

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: 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 ВПРАВО 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

1,40,2

Бланк

Ответ: (1,4 ± 0,2) Н.

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	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалента	931 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	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а. е. м.}$

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
древесины (сосна)	400 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3
алюминия	2700 кг/м^3
железа	7800 кг/м^3
ртути	13600 кг/м^3

Удельная теплоёмкость

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг·К)}$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг·К)}$
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	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
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°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

Вокруг неподвижной оси вращается колесо радиуса 60 см с постоянной угловой скоростью. Найдите отношение центростремительного ускорения точек на ободе колеса к центростремительному ускорению точек, лежащих на 45 см ближе к оси вращения, чем точки обода.

Ответ: _____.

2

К двум пружинам, соединённым последовательно подвешен груз массой 300 г. Чему при этом равно общее удлинение пружин, если коэффициент жёсткости каждой составляет 120 Н/м? Деформацию пружин считать упругой.

Ответ: _____ см.

3

Шарик массой 50 г подбросили вертикально вверх со скоростью 6 м/с – в результате он подлетел на максимальную высоту, равную 1,2 м. Найдите работу силы сопротивления воздуха в процессе движения шарика вверх.

Ответ: _____ Дж.

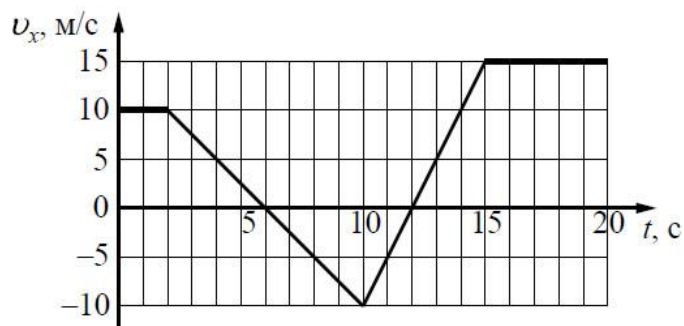
4

Коробок спичек массой 7 г с размерами 5 см × 3,5 см × 1 см лежит большей гранью на горизонтальной поверхности стола. Найдите силу атмосферного давления на верхнюю грань коробка при нормальных условиях.

Ответ: _____ Н.



- 5 На рисунке приведён график зависимости проекции скорости на ось Ох прямолинейно движущегося тела от времени. Выберите два верных утверждения из приведённых.



- 1) Тело всё время наблюдения двигалось неравномерно.
- 2) Минимальная проекция ускорения тела на ось Ох наблюдалась на интервале от 2 до 10 с.
- 3) На интервале времени от 10 до 12 с тело двигалось ускоренно.
- 4) Последние 5 с наблюдения тело покоилось.
- 5) Модуль перемещения тела за первые 6 с равен 40 м.

Ответ:

--	--

- 6 Сейсмическая продольная волна переходит из твёрдой породы земной коры в газовую полость. Как при этом меняются длина волны и период колебаний в ней? 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.

Длина волны	Период колебаний в волне

- 7 С высоты h по наклонной плоскости из состояния покоя соскальзывает брусок массой m . Длина наклонной плоскости равна l , а коэффициент трения между бруском и плоскостью равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

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

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ФОРМУЛЫ
А) время соскальзывания бруска	1) $\frac{\sqrt{2}l}{\sqrt{g(h - \mu\sqrt{l^2 - h^2})}}$
Б) сила трения, действующая на брусок	2) $\frac{\sqrt{2}l}{\sqrt{g(h + \mu\sqrt{l^2 - h^2})}}$
	3) $\frac{mgh}{l}$
	4) $\frac{\mu mg\sqrt{l^2 - h^2}}{l}$

Ответ:

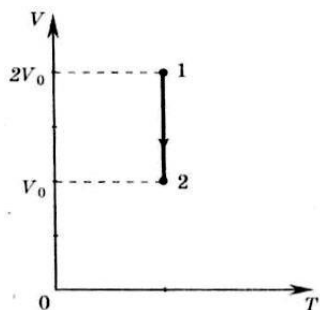
А	Б

- 8 Идеальный газ в количестве 2 моль изохорно нагревают на 100 К, при этом его давление увеличивается в 1,5 раза. Какова первоначальная абсолютная температура газа?

