

Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

Тренировочный вариант №1

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 4 часа (240 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

Часть 1 содержит 21 задание (A1–A21). К каждому заданию даётся 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (B1–B4), в которых ответ необходимо записать в виде набора цифр.

Часть 3 состоит из 10 задач: A22–A25 с выбором одного верного ответа и C1–C6, для которых требуется дать развёрнутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время.

Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

Желаем успеха!

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться вам при выполнении работы.

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы

число π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Масса частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

Плотность

воды	1000 кг/м^3	подсолнечного масла	900 кг/м^3
древесины (сосна)	400 кг/м^3	алюминия	2700 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3	железа	7800 кг/м^3
		ртути	13600 кг/м^3

Удельная теплоёмкость

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	алюминия	$900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	меди	$380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
железа	$460 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	чугуна	$500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
свинца	$130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$		

Удельная теплота

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

Нормальные условия: давление 10^5 Па , температура 0°С

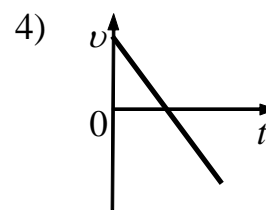
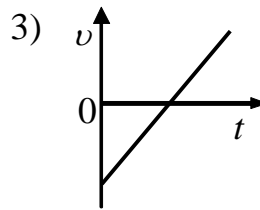
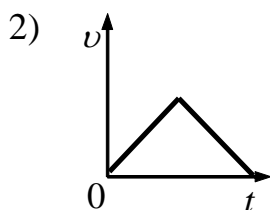
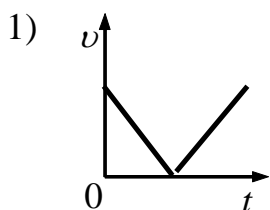
Молярная масса

азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A21) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1 Шарик, упав с некоторой высоты на стол, отскочил от него, и поднялся на ту же высоту. Какой из графиков соответствует зависимости модуля скорости шарика от времени?



A2 Шарик движется по окружности радиусом r со скоростью v . Как изменится его центростремительное ускорение, если радиус окружности увеличить в 3 раза, оставив скорость шарика прежней?

- 1) увеличится в 3 раза
- 2) уменьшится в 3 раза
- 3) увеличится в 9 раз
- 4) уменьшится в 9 раз

A3 Два маленьких шарика массой m каждый находятся на расстоянии r друг от друга и притягиваются друг к другу с силами, равными по модулю F . Каков модуль сил гравитационного притяжения двух других шариков, если масса одного $2m$, масса другого $\frac{m}{2}$, а расстояние между их центрами $\frac{r}{2}$?

- 1) $4F$
- 2) $2F$
- 3) $\frac{F}{2}$
- 4) $\frac{F}{4}$

A4 Тело движется по прямой. Начальный импульс тела равен $50 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$. Под действием постоянной силы величиной 10 Н за 2 с импульс тела уменьшился и стал равен

- 1) $10 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$
- 2) $20 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$
- 3) $30 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$
- 4) $45 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$

A5 Парашютист спускается с постоянной скоростью, при этом энергия его взаимодействия с Землей постепенно уменьшается. При спуске парашютиста

- 1) его потенциальная энергия полностью преобразуется в кинетическую энергию воздуха
- 2) его полная механическая энергия не меняется
- 3) его потенциальная энергия полностью преобразуется во внутреннюю энергию парашютиста и воздуха
- 4) его кинетическая энергия преобразуется в потенциальную

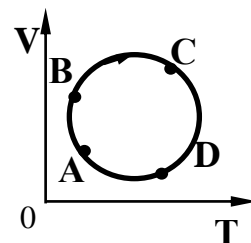
A6 Чему примерно равно давление, созданное водой, на глубине 2 м?

- 1) 200 Па
- 2) 2000 Па
- 3) 5000 Па
- 4) 20000 Па

A7 Хаотичность теплового движения молекул газа приводит к тому, что

- 1) плотность газа одинакова в любой точке занимаемого им сосуда
- 2) плотность вещества в газообразном состоянии меньше плотности этого вещества в жидком состоянии
- 3) газ гораздо легче сжать, чем жидкость
- 4) при одновременном охлаждении и сжатии газ превращается в жидкость

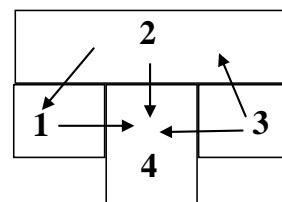
A8 График зависимости объема идеального газа от температуры для циклического процесса изображен на рисунке. Какому состоянию соответствует максимальное давление газа? Массу газа считать неизменной.



