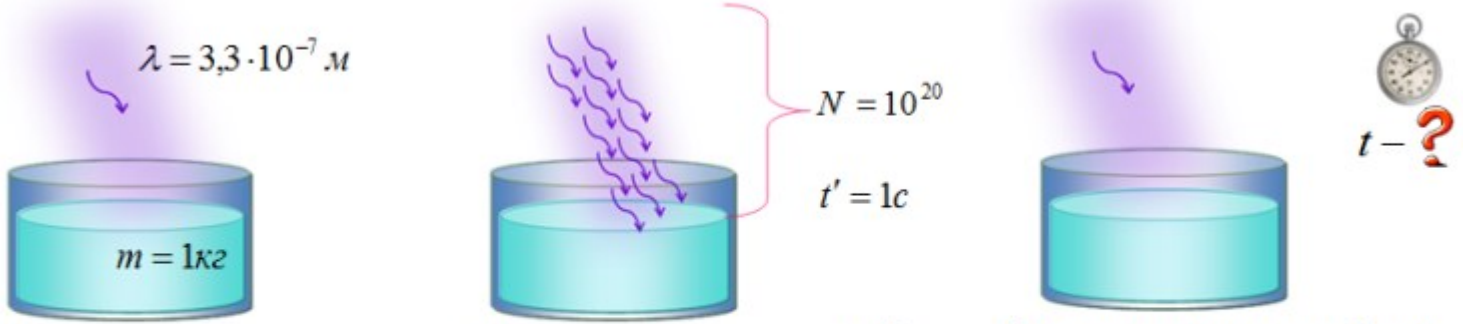
$$\left.\begin{aligned} h\nu &= A_{вых} + E_{кин} \\ h\frac{c}{\lambda_{кр}} &= A_{вых} \end{aligned}\right\} \quad E_{кин} = h\nu - A_{вых} = h\nu - \frac{hc}{\lambda_{кр}}$$

$$E = h\nu - A = 10,2 \text{ эВ} - \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ (Дж} \cdot \text{с)} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{3 \cdot 10^{-7} \text{ м}} \cdot \frac{1}{1,6} \cdot 10^{19} \text{ эВ} \approx 6,1 \text{ эВ}$$

Пример 3.

Электромагнитное излучение с длиной волны $3{,}3 \cdot 10^{-7}\ м$ используется для нагревания воды массой 1 кг. Сколько времени потребуется для нагревания воды на $10^0 C$, если источник за 1с излучает 10^{20} фотонов? Считать, что излучение полностью поглощается водой.

Реконструкция условия задачи.



Электромагнитное излучение с длиной волны $3{,}3 \cdot 10^{-7}\ м$ используется для нагревания воды массой 1 кг.

Шаг 1.

Источник за 1с излучает 10^{20} фотонов

Шаг 2.

Сколько времени потребуется для нагревания воды на $10^0 C$? Считать, что излучение полностью поглощается водой.

Шаг 3.

Графическое представление процесса.

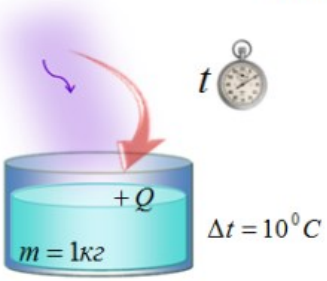


Рис 1.

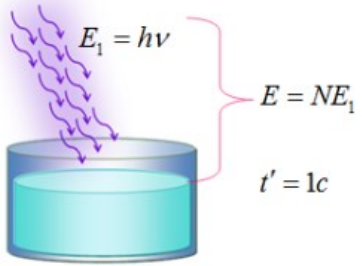


Рис 2.

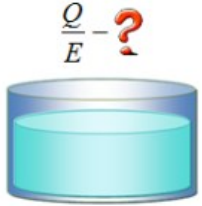


Рис 3.

Дано.

