

Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из двух частей, включающих в себя 32 задания.

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 25 и 26 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

КИМ Ответ: 7,5 см. 3 7 , 5 Бланк

Ответом к заданиям 5–7, 11, 12, 16–18, 21, 23 и 24 является последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ:

А	Б
4	1

7 4 1 Бланк

Ответом к заданию 13 является слово. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: вправо 13 В П РА В О Бланк

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

КИМ

Заряд ядра Z	Массовое число ядра A
38	94

Ответ: (14 ± 0,2) н. 1,40,2 Бланк

Ответ к заданиям 27–32 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелиевой или капиллярной ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. **Записи в черновике, а также в тексте контрольных измерительных материалов не учитываются при оценивании работы.**

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

После завершения работы проверьте, что ответ на каждое задание в бланках ответов №1 и №2 записан под правильным номером.

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	$0 \text{ K} = -273 \text{ }^{\circ}\text{C}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалента	931,5 МэВ
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
1 астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} = 150\,000\,000 \text{ км}$
1 световой год	$1 \text{ св. год} = 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$
1 парсек	$1 \text{ пк} = 3,26 \text{ св. года}$

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	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

Астрономические величины

средний радиус Земли	$R_{\oplus} = 6370 \text{ км}$
радиус Солнца	$R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$
температура поверхности Солнца	$T = 6000 \text{ К}$

Плотность

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

Удельная теплоёмкость

воды $4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	алюминия $900 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
льда $2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	меди $380 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
железа $460 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	чугуна $800 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
свинца $130 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	

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 – $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Молярная масса

азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воды	$18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

Тело, двигаясь равноускоренно, проходит за четвертую секунду от начала движения 7 м. Какой путь пройдет тело за первые 10 с?

Ответ: _____ м.

2

По дну аквариума, заполненного водой, тянут с горизонтальной силой $F = 400 \text{ Н}$ брусок массой $m = 3 \text{ кг}$. Какова сила трения, если объем бруска $V = 0,002 \text{ м}^3$, а коэффициент трения равен 0,3?

Ответ: _____ Н.

3

Расстояние от спутника до поверхности Земли равно радиусу Земли. Во сколько раз уменьшится сила притяжения спутника к Земле, если расстояние от него до поверхности Земли станет равным трём радиусам Земли?

Ответ: _____.

4

Чему равно отношение длины первого математического маятника к длине второго, если за одно и то же время первый совершает 10, а второй 30 колебаний?

Ответ: _____.



- 5 Пуля движется горизонтально и пробивает доску. При этом скорость её движения уменьшается в 2,5 раза. Выберите два верных утверждения.

- 1) выполняется закон сохранения механической энергии
- 2) скорость пули уменьшается за счет работы силы тяжести
- 3) скорость пули уменьшается за счет работы силы трения
- 4) полная механическая энергия пули уменьшается
- 5) кинетическая энергия пули уменьшается в 2,5 раза

Ответ:

--	--

- 6 Теплоход переходит из устья Волги в соленое Каспийское море. При этом архимедова сила и сила тяжести, действующие на теплоход:

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

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

Архимедова сила	Сила тяжести

- 7 Тело бросили под углом 30° к горизонту с начальной скоростью V_0 .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) скорость V тела в проекции на ось Y при движении вверх
Б) максимальная высота подъема

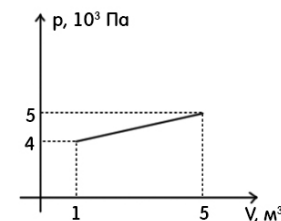
ФОРМУЛЫ

- 1) $(V_0 \sin 30^\circ)^2 / 2g$
- 2) $(V_0 \cos 30^\circ)^2 / 2g$
- 3) $V_0 \sin 30^\circ - gt$
- 4) $V_0 \sin 30^\circ + gt$

Ответ:

А	Б

- 8 На рисунке представлен график зависимости $p(V)$ для идеального газа. Найдите работу, совершенную газом в процессе 1-2.



Ответ: _____ кДж.

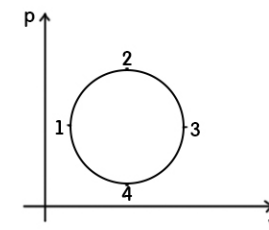
- 9 При изотермическом сжатии газ передал окружающим телам количество теплоты 800 Дж. Какую работу совершил газ?

