

**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, 25–27 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Число 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 двух цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ:

А	Б
4	1

7	4	1																	
---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Бланк

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

КИМ Ответ: вправо

13	В	П	Р	А	В	О													
----	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Бланк

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

КИМ Ответ: (1,4 ± 0,2) н.

22	1	,	40	,	2														
----	---	---	----	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Бланк

Ответ к заданиям 28–32 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 гелевой 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	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
(элементарный электрический заряд)	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
постоянная Планка	

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



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

Удельная теплоёмкость

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

Удельная теплота

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

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

1

Точка движется по окружности радиусом R с постоянной по модулю скоростью v . Скорость точки уменьшили в 2 раза, а радиус окружности в 2 раза увеличили. Найти отношение конечного центростремительного ускорения к начальному.

Ответ: _____

2

В инерциальной системе отсчета под действием одинаковых внешних сил первое тело приобретает ускорение $a_1 = 2 \text{ м/с}^2$, а второе тело – ускорение $a_2 = 3 \text{ м/с}^2$. Найти отношение m_1 / m_2 .

Ответ: _____

3

Тележка массой $m = 200 \text{ г}$, движущаяся со скоростью $v = 2 \text{ м/с}$, сталкивается с неподвижной тележкой такой же массы и сцепляется с ней. Найти импульс тележек после неупругого столкновения.

Ответ: _____ кг·м/с

4

Радиостанция работает на частоте $0,75 \cdot 10^8 \text{ Гц}$. Какова длина волны, излучаемой антенной радиостанции?

Ответ: _____ м



5 Подвешенный на нити грузик совершает гармонические колебания. В таблице представлены координаты грузика через одинаковые промежутки времени.

t (с)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
x (см)	6	3	0	3	6	3	0	3

Выберете **два** верных утверждения.

- 1) Амплитуда колебаний грузика равна 6 см.
- 2) Период колебаний грузика 0,2 с.
- 3) Максимальная скорость грузика примерно равна 47 см/с.
- 4) Максимальное ускорение грузика примерно равно 3,4 м/с².
- 5) Частота колебаний грузика равна 2,5 Гц.

Ответ:

--	--

6 Медный кубик, висающий на нити, целиком погружен в воду и не касается дна сосуда. Верхняя и нижняя грани кубика горизонтальны. Как изменится значения давления воды на нижнюю грань кубика, а также модуль силы Архимеда, действующей на кубик, если опустить кубик глубже, но так, чтобы он не касался дна сосуда? Воду считать несжимаемой.

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 воды на нижнюю грань кубика	Сила Архимеда

Ответ:

--	--

7 Из колодца глубиной h за промежутки t поднимают на цепи ведро с водой общей массой m. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

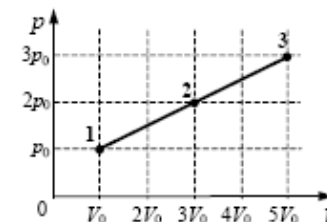
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) Работа силы упругости цепи при подъеме ведра	1) mgh/t 2) mg 3) mh/gt 4) mgh
Б) Мощность, развиваемая силой упругости цепи при подъеме ведра	

Ответ:

А	Б

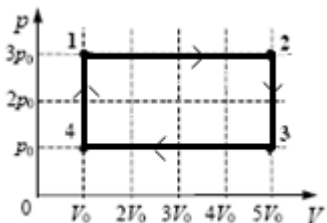
8 На рисунке показан график процесса, проведенного над одним молем идеального газа (см. рисунок). Найдите отношение температур $\frac{T_3}{T_1}$



Ответ: _____



9 В цикле, показанном на рисунке, газ на участке 1-2 совершает работу $A_{12} = 1,8$ кДж. Масса газа постоянна. За цикл газ получает от нагревателя количество теплоты $Q_{нагр} = 5$ кДж. Найти КПД цикла (в процентах).

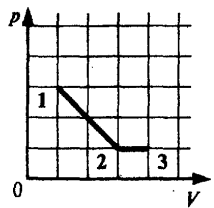


Ответ: _____ %.

