

11 класс, Экспресс-подготовка к ЕГЭ по физике
Набор задач для самостоятельного решения по занятию 10.
Темы: основы СТО, квантовая физика.

Задача 1 (1 балл) [квант энергии, фотон]

В установке на жесткой подставке закреплены разрядник (Р) и датчик света и звука (Д) на расстоянии 2 м друг от друга. Искровой разряд в разряднике создает вспышку света и короткий звуковой импульс. Две таких установки помещены на космический корабль и установлены так, что в установке 1 линия, соединяющая Р и Д, ориентирована вдоль вектора скорости движения корабля, а в установке 2 – перпендикулярно ему. В установке 1 промежуток времени между регистрацией светового и звукового сигналов датчиком составил 6 мс. Каков промежуток времени между регистрацией светового и звукового сигналов в установке 2, если в момент проведения опытов корабль двигался с постоянной скоростью $v = \frac{c}{2}$ относительно Солнца? Ответ запишите в мс.

Подсказка 1: Согласно принципу относительности Эйнштейна, все физические явления протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчета.

Решение:

Согласно принципу относительности Эйнштейна, все физические явления протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчета. СО, связанная с Солнцем, с очень высокой точностью может считаться инерциальной. Поэтому и СО «космический корабль» – тоже. Значит, время распространения сигналов в ней останется тем же, и ответ – 6 мс.

Ответ: 6.

Задача 2 (1 балл) [квант энергии, фотон]

Детектор поглощает свет с длиной волны 330 нм. Поглощаемая мощность составляет 3 нВт. Какое количество фотонов поглощает детектор за 2 секунды? Ответ дайте в миллиардах штук.

Подсказка 1: Энергия одного фотона, согласно формуле Планка, равна

$$E_1 = h\nu = h \frac{c}{\lambda} \approx 6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

Подсказка 2: Число фотонов можно найти как отношение поглощенной энергии к энергии одного фотона.

Решение:

Энергия одного фотона, согласно формуле Планка, равна $E_1 = h\nu = h \frac{c}{\lambda} \approx 6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Число фотонов можно найти как отношение поглощенной энергии к энергии одного фотона:

$$N = \frac{P \cdot t}{E_1} = \frac{P \cdot t \cdot \lambda}{hc} \approx 10^{10}, \text{ то есть } 10 \text{ миллиардов.}$$

Ответ: 10.

Задача 3 (2 балла) [квант энергии, фотон, тепловой баланс]

Излучением лазера с длиной волны $\lambda = 660 \text{ нм}$ был за время $\tau \approx 5 \cdot 10^3 \text{ с}$ расплавлен кусок льда массой $m = 400 \text{ г}$ с начальной температурой 0°C , и образовавшаяся вода была нагрета до 100°C . Известно, что за это время лед и вода в среднем поглощали 40% энергии излучения. Сколько фотонов испускает в секунду этот лазер? Постоянная Планка $h \approx 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$, скорость света в вакууме $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$, удельная теплота плавления льда $L \approx 330 \text{ кДж/кг}$,

удельная теплоемкость воды $C_B \approx 4,2 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$. Значение искомой величины приведите к виду $N \cdot 10^{20} \text{ с}^{-1}$, и в ответе укажите N , округлив до ближайшего целого значения.

Подсказка 1: Энергия одного фотона, согласно формуле Планка, равна $E_1 = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \approx 3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$.

Подсказка 2: Поглощенная льдом и водой за время τ энергия $Q = 0,4E_1 \cdot N \cdot 10^{20} \text{ с}^{-1} \cdot \tau \approx 60N \text{ кДж}$.

Решение:

Энергия одного фотона, согласно формуле Планка, равна $E_1 = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \approx 3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Таким образом, поглощенная льдом и водой за время τ энергия $Q = 0,4E_1 \cdot N \cdot 10^{20} \text{ с}^{-1} \cdot \tau \approx 60N \text{ кДж}$, и она пошла на плавление льда и нагрев воды. Составим уравнение теплового баланса: $60N \text{ кДж} = m(L + C_B \Delta t) \approx 300 \text{ кДж}$, откуда $N \approx 5$.

Ответ: 5.