Ответ: _____ Дж.

- 10 Во сколько раз увеличится КПД теплового двигателя, если при постоянной температуре холодильника 17°C температуру нагревателя повысить со 127°C до 447°C ? Ответ округлите до десятых.

Ответ: _____.

- 11 На рисунке изображена зависимость давления от объема $P(V)$, это циклический процесс. Он разбит на несколько отдельных процессов цифрами 1, 2, 3, 4. Выберите два верных утверждения об этом процессе.



- 1) Процесс 2-3 изотермический.
- 2) В процессе 2-3 работа газа положительна.
- 3) В процессе 1-2 внутренняя энергия газа увеличивается.
- 4) В точке 2 объем газа наибольший.
- 5) Работа газа за цикл равна 0.

Ответ:

--	--



- 12 В вертикальном цилиндрическом сосуде под поршнем, который может передвигаться без трения, находится газ с постоянным количеством вещества. Как изменятся давление и плотность газа, если повысить его температуру в 2 раза?

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

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Плотность газа	Давление газа

- 13 На рисунке изображён длинный цилиндрический проводник, по которому протекает электрический ток. Направление тока указано стрелкой. Как направлен вектор магнитной индукции поля этого тока в точке С (*вправо, влево, от наблюдателя, к наблюдателю, вниз, вверх*)? Ответ запишите словом(-ами).



Ответ: _____.

- 14 В цепи из двух одинаковых последовательно включённых резисторов за час выделяется количество теплоты Q_1 , если к цепи подводится напряжение U . В цепи из пяти таких же резисторов, соединённых последовательно, за час выделяется количество теплоты Q_2 , если к этой цепи подводится напряжение $3U$. Чему равно отношение Q_2/Q_1 ?

Ответ: _____.

- 15 Мальчик находится на расстоянии 1 метр от зеркала. Каким станет расстояние между мальчиком и его изображением, если он отойдет от зеркала еще на 2 метра?

Ответ: _____ м.

- 16 Проводник в форме прямоугольника находится в однородном электрическом поле, направление которого можно увидеть на рисунке. Проводник разделяют на две части и электрическое поле отключают. Выберите два верных утверждения, которые соответствуют данной ситуации.



- 1) До разделения заряд был равномерно распределен по проводнику.
- 2) До разделения положительный заряд имела левая часть прямоугольника.
- 3) До разделения положительный заряд имела правая часть прямоугольника.
- 4) После разделения левый кубик стал заряжен отрицательно.
- 5) После разделения кубиков их заряды стали равны нулю.

Ответ:

--	--

- 17 В электрической цепи, состоящей из источника тока и реостата, источник тока заменяют на другой, с той же ЭДС, но бо́льшим внутренним сопротивлением. Как изменяются при этом следующие физические величины: общее сопротивление цепи и напряжение на реостате?

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

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

Общее сопротивление цепи	Напряжение на реостате



- 18** Пучок света переходит из воды в воздух, при этом показатель преломления воды равен n , а показатель преломления воздуха – 1. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, позволяющими их найти.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРУМЛЫ

- | | |
|-----------------------------|----------|
| А) скорость света в воде | 1) cn |
| Б) скорость света в воздухе | 2) n/c |
| | 3) c/n |
| | 4) c |

Ответ:

А	Б

- 19** Сколько электронов и сколько нейтронов содержится в атоме фосфора $^{31}_{15}P$?

Число электронов	Число нейтронов

- 20** Период полураспада изотопа кислорода $^{14}_8O$ составляет 71 с. Какая доля от исходного большого количества этих ядер остаётся нераспавшейся через интервал времени, равный 142 с?

Ответ: _____ %.

- 21** В эксперименте для наблюдения фотоэффекта интенсивность света увеличивают в 1,5 раза, а его частоту уменьшают в 1,5 раза. Как при этом изменяются следующие величины: запирающее напряжение, работа выхода:

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

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

Запирающее напряжение	Работа выхода

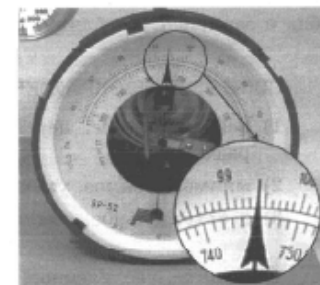
Ответ:

--	--

- 22** С помощью барометра проводили измерения атмосферного давления. Известно, что верхняя шкала барометра проградуирована в кПа, а нижняя в миллиметрах ртутного столба. Погрешность равна половине цены деления шкалы.

