

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 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

Ответ: (1,4 ± 0,2) н. 1, 40, 2 Бланк

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

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

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

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

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

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

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

Константы

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



Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ K} = -273 \text{ }^{\circ}\text{C}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалента	931 МэВ
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
1 астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} = 150000000 \text{ км}$
1 световой год	$1 \text{ св. год} = 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$
1 парсек	$1 \text{ пк} = 3,26 \text{ св. года}$

Масса частиц

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

Астрономические величины

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

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

Удельная теплота

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

Нормальные условия: давление – 10^5 Па , температура – $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Молярная масса

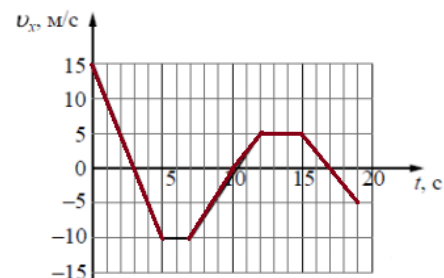
азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20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

Часть 1

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

1

На рисунке приведен график зависимости скорости тела от времени. Определите проекцию перемещения тела от 7 до 12 с.



Ответ: _____ м.

2

На горизонтальном полу стоит ящик массой 5 кг. Коэффициент трения между полом и ящиком равен 0,2. К ящику в горизонтальном направлении прикладывают силу 9 Н. Определите силу трения между ящиком и полом.

Ответ: _____ Н.

3

Какова энергия упругой деформации сжатой на 7 см пружины, если её жёсткость равна 4000 Н/м?

Ответ: _____ Дж.

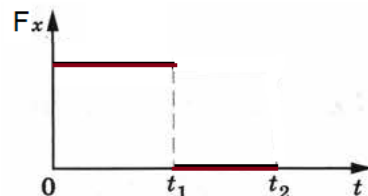
4

Деревянный кубик имеет ребро длиной 3 см. Определите архимедову силу, действующую на кубик, при его полном погружении в воду.

Ответ: _____ Н



- 5 Тело движется вдоль прямой. В некоторый момент на него начинает действовать сила, график зависимости проекции которой изображен на графике. Из приведенного ниже списка выберите **два** правильных утверждения, соответствующих данным графика.



- 1) В интервале от 0 до t_1 тело не двигалось.
- 2) В интервале от 0 до t_1 тело двигалось равномерно.
- 3) В интервале от 0 до t_1 тело двигалось равноускорено.
- 4) В интервале от t_1 до t_2 тело не двигалось.
- 5) В интервале от t_1 до t_2 тело двигалось равномерно.

Ответ:

--	--

- 6 Миша бросил медный шарик вверх под углом к горизонту. Определите как меняются по мере приближения к максимальной точке подъема модуль ускорения шарика и горизонтальная составляющая его скорости? Сопротивлением воздуха пренебречь.

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.

Модуль ускорения шарика	Горизонтальная составляющая скорости шарика

- 7 Шайба массой m съезжает без трения из состояния покоя с вершины горки. Ускорение свободного падения равно g . У подножия горки потенциальная энергия шайбы равна нулю, а модуль ее импульса равен p . Чему равны высота горки и потенциальная энергия шайбы на ее вершине?

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их зависимости от времени в условиях данной задачи.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) Высота горки
- Б) Потенциальная энергия шайбы на вершине горки

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{p^2}{2m^2g}$
- 2) $\frac{p^2}{2mg}$
- 3) $\frac{p^2}{2m}$
- 4) $\frac{mp^2}{2g}$

Ответ:

А	Б

- 8 В сосуде неизменного объема находится разреженный газ в количестве 4 моль. Во сколько раз нужно увеличить абсолютную температуру газа, чтобы после удаления из сосуда 3 моль газа, давление осталось неизменным?

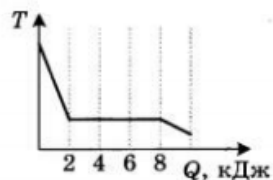
Ответ: в _____ раз (а).

- 9 В процессе эксперимента газ получил от нагревателя количество теплоты равное 3 кДж, при этом внутренняя энергия газа уменьшилась на 5 кДж. Чему равна работа газа в данном эксперименте?

Ответ: _____ кДж.