Ответ: _____ К.

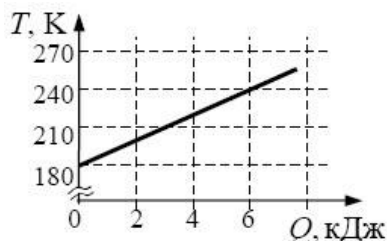


- 9 На VT -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Модуль полученного газом количества теплоты в этом процессе равен 20 кДж. Определите работу газа в нём.



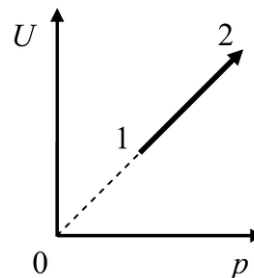
Ответ: _____ кДж.

- 10 На рисунке изображён график зависимости температуры чугуновой пластины от подводимого к ней количества теплоты. Чему равна масса пластины?



Ответ: _____ кг.

- 11 На рисунке показан процесс изменения состояния 1 моля идеального одноатомного газа (U – внутренняя энергия газа; p – его давление). Выберите **два** верных утверждения о процессе.



- 1) Объём газа в процессе не меняется.
- 2) Концентрация газа в процессе увеличивается.
- 3) Газ в процессе испытывает охлаждение.
- 4) В ходе процесса газ расширяется.
- 5) В процессе к газу подводится положительное количество теплоты.

Ответ:

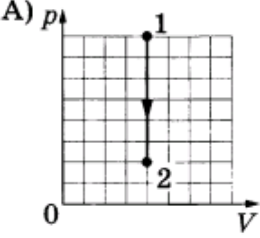
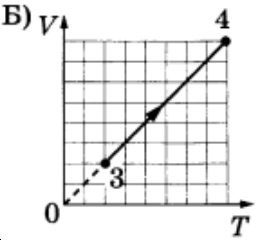
--	--

- 12 На рисунках А и Б приведены графики двух процессов, 1 – 2 и 3 – 4, каждый из которых совершается одним молем азота. Графики построены в координатах $p - V$ и $V - T$, где p – давление, V – объём и T – абсолютная температура газа.

Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы.

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



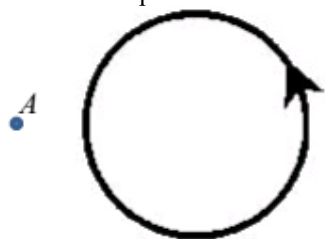
ГРАФИКИ	УТВЕРЖДЕНИЯ
А)  Б) 	1) Внутренняя энергия газа увеличивается, при этом газ совершает положительную работу. 2) Газ получает теплоту, при этом не совершает работы. 3) Газ отдаёт теплоту, при этом внутренняя энергия его уменьшается. 4) Внутренняя энергия газа уменьшается, при этом над газом совершают положительную работу.

Ответ:

А	Б
☐	☐

13

На рисунке изображён проволочный виток, по которому течёт электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в плоскости чертежа.



Как направлен относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) в точке А вектор индукции магнитного поля, созданного током, протекающем по витку? *Ответ запишите словом (словами).*

Ответ: _____.

14

В цепи из трёх одинаковых последовательно включённых резисторов за минуту выделяется количество теплоты Q_1 , если к цепи подводится напряжение U . В цепи из двух таких же резисторов, соединённых последовательно, за минуту выделяется количество теплоты Q_2 , если к этой цепи подводится напряжение $2U$. Чему равно отношение Q_2/Q_1 ?

Ответ: _____.

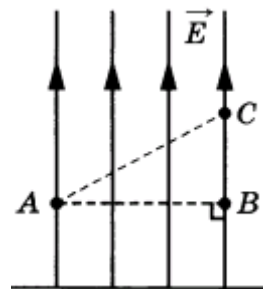
15

Точечный источник света находится перед плоским зеркалом на расстоянии 1,5 м от него. Насколько уменьшится расстояние между источником и его изображением, если, не поворачивая зеркала, сократить расстояние между источником и зеркалом до 0,5 м?

Ответ: на _____ м.

16

На рисунке изображены линии напряжённости однородного электростатического поля, образованного равномерно заряженной протяжённой пластиной. Выберите **два** верных утверждения, которые можно сделать на основании данных, приведённых в таблице.



