

**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 31 задание.

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 24–26 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. 37,5 Бланк

Ответом к заданиям 5–7, 11, 12, 16–18, 21 и 23 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

741 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 приведённому ниже образцу, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: (14 ± 0,2) Н 221,40,2 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 гелевой, или капиллярной, или перьевой ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. Записи в черновике не учитываются при оценивании работы.

Баллы, полученные Вами за выполненные задания, суммируются.

Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

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 – $0 \text{ }^\circ\text{C}$

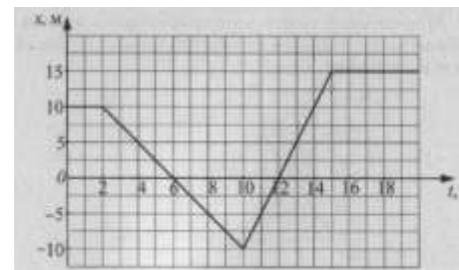
Молярная масса

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

1 На рисунке приведен график зависимости координаты движущегося тела от времени. Какой путь прошло тело за 20 с?



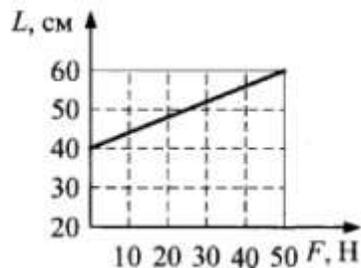
Ответ: _____ м

2 Сила тяжести, действующая на Земле на кубик объемом $0,1 \text{ м}^3$, равна 900 Н . Определите плотность материала кубика.

Ответ: _____ кг/м^3

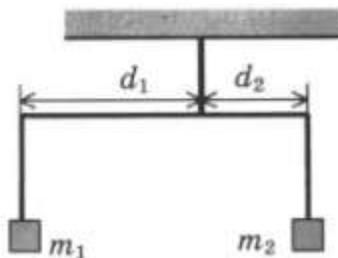


- 3 По графику зависимости длины пружины от величины растягивающей её силы определите потенциальную энергию растянутой пружины при $L = 60$ см.



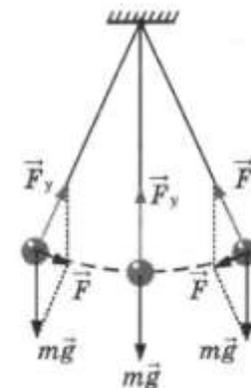
Ответ: _____ Дж

- 4 Коромысло весов, к которому подвешены на нитях два тела, находится в равновесии. При этом плечи коромысла равны $d_1 = 10$ см, $d_2 = 5$ см. Массу первого тела уменьшили в 2 раза. Какой длины нужно сделать плечо d_2 (в см), чтобы равновесие сохранилось? (Коромысло и нити считать невесомыми, масса второго тела не меняется).



Ответ: _____ см

- 5 На рисунке показана модель свободных колебаний математического маятника. Полная механическая энергия груза при прохождении положения равновесия равна 20 Дж.



Выберете из приведенных ниже утверждений **два** правильных и укажите их номера.

- 1) Потенциальная энергия изменяется от 0 до 20 Дж
- 2) Потенциальная энергия не изменяется и равна 20 Дж
- 3) Потенциальная энергия изменяется от 0 до 10 Дж
- 4) Потенциальная энергия не изменяется и равна 10 Дж
- 5) В математическом маятнике по закону сохранения энергии в процессе колебаний кинетическая энергия переходит в потенциальную, а потенциальная – в кинетическую.

Ответ:



6

Брусок, лежащий на горизонтальном диске, вращается вместе с ним с некоторой угловой скоростью. Период вращения диска увеличили. При этом положение бруска на диске осталось прежним. Как при этом изменилась угловая скорость диска и центростремительное ускорение бруска?

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

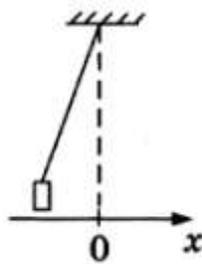
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменится

Угловая скорость диска	Центростремительное ускорение бруска

7

В начальный момент времени груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и отпустили из состояния покоя. Графики, характеризующие дальнейшее изменение параметров его движения, представлены в левом столбце.