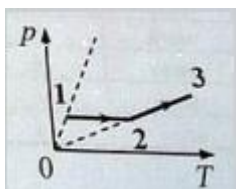


- 10 На рисунке представлена зависимость изменения температуры тела массой 0,5 кг, находящегося в жидком состоянии вещества в начальный момент наблюдения. Определите удельную теплоту плавления тела.



Ответ: _____ Дж/кг.

- 11 Идеальный газ перевели из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления p газа от температуры T . Количество вещества газа при этом не менялось.



Выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения, которые можно сделать анализируя данный график:

- 1) В процессе 2-3 газ отдавал положительное количество теплоты.
- 2) В процессе 1-2 объем газа уменьшался.
- 3) В процессе 2-3 внутренняя энергия газа уменьшилась.
- 4) Работа газа в процессе 1-2 больше работы газа в процессе 2-3.
- 5) Концентрация газа в процессе 2-3 не менялась.

Ответ:

--	--

- 12 Объем сосуда с идеальным газом уменьшили втрое, выпустив половину газа и уменьшив температуру в два раза. Как изменились в результате этого давление газа и его концентрация.

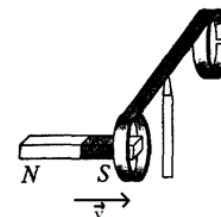
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Давление газа	Концентрация газа

- 13 На рисунке изображен момент демонстрационного эксперимента по проверке правила Ленца. Куда будет направлено магнитное поле, созданное индукционным током в кольце, при внесении в кольцо магнита южным полюсом?



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

Ответ: _____.

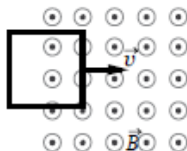
- 14 Какова разность потенциалов между точками поля, если при перемещении заряда 12 мкКл из одной точки в другую поле совершает работу 0,36 мДж?

Ответ: _____ В.



15

В некоторой области пространства создано однородное магнитное поле (см. рисунок). Квадратная металлическая рамка движется через границу этой области с постоянной скоростью, $\vec{V}$ направленной вдоль плоскости рамки и перпендикулярно вектору магнитной индукции $\vec{B}$. ЭДС индукции, генерируемая при этом в рамке, равна $\mathcal{E} = 1,5B$.

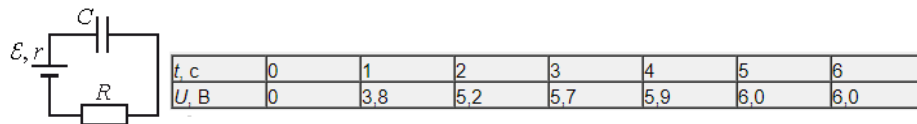


Какой станет ЭДС, если рамка будет двигаться со скоростью $v/4$?

Ответ: В.

16

В момент времени $t = 0$ незаряженный конденсатор подключают к источнику тока последовательно с резистором $R = 20 \text{ кОм}$ (см. рисунок). Значения напряжения между обкладками конденсатора, измеренные в последовательные моменты времени с точностью $0,1 \text{ В}$, представлены в таблице. Выберите **два** верных утверждения на основании данных, приведённых в таблице.



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

Ответ:

--	--

17

Стеклнную линзу (показатель преломления стекла $n_{\text{стекла}} = 1,54$), показанную на рисунке, перенесли из воздуха ($n_{\text{воздуха}} = 1$) в воду ($n_{\text{воды}} = 1,33$). Как изменились при этом фокусное расстояние и оптическая сила линзы?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

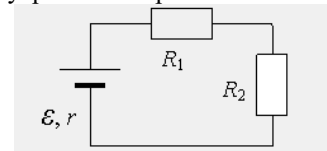
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Фокусное расстояние	Оптическая сила линзы

18

Два резистора подключены к источнику тока с ЭДС ε (см. рисунок). Сопротивление первого резистора равно R_1 , напряжение на нём равно U_1 . Напряжение на втором резисторе равно U_2 . Чему равны сопротивление второго резистора и внутреннее сопротивление источника тока?