10 Относительная влажность воздуха в цилиндре под поршнем 70%. Объем воздуха изотермически увеличили в два раза. Относительная влажность воздуха стала

Ответ: _____ %

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

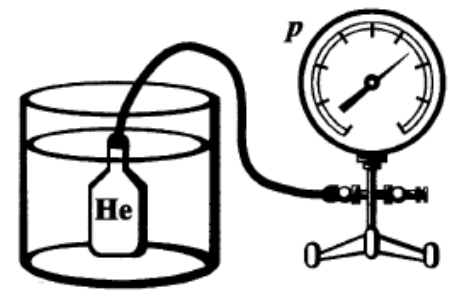


На основании анализа этих графиков выберите **два** верных утверждения:

- 1) Абсолютная температура газа максимальна в состоянии 3.
- 2) В процессе 1-2 температура газа уменьшалась.
- 3) Работа газа в процессе 1-2 в 4 раза больше работы газа в процессе 2-3.
- 4) В процессе 2-3 внутренняя энергия газа уменьшилась.
- 5) Концентрация газа в процессе 1-2 не менялась.

Ответ:

12 Металлический баллон заполнили гелием при атмосферном давлении и комнатной температуре и подключили тонкой трубкой к манометру. После этого баллон поместили в сосуд с водой, температура которой 100°C . Как при этом изменились давление и объем гелия.



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.

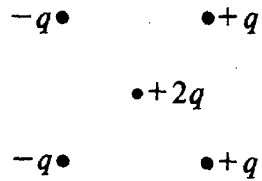
Давление	Объем

Ответ:



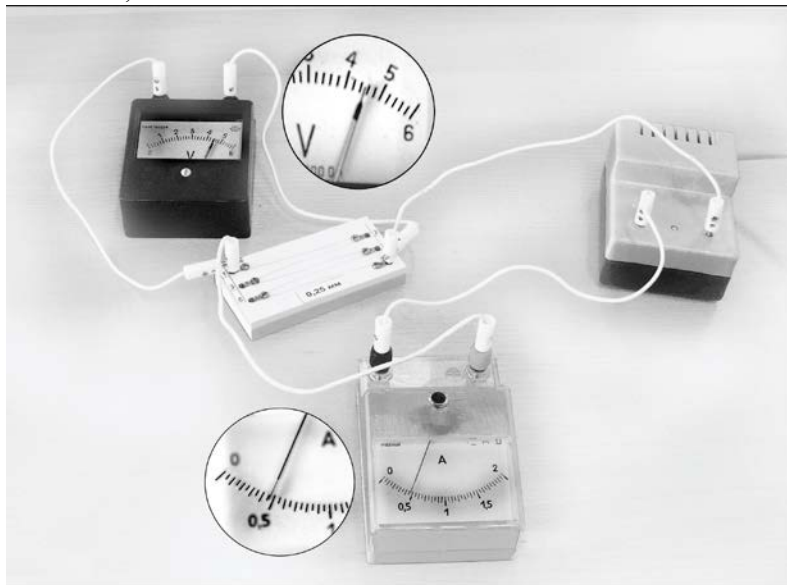
13 Как направлена кулоновская сила \vec{F} , действующая на положительный точечный заряд $2q$, помещенный в центр квадрата (см. рисунок), в вершинах которого находятся заряды: $+q, +q, -q, -q$?

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



Ответ: _____

14 На рисунке приведена фотография электрической цепи, собранной учеником для исследования зависимости силы тока, проходящего через металлический проводник, от напряжения на нем. Найдите напряжение, которое будет показывать вольтметр при прохождении через резистор силы тока величиной в 0,6 А.



Ответ: _____ В

15 Два прямолинейных проводника помещены в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Первый проводник длиной L помещен в поле с модулем индукции \vec{B} , а второй, длиной $2L$, – в поле с модулем индукции $\frac{1}{4}\vec{B}$. По проводникам протекают одинаковые токи. Чему равно отношение $\frac{F_2}{F_1}$ модулей сил Ампера, действующих на проводники?

