

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

3894

Ответ: (1,4 ± 0,2) н. 1 , 4 0 , 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	$R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$
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 К = -273 °С
атомная единица массы	1 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг
1 атомная единица массы эквивалента	931 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж
1 астрономическая единица	1 а.е. = 150000000 км
1 световой год	1 св. год = $9,46 \cdot 10^{15}$ м
1 парсек	1 пк = 3,26 св. года

Масса частиц

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

Астрономические величины

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

Плотность

подсолнечного масла	900 кг/м³
воды	1000 кг/м³
древесины (сосна)	400 кг/м³
керосина	800 кг/м³
алюминия	2700 кг/м³
железа	7800 кг/м³
ртути	13600 кг/м³

Удельная теплоёмкость

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

Удельная теплота

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

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

Молярная масса

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

К.Э. Циолковский в книге "Вне Земли", описывая полет ракеты, отмечал, что через 10 с после старта вертикально вверх ракета находилась на расстоянии 5 км от поверхности Земли. С каким ускорением двигалась ракета?

Ответ: _____ м/с².

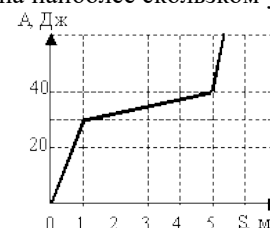
2

С какой силой действует на пол лифта человек массой 75 кг, когда лифт подъезжает к верхнему этажу с ускорением $1,2$ м/с²?

Ответ: _____ Н.

3

Ящик скользит по горизонтальной поверхности. На рисунке приведен график зависимости модуля работы силы трения от пройденного пути. Определите силу трения на наиболее скользком участке.



Ответ: _____ Н.

4

Сигнал гидролокатора подводной лодки, отразившись от цели, отстоящей от неё на 3 км, зарегистрирован через 4 с после его подачи. Частота колебаний вибратора гидролокатора 10 кГц. Определите длину звуковой волны в воде.

Ответ: _____ см.



5

Искусственный спутник обращается вокруг Земли по вытянутой эллиптической орбите. Из приведенного ниже списка выберите **два** правильных утверждения, соответствующих данному движению.

- 1) Потенциальная энергия достигает максимального значения в точке минимального удаления от Земли, полная механическая энергия спутника неизменна.
- 2) Потенциальная и полная механическая энергия спутника достигают максимальных значений в точке максимального удаления от Земли.
- 3) Кинетическая энергия достигает максимального значения в точке максимального удаления от Земли, полная механическая энергия спутника неизменна.
- 4) Потенциальная энергия достигает максимального значения в точке максимального удаления от Земли, полная механическая энергия спутника неизменна.
- 5) Кинетическая энергия достигает максимального значения в точке минимального удаления от Земли, полная механическая энергия спутника неизменна.

Ответ:

--	--

6

С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением брусок массой m (см. рисунок). Как изменится время движения и ускорение бруска, если с той же наклонной плоскости будет скользить брусок из того же материала массой $3m$?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

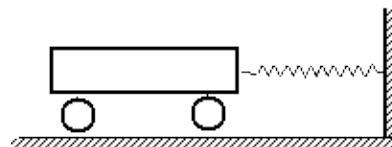
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменится

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

Время движения	Ускорение бруска

7

Скорость колеблющейся тележки массой 1 кг изменяется по закону $v_x = 4 \cos 10t$. По каким законам изменяется кинетическая энергия тележки и потенциальная энергия упругой деформации пружины?



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

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

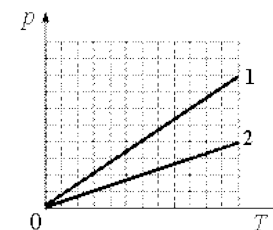
ФОРМУЛЫ	ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ
А) кинетическая энергия тележки	1) $2 \sin^2 10t$
	2) $8 \cos^2 10t$
Б) потенциальная энергия упругой деформации пружины	3) $8 \sin^2 10t$
	4) $2 \cos^2 10t$

Ответ:

А	Б

8

На графике показана зависимость давления от температуры для двух идеальных газов. Определите отношение концентраций n_1 / n_2 этих газов.