$\lambda = 3{,}3 \cdot 10^{-7}$ м

$m = 1$кг

$\Delta t = 10^0 C$

$N = 10^{20}$

$t - ?$

Энергия фотона $E_1 = h\nu$

т.к. $\lambda = \frac{c}{\nu} \rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda}$, тогда $E_1 = h\frac{c}{\lambda}$ (1)

Энергия, поглощаемая водой за $t' = 1c$ (мощность излучения) равна $P = NE_1$ (2)

Количество теплоты, необходимое для нагревания воды $Q = mc_в\Delta t$ (3)

По условию излучение полностью поглощается водой, следовательно $Q = Pt$ (4), где t – время нагревания воды

Подставим в уравнение (4) формулы (1), (2) и (3) $mc_в\Delta t = N \cdot h\frac{c}{\lambda} \cdot t$

$$t = \frac{mc_в\Delta t\lambda}{Nhc} \qquad t = \frac{1\text{кг} \cdot 4200\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot C} \cdot 10^0 C \cdot 3{,}3 \cdot 10^{-7}\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{10^{20} \cdot 6{,}6 \cdot 10^{-34}\ \text{Дж} \cdot c \cdot 3 \cdot 10^8\frac{м}{c}} = 700c$$

Ответ: 700с

Пример 4.

Препарат, активность которого равна $1,7 \cdot 10^{12}$ частиц в секунду, — помещен в калориметр, заполненный водой при 293 К. Сколько времени потребуется, чтобы довести до кипения 10 г воды, если известно, что данный препарат испускает α-частицы энергией 5,3 МэВ, причем энергия всех α-частиц полностью переходит во внутреннюю энергию? Теплоемкостью препарата, калориметра и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

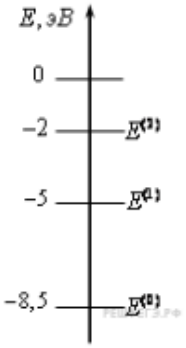
$$A = \frac{N}{\Delta t} \rightarrow N = A \cdot \Delta t$$

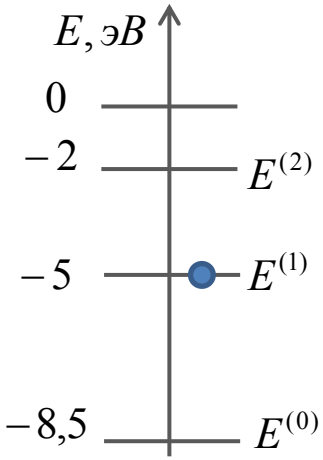
$$\left.\begin{array}{l} Q_1 = N \cdot \varepsilon = \varepsilon \cdot A \cdot \Delta t \\ Q_2 = c \cdot m \cdot \Delta T \end{array}\right\} \quad Q_1 = Q_2 \quad \Rightarrow \quad c \cdot m \cdot \Delta T = \varepsilon \cdot A \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T}{\varepsilon \cdot A}$$

Пример 5.

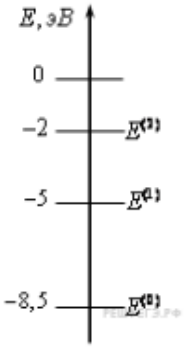
Предположим, что схема нижних энергетических уровней атомов некоего элемента имеет вид, показанный на рисунке, и атомы находятся в состоянии с энергией $E^{(1)}$. Электрон, столкнувшись с одним из таких атомов, в результате столкновения получил некоторую дополнительную энергию. Кинетическая энергия электрона до столкновения равнялась $2{,}3 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите импульс электрона после столкновения с атомом. Возможностью испускания света атомом при столкновении с электроном пренебречь, до столкновения атом считать неподвижными.