Установите соответствие между графиками и физическими величинами (правый столбец), зависимость которых от времени они могут представлять.



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

ГРАФИКИ	ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ
<p>А) </p> <p>Б) </p>	<ul style="list-style-type: none"> 1) координата x 2) проекция скорости v_x 3) кинетическая энергия E_k 4) потенциальная энергия E_n

Ответ:

А	Б

8

При охлаждении разреженного гелия его средняя кинетическая энергия уменьшилась вдвое. Во сколько раз изменилась при этом его абсолютная температура?

Ответ: изменилась в _____ раз(-а).

9

Внешние силы совершили над идеальным газом положительную работу $A = 2000$ Дж в изобарном сжатии. Найдите количество теплоты, отданное этим газом окружающей среде. Газ одноатомный.

Ответ: _____ Дж.

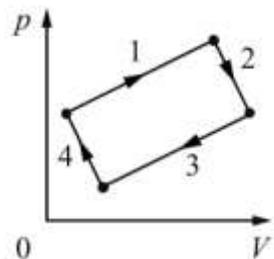
10

Железный и алюминиевый бруски разных масс получили одинаковое количество теплоты. Найдите отношение их масс $\frac{m_{Fe}}{m_{Al}}$, если оба бруска нагрелись на одну и ту же температуру. Ответ округлите до целых.

Ответ: _____.



- 11** С 2 молями идеального газа происходят изменения по циклическому процессу, изображенному на диаграмме. Определите, при прохождении какого процесса газ совершает минимальную положительную работу, а в каком – внешние силы совершают минимальную положительную работу. Установите соответствие между этими процессами и номерами процессов на диаграмме. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕСС	НОМЕР ПРОЦЕССА
А.) работа внешних сил положительна и минимальна	1) 1
Б.) работа газа положительна и минимальна	2) 2
	3) 3
	4) 4

Ответ:

А	Б

- 12** Идеальная тепловая машина получает от нагревателя, имеющего температуру T_1 , теплоту Q_1 и отдает холодильнику, имеющему температуру T_2 , теплоту Q_2 . A – работа машины. 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	ФОРМУЛЫ
А.) КПД идеальной тепловой машины	1) $\frac{Q_1}{Q_2}$
Б.) работа, совершенная машиной за один цикл	2) $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$
	3) $Q_1 - Q_2$
	4) $\frac{T_1 - T_2}{T_2}$

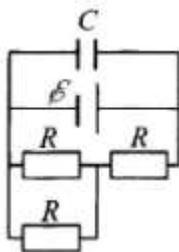
- 13** На рисунке изображены два одинаковых по модулю электрических заряда. Как направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) напряженность электрического поля, создаваемого этими зарядами в точке O ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: _____.

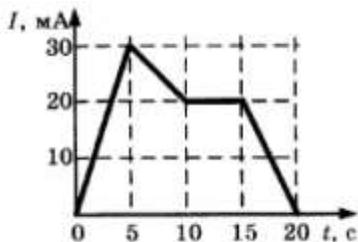


14 Определите ЭДС источника, если конденсатор емкостью $C = 200 \text{ мкФ}$ имеет заряд $q = 15 \text{ мКл}$, сопротивление каждого из резисторов $R = 1 \text{ Ом}$, а внутреннее сопротивление источника $r = 0,5 \text{ Ом}$ (см. рисунок).



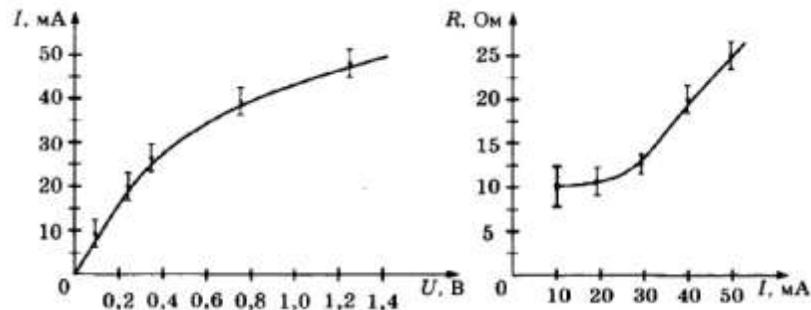
Ответ: _____ В.