Ответ: _____

16 Ученик, изучая законы геометрической оптики, провел опыт по преломлению света (см. рисунок). Для этого он направил узкий пучок света на стеклянную пластину. Пользуясь приведенной таблицей, выберите из приведенного ниже списка два правильных утверждения, описывающих наблюдаемое явление



угол α	20°	40°	50°	70°
$\sin \alpha$	0,34	0,64	0,78	0,94

Выберите **два** верных утверждения и укажите их номера.

- 1) Показатель преломления стекла примерно равен 1,47.
- 2) Наблюдается полное внутреннее отражение.
- 3) Угол преломления равен 50° .
- 4) Угол падения равен 70° .
- 5) Угол отражения равен 20° .

Ответ:



17 Луч лазера зеленого цвета переходит из воды в воздух. Как изменяется при этом скорость света и его частота?

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.

Скорость света	Частота

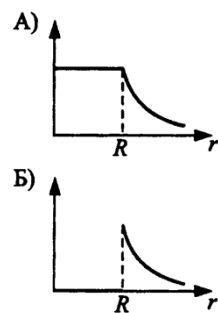
Ответ:

--	--

18 Полая металлическая сфера радиусом R имеет заряд q . Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от расстояния эти графики могут представлять.

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) Потенциал электрического поля
- 2) Поверхностная плотность заряда
- 3) Напряженность электрического поля
- 4) Энергия электрического поля

Ответ:

А	Б

19 Какое зарядовое число будет иметь ядро элемента, получившееся из ядра изотопа ${}^{215}_{84}\text{Po}$ после одного α – распада и одного электронного β – распада

Ответ: _____

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

20 Какая доля радиоактивных атомов распадётся через интервал времени, равный двум периодам полураспада? Ответ выразите в процентах.

Ответ: _____ %

21 В опытах по фотоэффекту взяли пластину из металла с работой выхода $3,5 \text{ эВ}$ и стали освещать ее светом частоты $3 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$. Затем частоту падающей на пластину световой волны уменьшили в 4 раза, увеличив в 2 раза интенсивность светового пучка. Как изменится в результате этого число фотоэлектронов, покидающих пластину за 1 с и их скорость.

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.

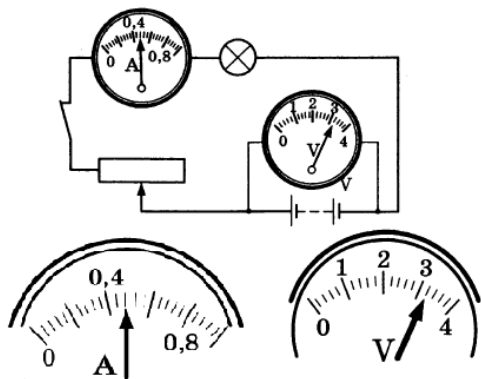
Количество фотоэлектронов	Скорость фотоэлектронов

Ответ:

А	Б



22 С помощью амперметра проводились измерения силы тока в электрической цепи. Шкала амперметра проградуирована в амперах(см. рисунок). Погрешность равна половине цене деления шкалы амперметра.

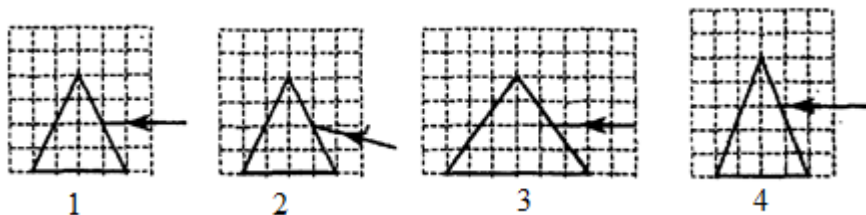


Запишите в ответ показания амперметра с учетом погрешности?