- 1) A
- 2) B
- 3) C
- 4) D

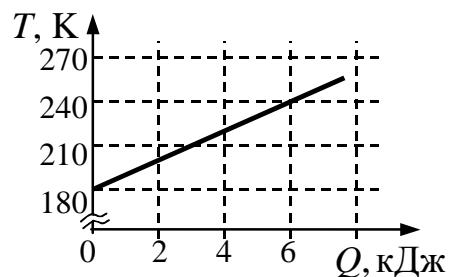
A9 На рисунке изображено 4 бруска. Стрелки показывают направление теплопередачи от одного бруска к другому. Самую высокую температуру имеет брусок

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4



A10

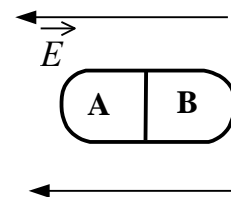
На графике представлена зависимость температуры тела от подводимого к нему количества теплоты. Масса тела 0,2 кг. Удельная теплоёмкость вещества в этом процессе равна



- 1) 250 Дж/(кг·К)
- 2) 375 Дж/(кг·К)
- 3) 500 Дж/(кг·К)
- 4) 330 Дж/(кг·К)

A11

Незаряженное металлическое тело внесли в однородное электростатическое поле, а затем разделили на части А и В (см. рисунок). Какими электрическими зарядами обладают эти части после разделения?



- 1) А – положительным, В – останется нейтральным
- 2) А – останется нейтральным, В – отрицательным
- 3) А – отрицательным, В – положительным
- 4) А – положительным, В – отрицательным

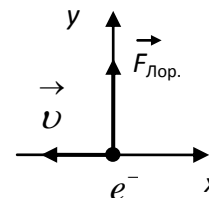
A12

В электронагревателе с неизменным сопротивлением спирали, через который течет постоянный ток, за время t выделяется количество теплоты Q . Если силу тока и время t увеличить вдвое, то количество теплоты, выделившейся в нагревателе, будет равно

- 1) Q
- 2) $4Q$
- 3) $8Q$
- 4) $\frac{1}{2}Q$

A13

В некоторый момент времени скорость \vec{v} электрона e^- , движущегося в магнитном поле, направлена вдоль оси x (см. рисунок). Как направлен вектор магнитной индукции \vec{B} , если в этот момент сила Лоренца, действующая на электрон, направлена вдоль оси y ?



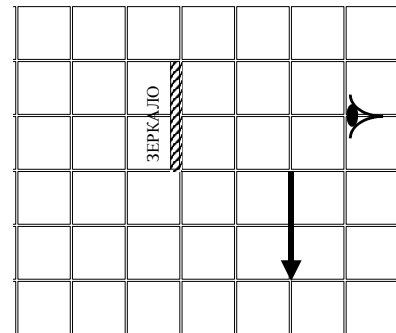
- 1) к нам \odot
- 2) от нас \otimes
- 3) в отрицательном направлении оси x \leftarrow
- 4) в положительном направлении оси x \rightarrow

A14 Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью C и катушки индуктивностью L . Как изменится период свободных электромагнитных колебаний в этом контуре, если емкость конденсатора и индуктивность катушки увеличить в 3 раза?

- 1) увеличится в 3 раза
- 2) не изменится
- 3) уменьшится в 3 раза
- 4) увеличится в 9 раз

A15 При каком из перечисленных ниже перемещений зеркала наблюдатель увидит стрелку в зеркале целиком?

- 1) на 1 клетку вниз
- 2) на 1 клетку влево
- 3) на 1 клетку вверх
- 4) стрелка уже видна глазу полностью



A16 Дифракционная решетка освещается монохроматическим светом. На экране, установленном за решеткой параллельно ей, возникает дифракционная картина, состоящая из темных и светлых вертикальных полос. В первом опыте решетка освещается желтым светом, во втором – зеленым, а в третьем – фиолетовым. Меняя решетки, добиваются того, что расстояние между полосами во всех опытах остается одинаковым. Значения постоянной решетки d_1 , d_2 , d_3 в первом, во втором и в третьем опытах соответственно, удовлетворяют условиям

- 1) $d_1 = d_2 = d_3$
- 2) $d_1 > d_2 > d_3$
- 3) $d_2 > d_1 > d_3$
- 4) $d_1 < d_2 < d_3$