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.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

А) Сопротивление резистора R_2

$$1) \quad R_1 \cdot \frac{U_1}{U_2}$$

Б) Внутреннее сопротивление r источника тока

$$2) \quad R_1 \cdot \frac{U_2}{U_1}$$


$$3) R_1 \cdot \frac{\varepsilon - U_1 - U_2}{U_2}$$

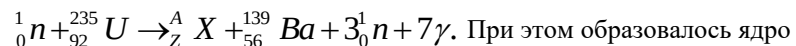
$$4) R_1 \cdot \frac{\varepsilon - U_1 - U_2}{U_1}$$

Ответ:

А	Б

19

Деление ядра урана тепловыми нейтронами описывается реакцией



При этом образовалось ядро химического элемента ${}_Z^AX$. Определите Z зарядовое и A массовое число образовавшегося химического элемента.

Зарядовое число	Массовое число

20

Период полураспада некоторого радиоактивного изотопа равен 1 месяцу. За какое время число ядер этого изотопа уменьшится в 32 раза?

Ответ: _____ мес.

21

Большое количество N радиоактивных ядер ${}_{80}^{203}\text{Hg}$ распадается, образуя стабильные дочерние ядра ${}_{81}^{203}\text{Tl}$. Период полураспада равен 46,6 суток. Какое количество исходных ядер останется через 139,8 суток, а дочерних появится за 93,2 суток после начала наблюдений?

Установите соответствие между величинами и их значениями.

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

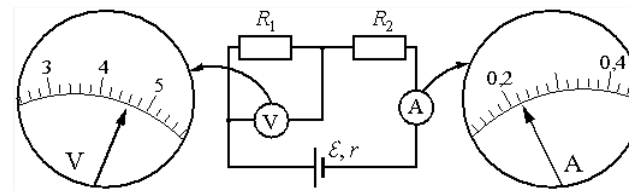
ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ЗНАЧЕНИЯ
А) количество ядер ${}_{80}^{203}\text{Hg}$ через 139,8 суток	1) N/8
Б) количество ядер ${}_{81}^{203}\text{Tl}$ через 93,2 суток	2) N/4
	3) 3N/4
	4) 7N/8

Ответ:

А	Б

22

Ученик собрал электрическую цепь, состоящую из батарейки, двух резисторов, амперметра и вольтметра. После этого он провёл измерения напряжения на одном из резисторов и силы тока в цепи. Погрешности измерения силы тока в цепи и напряжения на источнике равны половине цены деления шкал приборов. Чему равно, по результатам этих измерений, напряжение на сопротивлении R_1 ?



Ответ: (_____ ± _____) Ом.



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

- 23** Ученик изучает свойства маятников. В его распоряжении имеются несколько маятников, закреплённых на нити. Какие два маятника нужно использовать для того, чтобы на опыте обнаружить зависимость периода колебаний маятника от его длины?

№ маятника	Длина маятника	Объём сплошного шарика	Материал, из которого сделан шарик
1	1,0 м	5 см ³	сталь
2	1,5 м	5 см ³	сталь
3	2,0 м	5 см ³	алюминий
4	1,0 м	8 см ³	алюминий
5	1,0 м	8 см ³	сталь

В ответ запишите номера выбранных маятников.

Ответ:

- 24** Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца (в а.е.)	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения	Первая космическая скорость, км/с
Меркурий	0,39	4879	0,6°	3,01
Венера	0,72	12 104	177°22'	7,33
Земля	1,00	12 756	23°27'	7,91
Марс	1,52	6794	25°11'	3,55
Юпитер	5,20	142 984	3°08'	42,1
Сатурн	9,58	120 536	26°44'	25,1
Уран	19,19	51 118	97°46'	15,1
Нептун	30,02	49 528	28°19'	16,8

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

- 1) На Марсе не может наблюдаться смена времён года.
- 2) Ускорение свободного падения на Нептуне составляет около 11,4 м/с².
- 3) Объём Марса примерно в 2 раза меньше объёма Венеры.
- 4) Вторая космическая скорость для Меркурия составляет примерно 4,3 км/с.
- 5) Орбита Венеры находится на расстоянии примерно 108 млн км от Солнца.

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** В лимонад массой 200 г и температурой 30 °С бросают 4 кубика тающего льда одинаковой массы, при этом установилась температура 12°С. Найдите массу одного кубика. Ответ округлите до десятых долей

Ответ: _____ г.

- 26** Прямолинейный проводник подвешен горизонтально на двух нитях в однородном магнитном поле с индукцией 10 мТл. Вектор магнитной индукции горизонтален и перпендикулярен проводнику. Во сколько раз изменится сила натяжения нитей при изменении направления тока на противоположное? Масса единицы длины проводника 0,01 кг/м, сила тока в проводнике 5 А.