Задача 4 (1 балл) [атомные ядра, изотопы]

На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И.Менделеева. Под названием каждого элемента указаны массовые числа его наиболее стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространенность изотопа в природе. Определите число протонов и число нейтронов в ядре наиболее распространенного изотопа цинка. В ответ перенесите записанные числа подряд, не разделяя их пробелами или знаками препинания.

2	II	Li 3 литий 7 ₉₃ 6 _{7,4}	Be 4 бериллий 9 ₁₀₀	B 5 бор 11 ₈₀ 10 ₂₀
3	III	Na 11 натрий 23 ₁₀₀	Mg 12 магний 24 ₇₉ 26 ₁₁ 25 ₁₀	Al 13 алюминий 27 ₁₀₀
4	IV	K 19 калий 39 ₉₃ 41 _{6,7}	Ca 20 кальций 40 ₉₇ 44 _{2,1}	Sc 21 скандий 45 ₁₀₀
	V	Cu 29 медь 63 ₆₉ 65 ₃₁	Zn 30 цинк 64 ₄₉ 66 ₂₈ 68 ₁₉	Ga 31 галлий 69 ₆₀ 71 ₄₀

Число протонов	Число нейтронов

Подсказка 1: Массовое число равно сумме чисел протонов и нейтронов в ядре.

Решение:

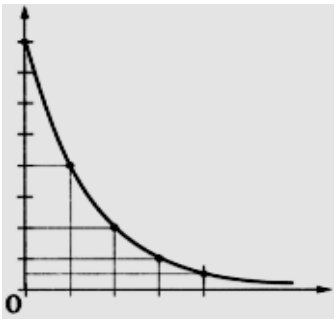
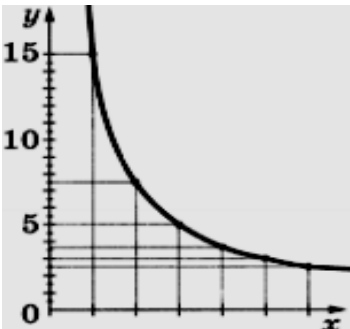
В рамках нуклонной модели строения ядра (модели Гайзенберга-Иваненко) число протонов равно зарядовому числу ядра, то есть для всех изотопов цинка $N_p = Z = 30$. Массовое число равно сумме чисел протонов и нейтронов в ядре. Для наиболее распространенного (и наиболее стабильного) изотопа цинка $N_p + N_n = A = 64 \Rightarrow N_n = A - N_p = 34$.

Ответ: 3034.

Задача 5 (2 балла) [квант света, фотоэффект, радиоактивность]

Установите соответствие между графиками и законами (зависимостями), которые они могут выражать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго

столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. В ответе запишите выбранные цифры подряд, не разделяя их пробелами или знаками препинания.

ГРАФИКИ	ЗАКОНЫ
А)  Б) 	1) Зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты света. 2) Зависимость энергии фотонов от длины волны излучения. 3) Зависимость удельной энергии связи ядер от массового числа. 4) Закон радиоактивного распада.

А	Б

Подсказка 1: Зависимость удельной энергии связи ядер от массового числа – немонотонная кривая, имеющая максимум в районе массового числа ядра железа и убывающая в обе стороны при удалении от него – здесь ее нет.

Подсказка 2: .

Решение:

Вспомним перечисленные зависимости:

Зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты света $E_{\max} = h\nu - A_{\text{вых}}$ – линейная, ее графиком должна быть прямая, и ее здесь нет.

Зависимость энергии фотонов от длины волны излучения выражается формулой $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$. Такая зависимость ($y = \frac{\text{const}}{x}$) представлена на графике Б., в чем нетрудно

убедится внимательной проверкой: $x = 1$ (масштабная единица по оси абсцисс) соответствует $y = 15$, $x = 2$ соответствует $y = 7,5$, $x = 3$ соответствует $y = 5$ и т.д.

Зависимость удельной энергии связи ядер от массового числа – немонотонная кривая, имеющая максимум в районе массового числа ядра железа и убывающая в обе стороны при удалении от него – здесь ее нет.