A17 Один лазер излучает монохроматический свет с длиной волны $\lambda_1 = 700$ нм, другой – с длиной волны $\lambda_2 = 350$ нм. Отношение импульсов $\frac{p_1}{p_2}$ фотонов, излучаемых лазерами, равно

- 1) 1
- 2) 2
- 3) $\frac{1}{2}$
- 4) $\sqrt{2}$

A18

Ядро аргона ${}^{40}_{18}\text{Ar}$ содержит

- 1) 18 протонов и 40 нейтронов
- 2) 18 протонов и 22 нейтрона
- 3) 40 протонов и 22 нейтрона
- 4) 40 протонов и 18 нейтронов

A19

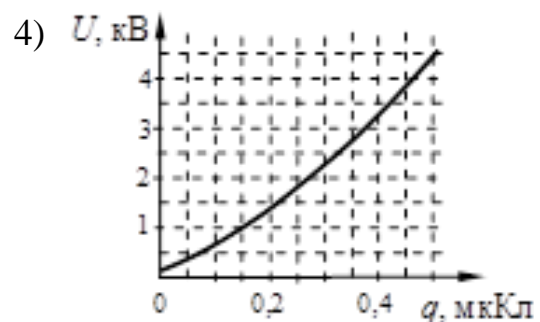
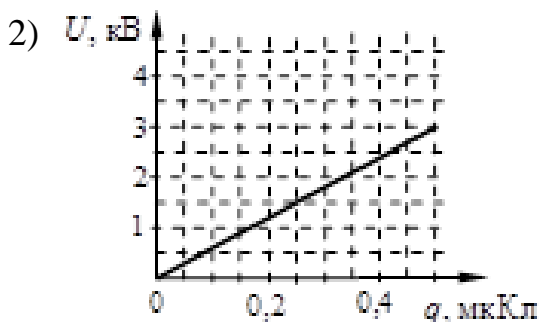
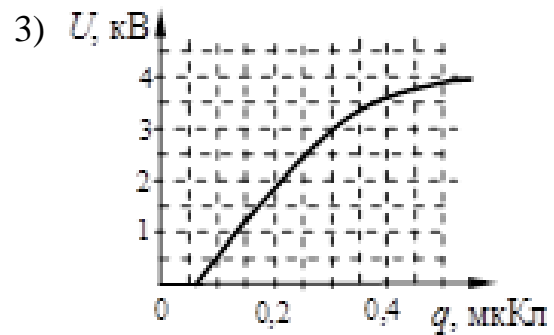
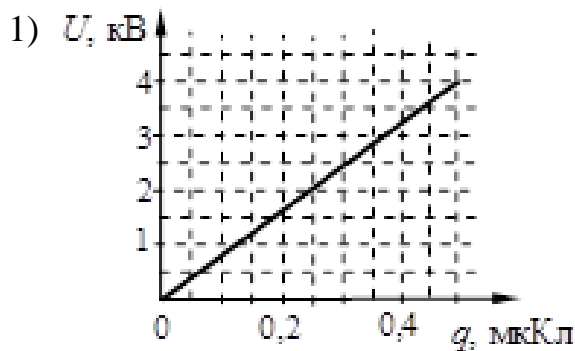
Ядро изотопа тория ${}^{234}_{90}\text{Th}$ претерпевает три последовательных α -распада. В результате получится ядро

- 1) полония ${}^{222}_{84}\text{Po}$
- 2) кюрия ${}^{246}_{96}\text{Cm}$
- 3) платины ${}^{196}_{78}\text{Pt}$
- 4) урана ${}^{238}_{92}\text{U}$

A20

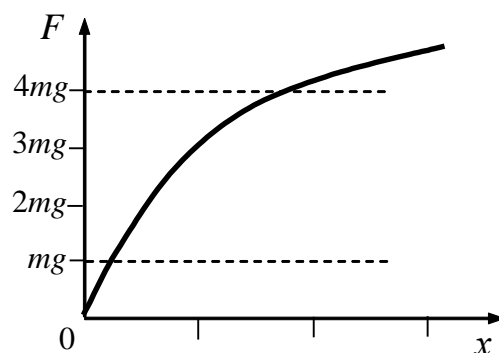
В лаборатории исследовалась зависимость напряжения на обкладках конденсатора от заряда этого конденсатора. Результаты измерений представлены в таблице. Погрешности измерений величин q и U равнялись соответственно 0,02 мкКл и 0,1 кВ. Какой из графиков приведен правильно с учетом всех результатов измерений и погрешностей этих измерений?