Ответ: (____ ± ____) А

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

23 Пучок белого света, пройдя через призму, разлагается в спектр. Была выдвинута гипотеза, что ширина спектра, получаемого на стоящем за призмой экране, зависит от угла падения пучка на грань призмы. Необходимо экспериментально проверить эту гипотезу. Какие два опыта нужно провести для такого исследования?



В ответ запишите номера выбранных опытов.

Ответ:

24 Из приведенных ниже утверждений выберите **два** верных, соответствующих законам движения планет, и укажите их номера.

- 1) Расстояние от Земли до Луны 384000 км.
- 2) Расстояние от Земли до Солнца 300000000 км.
- 3) Каждая планета движется так, что радиус-вектор планеты за равные промежутки времени описывает равные площади.
- 4) Луна совершает один оборот вокруг Земли за 12 часов.
- 5) Диаметр диска Галактики составляет примерно 10000 световых лет.

Ответ:

Часть 2

Ответом к заданиям 25–27 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25 Небольшой камень, брошенный с ровной горизонтальной поверхности земли под углом к горизонту, упал обратно на землю в 20 метрах от места броска. Сколько времени прошло от броска до того момента, когда его скорость была направлена горизонтально и равна 10 м/с?

Ответ: _____ с

26 В калориметр с водой бросают кусочки тающего льда. В некоторый момент кусочки льда перестают таять. Первоначальная температура воды 20°C. Насколько увеличилась масса воды? Ответ выразите в процентах от первоначальной массы воды и округлите до целых. Теплоемкостью калориметра и теплообменом с внешней средой пренебречь

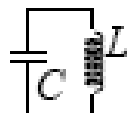
Ответ: _____ %



- 27 В идеальном колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора изменяется по закону (все величины выражены в СИ)

$$U_c = 60 \sin(500 t).$$

Емкость конденсатора в цепи переменного тока равна 50 мкФ. Найдите амплитуду колебаний силы тока

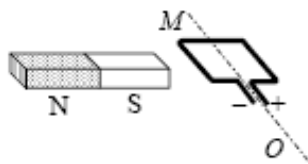


Ответ: _____ А

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 28–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

- 28 Рамку с постоянным током удерживают неподвижно в поле полосового магнита (см. рисунок). Полярность подключения источника тока к выводам рамки показана на рисунке. Как будет двигаться рамка на неподвижной оси МО, если рамку не удерживать? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения. Считать, что рамка испытывает небольшое сопротивление движению воздуха.

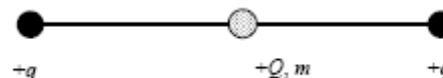


Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

- 29 Брусок массой $m_1 = 500$ г соскальзывает по наклонной плоскости с высоты $h = 0,8$ м и, двигаясь по горизонтальной поверхности, сталкивается с неподвижным бруском массой $m_2 = 300$ г. Считая столкновение абсолютно неупругим, определите общую кинетическую энергию брусков после столкновения. Трением при движении пренебречь. Считать, что наклонная плоскость плавно переходит в горизонтальную.

- 30 В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Первоначальное давление газа $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па. Расстояние от дна сосуда до поршня $L = 30$ см. Площадь поперечного сечения поршня равна S . В результате медленного нагревания газ получил количество теплоты $Q = 1,65$ кДж. При этом поршень некоторое время покоился, а потом медленно сдвинулся на расстояние $x = 10$ см. При движении поршня на него со стороны стенок сосуда действует сила трения $F_{тр} = 3 \cdot 10^3$ Н. Найдите S . Считать, что сосуд находится в вакууме.

- 31 По гладкой горизонтальной направляющей длины $2l$ скользит заряженная бусинка. Заряд ее $Q > 0$, а масса m . На концах направляющей находятся заряды $q > 0$ (см. рисунок). Бусинка совершает малые колебания относительно положения равновесия с частотой ν . Во сколько раз следует увеличить заряд бусинки, чтобы частота ее колебаний увеличилась в 2 раза?