Ответ: в _____ раз (а).



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

Катушка, обладающая индуктивностью L , соединена с источником питания с ЭДС $\mathcal{E}$ и двумя одинаковыми резисторами R . Электрическая схема соединения показана на рис. 1. В начальный момент ключ в цепи разомкнут.

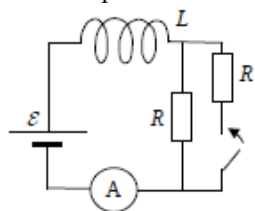


Рис. 1

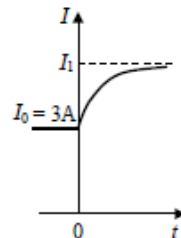


Рис. 2

ключ замыкают, что приводит к изменениям силы тока, как показано на рис. 2. Основываясь на законах, объясните, почему при замыкании ключа сила тока изменяется до некоторого нового значения I_1 . Внутренним сопротивлением источника

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.

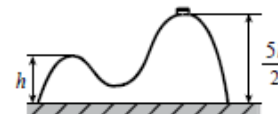
28

Два груза массами соответственно $M_1 = 1$ кг и $M_2 = 2$ кг, лежащие на гладкой горизонтальной поверхности, связаны невесомой и нерастяжимой нитью. На грузы действуют силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, как показано на рисунке. Сила натяжения нити $T = 15$ Н. Каков модуль силы F_1 , если $F_2 = 21$ Н?



29

На гладкой горизонтальной поверхности стола покоится горка с двумя вершинами, высоты которых h и $2,5h$ (см. рисунок). На правой вершине горки находится шайба. От незначительного толчка шайба и горка приходят в движение, причём шайба движется влево, не отрываясь от гладкой поверхности горки, а поступательно движущаяся горка не отрывается от стола. Скорость шайбы на левой вершине горки оказалась равной v . Найдите отношение масс шайбы и горки.



30

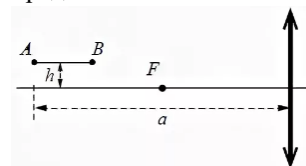
Сосуд объёмом $V = 10$ л содержит гелий количеством вещества 5 моль при температуре 17°C . Если гелию сообщить количество теплоты $Q = 3$ кДж, то сосуд лопнет. Какую максимальную разность давлений внутри сосуда и снаружи него он выдерживает? Внешнее атмосферное давление равно нормальному атмосферному давлению.

31

Замкнутый контур площадью S из тонкой проволоки помещён в магнитное поле. Плоскость контура перпендикулярна вектору магнитной индукции поля. В контуре возникают колебания тока с амплитудой $I_{\text{max}} = 35$ мА, если магнитная индукция поля меняется с течением времени в соответствии с формулой $B = a \cdot \cos(bt)$, где $a = 6 \cdot 10^{-3}$ Тл, $b = 3500$ с $^{-1}$. Электрическое сопротивление контура $R = 1,2$ Ом. Чему равна площадь контура?

32

Тонкая палочка АВ длиной 10 см расположена параллельно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии $h = 15$ см от оси. Конец А расположен на расстоянии 50 см от линзы. Фокусное расстояние линзы $F = 20$ см. Определите длину изображения, постройте изображение предмета в линзе.



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



О проекте «Пробный ЕГЭ каждую неделю»

Данный ким составлен командой всероссийского волонтерского проекта «ЕГЭ 100баллов» <https://vk.com/ege100ballov> и безвозмездно распространяется для любых некоммерческих образовательных целей.

Нашли ошибку в варианте?

Напишите нам, пожалуйста, и мы обязательно её исправим!