Определите атмосферное давление воздуха и погрешность измерений, и запишите их подряд без пробелов и запятых.

Ответ: (_____ $\pm$ _____) кПа.

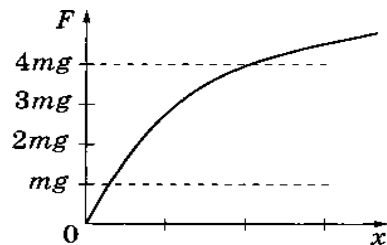


В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.



23

Зависимость модуля силы упругости резинового жгута F от удлинения x изображена на графике. Период малых вертикальных колебаний груза массой m , подвешенного на резиновом жгуте, равен T_0 .



Выберите два утверждения, соответствующих данному графику.

- 1) Для удлинения жгута закон Гука выполняется при всех используемых в опыте массах грузов.
- 2) Частота колебаний груза сначала увеличивается, а затем уменьшается.
- 3) При увеличении массы груза период его колебаний на резиновом жгуте увеличивается.
- 4) Период T малых вертикальных колебаний груза массой $4m$ на этом жгуте удовлетворяет соотношению $T > 2T_0$.
- 5) Период T малых вертикальных колебаний груза массой $4m$ на этом жгуте удовлетворяет соотношению $T < 0,5T_0$.

Ответ:

--	--

24

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звездах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Плотность по отношению к плотности воды
Альдебаран	3600	5,0	45	$7,7 \cdot 10^{-5}$
ε Возничего В	11 000	10,2	3,5	0,33
Капелла	5200	3,3	23	$4 \cdot 10^{-4}$
Ригель	11 200	40	138	$2 \cdot 10^{-5}$
Сириус А	9250	2,1	2,0	0,36
Сириус В	8200	1	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,75 \cdot 10^6$
Солнце	6000	1,0	1,0	1,4
α Центавра А	5730	1,02	1,2	0,80

Выберите **все** утверждения, которые соответствуют характеристикам звезд, и укажите их номера.

- 1) Звезда Сириус А относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рассела.
- 2) Звезда Ригель относится к сверхгигантам.
- 3) Наше Солнце имеет максимальную массу для звёзд главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рассела.
- 4) Звезда Сириус В относится к белым карликам спектрального класса А.
- 5) Звезда α Центавра А относится к спектральному классу О.

Ответ: _____.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.



Часть 2

Ответом к заданиям 25–26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 25 Воздух нагревали в сосуде постоянного объёма. При этом абсолютная температура воздуха в сосуде повысилась в 4 раза, а его давление увеличилось в 2 раза. Оказалось, что кран у сосуда был закрыт плохо, и через него просачивался воздух. Во сколько раз уменьшилась масса воздуха в сосуде?

Ответ: _____.

- 26 Карандаш совмещен с главной оптической осью тонкой собирающей линзы, его длина равна фокусному расстоянию линзы $f = 12$ см. Середина карандаша находится на расстоянии $2f$ от линзы. Рассчитайте длину изображения карандаша. Ответ выразите в см.

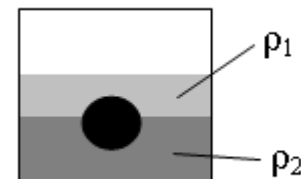
Ответ: _____ см.

- 27 На площадку падает зеленый свет от лазера. Лазер заменяют на другой, который генерирует красный свет. Мощность излучения, падающего на площадку, в обоих случаях одна и та же. Как меняется в результате такой замены число фотонов, падающих на площадку в единицу времени. Ответ поясните, указав какие физические закономерности Вы использовали для объяснения

Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать 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.

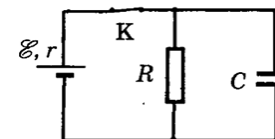
- 28 На какой высоте от поверхности планеты обращается искусственный спутник по круговой орбите со скоростью $5,7$ км/с. Радиус планеты равен 5700 км. Ускорение свободного падения на поверхности планеты 6 м/с².

- 29 На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности $\rho_1 = 400$ кг/м³ и $\rho_2 = 800$ кг/м³, плавает шарик (см. рисунок). Какой должна быть плотность шарика ρ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна четверть его объема?