q , мкКл	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
U , кВ	0	0,5	1,5	3,0	3,5	3,8



A21

Частота малых вертикальных колебаний груза массой m , подвешенного на резиновом жгуте, равна ν_0 . Зависимость модуля силы упругости резинового жгута F от удлинения x изображена на графике. Частота ν малых вертикальных колебаний груза массой $4m$ на этом жгуте удовлетворяет соотношению



- 1) $\nu > 2 \nu_0$ 2) $\nu = 2 \nu_0$ 3) $\nu = 0,5 \nu_0$ 4) $\nu < 0,5 \nu_0$

Часть 2

Ответом к заданиям этой части (В1–В4) является последовательность цифр. Впишите ответы сначала в текст работы, а затем перенесите их в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки, без пробелов и каких-либо дополнительных символов. Каждую цифру пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.

В1

С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением каретка. Как изменится ускорение каретки, время ее движения по наклонной плоскости и сила трения, действующая на каретку, если массу каретки вдвое увеличить?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Ускорение	Время движения	Сила трения

B2

Частица массой m , несущая заряд q , влетает в однородное магнитное поле с индукцией \vec{B} со скоростью \vec{v} и движется по окружности радиусом R . Что произойдет с радиусом орбиты, периодом обращения и кинетической энергией частицы при увеличении скорости ее движения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

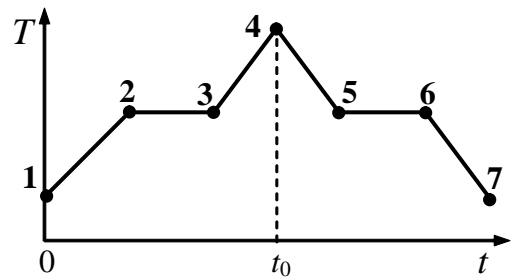
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Радиус орбиты	Период обращения	Кинетическая энергия

B3

На графике показана зависимость температуры T вещества, находящегося в цилиндре под поршнем, от времени t . Вещество равномерно нагревали от момента времени $t = 0$ до $t = t_0$. Потом нагреватель выключили, и вещество равномерно охлаждалось. В начальный момент времени вещество находилось в жидком состоянии. Какие участки соответствует процессу нагревания пара и конденсации вещества?



ПРОЦЕСС

- А) нагревание пара
- Б) конденсация вещества

УЧАСТОК ГРАФИКА

- 1) 2-3
- 2) 3-4
- 3) 4-5
- 4) 5-6

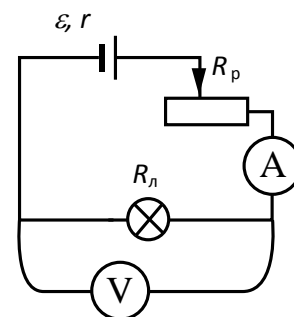
А	Б

B4

Исследуется электрическая цепь, собранная по схеме, представленной на рисунке.

Определите формулы, которые можно использовать для расчётов показаний амперметра и вольтметра. Измерительные приборы считать идеальными.

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



ПОКАЗАНИЯ ПРИБОРОВ

- А) показания амперметра
Б) показания вольтметра

ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЁТОВ ПОКАЗАНИЙ ПРИБОРОВ

- 1) $\frac{\varepsilon R_{\varepsilon}}{R_{\varepsilon} + R_p + r}$
- 2) $\varepsilon R_{\varepsilon} - \varepsilon(R_p + r)$
- 3) $\varepsilon(R_{\varepsilon} + R_p + r)$
- 4) $\frac{\varepsilon}{R_{\varepsilon} + R_p + r}$

А	Б

Часть 3

Задания третьей части представляют собой задачи. Рекомендуется провести их предварительное решение на черновике.

При выполнении заданий (A22–A25) в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A22

Летающий снаряд разрывается на два осколка. Первый осколок летит под углом 90° к первоначальному направлению со скоростью 500 м/с, а второй – под углом 30° со скоростью 1000 м/с. Найдите отношение массы первого осколка к массе второго осколка.