- 32 Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) в сосуде, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется постоянным электрическим полем с напряженностью $E = 1,8 \cdot 10^3$ В/м. За какое время t электрон может разогнаться в электрическом поле до скорости, составляющей 10% от скорости света? Релятивистский эффект не учитывать.



О проекте «Пробный ЕГЭ каждую неделю»

Данный ким составлен командой всероссийского волонтерского проекта «ЕГЭ 100 баллов» <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_39008096

(также доступны другие варианты для скачивания)

Список источников:

- варианты ЕГЭ прошлых лет (2010 год);
- Типовые тестовые задания ЕГЭ 2016: М.Ю.Демидова, В.А.Грибов/ Национальное образование;
- Физика. ЕГЭ-2013. Тематический тренинг. Все задания: учебно-методическое пособие под ред. Л.М. Монастырского, 2013/АСТ, Астрель;
- открытый банк заданий ЕГЭ (фили) <http://www.fipi.ru/content/otkrytyy-bank-zadaniy-ege> ;
- Самое полное издание типовых вариантов реальных заданий ЕГЭ 2010: А.В.Берков, В.А.Грибов / АСТ, Астрель;
- Типовые тестовые задания ЕГЭ 2016: М.Ю.Демидова, В.А.Грибов / Национальное образование

СОСТАВИТЕЛЬ ВАРИАНТА:	
ФИО:	Вахнина Светлана Васильевна НОУ СОШ «Развитие»
Предмет:	Физика
Стаж:	10 лет
Регалии:	Курсы подготовки школьников к ЕГЭ и ОГЭ
Аккаунт ВК:	https://vk.com/id249117870
Сайт и доп. информация:	развитие-школа.рф http://www.xn----7sbbgpkiauk6ap4a1g.xn--p1ai/

Система оценивания экзаменационной работы по физике**Задания 1–27**

За правильный ответ на каждое из заданий 1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22, 23, 25-27 ставится по 1 баллу. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число, два числа или слово. Каждое из заданий 5–7, 11, 12, 16–18 и 21, 24 оценивается в 2 балла, если верно указаны оба элемента ответа; в 1 балл, если допущена одна ошибка; в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, – 0 баллов.

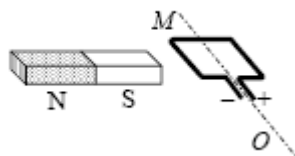
№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	0,125	15	0,5
2	1,5	16	14 41
3	0,4	17	13
4	4	18	13
5	35 53	19	83
6	13	20	75
7	41	21	22
8	15	22	0,480,02
9	24	23	12 21
10	35	24	13 31
11	13 31	25	1
12	13	26	25
13	влево	27	1,5
14	6		



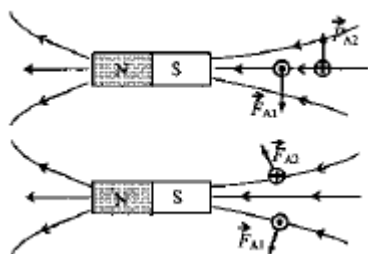
Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

Решения заданий 28–32 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 учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

28 Рамку с постоянным током удерживают неподвижно в поле полосового магнита (см. рисунок). Полярность подключения источника тока к выводам рамки показана на рисунке. Как будет двигаться рамка на неподвижной оси МО, если рамку не удерживать? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения. Считать, что рамка испытывает небольшое сопротивление движению воздуха.



Возможное решение



1. Рамка повернется против часовой стрелки и станет перпендикулярно оси магнита так, что контакт «-» окажется внизу.
2. Рассмотрим сечение рамки плоскостью рисунка в условии задачи. В исходном положении в левом звене рамки ток направлен к нам, а в правом – от нас. На левое звено рамки действует сила Ампера \vec{F}_{A1} , направленная вниз, а на правое звено – сила Ампера \vec{F}_{A2} , направленная вверх. Эти силы разворачивают рамку на неподвижной оси МО против часовой стрелки (см. рисунок).
3. Рамка устанавливается перпендикулярно оси магнита так, что кон-