15 В цепи индуктивностью 1 Гн протекает переменный ток. График изменения силы тока I изображен на рисунке. Какое значение принимает ЭДС самоиндукции в период времени с 5 по 10 секунду?



Ответ: _____ мВ.

16 На графиках представлены результаты экспериментального исследования зависимости силы тока от напряжения на концах нити электрической лампы и сопротивления нити лампы от силы тока.



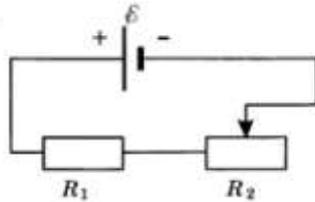
Анализируя данные, ответьте на вопрос: что произошло с лампой в данном эксперименте? Выберите из приведенных ниже утверждений два, соответствующих результатам экспериментального исследования.

- 1) Нить лампы нагревалась протекающим током, повышение температуры металла нити привело к уменьшению его удельного электрического сопротивления и возрастанию сопротивления R нити лампы – график $R(I)$.
- 2) Нить лампы нагревалась протекающим током, повышение температуры металла нити привело к увеличению его удельного электрического сопротивления и возрастанию сопротивления R нити лампы – график $R(I)$.
- 3) Нелинейность зависимостей $I(U)$ и $R(I)$ объясняется слишком большой погрешностью измерений.
- 4) Нить лампы нагревалась протекающим током, повышение температуры металла нити привело к уменьшению его удельного электрического сопротивления и уменьшению силы тока через нить лампы – зависимость $I(U)$.
- 5) С возрастанием сопротивления нити лампы уменьшился ток через нить лампы – зависимость $I(U)$.

Ответ:



- 17 Цепь постоянного тока содержит источник тока с ЭДС \mathcal{E} , резистор R_1 и реостат R_2 , как показано на рисунке. Как изменятся сила тока в цепи и суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешнем участке цепи, если уменьшить сопротивление реостата R_2 до минимума? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.



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.

Сила тока в цепи	Суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешнем участке цепи

- 18 Установите соответствие между сопротивлением участка цепи постоянного тока и схематическим изображением этого участка цепи. Сопротивления всех резисторов на рисунках одинаковы и равны R .

СОПРОТИВЛЕНИЕ УЧАСТКА ЦЕПИ	УЧАСТОК ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА
А.) $\frac{R}{3}$	1)
Б.) $\frac{3R}{2}$	2)
	3)
	4)

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б

- 19 Чему равно число протонов и нейтронов в изотопе кислорода $^{17}_8O$?

Число протонов	Число нейтронов

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

- 20 Красный свет с длиной волны $\lambda = 660$ нм переходит из воды (показатель преломления $n = 1,33$) в воздух. Чему равно отношение между энергией фотона в воде и в воздухе?

Ответ: _____.



21 Как изменятся при α -распаде массовое число ядра и количество нейтронов в нем?

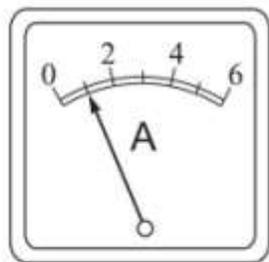
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

МАССОВОЕ ЧИСЛО ЯДРА	КОЛИЧЕСТВО НЕЙТРОНОВ

22 В ходе лабораторной работы измеряли силу тока в цепи постоянного тока. Показания амперметра приведены на рисунке. Погрешность измерения равна половине цены деления амперметра. Чему равна сила тока в цепи по результатам эксперимента?



Ответ: (____ ± ____) А.

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

23 П-образная рамка, состоящая из жестких проводящих стержней, подвешена на горизонтальной оси в магнитном поле, индукция которого направлена вертикально вверх. В течение очень короткого времени через рамку пропускают импульс тока. Выберите правильные утверждения.