- 1) 1 2) 2 3) 2,5 4) 1,4

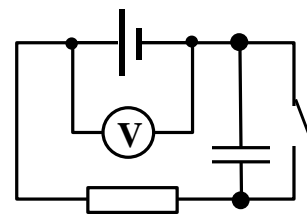
A23

В калориметре находится вода, масса которой 100 г и температура 0°C . В него добавляют кусок льда, масса которого 20 г и температура -5°C . Какой будет температура содержимого калориметра после установления в нем теплового равновесия? Ответ выразите в градусах Цельсия ($^\circ\text{C}$).

- 1) 0°C 2) $-1,5^\circ\text{C}$ 3) $-3,5^\circ\text{C}$ 4) $-4,5^\circ\text{C}$

A24

Схема электрической цепи показана на рисунке. Когда цепь разомкнута, идеальный вольтметр показывает 8 В. При замкнутой цепи вольтметр показывает 7 В. Сопротивление резистора во внешней цепи равно 3,5 Ом. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока?



- 1) 0,5 Ом 2) 1 Ом 3) 1,5 Ом 4) 2 Ом

A25

В некоторых опытах по изучению фотоэффекта фотоэлектроны тормозятся электрическим полем. Напряжение, при котором поле останавливает и возвращает назад все фотоэлектроны, назвали задерживающим напряжением. В таблице представлены результаты одного из первых таких опытов при освещении одной и той же пластины.

Задерживающее напряжение U , В	0,4	0,6
Частота ν , 10^{14} Гц	5,5	6,1

Постоянная Планка по результатам этого эксперимента равна

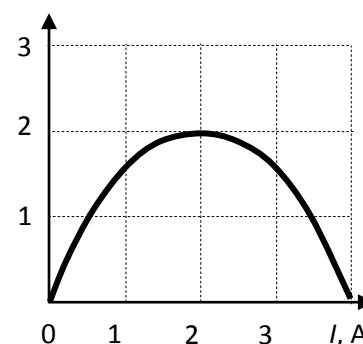
- 1) $4,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с 2) $5,3 \cdot 10^{-34}$ Дж·с 3) $7,0 \cdot 10^{-34}$ Дж·с 4) $6,3 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Полное решение задач С1–С6 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1, С2 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

С1

Электрическая цепь состоит из батареи с ЭДС ε и внутренним сопротивлением $r = 0,5$ Ом и подключённого к ней резистора нагрузки с сопротивлением R . При изменении сопротивления нагрузки изменяется сила тока в цепи и мощность в нагрузке. На рисунке представлен график изменения мощности, выделяющейся на нагрузке, в зависимости от силы тока в цепи.

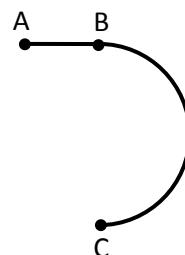
 $P, \text{ Вт}$ 

Используя известные физические законы, объясните, почему данный график зависимости мощности от силы тока является параболой. Чему равно ЭДС батареи?

Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

С2

Стартуя из точки А (см. рисунок), спортсмен движется равноускоренно до точки В, после которой модуль скорости спортсмена остаётся постоянным вплоть до точки С. Во сколько раз время, затраченное спортсменом на участок ВС, больше, чем на участок АВ, если модуль ускорения на обоих участках одинаков? Траектория ВС – полуокружность.

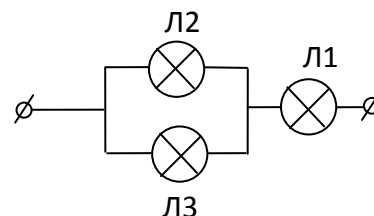


С3

Один моль одноатомного идеального газа переводят из состояния 1 в состояние 2 таким образом, что в ходе процесса давление газа возрастает прямо пропорционально его объёму. В результате плотность газа уменьшается в $\alpha = 2$ раза. Газ в ходе процесса получает количество теплоты $Q = 20$ кДж. Какова температура газа в состоянии 1?

С4

Вольтамперные характеристики газовых ламп Л1, Л2 и Л3 при достаточно больших токах хорошо описываются квадратичными зависимостями $U_1 = \alpha I^2$, $U_2 = 3\alpha I^2$, $U_3 = 6\alpha I^2$, где α – некоторая известная размерная константа. Лампы Л2 и Л3 соединили параллельно, а лампу Л1 – последовательно с ними (см. рисунок).



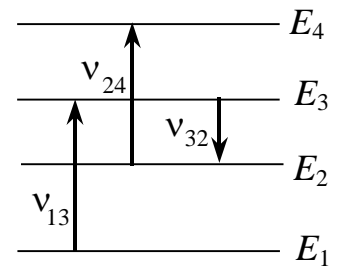
Определите зависимость напряжения от силы тока, текущего через такой участок цепи, если токи через лампы таковы, что выполняются вышеуказанные квадратичные зависимости.