Выберите **два** верных утверждения, которые можно сделать на основании данных, приведённых в таблице.

- 1) Потенциал в точке С больше, чем в точке В.
- 2) Заряд пластины положительный.
- 3) Напряжённость поля в точке А больше, чем в точке С.
- 4) Работа сил электростатического поля по перемещению точечного положительного заряда из точки В в точку А равна нулю.
- 5) Если в точку С поместить точечный отрицательный заряд, то на него со стороны пластины будет действовать направленная вертикально вверх сила.

Ответ:

☐	☐
--------------------------	--------------------------



- 17 Для изучения дифракции света используют дифракционную решётку, собирающую линзу и экран, расположенные параллельно друг другу. Вначале решётку освещают лазером зелёного цвета – получают на экране картину чередующихся светлых и тёмных полос. Затем, не меняя решётку, линзу, экран и их взаимное расположение, освещают систему лазером красного цвета.

Определите, как при переходе от первого опыта ко второму изменится число светлых полос на экране, а также угол между главной оптической осью линзы и направлением из центра линзы на минимум первого порядка дифракционной картины.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

Число светлых полос	Угол направления на минимум первого порядка

- 18 В тонкой рассеивающей линзе получено изображение точечного источника света, находящегося на расстоянии a от линзы и на расстоянии b от её оптической оси. Изображение получилось на расстоянии f от линзы. Считать, что a , b и f – положительные величины.

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) Оптическая сила линзы

Б) Расстояние от изображения источника до главной оптической оси

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{a+f}{af}$
- 2) $\frac{f-a}{af}$
- 3) $\frac{bf}{a}$
- 4) $\frac{ab}{f}$

Ответ:

А	Б

- 19 В результате столкновения ядра урана с частицей X произошло деление его ядра, описываемое реакцией ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_Z^AX \rightarrow {}_{36}^{94}\text{Kr} + {}_{56}^{139}\text{Ba} + 3{}_0^1n + 7\gamma$. Определите зарядовое число Z и массовое число A частицы X.

Зарядовое число	Массовое число

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

- 20 Ядра полония-210 испытывают альфа-распад. В момент начала наблюдения в образце содержалось $4 \cdot 10^{20}$ ядер полония, а через 280 дней их осталось 10^{20} ядер. Каков период полураспада исследуемого изотопа полония?

Ответ: _____ дней.



- 21 Экспериментатор исследует законы фотоэффекта, облучая металлическую пластину ультрафиолетовым светом. При этом он фиксирует задерживающее напряжение, при котором фототок в схеме прекращается. Затем, не меняя частоты и мощности излучения, экспериментатор облучает пластину с меньшей работой выхода электронов. Как при проведении второго опыта (по сравнению с первым) изменятся длина волны, соответствующая «красной границе» фотоэффекта, и максимальная скорость фотоэлектронов, вылетающих из пластины.

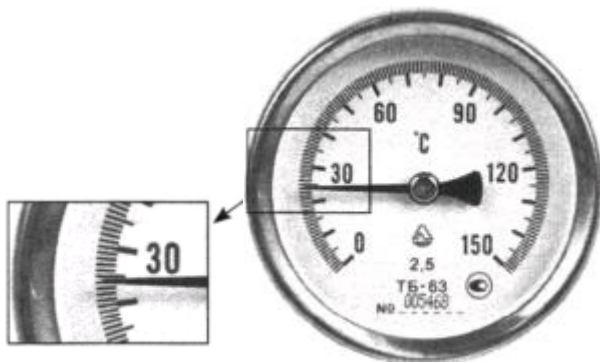
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Длина волны «красной границы»	Максимальная скорость фотоэлектронов

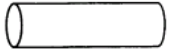
- 22 Термометр, изображённый на рисунке, показывает температуру воздуха в цехе завода. Погрешность измерения температуры равна цене деления термометра. Запишите в ответ показания термометра в градусах Цельсия с учётом погрешности измерений.



Ответ: (_____ ± _____) °C.

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

- 23 Различные проволоки изготовлены из меди и стали. Какие две проволоки надо выбрать, чтобы на опыте проверить зависимость сопротивления проволоки от её поперечного сечения?

- 1) медь  3) медь  5) медь 
 2) сталь  4) сталь 

Запишите в таблицу номера выбранных опытов.