- 30 В комнате размерами $4 \times 3 \times 5$ м³, в которой воздух имеет температуру 20° С и относительную влажность 30%, включили увлажнитель воздуха производительностью $0,2$ л/ч. Сколько времени необходимо работать увлажнителю, чтобы относительная влажность воздуха в комнате повысилась до 65%? Давление насыщенного водяного пара при температуре 20° С равно $2,33$ кПа. Комнату считать герметичным сосудом.

- 31 В электрической схеме, показанной рисунке, ключ K замкнут. ЭДС батарейки 24 В, сопротивление резистора 25 Ом, заряд конденсатора 2 мкКл. После размыкания ключа K , в результате разряда конденсатора, на резисторе выделяется количество теплоты 20 мкДж. Найдите внутреннее сопротивление батарейки.



- 32 Период свободных электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, равен $6,3$ мкс. Амплитуда колебаний силы тока $I_m = 5$ мА. В момент времени t сила тока в катушке равна 3 мА. Найдите заряд конденсатора в этот момент.



ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 210405



Система оценивания экзаменационной работы по физике

Задания 1–24

Задания 1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22 и 23 части 1 и задания 25 и 26 части 2 оцениваются 1 баллом. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число, два числа или слово.

Задания 5–7, 11, 12, 16–18 и 21 части 1 оцениваются 2 баллами, если верно указаны оба элемента ответа; 1 баллом, если допущена ошибка в указании одного из элементов ответа, и 0 баллов, если допущено две ошибки. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные), то ставится 0 баллов. Задание 24 оценивается 2 баллами, если указаны все верные элементы ответа; 1 баллом, если допущена одна ошибка (в том числе указана одна лишняя цифра наряду со всеми верными элементами или не записан один элемент ответа); 0 баллов, если допущено две ошибки. В заданиях 5, 11, 16 и 24 порядок записи цифр в ответе может быть различным.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	100	14	3,6
2	3	15	6
3	4	16	34
4	9	17	12
5	34	18	34
6	33	19	1516
7	31	20	25
8	18	21	23
9	-800	22	99,40,05
10	2,2	23	34
11	23	24	124
12	23	25	2
13	от наблюдателя	26	16

Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

Решения заданий 27–32 части 2 (с развёрнутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведённых ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного экзаменуемым ответа выставляется от 0 до 2 баллов за задание 27 и от 0 до 3 баллов за задания 28 и 29–32.

27

На площадку падает красный свет от лазера. Лазер заменяют на другой, который генерирует зеленый свет. Мощность излучения, падающего на площадку, в обоих случаях одна и та же. Как меняется в результате такой замены число фотонов, падающих на площадку в единицу времени. Ответ поясните, указав какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

Возможное решение:

Свет, падающий на предмет, можно представить как поток фотонов с энергией $E_{\phi} = h\nu$. Частота зеленого света больше частоты красного света. Следовательно, энергия фотонов зеленого света больше, чем красного. Мощность светового излучения, падающего на площадку $P = \frac{E_{\phi} N}{t}$, где N – число фотонов, падающих на площадку за время t . По

условию задачи $P_{\kappa} = P_{\text{з}}$, тогда $\frac{h\nu_{\kappa} N_{\kappa}}{t} = \frac{h\nu_{\text{з}} N_{\text{з}}}{t}$, получим $\nu_{\kappa} N_{\kappa} = \nu_{\text{з}} N_{\text{з}}$,

$\frac{\nu_{\kappa}}{\nu_{\text{з}}} = \frac{N_{\text{з}}}{N_{\kappa}}$, учитывая, что $\nu_{\kappa} < \nu_{\text{з}}$, получим $N_{\kappa} > N_{\text{з}}$.

Следовательно, число фотонов уменьшается.

Ответ: число фотонов уменьшается.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: п. 1) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>формула энергии фотонов, формула мощности светового излучения</i>).	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.	2



В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	
Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. 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, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

28

На какой высоте от поверхности планеты обращается искусственный спутник по круговой орбите со скоростью 5,7 км/с. Радиус планеты равен 5700 км. Ускорение свободного падения на поверхности планеты 6 м/с².