Закон радиоактивного распада $N(t) = N_0 \cdot 2^{-t/T}$ – при каждом увеличении времени на T число выживших ядер убывает вдвое. Именно такое поведение видно на графике А.

Итак: А→4, Б→2.

Ответ: 42.

Задача 6 (3 балла) [фотоэффект, работа выхода, уравнение Эйнштейна для фотоэффекта]

При освещении фотокатода монохроматическим светом с длиной волны λ_0 максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна E_0 , а работа выхода электронов для материала фотокатода равна $3E_0$. Во сколько раз нужно уменьшить длину волны света, чтобы

максимальная кинетическая энергия выбитых электронов достигла значения $9E_0$? В качестве ответа укажите $\frac{\lambda_0}{\lambda}$ в виде целого числа.

Подсказка 1: С помощью уравнения Эйнштейна можно связать длину волны света и максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов: $E = h\nu - A = \frac{hc}{\lambda} - A$, то есть $\lambda = \frac{hc}{E + A}$.

Решение:

С помощью уравнения Эйнштейна можно связать длину волны света и максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов: $E = h\nu - A = \frac{hc}{\lambda} - A$, то есть $\lambda = \frac{hc}{E + A}$. Таким образом, при $A = 3E_0$: $\lambda_0 = \frac{hc}{4E_0}$, и тогда $\lambda = \frac{hc}{9E_0 + A} = \frac{hc}{12E_0} = \frac{1}{3}\lambda_0$, то есть $\frac{\lambda_0}{\lambda} = 3$.

Ответ: 3.

Задача 7 (3 балла) [фотоэффект, работа выхода, уравнение Эйнштейна для фотоэффекта]

При освещении фотокатода светом от красного лазера регистрируется фототок при различных значениях величины запирающего напряжения. Затем красный лазер заменяют зеленым, мощность которого в десять раз меньше, чем у красного, и измерения повторяются. Выберите два верных утверждения о результатах измерений из приведенных ниже. В качестве ответа задания напишите номера правильных утверждений, не разделяя знаками препинания, например: 13.

- 1) После замены максимальная кинетическая энергия электронов уменьшилась.
- 2) После замены величина запирающего напряжения, при которой фототок исчезает, не изменилась.
- 3) После замены величина фототока при нулевом запирающем напряжении увеличилась.
- 4) После замены величина фототока при нулевом запирающем напряжении уменьшилась.
- 5) После замены максимальная кинетическая энергия электронов увеличилась.
- 6) После замены красная граница фотоэффекта сместилась в область больших частот.

Подсказка 1: частота света зеленого лазера больше, чем у красного.

Подсказка 2: величина фототока пропорциональна интенсивности света, а при изменении частоты она меняется существенно слабее.

Решение:

Сразу отметим, что утверждение 6 очевидно неверное – красная граница фотоэффекта (частота света, ниже которой фотоэффект не наблюдается даже при нулевом запирающем напряжении) есть характеристика материала катода, так как она связана с работой выхода:

$\bar{\nu} = \frac{A}{h}$, и от замены лазера она измениться не может. Для остальных утверждений: частота

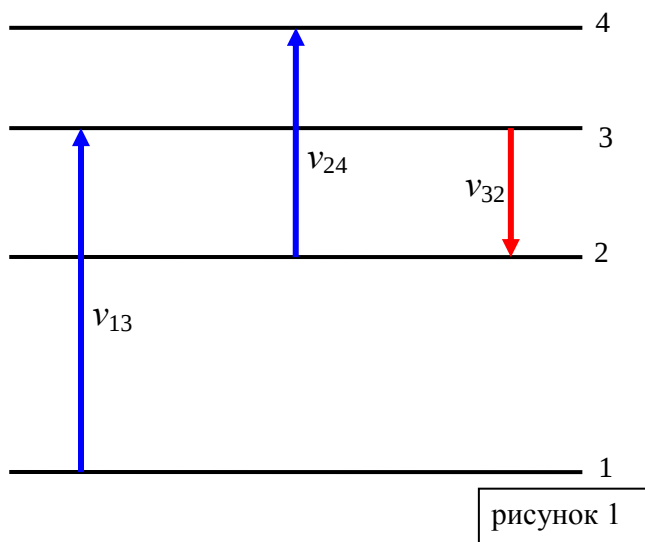
света зеленого лазера больше, чем у красного, и в соответствии с уравнением Эйнштейна максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов $E = h\nu - A$ во втором случае увеличивается. Вместе с энергией увеличивается и значение тормозящего напряжения, при котором исчезает фототок ($eU = E$). Величина фототока при нулевой величине запирающего напряжения пропорциональна интенсивности света, а при изменении частоты она меняется очень слабо (обычно этим вовсе пренебрегают), поэтому во втором случае эта