Для замечаний и пожеланий: https://vk.com/topic-10175642_41259310
(также доступны другие варианты для скачивания)

Список источников:

- открытый банк заданий ЕГЭ (ФИПИ)
- демоверсия по физике 20

СОСТАВИТЕЛЬ ВАРИАНТА:	
ФИО:	Вахнина Светлана Васильевна
Предмет:	Физика
Стаж:	12 лет
Аккаунт ВК:	https://vk.com/id249117870
Сайт и доп. информация:	https://vk.com/examcourses



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	-10	14	30
2	9	15	0,375
3	9,8	16	34 43
4	0,27	17	12
5	35 53	18	24
6	33	19	3694
7	13	20	5
8	4	21	13
9	8	22	4,60,1
10	12000	23	12 21
11	45 54	24	245
12	21	25	9,9
13	вправо	26	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

Катушка, обладающая индуктивностью L , соединена с источником питания с ЭДС ε и двумя одинаковыми резисторами R . Электрическая схема соединения показана на рис. 1. В начальный момент ключ в цепи разомкнут. В момент времени $t = 0$ ключ замыкают, что приводит к изменениям силы

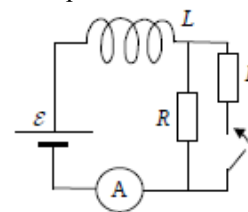


Рис. 1

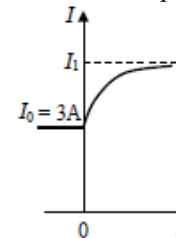


Рис. 2

тока, регистрируемым амперметром, как показано на рис. 2. Основываясь на известных физических законах, объясните, почему при замыкании ключа сила тока плавно увеличивается до некоторого нового значения – I_1 . Определите значение силы тока I_1 . Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

Возможное решение:

1. Сила тока определяется законом Ома для полной цепи:

$$IR_{\text{общ}} = \varepsilon + \varepsilon_{\text{инд}}, \text{ где } I - \text{сила тока в цепи, } R_{\text{общ}} - \text{сопротивление цепи,}$$

$$\varepsilon_{\text{инд}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} - \text{ЭДС индукции, возникающая только при изменении}$$

силы тока, и препятствующая его изменению согласно правилу Ленца.

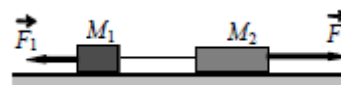


2. До замыкания ключа $R_{\text{общ}} = R$; сила тока через амперметр определяется законом Ома для замкнутой цепи: $I_1 = \frac{\varepsilon}{R + r}$. 3. При замыкании ключа сопротивление цепи скачком уменьшается в 2 раза, но ЭДС самоиндукции препятствует изменению силы тока через катушку. Поэтому сила тока через катушку при замыкании ключа не претерпевает скачка. 4. Постепенно ЭДС самоиндукции уменьшается до нуля, а сила тока через катушку плавно возрастает до стационарного значения: $I_2 = \frac{\varepsilon}{R_{12}} = \frac{2\varepsilon}{R}$, где R_{12} – сопротивление участка с параллельным сопротивлением проводников. $I_2 = 2I_1 = 6\text{ А}$.	
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: явление электромагнитной индукции, закон Ома для полной цепи формула для параллельного соединения проводников).	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.	2

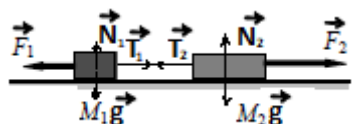
И (ИЛИ)	1
В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	
Максимальный балл	3

28

Два груза массами соответственно $M_1 = 1\text{ кг}$ и $M_2 = 2\text{ кг}$, лежащие на гладкой горизонтальной поверхности, связаны невесомой и нерастяжимой нитью. На грузы действуют силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, как показано на рисунке. Сила натяжения нити $T = 15\text{ Н}$. Каков модуль силы F_1 , если $F_2 = 21\text{ Н}$?



Возможное решение:



Так как тело движется по гладкой поверхности, то это движение без учета силы трения.

Запишем второй закон Ньютона для двух тел:

$$\vec{T}_1 + \vec{F}_1 + M_1 \vec{g} + \vec{N}_1 = M_1 \vec{a}_1$$

Так как сила трения равна нулю, то

$$\vec{T}_2 + \vec{F}_2 + M_2 \vec{g} + \vec{N}_2 = M_2 \vec{a}_2.$$

рассмотрим проекции только на ось Ox , с учетом того, что нить нерастяжима, $T_1 = T_2 = T$, $a_1 = a_2 = a$, получим

$$T - F_1 = M_1 a$$

Поделим первое уравнение на второе, получим

$$-T + F_2 = M_2 a.$$

$$\frac{T - F_1}{F_2 - T} = \frac{M_1}{M_2}, \quad T - F_1 = \frac{M_1}{M_2} \cdot (F_2 - T), \quad F_1 = T - \frac{M_1}{M_2} \cdot (F_2 - T),$$

$$F_1 = 15 - \frac{1}{2} \cdot (21 - 15) = 12 H.$$

Ответ: $F_1 = 12 H$.