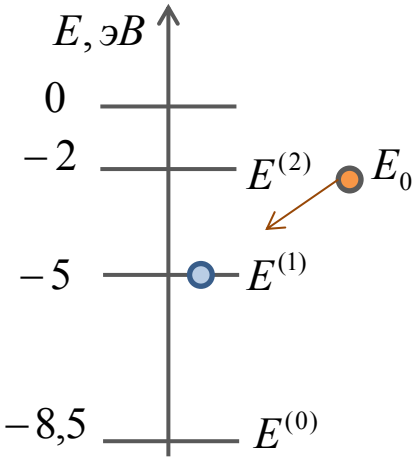




Пример 5.

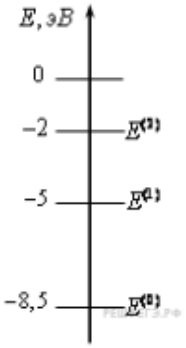
Предположим, что схема нижних энергетических уровней атомов некоего элемента имеет вид, показанный на рисунке, и атомы находятся в состоянии с энергией $E^{(1)}$. Электрон, столкнувшись с одним из таких атомов, в результате столкновения получил некоторую дополнительную энергию. Кинетическая энергия электрона до столкновения равнялась $2{,}3 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите импульс электрона после столкновения с атомом. Возможностью испускания света атомом при столкновении с электроном пренебречь, до столкновения атом считать неподвижными.

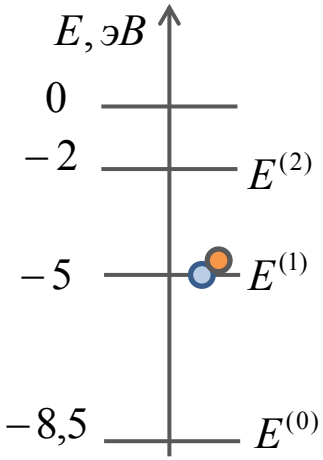




Пример 5.

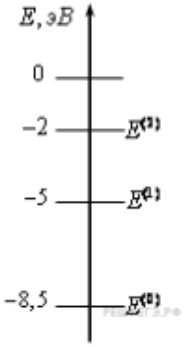
Предположим, что схема нижних энергетических уровней атомов некоего элемента имеет вид, показанный на рисунке, и атомы находятся в состоянии с энергией $E^{(1)}$. Электрон, столкнувшись с одним из таких атомов, в результате столкновения получил некоторую дополнительную энергию. Кинетическая энергия электрона до столкновения равнялась $2{,}3 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите импульс электрона после столкновения с атомом. Возможностью испускания света атомом при столкновении с электроном пренебречь, до столкновения атом считать неподвижными.

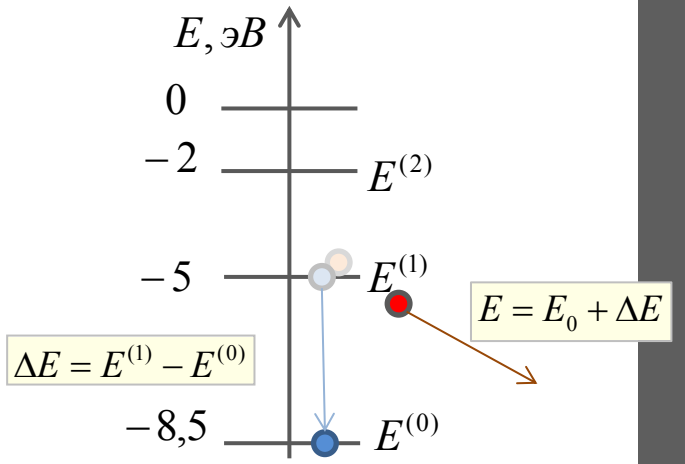




Пример 5.

Предположим, что схема нижних энергетических уровней атомов некоего элемента имеет вид, показанный на рисунке, и атомы находятся в состоянии с энергией $E^{(1)}$. Электрон, столкнувшись с одним из таких атомов, в результате столкновения получил некоторую дополнительную энергию. Кинетическая энергия электрона до столкновения равнялась $2{,}3 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите импульс электрона после столкновения с атомом. Возможностью испускания света атомом при столкновении с электроном пренебречь, до столкновения атом считать неподвижными.