величина уменьшается (интенсивность падает в десять раз, а частота увеличивается лишь примерно в два раза). Итак, правильны утверждения 4 и 5, остальные – неправильны.

Ответ: 45.

Задача 8 (4 балла) [спектр атома, формула Планка, частоты переходов]

На рисунке 1 представлены энергетические уровни электронной оболочки атома и указаны частоты фотонов, излучаемых или поглощаемых при некоторых переходах между ними. Найти минимальную длину волны фотона, который может быть испущен при переходах между этими уровнями. Известно, что $\nu_{13} = 5 \cdot 10^{15}$ Гц, $\nu_{24} = 3 \cdot 10^{15}$ Гц и $\nu_{32} = 2 \cdot 10^{15}$ Гц. Ответ записать в нанометрах, округлив до целого значения.



Подсказка 1: минимальная длина волны отвечает максимальной энергии перехода.

Подсказка 2 поэтому $\lambda_{\min} = \frac{hc}{E_4 - E_1}$.

Подсказка 3: $E_4 - E_1 = E_4 - E_2 + E_2 - E_3 + E_3 - E_1$.

Решение:

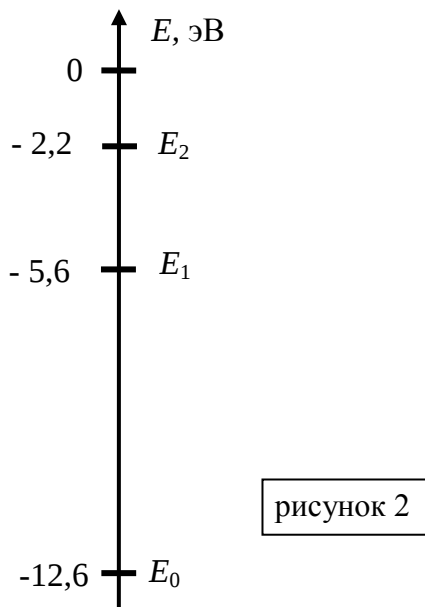
Минимальная длина волны отвечает максимальной энергии перехода, то есть переходу с уровня 4 на уровень 1: $\lambda_{\min} = \frac{hc}{E_4 - E_1}$. Но $E_4 - E_1 = E_4 - E_2 + E_2 - E_3 + E_3 - E_1$. С учетом

того, что $E_n - E_m = h\nu_{nm}$ находим: $\lambda_{\min} = \frac{c}{\nu_{24} + \nu_{13} - \nu_{32}} \approx 50$ нм.

Ответ: 50.

Задача 9 (4 балла) [спектр атома, законы сохранения]

Пусть схема нижних энергетических уровней некоторого атома имеет вид, показанный на рисунке 2. Электрон с кинетической энергией $E_e = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Дж сталкивается с таким атомом, находящимся в состоянии с энергией E_1 . В результате столкновения энергия передается от атома к электрону. Найти скорость электрона после столкновения с атомом. Ответ выразить в км/с, округлив до целого значения.



Подсказка 1: атом должен перейти из состояния с энергией E_1 в состояние с энергией E_0 , так как ниже E_1 других уровней нет.

Подсказка 2: $1 \text{ эВ} \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$.

Подсказка 3: из закона сохранения энергии, конечная кинетическая энергия электрона $E'_e = E_e + E_1 - E_0$.