Ответ:

--	--

- 24 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звездах.

Наименование звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Расстояние до звезды (св. лет)
Альдебаран	3500	5	45	68
Альтаир	8000	1,7	1,7	360
Бетельгейзе	3100	20	900	650
Вега	10600	3	3	27
Капелла	5200	3	2,5	45
Кастор	10400	3	2,5	45
Процион	6900	1,5	2	11
Спика	16800	15	7	160

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

- 1) Звезды Кастор и Капелла находятся на одинаковом расстоянии от Земли и, следовательно, относятся к одному созвездию.
- 2) Температура поверхности и радиус Альдебарана говорят о том, что эта звезда относится к оранжевым гигантам.



- 3) Температура на поверхности Веги в 3 раза выше, чем на поверхности Солнца.
- 4) Звезда Процион относится к жёлто-белым звездам спектрального класса F.
- 5) Так как массы звезд Кастор и Вега одинаковы, то они относятся к одному и тому же спектральному классу.

Ответ: _____.

Часть 2

Ответом к заданиям 25 и 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

В сосуде, закрытом поршнем, находится воздух с относительной влажностью 50%. Парциальное давление сухого воздуха составляет 50 кПа, а парциальное давление водяного пара равно 2,5 кПа. Поршень двигают так, что объём воздуха уменьшается в 3 раза при постоянной температуре. Чему после этого будет равно общее давление смеси воздуха и пара?

Ответ: _____ кПа.

26

Ёмкость конденсатора в незатухающем колебательном контуре равна 100 мкФ. Зависимость силы тока через катушку индуктивности от времени имеет вид $I = a \sin(bt)$, где $a = 0,5$ А и $b = 500$ с⁻¹. Найдите амплитуду напряжения на конденсаторе.

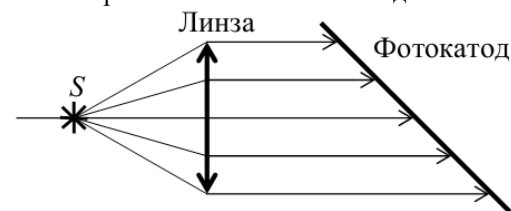
Ответ: _____ В.

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 (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

27

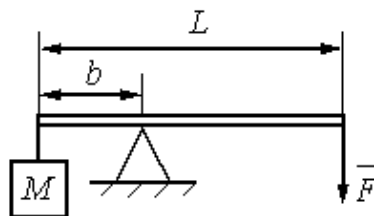
В установке по наблюдению фотоэффекта свет от точечного источника S, пройдя через собирающую линзу, падает на фотокатод параллельным пучком. В схему внесли изменение: на место первоначальной линзы поставили другую того же диаметра, но с меньшим фокусным расстоянием. Источник света переместили вдоль главной оптической оси линзы так, что на фотокатод свет снова стал падать параллельным пучком. Как изменился при этом (уменьшился или увеличился) фототок насыщения? Объясните, почему изменяется фототок насыщения, и укажите, 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.

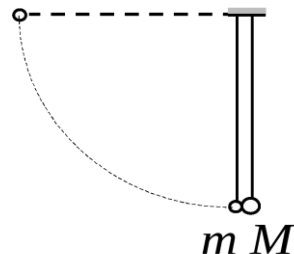
28

Груз массой 160 кг удерживают с помощью рычага, приложив к его концу вертикально направленную силу $F = 480$ Н. Рычаг состоит из шарнира без трения и длинного однородного стержня массой 16 кг. Расстояние от оси шарнира до точки подвеса груза равно 0,5 м. Чему равна длина стержня?



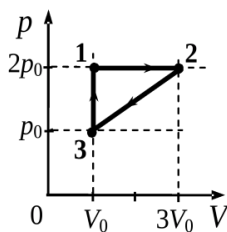
29

Два шарика, массы которых $m = 0,1$ кг и $M = 0,2$ кг, висят, соприкасаясь, на вертикальных нитях одинаковой длины l . Левый шарик отклоняют на угол 90° и отпускают с начальной скоростью, равной нулю. В результате неупругого удара шариков выделяется количество теплоты $Q = 1$ Дж. Определите длину нитей l . Сопротивлением воздуха пренебречь.