C5

Протон ускоряется постоянным электрическим полем конденсатора, напряжение на обкладках которого 2160 В. Затем он влетает в однородное магнитное поле и движется по дуге окружности радиуса 20 см в плоскости, перпендикулярной линиям магнитной индукции. Каков модуль вектора индукции магнитного поля? Начальной скоростью протона в электрическом поле пренебречь.

C6

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?



Система оценивания экзаменационной работы по физике

Задания с выбором ответа

За правильный ответ на каждое задание с выбором ответа ставится 1 балл.

Если указаны два и более ответов (в том числе правильный), неверный ответ или ответ отсутствует – 0 баллов.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	2	A14	1
A2	2	A15	1
A3	1	A16	2
A4	3	A17	3
A5	3	A18	2
A6	4	A19	1
A7	1	A20	1
A8	4	A21	4
A9	3	A22	1
A10	3	A23	1
A11	4	A24	1
A12	3	A25	2
A13	2		

Задания с кратким ответом

Задание с кратким ответом считается выполненным верно, если в заданиях В1–В4 правильно указана последовательность цифр.

За полный правильный ответ ставится 2 балла, 1 балл – допущена одна ошибка; за неверный ответ (более одной ошибки) или его отсутствие – 0 баллов.

№ задания	Ответ
В1	331
В2	131
В3	24
В4	41

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ

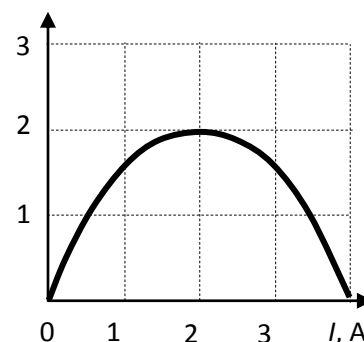
С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ

Решения заданий С1–С6 части 3 (с развернутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведенных ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

С1

Электрическая цепь состоит из батареи с ЭДС ε и внутренним сопротивлением $r = 0,5$ Ом и подключённого к ней резистора нагрузки с сопротивлением R . При изменении сопротивления нагрузки изменяется сила тока в цепи и мощность в нагрузке. На рисунке представлен график изменения мощности, выделяющейся на нагрузке, в зависимости от силы тока в цепи.

P , Вт



Используя известные физические законы, объясните, почему данный график зависимости мощности от силы тока является параболой. Чему равно ЭДС батареи?

Возможное решение

Тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе, имеющем сопротивление R , определяется законом Джоуля–Ленца $P = UI$, где I – сила тока в цепи, а U – напряжение на резисторе. Сила тока определяется законом Ома для полной цепи $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$, а напряжение на резисторе – законом Ома для участка цепи $U = IR$.

На графике мощность в нагрузке зависит от силы тока I , поэтому сопротивление нагрузки $R = R(I) = \frac{\varepsilon}{I} - r$ и напряжение на резисторе $U(I) = IR = \varepsilon - Ir$ необходимо рассматривать как величины, зависящие от силы тока I и параметров батареи ε и r , которые не меняются. Мощность в нагрузке

$$P(I) = U(I)I = I(\varepsilon - Ir) \quad (1)$$

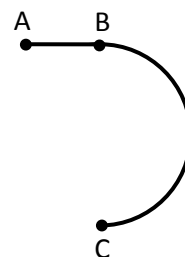
– квадратичная функция силы тока.

График этой функции – парабола, проходящая через точки $I_1 = 0$, $I_2 = I_{\max} = \varepsilon / r$. Следовательно, $\varepsilon = 2$ В.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – формула (1) и значение ЭДС) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – законы Ома для участка цепи и полной цепи)	3
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и дано правильное объяснение, но содержится один из следующих недостатков. В представленных записях содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи. ИЛИ Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объёме, или в них содержится логический недочёт	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Указаны не все необходимые явления и физические законы, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые явления и физические законы, но в некоторых из них допущена ошибка, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к верному ответу, содержат ошибки	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

C2

Стартуя из точки А (см. рисунок), спортсмен движется равноускоренно до точки В, после которой модуль скорости спортсмена остаётся постоянным вплоть до точки С. Во сколько раз время, затраченное спортсменом на участок ВС, больше, чем на участок АВ, если модуль ускорения на обоих участках одинаков? Траектория ВС – полуокружность.