Решение:

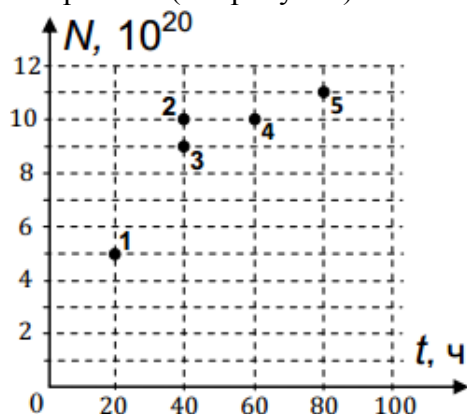
Поскольку энергия передается от атома к электрону, то атом должен перейти из состояния с энергией E_1 в состояние с энергией E_0 , так как ниже E_1 других уровней нет. Из закона сохранения энергии, конечная кинетическая энергия электрона $E'_e = E_e + E_1 - E_0$. Численный подсчет дает: $E'_e = (3,2 \cdot 10^{-19} + 7 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}) \text{ Дж} \approx 1,44 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$. Если электрон нерелятивистский (что в принципе естественно для таких энергий), то его скорость

$$v = \sqrt{\frac{2E'_e}{m}} \approx 1779 \text{ км/с}.$$

Ответ: 1779.

Задача 10 (2 балла) [закон радиоактивного распада]

Из ядер $^{197}_{78}\text{Pt}$ при β -распаде с периодом полураспада 20 часов образуются стабильные ядра $^{197}_{79}\text{Au}$. В момент начала наблюдения в образце содержится $N_0 = 1,2 \cdot 10^{21}$ ядер платины. Через какую точку, кроме начала координат, пройдет график зависимости числа ядер золота от времени (см. рисунок)? В ответекажите номер выбранной точки.



Подсказка 1: Закон радиоактивного распада описывается формулой $N_{Pt}(t) = N_0 \cdot 2^{-t/T}$, где T – период полураспада.

Подсказка 2: Так как образующие ядра золота стабильные, то убыль количества ядер платины равна количеству образовавшихся ядер золота.

Решение:

Закон радиоактивного распада описывается формулой $N_{Pt}(t) = N_0 \cdot 2^{-t/T}$, где T – период полураспада. Так как образующие ядра золота стабильные, то убыль количества ядер платины равна количеству образовавшихся ядер золота, то есть $N_{Au}(t) = N_0 - N_{Pt}(t) = N_0 \cdot [1 - 2^{-t/T}]$. Прямым вычислением получаем:

t , ч	20	40	60	80
$N_{Au}(t)$, 10^{20}	6	9	10,5	11,25

Таким образом, нужная нам точка - № 3.

Ответ: 3.

Задача 11 (2 балла) [ядерные реакции, массовое число, зарядовое число]

Определить неизвестное ядро (X), образовавшееся в реакции деления ядра протактиния ${}^1_0n + {}^{228}_{91}Pa \rightarrow {}^{123}_{50}Sn + X + {}^4_2He + 8 {}^1_0n$, вызванном попаданием в него нейтрона. В качестве ответа напишите номер выбранного варианта.

Варианты ответа:

1) ${}^{94}_{39}Y$ 2) ${}^{92}_{39}Y$ 3) ${}^{94}_{40}Zr$ 4) ${}^{92}_{40}Zr$

Подсказка 1: надо использовать уравнения законов сохранения массового и зарядового чисел.

Подсказка 2: для массового числа $1 + 228 = 123 + A_X + 4 + 8 \cdot 1$.

Решение:

Запишем уравнения законов сохранения массового и зарядового чисел:

$$1 + 228 = 123 + A_X + 4 + 8 \cdot 1 \Rightarrow A_X = 94,$$

$$0 + 91 = 50 + Z_X + 2 + 8 \cdot 0 \Rightarrow Z_X = 39.$$

Таким образом (в соответствии с таблицей химических элементов), неизвестное ядро – нестабильный изотоп иттрия: $X = {}^{94}_{39}Y$.

Ответ: 1.

Задача 12 (4 балла) [фотоэффект, работа выхода, уравнение Эйнштейна для фотоэффекта]

Металлическая пластина облучается светом, который выбивает из нее электроны. Вылетающие из пластины электроны попадают в однородное электрическое поле напряженностью $E = 180 \text{ В/м}$, причем вектор $\vec{E}$ направлен перпендикулярно поверхности пластины от нее. Максимальное расстояние, на которое фотоэлектроны удаляются от пластины, оказалось равно $s_1 = 2,0 \text{ см}$. При увеличении частоты света на 20% это расстояние увеличилось до $s_2 = 2,8 \text{ см}$. Найти работу выхода электронов из металла, из которого сделана пластина. Ответ запишите в эВ.