- 1) После отключения тока рамка будет двигаться под действием силы Ампера
- 2) После отключения тока рамка будет двигаться в следствие правила Ленца
- 3) После отключения тока рамка будет двигаться в соответствии с законом сохранения механической энергии
- 4) Рамка будет двигаться только в момент пропускания тока
- 5) При пропускании тока изменяется импульс рамки

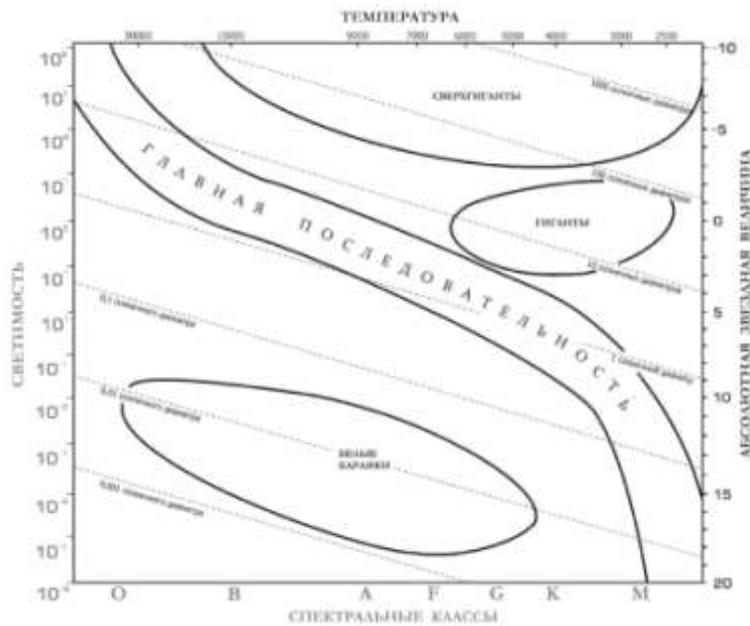
Ответ:

--	--



24

На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга – Рассела.



Выберите **два** утверждения о звездах, используя данные диаграммы

- 1) Температура звёзд спектрального класса К в 2 раза выше температуры звёзд спектрального класса А.
- 2) Если радиус звезды в 1000 раз превышает радиус Солнца, то она относится к сверхгигантам.
- 3) Плотность белых карликов существенно меньше средней плотности гигантов.
- 4) Если звезда имеет температуру поверхности 3300 К, то она относится к звёздам спектрального класса А.
- 5) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса G главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса О главной последовательности. 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

Два груза одинаковой массы M , связанные нерастяжимой и невесомой нитью, движутся прямолинейно по гладкой поверхности под действием горизонтальной силы F , приложенной к одному из грузов. Минимальная сила F , при которой нить обрывается, равна 12 Н. При какой силе натяжения обрывается нить?



Ответ: _____ Н.

26

Сосуд разделен неподвижной теплоизолирующей перегородкой. В одной части сосуда находится кислород, в другой – азот. И концентрация, и давление кислорода в 2 раза больше концентрации и давления азота. Определите, во сколько средняя кинетическая энергия молекул кислорода больше средней кинетической энергии молекул азота?

Ответ: _____.

27

Чему равна работа выхода из материала катода, если при излучении фотона частотой $5 \cdot 10^{14}$ Гц электрон, вылетевший из катода, имеет энергию $1,3 \cdot 10^{-19}$ Дж? Ответ выразите в эВ и округлите до целого.

Ответ: _____ эВ.

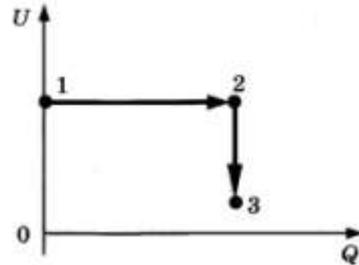
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.



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

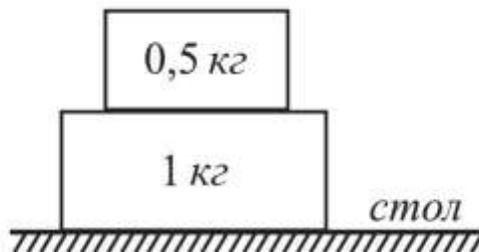
Идеальный газ находится в цилиндре, закрытом подвижным поршнем. На рисунке дана диаграмма, иллюстрирующая изменение внутренней энергии U газа и передаваемое ему количество теплоты Q . Опишите изменение объема газа при его переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3. Свой ответ обоснуйте, указав, какие физические законы вы использовали для объяснения.