Дано:

$E_0 = 2{,}3 \cdot 10^{-19}$ *Дж*

$E^{(1)} = -5$ *эВ*

$E^{(0)} = -8{,}5$ *эВ*

$m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ *кг*

$p - ?$

Решение:

1) При столкновении с атомом электрон приобрел энергию ΔE

После столкновения с атомом кинетическая энергия электрона стала равной $E = E_0 + \Delta E$ E_0 *– начальная кинетич энергия электрона*

2) Атом после столкновения перешел из состояния $E^{(1)}$ *в состояние* $E^{(0)}$

Изменение энергии составило $\Delta E = E^{(1)} - E^{(0)}$

$$\Delta E = E^{(1)} - E^{(0)} = 3{,}5 \text{ эВ} = 3{,}5 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 5{,}6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

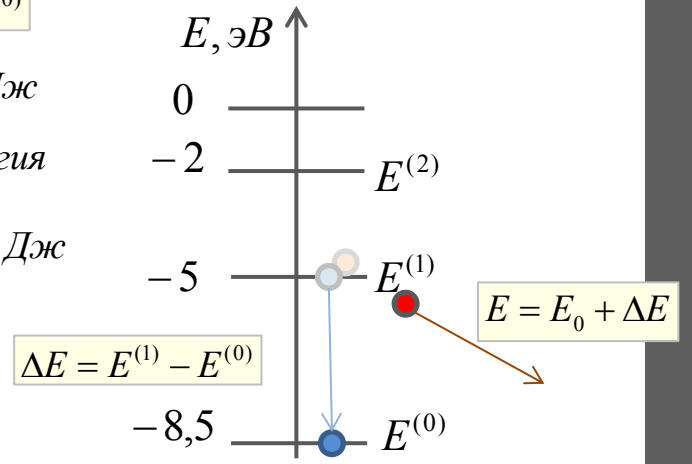
Следовательно, после столкновения с атомом кинетическая энергия электрона равна

$$E = E_0 + \Delta E = 2{,}3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} + 5{,}6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 7{,}9 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

3) Импульс электрона после столкновения и его кинетическая энергия связаны соотношением:

$p = m\upsilon$ $\quad E = \dfrac{m\upsilon^2}{2} \longrightarrow p^2 = m^2\upsilon^2 = 2m \cdot \dfrac{m\upsilon^2}{2} = 2mE$

$$p = \sqrt{2mE} = \sqrt{2 \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 7{,}9 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}} = 1{,}2 \cdot 10^{-24} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$$



ЛИТЕРАТУРА

1. Демидова М.Ю. ЕГЭ. Физика. Типовые экзаменационные материалы: 30 вариантов. - М: Издательство «Национальное образование», 2016.
2. Демидова М.Ю., Грибов В.А. Типичные ошибки учащихся при выполнении заданий КИМ ЕГЭ по физике «МКТ и термодинамика», «Электродинамика». //Научно-методический журнал для учителей физики, астрономии и естествознания «Физика» №1-4 - г. Москва. Издательство «Первое сентября».
3. Панченко М.Н. Открытие смысла физической задачи в процессе чтения // Материалы XIV Международной научно-практической конференции "Новые технологии в образовании" (НТО-14). – г. Таганрог, 27 мая 2013г.
4. Панченко М.Н. Использование графического моделирования при обучении решению физических задач//Научно-методический журнал для учителей физики, астрономии и естествознания «Физика» №12, 2013. - г. Москва. Издательство «Первое сентября».
5. Образовательный портал для подготовки к экзаменам «Решу ЕГЭ» https://phys-ege.sdamgia.ru/

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Панченко Марина Николаевна,
учитель физики МБОУ «Гимназии №36»
методист по физике МКУ информационно-аналитического центра образования г. Ростова-на-Дону.
(u-235_u-238@mail.ru)