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: второй закон Ньютона); 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	1

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

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла

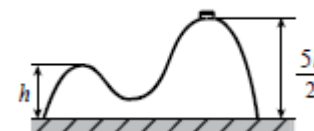
0

Максимальный балл

2

29

На гладкой горизонтальной поверхности стола покоится горка с двумя вершинами, высоты которых h и $2,5h$ (см. рисунок). На правой вершине горки находится шайба. От незначительного толчка шайба и горка приходят в движение, причём шайба движется влево, не отрываясь от гладкой поверхности горки, а поступательно движущаяся горка не отрывается от стола. Скорость шайбы на левой вершине горки оказалась равной v . Найдите отношение масс шайбы и горки.



Возможное решение:

На систему тел «шайба + горка» действуют внешние силы (тяжести и реакции стола), направленные по вертикали, поэтому проекция импульса системы на горизонтальную ось Ox системы отсчёта, связанной со столом, сохраняется.

В начальный момент $p_x(0) = 0$, а в момент t_1 $p_x(1) = Mu - mv$. Из закона сохранения импульса $p_x(0) = p_x(1)$, получим: $Mu - mv = 0$, где m – масса шайбы, M – масса горки.

Работа сил тяжести определяется изменением потенциальной энергии, а суммарная работа сил реакции равна нулю, так как поверхности гладкие.

Следовательно, полная механическая энергия системы тел, равная сумме кинетической и потенциальной, сохраняется. Так как потенциальная



энергия горки не изменилась, получаем уравнение $\frac{mv^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} + mgh = \frac{5}{2}mgh, \quad mv^2 + Mu^2 + 2mgh = 5mgh,$ $Mu^2 = 3mgh - mv^2, \text{ из закона сохранения импульса получим}$ $u = \frac{mv}{M}, \quad M \frac{(mv)^2}{M^2} = m(3gh - v^2), \quad \frac{mv^2}{M} = 3gh - v^2, \text{ таким образом,}$ $\frac{m}{M} = \frac{3gh - v^2}{v^2}.$ Ответ: $\frac{m}{M} = \frac{3gh - v^2}{v^2}.$	
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>закон сохранения импульса, закон сохранения механической энергии</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); V) 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 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	
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3



30

Сосуд объемом $V = 10$ л содержит гелий количеством вещества 5 моль при температуре 17°C . Если гелию сообщить количество теплоты $Q = 3$ кДж, то сосуд лопнет. Какую максимальную разность давлений внутри сосуда и снаружи него он выдерживает? Внешнее атмосферное давление равно нормальному атмосферному давлению.

Возможное решение:

Первое начало термодинамики: $Q = \Delta U + A$. Для изохорного процесса выражение примет вид: $Q = \Delta U$, т.к. $A = 0$. Изменение

внутренней энергии $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \Delta p V$, получим,

$Q = \frac{3}{2} \Delta p V$, $\Delta p = \frac{2Q}{3V}$. Найдем давление газа в начальный момент

времени, согласно уравнению Менделеева-Клапейрона $pV = \nu RT$,

откуда $p = \frac{\nu RT}{V}$, тогда давление, при котором сосуд лопнет, будет

равно: $p_2 = p + \Delta p = \frac{\nu RT}{V} + \frac{2Q}{3V} = \frac{1}{V} (\nu RT + \frac{2}{3} Q)$,

$p_2 = \frac{1}{10 \cdot 10^{-3}} (5 \cdot 8,31 \cdot 290 + \frac{2}{3} \cdot 3000) = 14 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Так как нормальное атмосферное давление равно 10^5 Па, то внутреннее давление превышает внешнее в 14 раз: $p_2 / p_0 = 14$.

Ответ: $p_2 / p_0 = 14$.

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 <u>уравнение Менделеева-Клапейрона, первое начало термодинамики, формула для определения внутренней энергии</u>). II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<u>за исключением обозначений</u>	3

констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);

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

IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины

Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.

Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.

И (ИЛИ)

В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.