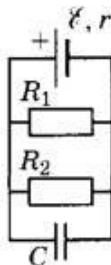
30

С одноатомным идеальным газом неизменной массы происходит циклический процесс, показанный на рисунке. За цикл газ совершает работу $A_{\text{ц}} = 10$ кДж. Чему равен КПД этого цикла?



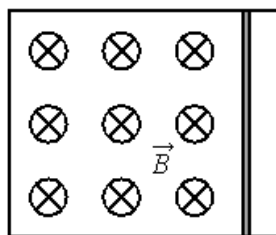
31

Источник постоянного тока с внутренним сопротивлением $r = 0,5$ Ом подсоединён к параллельно соединённым резисторам $R_1 = 8$ Ом, $R_2 = 4$ Ом и к конденсатору ёмкости $C = 3$ мкФ. Определите ЭДС источника, если энергия электрического поля конденсатора $W = 24$ мкДж.



32

Металлический стержень, согнутый в виде буквы П, закреплён в горизонтальной плоскости. На параллельные стороны стержня опирается концами перпендикулярная перемычка массой 92 г и длиной 1 м. Сопротивление перемычки равно 0,1 Ом. Вся система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией 0,15 Тл. С какой установившейся скоростью будет двигаться перемычка, если к ней вправо перпендикулярно ей приложить постоянную горизонтальную силу $F = 1,13$ Н? Коэффициент трения между стержнем и перемычкой равен 0,25. Сопротивлением стержня пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на перемычку.



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.

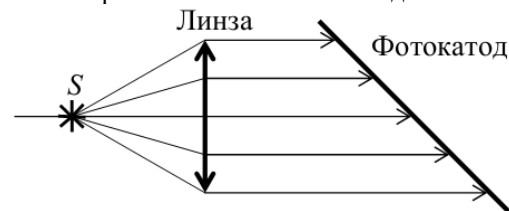
№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	4	10	0,2	19	01
2	5	11	15 или 51	20	140
3	–0,3	12	31	21	11
4	175	13	От наблюдателя	22	241
5	25 или 52	14	6	23	15 или 51
6	23	15	2	24	24 или 42
7	14	16	24 или 42	25	155
8	200	17	21	26	10
9	–20	18	23		

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 28 и от 0 до 3 баллов за задания 27 и 29–32.

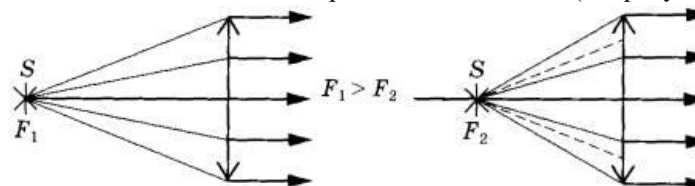
27

В установке по наблюдению фотоэффекта свет от точечного источника S , пройдя через собирающую линзу, падает на фотокатод параллельным пучком. В схему внесли изменение: на место первоначальной линзы поставили другую того же диаметра, но с меньшим фокусным расстоянием. Источник света переместили вдоль главной оптической оси линзы так, что на фотокатод свет снова стал падать параллельным пучком. Как изменился при этом (уменьшился или увеличился) фототок насыщения? Объясните, почему изменяется фототок насыщения, и укажите, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



Возможное решение задачи 27

Поскольку за линзой свет идёт параллельным пучком, точечный источник света находится в переднем фокусе линзы. Поэтому в случае линзы с меньшим фокусным расстоянием источник света находится на меньшем расстоянии от линзы (см. рисунок).



В результате фотоны, попадающие на вторую линзу близко к её краю (на правом рисунке это область от пункта до края линзы), не попадают на

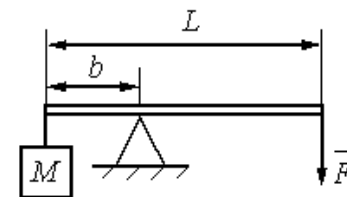


первую линзу. Поэтому число фотонов, падающих на вторую линзу в единицу времени, больше, чем падающих на первую. Фототок насыщения пропорционален числу фотонов, падающих на фотокатод в единицу времени. В предложенной установке на фотокатод падают все фотоны, прошедшие линзу, поэтому фототок насыщения при использовании второй линзы будет больше, чем в первом случае.	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <i>п.п. 1 – 2</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>правило хода лучей через тонкую линзу, закон Столетова о фототоке насыщения, зависимость интенсивности света от расстояния источника до линзы</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 (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). 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 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 <u>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

Груз массой 160 кг удерживают с помощью рычага, приложив к его концу вертикально направленную силу $F = 480$ Н. Рычаг состоит из шарнира без трения и длинного однородного стержня массой 16 кг. Расстояние от оси шарнира до точки подвеса груза равно 0,5 м. Чему равна длина стержня?