Подсказка 1: В соответствии с уравнением Эйнштейна для фотоэффекта, максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов $W = h\nu - A$.

Подсказка 2: Максимальное расстояние, на которое фотоэлектроны удаляются от пластины соответствует тому, что работа силы $\vec{F} = -e\vec{E}$, действующей на электрон со стороны электрического поля, уменьшает их кинетическую энергию до нуля.

Подсказка 3: Таким образом, $eE \cdot s = W \Rightarrow eEs = h\nu - A$.

Решение:

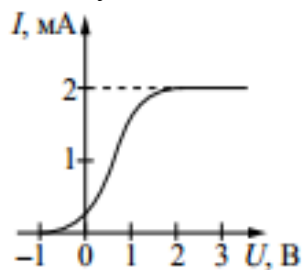
В соответствии с уравнением Эйнштейна для фотоэффекта, максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов $W = h\nu - A$, где ν - частота света, A - искомая работа выхода, а h - постоянная Планка. Изменение кинетической энергии тела всегда равно работе действующих на него сил. Поэтому максимальное расстояние, на которое фотоэлектроны удаляются от пластины соответствует тому, что работа силы $\vec{F} = -e\vec{E}$, действующей на электрон со стороны электрического поля, уменьшает их кинетическую энергию до нуля. Таким образом, $eE \cdot s = W \Rightarrow eEs = h\nu - A$. Запишем такие соотношения для первого и второго опыта и выразим из них работу выхода:

$$\begin{cases} eEs_1 = h\nu_1 - A \\ eEs_2 = 1,2 \cdot h\nu_1 - A \end{cases} \Rightarrow A = eE(5s_2 - 6s_1) = 3,6 \text{ эВ}.$$

Ответ: 3,6.

Задача 13 (4 балла) [фотоэффект, работа выхода, уравнение Эйнштейна для фотоэффекта]

Монохроматическое излучение мощностью $P = 0,17 \text{ Вт}$ падает на поверхность катода вакуумной трубки и выбивает из него электроны, в результате чего в цепи, соединяющей анод и катод трубки, возникает электрический ток. На рисунке приведен график зависимости силы тока в этой цепи от напряжения между анодом и катодом. Известно, что при заданной мощности в среднем один из 25 фотонов, попавших на катод, выбивает электрон. Найдите частоту ν падающего на катод света. Представьте ее в виде $x \cdot 10^{14}$, и в ответе укажите x с точностью до десятых.



Подсказка 1: В этой задаче часть данных нужно извлечь из графика. Как видно, с хорошей точностью мы можем найти величину фототока насыщения и величину запирающего напряжения. Однако для определения частоты света по запирающему напряжению (из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта) нам не хватает данных – неизвестна частота красной границы фотоэффекта или работа выхода для материала катода. Значит, нужно выразить частоту из фототока насыщения.

Подсказка 2: В режиме насыщения все выбитые светом электроны достигают анода. Поэтому фототок насыщения, равный заряду, перенесенному выбитыми за время t электронами, связан с количеством электронов, выбитых в единицу времени: $I_m = \frac{q}{t} = \frac{N_e e}{t}$.

Подсказка 3: Заданную в условии мощность можно выразить через количество фотонов, попавших в единицу времени на поверхность катода $P = \frac{N_\gamma h\nu}{t}$.