Ответ: _____.



- 9 Тепловая машина за цикл работы получает от нагревателя 100 кДж тепла, а отдаёт холодильнику 70 кДж. Каков КПД этой машины?

Ответ: _____ %.

- 10 Для нагревания кирпича массой 2 кг от 20 до 85 °С затрачено такое же количество теплоты, как для нагревания той же массы воды на 13 °С. Определите удельную теплоемкость кирпича.

Ответ: _____ $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$.

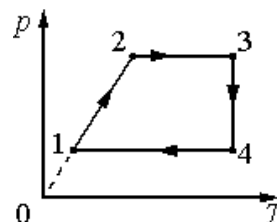
- 11 В среду и пятницу температура воздуха была одинаковой. Парциальное давление водяного пара в атмосфере в среду было меньше, чем в пятницу. Из приведённого ниже списка выберите два правильных утверждения и укажите их номера.

- 1) Концентрация молекул водяного пара в воздухе в среду и пятницу была одинаковой.
- 2) Масса водяных паров, содержащихся в 1 м³ воздуха, в среду была больше, чем в пятницу.
- 3) Давление насыщенных водяных паров в среду было больше, чем в пятницу.
- 4) Относительная влажность воздуха в среду была меньше, чем в пятницу.
- 5) Плотность водяных паров, содержащихся в воздухе в среду была меньше, чем в пятницу.

Ответ:

--	--

- 12 Изменение состояния фиксированного количества одноатомного идеального газа происходит по циклу, показанному на рисунке. Установите соответствие между процессами и соотношениями для физических величин (ΔU – изменение внутренней энергии; A – работа газа), которые их характеризуют.



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

ПРОЦЕССЫ	СООТНОШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН
А) процесс 1 - 2	1) $\Delta U > 0$; $A > 0$.
Б) процесс 2 - 3	2) $\Delta U < 0$; $A < 0$.
	3) $\Delta U < 0$; $A = 0$.
	4) $\Delta U > 0$; $A = 0$.

Ответ:

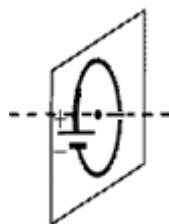
А	Б



13

На рисунке изображён круглый проволочный виток, по которому течёт электрический ток. Виток расположен перпендикулярно плоскости рисунка. Определите направление вектора магнитной индукции в центре витка.

Ответ запишите словом (словами): *вправо, влево, от наблюдателя, к наблюдателю, вниз, вверх.*



Ответ: _____.

14

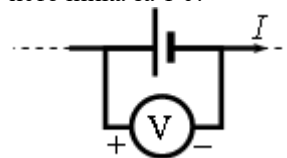
Точка В находится в середине отрезка АС. Неподвижные точечные заряды $+q$ и $-2q$ расположены в точках А и С соответственно (см. рисунок). Во сколько раз надо изменить абсолютную величину заряда в точке С, чтобы напряжённость электрического поля в точке В увеличилась в 2 раза?



Ответ: в _____ раз(а).

15

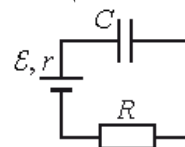
Вольтметр подключён к клеммам источника тока с ЭДС $\varepsilon = 3$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом, через который течёт ток $I = 2$ А (см. рисунок). Вольтметр показывает 5 В. Какое количество теплоты выделяется внутри источника за 1 с?



Ответ: _____ Дж.

16

В момент времени $t = 0$ незаряженный конденсатор подключают к источнику тока последовательно с резистором $R = 20$ кОм (см. рисунок). Значения напряжения между обкладками конденсатора, измеренные в последовательные моменты времени с точностью 0,1 В, представлены в таблице.



$t, \text{с}$	0	1	2	3	4	5	6	7
$U, \text{В}$	0	3,8	5,2	5,7	5,9	6,0	6,0	6,0

Из приведенного ниже списка выберите **два** верных утверждения, соответствующих условию задачи.