Возможное решение	
<p>Ускорение на прямолинейном участке определяется по формуле $a_1 = \frac{v}{t_1}$, где v – скорость в точке В, а t_1 – время движения по прямолинейному участку. Ускорение при движении по дуге окружности есть центростремительное ускорение и определяется по формуле $a_2 = \frac{v^2}{R}$, где R – радиус полуокружности.</p> <p>С учётом того, что $v = \frac{\pi R}{t_2}$, получим $a_2 = \frac{v \pi}{t_2}$. Приравнявая выражения для ускорений, получим $\frac{v}{t_1} = \frac{v \pi}{t_2}$, откуда для искомого отношения имеем $\frac{t_2}{t_1} = \pi$.</p> <p>Ответ: $\frac{t_2}{t_1} = \pi$.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>формулы для ускорения при прямолинейном равноускоренном движении и для центростремительного ускорения</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ. Но имеется один из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или нескольким пунктам: II, III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или)</p>	2

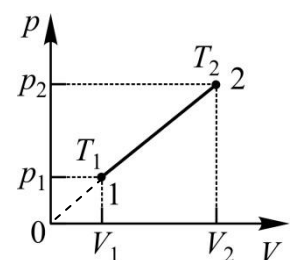
преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	
Представлены записи, соответствующие ОДНОМУ из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

С3

Один моль одноатомного идеального газа переводят из состояния 1 в состояние 2 таким образом, что в ходе процесса давление газа возрастает прямо пропорционально его объёму. В результате плотность газа уменьшается в $\alpha = 2$ раза. Газ в ходе процесса получает количество теплоты $Q = 20$ кДж. Какова температура газа в состоянии 1?

Возможное решение

1. Изобразим процесс на pV -диаграмме и обозначим давления и объёмы газа в состояниях 1 и 2 через (p_1, V_1) и (p_2, V_2) соответственно. Температуру газа в состоянии 1 обозначим через T_1 , а в состоянии 2 – через T_2 .



2. Из первого закона термодинамики следует, что полученное газом количество теплоты идёт на увеличение внутренней энергии газа и на совершение им работы: $Q = \Delta U_{12} + A_{12}$.

3. Используем термодинамическую модель одноатомного идеального

газа:
$$\begin{cases} pV = \nu RT, \\ U = \frac{3}{2} \nu RT. \end{cases}$$
 Изменение его внутренней энергии равно

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1).$$

4. Совершенная газом работа численно равна площади трапеции под графиком процесса на pV -диаграмме, т. е. разности площадей треугольников:

$$A_{12} = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1).$$

5. С учётом этого получаем $Q = \Delta U_{12} + A_{12} = 2(p_2 V_2 - p_1 V_1)$. Из графика процесса следует, что $\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1}$. Поэтому $\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2$ и выражение для количества теплоты приобретает вид

$$Q = 2p_1 V_1 \left(\frac{V_2^2}{V_1^2} - 1 \right) = 2\nu RT_1 \left(\frac{V_2^2}{V_1^2} - 1 \right).$$

6. Заметим, что искомое отношение плотностей газа массой m в состояниях 1 и 2 равно $\alpha = \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{m/V_1}{m/V_2} = \frac{V_2}{V_1}$.

$$\text{Поэтому } Q = 2\nu RT_1 \left(\frac{V_2^2}{V_1^2} - 1 \right) = 2\nu RT_1 (\alpha^2 - 1), \text{ откуда } T_1 = \frac{Q}{2\nu R (\alpha^2 - 1)}.$$

Подставляя в полученную формулу числовые данные, находим T_1 .

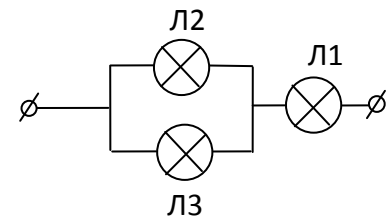
Ответ: $T_1 \approx 400 \text{ К}$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>термодинамическая модель одноатомного идеального газа, 1-е начало термодинамики, определение плотности вещества, вычисление работы газа по графику процесса на pV-диаграмме</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые</p>	2

<p>преобразования, и представлен правильный ответ. Но имеется <u>один</u> из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

С4

Вольтамперные характеристики газовых ламп Л1, Л2 и Л3 при достаточно больших токах хорошо описываются квадратичными зависимостями $U_1 = \alpha I^2$, $U_2 = 3\alpha I^2$, $U_3 = 6\alpha I^2$, где α – некоторая известная размерная константа. Лампы Л2 и Л3 соединили параллельно, а лампу Л1 – последовательно с ними (см. рисунок).