Решение:

В этой задаче часть данных нужно извлечь из графика. Как видно, с хорошей точностью мы можем найти величину фототока насыщения $I_m \approx 2 \text{ мА}$ и величину запирающего напряжения $U_z \approx 1 \text{ В}$. Однако для определения частоты света по запирающему напряжению (из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта) нам не хватает данных – неизвестна частота

красной границы фотоэффекта или работа выхода для материала катода. Значит, нужно выразить частоту из фототока насыщения. В режиме насыщения все выбитые светом электроны достигают анода. Поэтому фототок насыщения, равный заряду, перенесенному выбитыми за время t электронами, связан с количеством электронов, выбитых в единицу времени: $I_m = \frac{q}{t} = \frac{N_e e}{t}$. По условию, это количество связано с количеством фотонов,

попавших в единицу времени на поверхность катода: $N_e = \frac{N_\gamma}{25}$. Каждый фотон переносит

энергию $E_\gamma = h\nu$, поэтому мощность излучения тоже связана с числом фотонов:

$P = \frac{N_\gamma h\nu}{t} \Rightarrow N_\gamma = \frac{Pt}{h\nu}$. Значит, фототок насыщения $I_m = \frac{e}{t} \frac{Pt}{25h\nu} = \frac{eP}{25h\nu}$. Таким образом,

частота света $\nu = \frac{eP}{25hI_m} \approx 8,7 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$.

Ответ: 8,7.

Задача 14 (4 балла) [радиоактивный распад, активность, уравнение теплового баланса]

Радиоактивный препарат поместили в медный контейнер массой $m = 0,5 \text{ кг}$. Через 1 час после этого температура контейнера увеличилась на 6 К. Известно, что этот препарат испускает α -частицы с энергией $E = 5 \text{ МэВ}$. Найти активность препарата, то есть количество α -распадов за 1 с. Считать, что энергия α -частиц полностью переходит во внутреннюю энергию контейнера. Теплоемкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь. Удельная теплоемкость меди $c = 380 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$. Ответ выразить в единицах $A_0 = 10^9 \text{ с}^{-1}$ (обратных наносекундах), округлив до целого значения.

Подсказка 1: за время t в препарате выделяется количество теплоты $Q = A \cdot Et$, где A - искомая активность препарата.

Подсказка 2: $5 \text{ МэВ} \approx 8 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$.

Подсказка 3: так как все выделившееся тепло идет на нагрев контейнера, то $Q = cm \cdot \Delta T$.

Решение:

За время t в препарате выделяется количество теплоты $Q = A \cdot Et$, где A - искомая активность препарата. Это количество теплоты идет на нагрев контейнера, то есть

$Q = cm \cdot \Delta T$. Значит, $A = \frac{cm \Delta T}{Et} \approx 0,396 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$. Отметим, что энергию α -частицы надо

выразить в Джоулях: $5 \text{ МэВ} \approx 8 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$.

Ответ: 396.

Задача 15 (5 баллов) [радиоактивный распад, активность, период полураспада]

Пациенту ввели внутривенно 2 см^3 раствора, содержащего радиоактивный изотоп $^{24}_{11}\text{Na}$. Известно, что активность 1 см^3 этого раствора равна $A_0 = 2000$ распадов в секунду. Период полураспада этого изотопа равен $T \approx 15,3$ часа. Через время $t \approx 7 \text{ ч } 40 \text{ мин}$ у пациента взяли пробу крови объемом $v = 1 \text{ см}^3$. Какова будет активность этой пробы, если общий объем крови пациента $V \approx 6 \text{ л}$? Ответ запишите в распадах в секунду, в виде десятичной дроби, округлив до сотых.

Подсказка 1: Общая активность введенного раствора равна $2A_0$..

Подсказка 2: Активность изотопа, попавшего в кровь пациента, убывает из-за распада части ядер: $A(t) = 2A_0 \cdot 2^{-t/T}$.

Подсказка 3: В пробу крови попадет часть изотопа, пропорциональная объему этой пробы.

Решение:

Общая активность введенного раствора равна $2A_0$. Далее активность изотопа, попавшего в кровь пациента, убывает из-за уменьшения общего числа ядер: $A(t) = 2A_0 \cdot 2^{-t/T}$. Отметим, что $\frac{t}{T} = \frac{460_{\text{мин}}}{918_{\text{мин}}} \approx 0,501$. В пробу крови попадет часть изотопа, пропорциональная объему

пробы, поэтому активность пробы $a = \frac{v}{V} A(t) = \frac{2v}{V} A_0 \cdot 2^{-t/T} \approx \frac{\sqrt{2}v}{V} A_0 \approx 0,47$ распадов в секунду.

ОТВЕТ: 0,47.