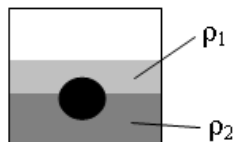
Возможное решение:	
Согласно закону всемирного тяготения для спутника, вращающегося на высоте h от поверхности планеты $F = G \frac{Mm}{(R+h)^2} = ma_{\text{ц}} = \frac{mv^2}{R+h}$. Т.е. $v^2 = G \frac{M}{R+h}$. Ускорение свободного падения на поверхности планеты $g = G \frac{M}{R^2}$. Найдем отношение квадрата скорости на орбите к ускорению свободного падения на поверхности планеты $\frac{v^2}{g} = \frac{GM}{R+h} : \frac{GM}{R^2} = \frac{R^2}{R+h}$. Выразим высоту $h = \frac{gR^2}{v^2} - R$. Подставим численные значения: $h = \frac{6 \cdot (5,7 \cdot 10^6)^2}{(5,7 \cdot 10^3)^2} - 5,7 \cdot 10^6 = (6 - 5,7) \cdot 10^6 \text{ м} = 0,3 \cdot 10^6 \text{ м},$ $h = 300 \text{ км}.$ Ответ: $h = 300 \text{ км}.$	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: 1) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>закон всемирного тяготения, формула для центростремительного ускорения, для ускорения свободного падения на поверхности планеты</u>);	2



II) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); III) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но допущена ошибка в ответе или в математических преобразованиях или вычислениях. ИЛИ Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
Максимальный балл	2

29

На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности $\rho_1 = 400 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_2 = 800 \text{ кг/м}^3$, плавает шарик (см. рисунок). Какой должна быть плотность шарика ρ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна четверть его объема?



Возможное решение:

Шарик и жидкости неподвижны в ИСО, связанной с Землей. Условие равновесия, согласно второму закону Ньютона, примет вид:

$m\vec{g} + \vec{F}_{a1} + \vec{F}_{a2} = 0$, где $\vec{F}_{a1}, \vec{F}_{a2}$ силы Архимеда, действующие на объемы тела V_1, V_2 выше и ниже границы раздела жидкостей, соответственно.

Так как объем тела $V = V_1 + V_2$, то для проекций можем записать

$$\rho V g = \rho_1 V_1 g + \rho_2 V_2 g, \text{ или } \rho V = \rho_1 V_1 + \rho_2 V_2. \text{ Так как } V_1 = \frac{1}{4} V, \text{ а}$$

$$V_2 = \frac{3}{4} V, \text{ то } \rho V = \frac{1}{4} \rho_1 V + \frac{3}{4} \rho_2 V. \text{ Тогда плотность шарика}$$

$$\rho = \frac{1}{4} \rho_1 + \frac{3}{4} \rho_2. \text{ Подставим численные значения}$$

$$\rho = \frac{400}{4} + \frac{3 \cdot 800}{4} = 700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Ответ: 700 кг/м³.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) Записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, сила Архимеда</i>). II) сделан правильный рисунок с указанием сил, действующих на шайбу, указано направление силы трения, действующей на доску; III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ)	2



В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка	
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной 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
Максимальный балл	3

30

В комнате размерами $4 \times 3 \times 5 \text{ м}^3$, в которой воздух имеет температуру 20°С и относительную влажность 30%, включили увлажнитель воздуха производительностью 0,2 л/ч. Сколько времени необходимо работать увлажнителю, чтобы относительная влажность воздуха в комнате повысилась до 65%? Давление насыщенного водяного пара при температуре 20°С равно 2,33 кПа. Комнату считать герметичным сосудом.

Возможное решение:

Относительная влажность определяется парциальным давлением водяного пара и давлением насыщенного пара при этой же температуре

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{нас}}}. \text{ За время работы увлажнителя с производительностью } I$$

испаряется масса воды $m = \rho I t$. Тогда влажность в комнате станет

$$\varphi = \frac{p_1 + \Delta p}{p_{\text{нас}}} = \frac{p_1}{p_{\text{нас}}} + \frac{\Delta p}{p_{\text{нас}}} = \varphi_0 + \frac{\Delta p}{p_{\text{нас}}}. \text{ Для водяного пара в комнате}$$