- 1) Сила тока в цепи минимальна в момент времени $t = 0$ с.
- 2) Падение напряжения на резисторе максимально в момент времени $t = 7$ с.
- 3) ЭДС источника тока равна 6 В.
- 4) Сила тока в цепи в момент времени $t = 2$ с равна 40 мкА.
- 5) Падение напряжения на резисторе в момент времени $t = 2$ с равно 5,2 В.

Ответ:

--	--

17

Плоский конденсатор подключен к источнику постоянного напряжения. Как изменятся при увеличении зазора между обкладками конденсатора величина заряда на его обкладках и разность потенциалов между ними?

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.

Величина заряда на обкладках конденсатора	Разность потенциалов между обкладками конденсатора



- 18** В опыте нить накала лампочки расположена вблизи главной оптической оси тонкой линзы с фокусным расстоянием F перпендикулярно этой оси. Расстояние d от линзы до спирали больше $2F$. Сначала в опыте использовали собирающую линзу, а затем рассеивающую. Установите соответствие между видом линзы, использовавшейся в опыте, и свойствами изображения. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

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

ВИД ЛИНЗЫ	СВОЙСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ
А) линза собирающая	1) Действительное, перевернутое, уменьшенное
Б) линза рассеивающая	2) Мнимое, уменьшенное, прямое
	3) Действительное, увеличенное, прямое
	4) Мнимое, уменьшенное, перевернутое

Ответ:

А	Б

- 19** Ядро полония $^{215}_{84}\text{Po}$ образовалось после двух последовательных α -распадов.

Укажите число протонов и число нейтронов в ядре изотопа, для которого возможна эта реакция.

Число протонов	Число нейтронов

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

- 20** 75% первоначально имевшихся ядер радиоактивного изотопа распалось за 1 час. Каков период полураспада этого изотопа?

Ответ: _____ мин.

- 21** Монохроматический свет с энергией фотонов $E_{\text{ф}}$ падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжение, при котором фототок прекращается, равно $U_{\text{зап}}$. Как изменится модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$ и длина волны $\lambda_{\text{кр}}$, соответствующая «красной границе» фотоэффекта, если энергия падающих фотонов $E_{\text{ф}}$ увеличится?

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.

Запирающее напряжение	Длина волны $\lambda_{\text{кр}}$

- 22** При определении сопротивления резистора ученик измерил напряжение на нём: $U = (4,6 \pm 0,2)$ В. Сила тока через резистор измерялась настолько точно, что погрешностью можно пренебречь: $I = 0,50$ А. По результатам этих измерений можно сделать вывод о величине сопротивления резистора.

Запишите ответ с учётом погрешности.

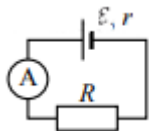
Ответ: (____ $\pm$ ____) Ом.

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



23

Ученик изучает законы постоянного тока. В его распоряжении имеется пять аналогичных электрических цепей (см. рисунок) с различными источниками и внешними сопротивлениями, характеристики которых указаны в таблице.



№ опыта	ЭДС источника ε , В	Внутреннее сопротивление источника тока r , Ом	Внешнее сопротивление R , Ом
1	7	0,5	6
2	5	1	8
3	9	1	10
4	5	0,5	8
5	7	0,5	10

Какие две цепи необходимо взять ученику для того, чтобы на опыте исследовать зависимость силы тока, протекающего в цепи, от внешнего сопротивления? В ответ запишите номера выбранных опытов.

Ответ:

--	--

24

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Средняя плотность (отношению 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	1,0	0,01	$1,75 \cdot 10^6$
Солнце	6000	1,0	1,0	1,4
α Центавра А	5730	1,02	1,2	0,80

Выберите **все** утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников планет.

- 1) Звезда ε Возничего В относится к спектральному классу В.
- 2) Звезда Сириус В относится к белым карликам.
- 3) Солнце относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рассела.
- 4) Звезда Сириус А является сверхгигантом.
- 5) Звезда Сириус В и наше Солнце имеют одинаковые массы, значит относятся к одному спектральному классу.