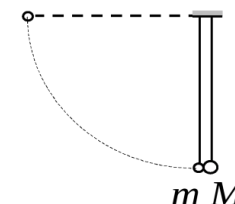


Возможное решение задачи 28	
На стержень массой M и длиной L действуют следующие силы: сила тяжести Mg, приложенная в центре стержня, сила F, сила нормальной реакции шарнира N, направленная вверх и приложенная в точке O оси шарнира, и сила веса P груза массой m, приложенная в точке подвеса груза. Из условия равновесия груза и третьего закона Ньютона следует, что $P = mg$. Запишем условие равновесия моментов сил, приложенных к стержню, относительно точки O, учитывая, что плечо силы N равно 0, плечо силы P равно b, плечо силы Mg равно $(L/2 - b)$, плечо силы F равно $(L - b)$: $-mgb + Mg(L/2 - b) + F(L - b) = 0$. Отсюда $L = \frac{2(Mg + F + mg)}{Mg + 2F}b = 2$ (м).	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>законы Ньютона, условие равновесия моментов сил</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 одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо	1

преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.	
ИЛИ	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но допущена ошибка в ответе или в математических преобразованиях или вычислениях.	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла.	0
Максимальный балл	2

29

Два шарика, массы которых $m = 0,1$ кг и $M = 0,2$ кг, висят, соприкасаясь, на вертикальных нитях одинаковой длины l . Левый шарик отклоняют на угол 90° и отпускают с начальной скоростью, равной нулю. В результате неупругого удара шариков выделяется количество теплоты $Q = 1$ Дж. Определите длину нитей l . Сопротивлением воздуха пренебречь.



Возможное решение задачи 29
Будем отсчитывать потенциальную энергию в поле тяжести от нижнего положения шариков. Тогда перед началом движения механическая энергия системы шариков равна была потенциальной энергии более лёгкого шарика mgl. Поскольку сопротивлением воздуха пренебрегаем, то до удара эта энергия не изменялась. Перед ударом скорость лёгкого шарика равна была v – поэтому система обладала импульсом этого шарика mv, а энергия системы равна кинетической энергии шарика $\frac{mv^2}{2}$. По закону сохранения механической энергии $mgl = \frac{mv^2}{2}$, откуда $v = \sqrt{2gl}$.



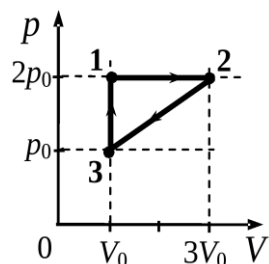
После удара шарики начали вместе двигаться со скоростью u – импульс системы стал равен $(M + m)u$. По закону сохранения импульса $mv = (M + m)u$, откуда $u = \frac{mv}{M + m} = \frac{m\sqrt{2gl}}{M + m}$. Механическая энергия шариков сразу после удара равна $\frac{(M + m)u^2}{2} = \frac{m^2gl}{M + m}$. По закону сохранения энергии начальная механическая перешла в конечную механическую после удара и в количество выделившейся теплоты: $mgl = \frac{m^2gl}{M + m} + Q$. Отсюда $l = \frac{(M + m)Q}{Mmg} = 1,5$ (м).	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон сохранения энергии, закон сохранения импульса</i>); II) 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); 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 (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). 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 (в том числе в записи единиц измерения величины)	2
Представлены записи, соответствующие одному 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.	1



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

30



С одноатомным идеальным газом неизменной массы происходит циклический процесс, показанный на рисунке. За цикл газ совершает работу $A_{\text{ц}} = 10$ кДж. Чему равен КПД этого цикла?