можем записать уравнение Менделеева-Клапейрона (так как пар

является разреженным газом) $pV = \frac{m}{M} RT$. Откуда получим

$$\Delta p = \frac{\Delta m RT}{MV} = \frac{\rho I t RT}{MV}. \text{ Тогда } \varphi = \varphi_0 + \frac{\rho I t RT}{MV p_{\text{нас}}}, \quad \varphi - \varphi_0 = \frac{\rho I t RT}{MV p_{\text{нас}}},$$

$$t = (\varphi - \varphi_0) \cdot \frac{MV p_{\text{нас}}}{\rho I RT}. \text{ Подставим численные значения}$$

$$t = (0,65 - 0,3) \cdot \frac{0,018 \cdot 2330 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 3}{1000 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 293} \approx 1,8 \text{ ч.}$$

Ответ: $t \approx 1,8 \text{ ч.}$

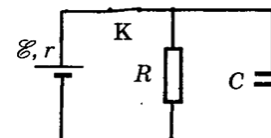
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае формулы для определения относительной влажности, массы испаряемой воды, уравнение Менделеева-Клапейрона). II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);	3



IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной 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
Максимальный балл	3

31

В электрической схеме, показанной рисунке, ключ К замкнут. ЭДС батарейки 24 В, сопротивление резистора 25 Ом, заряд конденсатора 2 мкКл. После размыкания ключа К, в результате разряда конденсатора, на резисторе выделяется количество теплоты 20 мкДж. Найдите внутреннее сопротивление батарейки.



Возможное решение:

Согласно закону Ома для полной цепи: $I = \frac{E}{r + R}$, напряжение на конденсаторе равно падению напряжения на резисторе, тогда, согласно закону Ома для участка цепи $U = IR = \frac{ER}{r + R}$. Количество теплоты,

выделяющееся на резисторе после размыкания ключа: $Q = W_c = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}$.

Тогда $U = \frac{2Q}{q}$.

Следовательно, $\frac{ER}{r + R} = \frac{2Q}{q}$, $r + R = \frac{ERq}{2Q}$, откуда получим

$r = \frac{ERq}{2Q} - R = R \left(\frac{Eq}{2Q} - 1 \right)$. Тогда $r = 25 \cdot \left(\frac{24 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} - 1 \right) = 5 \text{ Ом}$.

Ответ: $r = 5 \text{ Ом}$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае:	3



формула для определения энергии конденсатора, закон Ома для полной цепи и для участка цепи); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ	1

В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной 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
Максимальный балл	3

32

Период свободных электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, равен 6,3 мкс. Амплитуда колебаний силы тока $I_m = 5$ мА. В момент времени t сила тока в катушке равна 3 мА. Найдите заряд конденсатора в этот момент.

Возможное решение: 1. Запишем закон сохранения энергии в колебательном контуре: $\frac{LI_{max}^2}{2} = \frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2}$ $q^2 = (LI_{max}^2 - LI^2)C = LC(I_{max}^2 - I^2)$ $q = \sqrt{LC(I_{max}^2 - I^2)}$ 2. Период колебаний определяется формулой Томсона: $T = 2\pi\sqrt{LC}, \text{ откуда получим } \sqrt{LC} = \frac{T}{2\pi}$ 3. $q = \frac{T}{2\pi} \sqrt{I_{max}^2 - I^2} = \frac{6,3 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 3,14} \cdot \sqrt{25 \cdot 10^{-6} - 9 \cdot 10^{-6}}$ $q \approx 4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ Ответ: $q \approx 4 \cdot 10^{-9}$ Кл	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы



Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон сохранения энергии в колебательном контуре, формула Томсона</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и	1

достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной 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
Максимальный балл	3

В соответствии с Порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования (приказ Минпросвещения России и Рособнадзора от 07.11.2018 № 190/1512, зарегистрирован Минюстом России 10.12.2018 № 52952)

«82. По результатам первой и второй проверок эксперты независимо друг от друга выставляют баллы за каждый ответ на задания экзаменационной работы ЕГЭ с развернутым ответом.

В случае существенного расхождения в баллах, выставленных двумя экспертами, назначается третья проверка. Существенное расхождение в баллах определено в критериях оценивания по соответствующему учебному предмету.

Эксперту, осуществляющему третью проверку, предоставляется информация о баллах, выставленных экспертами, ранее проверявшими экзаменационную работу».

Если расхождение составляет 2 или более балла за выполнение любого из заданий 25–32, то третий эксперт проверяет только те ответы на задания, которые вызвали столь существенное расхождение.