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 пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25

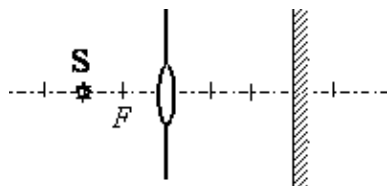
Медный проводник расположен между полюсами электромагнита перпендикулярно линиям индукции магнитного поля. Определите площадь поперечного сечения проводника, если сила Ампера, действующая на него, равна 5 Н, модуль вектора магнитной индукции магнитного поля 1 Тл, а напряжение, приложенное к концам проводника, 8,5 В. Удельное сопротивление меди $\rho = 1,7 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$.

Ответ: _____ мм².



26

Лампочка установлена на главной оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием 15 см, вставленной в отверстие в непрозрачной панели (см. рисунок). Справа от линзы установлен экран. Какая энергия попадает на экран за 20 с, если мощность излучения, проходящего через линзу, равна 15 мВт?



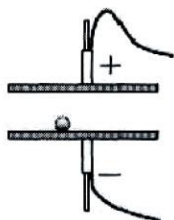
Ответ: _____ Дж.

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

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

27

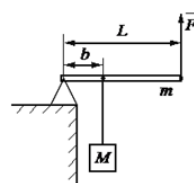
Между двумя близко расположенными металлическими пластинами, укрепленными на изолирующих подставках, положили металлический шарик. Пластины подсоединили к клеммам высоковольтного выпрямителя, подав на них заряды разных знаков. Опишите, используя физические явления и закономерности, что можно наблюдать в данном опыте.



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

Груз поднимают с помощью рычага (см. рисунок). Рычаг состоит из шарнира без трения и однородного стержня массой $m = 25$ кг и длиной $L = 5$ м. Расстояние от оси шарнира до точки подвеса груза равно $b = 1$ м. Какую вертикальную силу надо приложить к концу рычага, чтобы медленно поднимать груз массой $M = 100$ кг?



29

Каково среднее давление пороховых газов в стволе орудия, если скорость вылетевшего из него снаряда 1,5 км/с? Длина ствола 3 м, его диаметр 45 мм, масса снаряда 2 кг. (Трение пренебрежимо мало, силой тяжести при движении внутри ствола пренебречь).

30

В сосуде объёмом $V = 0,02$ м³ с жёсткими стенками находится одноатомный газ при атмосферном давлении. В крышке сосуда имеется отверстие площадью S , заткнутое пробкой. Максимальная сила трения покоя F пробки о края отверстия равна 100 Н. Пробка выскакивает, если газу передать количество теплоты не менее 15 кДж. Определите значение S , полагая газ идеальным. Массой пробки пренебречь.

31

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.



32

Образец, содержащий радий, за 1 с испускает $3,7 \cdot 10^{10}$ α -частиц. За 1 ч выделяется энергия 100 Дж. Каков средний импульс α -частиц? Масса α -частиц равна $6,7 \cdot 10^{-27}$ кг. Энергией отдачи ядер, γ -излучением и релятивистским эффектами пренебречь.

Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.



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.

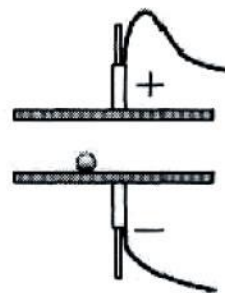
№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	100	14	2,5
2	660	15	4
3	2,5	16	34 43
4	15	17	23
5	45 54	18	12
6	33	19	88135
7	23	20	30
8	2	21	13
9	30	22	9,20,4
10	840	23	15 51
11	45 54	24	123
12	41	25	1
13	влево	26	0,3

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

Между двумя близко расположенными металлическими пластинами, укрепленными на изолирующих подставках, положили металлический шарик. Пластины подсоединили к клеммам высоковольтного выпрямителя, подав на них заряды разных знаков. Опишите, используя физические явления и закономерности, что можно наблюдать в данном опыте.