Возможное решение задачи 30

Процесс 1 – 2 является изобарным расширением газа в количестве ν при давлении $2p_0$ от объёма V_0 до $3V_0$. Работа газа в этом процессе $A_{12} = 2p_0(3V_0 - V_0) = 4p_0V_0$. Изменение внутренней энергии $\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)$, где T_1 и T_2 – значения начальной и конечной температуры газа в процессе 1 – 2. Из уравнения Менделеева – Клапейрона следует, что $\nu RT_1 = 2p_0V_0$, а $\nu RT_2 = 2p_0 \cdot 3V_0$. Значит, $\Delta U_{12} = \frac{3}{2}(6p_0V_0 - 2p_0V_0) = 6p_0V_0$. Из первого начала термодинамики следует, что количество теплоты, полученное газом в процессе 1 – 2, равно $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = 6p_0V_0 + 4p_0V_0 = 10p_0V_0 > 0$, то есть в этом процессе газ получает тепло от нагревателя.

В процессе 2 – 3 работа газа $A_{23} < 0$, поскольку объём в этом процессе уменьшается. Температура газа меняется от T_2 до T_3 – изменение внутренней энергии в процессе 2 – 3 составляет $\Delta U_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2)$.

Из уравнения Менделеева – Клапейрона следует, что $\nu RT_2 = 2p_0 \cdot 3V_0$, а $\nu RT_3 = p_0V_0$. Следовательно, $\Delta U_{23} = \frac{3}{2}(p_0V_0 - 6p_0V_0) = -\frac{15}{2}p_0V_0 < 0$.

Запишем первое начало термодинамики для процесса 2 – 3: количество теплоты, полученное газом, $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} < 0$. Значит, в этом процессе газ отдаёт тепло холодильнику.

Процесс 3 – 1 – изохорное нагревание от температуры T_3 до температуры T_1 при объёме V_0 , следовательно, работа газа в этом процессе $A_{31} = 0$. По первому началу термодинамики $Q_{31} = \Delta U_{31}$, где изменение внутренней энергии $\Delta U_{31} = \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_3)$. Из уравнения Менделеева – Клапейрона

следует, что $\nu RT_1 = 2p_0V_0$, а $\nu RT_3 = p_0V_0$. Значит,

$\Delta U_{31} = \frac{3}{2}(2p_0V_0 - p_0V_0) = \frac{3}{2}p_0V_0 > 0$, то есть газ в этом процессе

получает тепло от нагревателя.

Работа газа за цикл численно равна площади треугольника внутри

графика цикла: $A_{\text{ц}} = \frac{1}{2}p_0 \cdot 2V_0 = p_0V_0$.

Итак, $Q_{\text{н}} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{23}{2}p_0V_0$. Значит, КПД цикла

$$\eta = \frac{A_{\text{ц}}}{Q_{\text{н}}} = \frac{2}{23} \approx 0,087 = 8,7 \%$$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы:	3



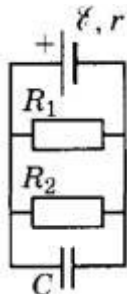
I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>первое начало термодинамики, уравнение Менделеева – Клапейрона, законы изопроцессов, определение КПД</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении 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); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ.	
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 (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ)	2

Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
Представлены записи, соответствующие одному 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

Источник постоянного тока с внутренним сопротивлением $r = 0,5$ Ом подсоединён к параллельно соединённым резисторам $R_1 = 8$ Ом, $R_2 = 4$ Ом и к конденсатору ёмкости $C = 3$ мкФ. Определите ЭДС источника, если энергия электрического поля конденсатора $W = 24$ мкДж.



Возможное решение задачи 31

По закону Ома для полной цепи сила тока, проходящего через неразветвлённый участок, то есть через источник тока, равна $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$,

где R – общее сопротивление внешней цепи, состоящего из 2 параллельно соединённых резисторов. Отсюда ЭДС источника $\mathcal{E} = I(R + r) = IR + Ir$.

По закону Ома для участка внешней цепи напряжение на нём $U = IR$, откуда $\mathcal{E} = U + Ir$. Поскольку оба резистора и конденсатор соединены параллельно, то напряжение на них будет одинаковое и равно U .