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>такт «-» оказывается внизу. При этом силы Ампера \vec{F}_{A1} и \vec{F}_{A2} обеспечивают равновесие рамки на оси МО.</p> <p>Приведено полное правильное решение, включающее правильные объяснения (в данном случае п. 1, п. 3) и ответ (п. 2), а также исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>магнитное поле полосового магнита, действие магнитного поля на проводник с током, определение направления силы Ампера</i>).</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>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.)</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>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.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до кон-</p>	1



ца.	
ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, 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	0
Максимальный балл	3

29 Брусок массой $m_1 = 500$ г соскальзывает по наклонной плоскости с высоты $h = 0,8$ м и, двигаясь по горизонтальной поверхности, сталкивается с неподвижным бруском массой $m_2 = 300$ г. Считая столкновение абсолютно неупругим, определите общую кинетическую энергию брусков после столкновения. Трением при движении пренебречь. Считать, что наклонная плоскость плавно переходит в горизонтальную.

Возможное решение	
Кинетическая энергия брусков после столкновения $E = \frac{(m_1+m_2)v^2}{2}$, где v – скорость системы после удара, определяемая из закона сохранения импульса на горизонтальном участке: $m_1v_1 = (m_1 + m_2)v$.	
Исключая из системы уравнений скорость v , получим:	
$E = \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot \frac{m_1 v_1^2}{2}$	
Кинетическая энергия первого бруска перед столкновением определяется из закона сохранения полной энергии при скольжении по наклонной плоскости:	
$\frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 gh$, что дает выражение	
$E = \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot m_1 gh$	
Подставляя значения масс и высоты из условия, получим численное значение $E = 2,5$ Дж.	
Ответ: $E = 2,5$ Дж	

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон сохранения энергии, закон сохранения импульса; кинетическая энергия тела);</p> <p>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);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>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.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>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.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p>	1

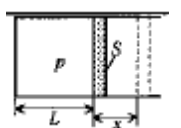


<p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных 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</p>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

30

В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Первоначальное давление газа $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па. Расстояние от дна сосуда до поршня $L = 30$ см. Площадь поперечного сечения поршня равна S . В результате медленного нагревания газ получил количество теплоты $Q = 1,65$ кДж. При этом поршень некоторое время покоился, а потом медленно сдвинулся на расстояние $x = 10$ см. При движении поршня на него со стороны стенок сосуда действует сила трения $F_{тр} = 3 \cdot 10^3$ Н. Найдите S . Считать, что сосуд находится в вакууме.

Возможное решение



Поршень будет медленно двигаться, если сила давления газа на поршень и сила трения со стороны стенок сосуда уравновесят друг друга:

$$p_2 S = F_{тр}, \text{ откуда } p_2 = \frac{F_{тр}}{S} = 12 \cdot 10^5 \text{ Па} > p_1.$$

Поэтому при нагревании газа поршень будет неподвижен, пока давление газа не достигнет значения p_2 . В этом процессе газ получает количество теплоты Q_{12} .

Затем поршень будет двигаться, увеличивая объем газа, при постоянном давлении. В этом процессе газ получает количество теплоты Q_{23} . В процессе нагревания, в соответствии с первым началом термодина-

мики, газ получит количество теплоты:

$$Q = Q_{12} + Q_{23} = \Delta U + A = (U_3 - U_1) + p_2 S x = U_3 - U_1 + F_{тр} x$$

Внутренняя энергия одноатомного идеального газа равна:

$$U_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} p_1 S L - \text{в начальном состоянии,}$$

$$U_3 = \frac{3}{2} \nu R T_3 = \frac{3}{2} p_2 S (L + x) = \frac{3}{2} F_{тр} (L + x) - \text{в конечном состоянии}$$

Подавив в формулу для количества теплоты, получим

$$Q = \frac{3}{2} F_{тр} (L + x) - \frac{3}{2} p_1 S L + F_{тр} x$$

$$2Q = 3 F_{тр} (L + x) - 3 p_1 S L + 2 F_{тр} x$$

$$S = \frac{F_{тр} (5x + 3L) - 2Q}{3 p_1 L}$$

$$S = 0,25 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 = 25 \text{ см}^2$$