Возможное решение:

Под действием электрического поля пластин изменится распределение электронов в шарике и произойдет его электризация: шарик приобретет тот же заряд, что и пластина, на которой он лежит, - отрицательный. Отрицательно заряженный шарик будет отталкиваться от нижней и притягиваться к верхней пластине. На шарик действуют силы тяжести, сила Кулона, второй закон Ньютона для начального положения будет записан в виде: $m\vec{g} + \vec{E}q = m\vec{a}$, в проекциях $-mg + Eq = ma$. Если масса шарика достаточно мала, т.е. $mg < Eq$, то шарик оторвется от нижней пластины и поднимется к положительно заряженной пластине и, коснувшись ее, поменяет знак заряда. В результате он начнет отталкиваться от верхней пластины и притягиваться к нижней, коснувшись которую, опять поменяет знак заряда на отрицательный. Такое движение «вверх-вниз» будет повторяться.

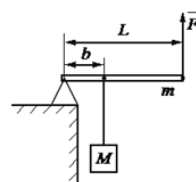


Если $mg \geq Eq$, то шарик не оторвется от нижней пластины.	
Ответ: при малой массе шарика он будет совершать повторяющиеся движения «вверх-вниз», при достаточно большой массе шарика он не оторвется от пластины.	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: п. 1) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>электризация, взаимодействие заряженных тел, второй закон Ньютона, условие движения шарика</i>).	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков. 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	2
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	1

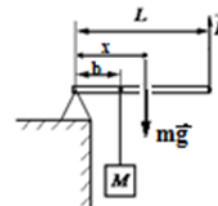
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.	
ИЛИ	
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u> , содержат ошибки.	
ИЛИ	0
Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

28

Груз поднимают с помощью рычага (см. рисунок). Рычаг состоит из шарнира без трения и однородного стержня массой $m = 30$ кг и длиной $L = 5$ м. Расстояние от оси шарнира до точки подвеса груза равно $b = 1,5$ м. Какую вертикальную силу надо приложить к концу рычага, чтобы медленно поднимать груз массой $M = 80$ кг?



Возможное решение:



Запишем условие равновесия рычага (правило моментов)
 $Mg \cdot b + mg \cdot x = FL$, где x – плечо силы тяжести, действующей на рычаг, приложенный к центру тяжести рычага $x = \frac{L}{2}$. Подставим



найденное выражение в правило моментов $FL = Mg \cdot b + mg \cdot \frac{L}{2}$, $F = \frac{2Mg \cdot b + mg \cdot L}{2L},$ подставим численные значения $F = \frac{2 \cdot 80 \cdot 10 \cdot 1,5 + 30 \cdot 10 \cdot 5}{2 \cdot 5} = 390 \text{ Н.}$ Ответ: 390 Н.	
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>условие равновесия рычага (правило моментов), приведен рисунок с указанием плеч и сил, приложенных к рычагу</i>); 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	2
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

Каково среднее давление пороховых газов в стволе орудия, если скорость вылетевшего из него снаряда 1,5 км/с? Длина ствола 3 м, его диаметр 45 мм, масса снаряда 2 кг. (Трение пренебрежимо мало, силой тяжести при движении внутри ствола пренебречь).

Возможное решение: Так как пренебрегаем трением, то работа силы давления равная изменению кинетической энергии снаряда: $Fl = \frac{mv^2}{2}$, где l – длина ствола орудия, F – сила давления $F = pS$, S – площадь поперечного сечения ствола, p – среднее давление пороховых газов. Объединяя два выражения и учитывая, что $S = \frac{\pi D^2}{4}$, получим, $\frac{\pi D^2 pl}{4} = \frac{mv^2}{2}$, $p = \frac{2mv^2}{\pi D^2 l},$ подставив численные значения, вычислим среднее давление пороховых газов: $p = \frac{2 \cdot 2 \cdot 1500^2}{3,14 \cdot 0,045^2 \cdot 3} \approx 4,7 \cdot 10^8 \text{ Па.}$ Ответ: $p \approx 4,7 \cdot 10^8 \text{ Па.}$	
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>формула работы как изменения кинетической энергии тела, формулы для определения силы давления, площади поперечного сечения</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	3



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	
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) 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	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	1

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

30

В сосуде объёмом $V = 0,02 \text{ м}^3$ с жёсткими стенками находится одноатомный газ при атмосферном давлении. В крышке сосуда имеется отверстие площадью S , заткнутое пробкой. Максимальная сила трения покоя F пробки о края отверстия равна 100 Н. Пробка выскакивает, если газу передать количество теплоты не менее 15 кДж. Определите значение S , полагая газ идеальным. Массой пробки пренебречь.