Энергия электрического поля конденсатора $W = \frac{CU^2}{2}$, откуда

$$U = \sqrt{\frac{2W}{C}} = 4 \text{ (В)}.$$

Сила тока в цепи разделится между резисторами: $I = I_1 + I_2$. По закону Ома для участка цепи $I_1 = \frac{U}{R_1} = 0,5$ (А), а $I_2 = \frac{U}{R_2} = 1$ (А). Значит, $I = 1,5$ А.

Подставим значения найденных силы тока и напряжения в формулу для ЭДС.

$$\mathcal{E} = U + Ir = 4,75 \text{ (В)}$$

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: закон Ома, соотношения при параллельном соединении проводников, формула для энергии электрического поля конденсатора);

II) 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);

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

IV) представлен правильный ответ.

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 (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).

И (ИЛИ)

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.

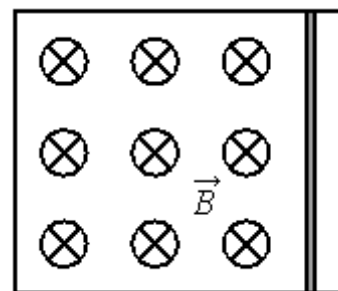
И (ИЛИ)

2

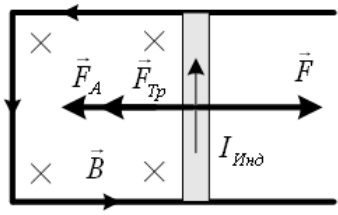
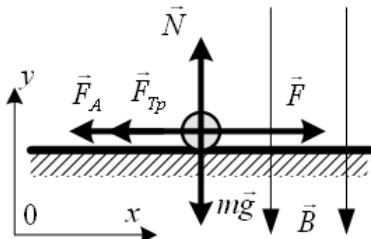
ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 201116



Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
Представлены записи, соответствующие одному 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



Возможное решение задачи 32

При движении перемычки длиной l вправо с постоянной скоростью v за время t увеличивается площадь проводящего контура на $\Delta S = lvt$. В результате этого увеличивается магнитный поток, пронизывающий контур, на $\Delta \Phi = B\Delta S = Blvt$, где B – индукция магнитного поля. По закону электромагнитной индукции на концах перемычки возникает ЭДС индукции, равная по модулю $\mathcal{E}_{\text{инд}} = \frac{\Delta \Phi}{t} = Blv$. В результате по перемычке будет идти индукционный ток, направленный вверх, если смотреть в плоскости рисунка. По закону Ома сила тока $I_{\text{инд}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{инд}}}{R} = \frac{Blv}{R}$, где R – сопротивление перемычки.

32. Металлический стержень, согнутый в виде буквы П, закреплён в горизонтальной плоскости. На параллельные стороны стержня опирается концами перпендикулярная перемычка массой 92 г и длиной 1 м. Сопротивление перемычки равно 0,1 Ом. Вся система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией 0,15 Тл. С какой установившейся скоростью будет двигаться перемычка, если к ней вправо перпендикулярно ей приложить постоянную горизонтальную силу $F = 1,13$ Н? Коэффициент трения между стержнем и перемычкой равен 0,25. Сопротивлением стержня пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на перемычку.



Направим ось Oy перпендикулярно плоскости рисунка «к нам», а ось Ox – вправо и изобразим рисунок в плоскости xOy. На перемычку массой m и длиной l по вертикали действуют силы тяжести mg и нормальной реакции N. По горизонтали на него действуют силы F, трения $F_{\text{тр}}$ и сила Ампера F_A. По правилу левой руки сила Ампера направлена влево. Поскольку движение происходит прямолинейно и равномерно, то из первого закона Ньютона следует, что $F = F_A + F_{\text{тр}}$, $N = mg$. По закона Амонтона – Кулона $F_{\text{тр}} = \mu N$, где μ – коэффициент трения. По закону Ампера $F_A = BI_{\text{инд}}l = \frac{(Bl)^2 v}{R}$. В итоге получаем: $F = \frac{(Bl)^2 v}{R} + \mu mg$. Отсюда $v = \frac{(F - \mu mg)R}{(Bl)^2} = 4 \text{ (м/с)}$.	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон электромагнитной индукции, первый закон Ньютона, закон Амонтона – Кулона, закон Ампера); II) 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); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу	3

(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 (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). 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 (в том числе в записи единиц измерения величины)	2
Представлены записи, соответствующие одному 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	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

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.