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

Деревянный брусок массой 0,5 кг лежит на деревянном бруске массой 1 кг. Коэффициент трения между брусками равен 0,35, а коэффициент трения между нижним бруском и столом равен 0,2. Какую максимальную силу можно приложить к большему бруску, чтоб меньший брусок оставался в покое относительно него?



30

В горизонтально расположенной трубке постоянного сечения, запаянной с одного конца, помещен столбик ртути длиной $d = 15$ см, который отделяет воздух в трубке от атмосферы. Трубку расположили вертикально запаянным концом вниз и нагрели на $\Delta T = 60$ К. При этом объем, занимаемый воздухом, не изменился. Атмосферное давление $p_0 = 750$ мм рт. ст. Определите температуру воздуха T_0 в лаборатории.

31

Два параллельно соединенных воздушных конденсатора емкостью $C_0 = 1$ мкФ каждый заряжены до напряжения $U = 200$ В и отсоединены от источника ЭДС. После этого пространство между обкладками одного из конденсаторов полностью заполнили диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 7$. Определите заряды q_1 и q_2 каждого из конденсаторов, а также напряжение U на конденсаторах.

32

Озеро с пресной водой имеет глубину 3 м. Если на дне озера расположить лампу и направить свет от нее вверх, то на поверхности воды образуется световое пятно. Какой будет его радиус, если показатель преломления воды относительно воздуха равен 1,33?

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_35994898

(также доступны другие варианты для скачивания)



Список источников:

- открытый банк заданий ЕГЭ (фипи) <http://www.fipi.ru/content/otkrytyy-bank-zadaniy-ege>
- варианты ЕГЭ прошлых лет
- ЕГЭ. Физика. Сборник заданий для подготовки к ЕГЭ. Г.А. Никулова, А.Н. Москалев
- вариант досрочного ЕГЭ по физике 2017 (фипи)
- вариант досрочного ЕГЭ по физике 2016 (фипи)
- ЕГЭ 2018. Физика. 14 вариантов. Типовые тестовые задания от разработчиков ЕГЭ. О.Ф. Кабардин, С.И. Кабардина
- методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2017 года (фипи)
- ЕГЭ 2018. Физика. 14 вариантов. Типовые тестовые задания от разработчиков ЕГЭ. Е.В. Лукашева, Н.И. Чистякова
- образовательный интернет-ресурс <https://neznaika.pro/ege/physics/>

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, 26 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.

СОСТАВИТЕЛЬ ВАРИАНТА:	
ФИО:	Коробейников Дмитрий Александрович Образовательный центр «Lancman School»
Предмет:	Физика
Стаж:	10 лет
Регалии:	Курсы по подготовке к ЕГЭ и ОГЭ
Аккаунт ВК:	https://vk.com/lancmanschool
Сайт и доп. информация:	http://lancmanschool.ru/kursi-ege/

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	45	15	2
2	900	16	25 52
3	5	17	11
4	2,5	18	12
5	15 51	19	89
6	22	20	1
7	41	21	22
8	0,5	22	10,5
9	5000	23	35
10	2	24	25 52
11	42	25	6
12	23	26	1
13	вверх	27	1
14	100		

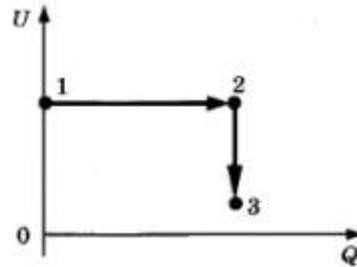


Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

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

Идеальный газ находится в цилиндре, закрытом подвижным поршнем. На рисунке дана диаграмма, иллюстрирующая изменение внутренней энергии U газа и передаваемое ему количество теплоты Q . Опишите изменение объема газа при его переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3. Свой ответ обоснуйте, указав, какие физические законы вы использовали для объяснения.