Определите зависимость напряжения от силы тока, текущего через такой участок цепи, если токи через лампы таковы, что выполняются вышеуказанные квадратичные зависимости.

Возможное решение

Пусть на концах участка цепи напряжение U , а сила тока через участок I .

1. Напряжение на концах цепи из последовательно соединённых участков равно сумме напряжений на участках:

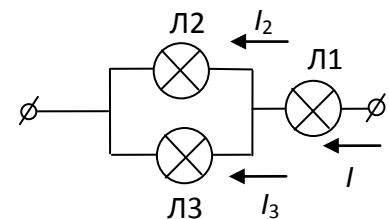
$$U = U_1 + U_2 = \alpha I^2 + 3\alpha I_2^2.$$

2. Для параллельно соединённых ламп Л2 и Л3 имеем $U_2 = U_3$, $I = I_2 + I_3$,

$$\text{или } 3\alpha I_2^2 = 6\alpha I_3^2, \text{ откуда } I_3 = \frac{I_2}{\sqrt{2}} \text{ и } I = I_2 + \frac{I_2}{\sqrt{2}} \approx 1,71I_2, \quad I_2 \approx \frac{I}{1,71}.$$

3. Тогда из п. 1 и 2 получим

$$U \approx \alpha I^2 + 3\alpha \frac{I^2}{(1,71)^2} \approx \alpha I^2 + 1,02\alpha I^2 \approx 2\alpha I^2.$$



Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:

3

I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *формулы для расчёта токов и напряжений в цепях постоянного тока*);

II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*);

III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);

IV) представлен правильный ответ

<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ. Но имеется <u>один</u> из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

C5

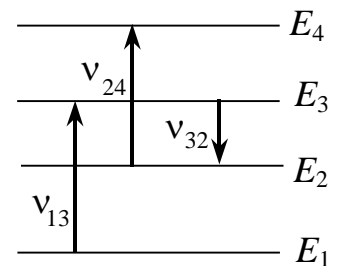
Протон ускоряется постоянным электрическим полем конденсатора, напряжение на обкладках которого 2160 В. Затем он влетает в однородное магнитное поле и движется по дуге окружности радиуса 20 см в плоскости, перпендикулярной линиям магнитной индукции. Каков модуль вектора индукции магнитного поля? Начальной скоростью протона в электрическом поле пренебречь.

Возможное решение	
<p>Изменение кинетической энергии протона при движении протона в электрическом поле конденсатора: $\frac{mv^2}{2} = eU$.</p> <p>В соответствии со вторым законом Ньютона, уравнение движения протона в магнитном поле: $\frac{mv^2}{R} = Bev$.</p> <p>Решив систему уравнений, получаем $B = \sqrt{\frac{2mU}{eR^2}}$.</p> <p>Ответ: $B \approx 34$ мТл.</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>теорема об изменении кинетической энергии и второй закон Ньютона, формула для силы Лоренца</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется <u>один</u> из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p>	2

ИЛИ	
При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.	1
ИЛИ	
В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	
ИЛИ	
В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

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?



Возможное решение	
<p>Максимальная длина волны соответствует минимальной частоте. Частота фотона, испускаемого атомом при переходе с одного уровня энергии на другой, пропорциональна разности энергий этих уровней: $\nu_{21} = \frac{E_2 - E_1}{h}$.</p> <p>Имеем $\nu_{21} = \nu_{13} - \nu_{32} = 10^{14}(7 - 3) = 4 \cdot 10^{14}$ (Гц), $\nu_{32} = 3 \cdot 10^{14}$ (Гц), $\nu_{43} = \nu_{24} - \nu_{32} = 10^{14}(5 - 3) = 2 \cdot 10^{14}$ (Гц).</p> <p>Минимальной здесь является частота $\nu_{43} = 2 \cdot 10^{14}$ (Гц). Ей соответствует длина волны $\lambda_{43} = \frac{c}{\nu_{43}}$. Ответ: $\lambda_{43} \approx 1,5 \cdot 10^{-6}$ м.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы

<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>формулы связи длины волны, частоты и энергии фотона излучаемого атомом света</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется <u>один</u> из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования</p>	1

с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0