Возможное решение: Пробка выскакивает, если сила давления газа в сосуде становится больше суммы сил атмосферного давления и максимальной силы трения покоя пробки о края отверстия: $p_1 S \geq F + p_0 S$, где p_1, p_0 — давление газа в сосуде и атмосферное давление соответственно. Тогда $p_1 \geq \frac{F + p_0 S}{S}$. По первому началу термодинамики $Q = \Delta U + A$, так как объём сосуда не менялся, то $A = 0$, тогда $Q = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$. Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона: $pV = \nu RT$, следовательно, $\Delta U = \frac{3}{2} V \Delta p = \frac{3}{2} V (p_1 - p_0)$, $\Delta U = \frac{3}{2} V \left(\frac{F + p_0 S}{S} - p_0 \right) = \frac{3VF}{2S}$, тогда $\Delta U = Q = \frac{3VF}{2S}$. Откуда получим $S = \frac{3VF}{2Q}$, следовательно $S = \frac{3 \cdot 0,02 \cdot 100}{2 \cdot 15 \cdot 10^3} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Ответ: $S = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$.	
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>условие при котором пробка придет в движение, первое начало термодинамики</i>, , <i>первое начало термодинамики для изохорного процесса, уравнение Менделеева-Клапейрона</i>). II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); 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 для	1

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

31

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:

Изменение кинетической энергии равно совершенной работе, поэтому для движения в конденсаторе можем записать: $\Delta E_k = A$, так как протон разогнался из состояния покоя, получим $\frac{mv^2}{2} = qU$, где q - заряд протона. Тогда скорость, при которой протон влетает в магнитное поле будет равна: $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$. В магнитном поле на частицу действует сила Лоренца. Согласно второму закону Ньютона: $qvB = ma$, так как движение по дуге окружности, то $qvB = \frac{mv^2}{R}$,



выразим вектор магнитной индукции $B = \frac{mv}{qR}$, подставим выражение для скорости, получим $B = \frac{m}{qR} \sqrt{\frac{2qU}{m}} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$. Подставим численные значения: $B = \frac{1}{0,2} \sqrt{\frac{2 \cdot 1,673 \cdot 10^{-27} \cdot 2160}{1,6 \cdot 10^{-19}}} \approx 0,034 \text{ Тл.}$ Ответ: $B \approx 0,034 \text{ Тл.}$	
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>формулы для определения емкости конденсатора, энергии конденсатора, работы источника тока, закон сохранения энергии</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.	2

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	
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 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

32

Образец, содержащий радий, за 1 с испускает $3,7 \cdot 10^{10}$ α -частиц. За 1 ч выделяется энергия 100 Дж. Каков средний импульс α -частиц? Масса α -частиц равна $6,7 \cdot 10^{-27}$ кг. Энергией отдачи ядер, γ -излучением и релятивистским эффектами пренебречь.



Возможное решение: Энергия всех частиц за время t: $W = NW_1t$, тогда энергия одной частицы $W_1 = \frac{W}{Nt}$. Кинетическая энергия одной частицы $E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{(mv)^2}{2m} = \frac{p^2}{2m}$. Тогда $\frac{p^2}{2m} = \frac{W}{Nt}$, выполнив преобразование, получим $p = \sqrt{\frac{2mW}{Nt}}$, подставим численные значения $p = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,7 \cdot 10^{-27} \cdot 100}{3,7 \cdot 10^{10} \cdot 3600}} \approx 1 \cdot 10^{-19} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. Ответ: $p \approx 1 \cdot 10^{-19} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$.	
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 преломления света, формулы для определения тангенса угла</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 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.	1
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 Рособрнадзора 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.