Возможное решение

1. В процессе 1-2 газ получает некоторое количество теплоты, но его внутренняя энергия не меняется. Следовательно, согласно первому началу термодинамики ($Q = \Delta U + A$) он совершает положительную работу, т.е. в данном процессе его объем увеличивается.
 2. В процессе 2-3 теплообмена с внешней средой нет, т.е. процесс адиабатный, причем его внутренняя энергия уменьшается: $Q = \Delta U + A = 0, \rightarrow A = -\Delta U$. Следовательно, и этот процесс связан с расширением газа, поскольку тот совершает положительную работу.
 Ответ: переход газа из состояния 1 в состояние 3 все время сопровождался увеличением его объема.

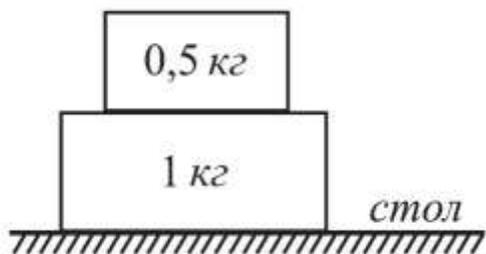
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: объем увеличивается все время) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: первое начало термодинамики, в т.ч. в ситуации адиабатного процесса)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в реше-	2

<p>нии 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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</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 решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	
<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 style="text-align: center;">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 конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1



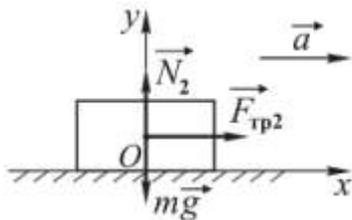
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

29 Деревянный брусок массой 0,5 кг лежит на деревянном бруске массой 1 кг. Коэффициент трения между брусками равен 0,35, а коэффициент трения между нижним бруском и столом равен 0,2. Какую максимальную силу можно приложить к большему бруску, чтоб меньший брусок оставался в покое относительно него?



Возможное решение

1. Для того, чтобы брусок оставался в покое относительно большего, необходимо, чтобы бруски двигались с одним ускорением. Рисунок для меньшего бруска:

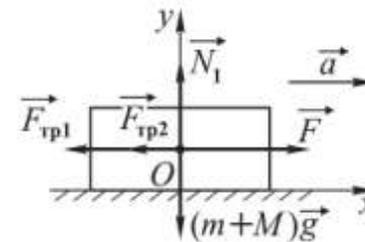


Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси Oх, Oу:

$$\begin{cases} O_x: F_{тр2} = ma \\ O_y: N_2 - mg = 0 \end{cases}$$

Учитывая, что $F_{тр2} = \mu_2 N$, получим: $\mu_2 N = ma$, $\mu_2 mg = ma$, $a = \mu_2 g$ (1)

Рисунок и второй закон Ньютона для большего бруска:



$$\begin{cases} O_x: F - F_{тр1} - F_{тр2} = Ma \\ O_y: N_1 - (m + M)g = 0. \end{cases}$$

Учитывая (1) и то, что $F_{тр1} = \mu_1 N_1$, получим:

$$\begin{aligned} F - \mu_1 N_1 - \mu_2 N_2 &= Ma, \\ F - \mu_1 (m + M)g - \mu_2 mg &= \mu_2 gM, \\ F &= \mu_1 g(m + M) + \mu_2 g(m + M), \\ F &= g(m + M)(\mu_1 + \mu_2). \end{aligned}$$

Подставив числовые данные, получим: $F = 10 \cdot 1,5 \cdot 0,55 = 8,25$ (Н).

Ответ: 8,25 Н.

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: равенство ускорений брусков; второй закон Ньютона, связь силы трения и силы реакции опоры);</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</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>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

30

В горизонтально расположенной трубке постоянного сечения, запаянной с одного конца, помещен столбик ртути длиной $d = 15$ см, который отделяет воздух в трубке от атмосферы. Трубку расположили вертикально запаянным концом вниз и нагрели на $\Delta T = 60$ К. При этом объем, занимаемый воздухом, не изменился. Атмосферное давление $p_0 = 750$ мм рт. ст. Определите температуру воздуха T_0 в лаборатории.