Ответ: $S = 25 \text{ см}^2$

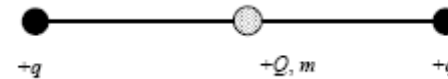
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) Записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>первое начало термодинамики, выражение для внутренней энергии одноатомного газа, выражение для определения работы газа</i>).</p> <p>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;</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p>	2

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 181001

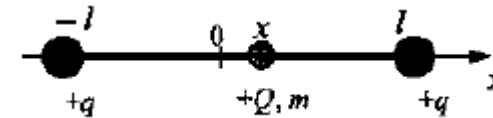


<p>И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	
<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

31 По гладкой горизонтальной направляющей длины $2L$ скользит заряженная бусинка. Заряд ее $Q > 0$, а масса m . На концах направляющей находятся заряды $q > 0$ (см. рисунок). Бусинка совершает малые колебания относительно положения равновесия с частотой ν .
Во сколько раз следует увеличить заряд бусинки, чтобы частота ее колебаний увеличилась в 2 раза?



Возможное решение:



При небольшом смещении x ($|x| \ll l$) бусинки от положения равновесия, на нее будет действовать возвращающая сила:

$$F_x = k \frac{qQ}{(l+x)^2} - k \frac{qQ}{(l-x)^2} = kqQ \frac{(l-x)^2 - (l+x)^2}{(l+x)^2(l-x)^2}$$

$$F_x = kqQ \frac{(-4lx)}{(l^2 - x^2)^2}$$

Так как $|x| \ll l$, получим

$$F_x = - \frac{4kqQlx}{l^4} = - \frac{4kqQ}{l^3} x$$

Т.е. возвращающая сила пропорциональна смещению. Ускорение бусинки, в соответствии со вторым законом Ньютона

$$ma = - \frac{4kqQ}{l^3} x$$

также пропорционально смещению. Тогда, можем найти период колебаний

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{ml^3}{4kqQ}} = \pi \sqrt{\frac{ml^3}{kqQ}}$$

Для частоты получим выражение

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{kqQ}{ml^3}}$$

Т.е. для того, чтобы частота колебаний увеличилась в 2 раза, заряд бусинки надо увеличить в 4 раза.

Ответ: $Q_1 = 4Q$



Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон Кулона, второй закон Ньютона, взаимосвязь циклической частоты и периода колебаний, связь ускорения со смещением в гармонических колебаниях).</p> <p>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);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>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.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для ре-</p>	1

<p>шения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>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.</p> <p>ИЛИ</p> <p>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</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

32

Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) в сосуде, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется постоянным электрическим полем с напряженностью $E = 1,8 \cdot 10^3 \text{ В/м}$. За какое время t электрон может разогнаться в электрическом поле до скорости, составляющей 10% от скорости света? Релятивистский эффект не учитывать.

Возможное решение
<p>Начальная скорость вылетевшего электрона $v_0 = 0$.</p> <p>Выражение для силы, действующей на электрон в электростатическом поле: $F = eE$;</p> <p>Второй закон Ньютона: $F = ma$</p> <p>Формула расчета скорости равноускоренного движения:</p> $v = v_0 + at = at$ <p>Следовательно,</p> $a = \frac{v}{t} = \frac{c}{10t}$ $eE = \frac{mc}{10t}$ $t = \frac{mc}{10eE} = 0,1 \cdot 10^{-6} c = 0,1 \text{ мкс}$



Ответ: $t = 0,1 \text{ мкс}$	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, формула для силы в электростатическом поле, выражение для определения скорости при равноускоренном движении</i>);</p> <p>II) сделан правильный рисунок с указанием хода лучей, их преломление и отражения;</p> <p>III) 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);</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>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.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>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.</p> <p>ИЛИ</p> <p>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.</p> <p>ИЛИ</p> <p>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.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Представлен только правильный рисунок с указанием хода лучей в линзе</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	
	3