И (ИЛИ)

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

И (ИЛИ)

Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.

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

- 31 Замкнутый контур площадью S из тонкой проволоки помещён в магнитное поле. Плоскость контура перпендикулярна вектору магнитной индукции поля. В контуре возникают колебания тока с амплитудой $= 35$ мА, если магнитная индукция поля меняется с течением времени в соответствии с формулой $B = a \cdot \cos(bt)$, где $a = 6 \cdot 10^{-3}$ Тл, $b = 3500$ с $^{-1}$. Электрическое сопротивление контура $R = 1,2$ Ом. Чему равна площадь контура?

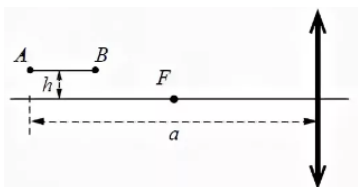
Возможное решение: При изменении пронизывающего контур магнитного поля в проводящем контуре возникает ЭДС электромагнитной индукции $\mathcal{E}$, а соответственно, и электрический ток. Согласно закону Ома сила тока для участка цепи $I = \frac{U}{R};$ согласно закону электромагнитной индукции ЭДС пропорциональна скорости изменения магнитного потока сквозь контур: $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$. В нашем случае $\Delta\Phi = \Delta BS$, тогда $\mathcal{E} = -S \frac{\Delta B}{\Delta t}$, значит, $I = -\frac{S}{R} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{S}{R} \cdot ab \sin(bt).$ Анализируя полученную формулу, определим амплитуду силы тока $I_{\max} = \frac{abS}{R}.$ Откуда получим формулу для определения площади: $S = \frac{I_{\max} R}{ab} = \frac{35 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2}{6 \cdot 10^{-3} \cdot 3500} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$ Ответ: $S = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$.	
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>закон Ома для участка цепи, закон электромагнитной индукции, формула для определения магнитного потока</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	1



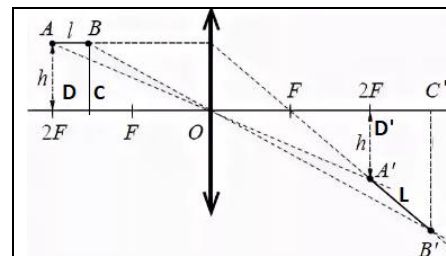
В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	
ИЛИ	
В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи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

- 32 Тонкая палочка АВ длиной 10 см расположена параллельно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии $h = 15$ см от оси. Конец А расположен на расстоянии 40 см от линзы. Фокусное расстояние линзы $F = 20$ см. Определите длину изображения, постройте изображение предмета в линзе.



Возможное решение:

Выполним построение изображения палочки в линзе. Для этого используем свойства лучей: луч, распространяющийся параллельно главной оптической оси, проходит через фокус собирающей линзы после преломления на линзе и луч, проходящий через оптический центр линзы, не преломляется.



Так как точка А расположена на расстоянии $2F$, то ее изображение также будет расположено на таком же расстоянии от собирающей линзы и на расстоянии h от главной оптической оси. Длину изображения $A'B'$ можно определить из рисунка, применив теорему

$$\text{Пифагора: } L = A'B' = \sqrt{(OC' - 2F)^2 + (B'C' - h)^2}.$$

Для изображения точки В' из формулы тонкой линзы (с учетом того, что линза собирающая и изображение действительное), получим

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{2F - l} + \frac{1}{OC'}, \quad OC' = \frac{F(2F - l)}{F - l} = \frac{20(2 \cdot 20 - 10)}{20 - 10} = 60 \text{ см.}$$

Так как $\triangle BCO$ подобен $\triangle B'C'O$, то $\frac{B'C'}{h} = \frac{OC'}{2F - l}$, откуда получим

$$B'C' = h \frac{OC'}{2F - l} = \frac{15 \cdot 60}{2 \cdot 20 - 10} = 30 \text{ см. Подставим в теорему}$$

$$\text{Пифагора: } L = \sqrt{(60 - 2 \cdot 20)^2 + (30 - 15)^2} = 25 \text{ см.}$$

Ответ: $L = 25 \text{ см.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: 1) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>правило построения изображения в собирающей линзе, формула тонкой линзы, теорема Пифагора, свойство подобных треугольников</u>);	3



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

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 Рособрназора 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.