Возможное решение	
<p>Условие равновесия столбика ртути определяет давление воздуха в вертикальной трубке: $p = p_0 + \rho g d$, где $p_0 = \rho g H$ – атмосферное давление. Здесь $H = 750$ мм, ρ – плотность ртути.</p> <p>Поскольку нагрев воздуха в трубке происходит до температуры $T = T_0 + \Delta T$ и объем, занимаемый воздухом, не изменился (изохорный процесс), то, согласно уравнению Менделеева-Клапейрона:</p> $\frac{T}{T_0} = \frac{p}{p_0} = 1 + \frac{d}{H}$ <p>Окончательно получаем: $T_0 = \Delta T \frac{H}{d} = 300$ К.</p> <p>Ответ: 300 К.</p>	
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: условие равновесия; формула атмосферного давления; уравнение Менделеева-Клапейрона для изохорного процесса);</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, фи-</p>	2

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 180212



<p>зические 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</p>	
<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>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

31

Два параллельно соединенных воздушных конденсатора емкостью $C_0=1$ мкФ каждый заряжены до напряжения $U = 200$ В и отсоединены от источника ЭДС. После этого пространство между обкладками одного из конденсаторов полностью заполнили диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 7$. Определите заряды q_1 и q_2 каждого из конденсаторов, а также напряжение U на конденсаторах.

<p>Возможное решение</p> <p>Поскольку конденсаторы соединены параллельно, их емкость суммируется $C = 2C_0$.</p> <p>Формула плоского конденсатора: $C_1 = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$.</p> <p>$C_1 = \epsilon C_0 = 7C_0$; $C_2 = (\epsilon + 1)C_0 = 8C_0$.</p> <p>Энергия конденсатора вычисляется по формуле: $W = \frac{U^2 C}{2}$</p> <p>Поскольку меняется только емкость конденсатора, количество энергии не меняется, тогда справедливо следующее равенство:</p> <p>$\frac{U^2 C}{2} = \frac{U_2^2 C_2}{2}$; $\frac{U^2 2C_0}{2} = \frac{8U_2^2 C_0}{2}$; $U_2 = \frac{U}{2} = 100$ В</p> <p>$q_1 = U_2 C_0 = 100 \cdot 10^{-6} = 100$ мкКл;</p> <p>$q_2 = 7U_2 C_0 = 700$ мкКл.</p> <p>Ответ: $U_2 = 100$ В, $q_1 = 100$ мкКл, $q_2 = 700$ мкКл.</p>	
<p>Критерии оценивания выполнения задания</p>	<p>Баллы</p>
<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 общая емкость конденсаторов, соединенных параллельно, формула для энергии конденсатора);</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>	3

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 180212



IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
<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 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>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказан-	0

ным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	
Максимальный балл	3

32 Озеро с пресной водой имеет глубину 3 м. Если на дне озера расположить лампу и направить свет от нее вверх, то на поверхности воды образуется световое пятно. Какой будет его радиус, если показатель преломления воды относительно воздуха равен 1,33?

Возможное решение

Изобразим ход лучей. Лучи исходят из точки А. Луч АВ, падающий на границу раздела под прямым углом не изменяет своего направления переходя в воздух. Другие лучи преломляются или отражаются от границы раздела. Полное внутреннее отражение происходит начиная с такого значения угла падения α , при котором угол преломления $\beta = 90^\circ$, $\sin\beta = 1$.

Тогда предельное значение угла α , при котором свет выходит из воды, определяется условием: $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{1}{n}$, $\sin\alpha = \frac{1}{n}$.

Радиус круга света на поверхности $BC = AB \cdot \operatorname{tg}\alpha = \frac{AB}{\sqrt{n^2-1}}$, $BC \approx 3,4$ м.

Ответ: 3,4 м.

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 преломления, закон полного внутреннего отражения);</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</p>	3



<p>констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<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. 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 V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<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. 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>	1

<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. ИЛИ Представлен только правильный рисунок с указанием хода лучей в линзе</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p style="text-align: right;"><i>Максимальный балл</i></p>	3

