

**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: (1,4 ± 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 $- 10^5 \text{ Па}$, температура $- 0 \text{ }^\circ\text{C}$

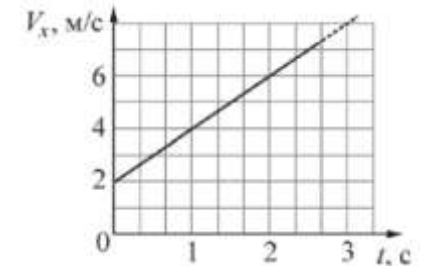
Молярная масса

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 Начальная координата тела, движущегося по оси OX , $x_0 = -5 \text{ м}$. Определите по графику зависимости проекции скорости v_x от времени координату тела в момент $t = 4$.



Ответ: _____ м

2 Тело массой 5 кг под действием некоторой силы приобретает ускорение 1 м/с^2 . Какое ускорение сообщит эта сила телу массой 10 кг ?

Ответ: _____ м/с^2

3 Шар массой $0,5 \text{ кг}$ движется со скоростью 2 м/с , навстречу ему со скоростью 1 м/с движется шар массой 1 кг . Чему равен импульс системы после неупругого удара?



Ответ: _____ $\text{кг}\cdot\text{м/с}$

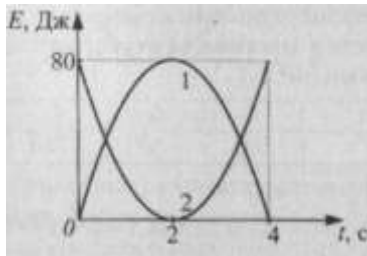
4 На какую максимальную высоту может поднять насос воду, если создаваемый им перепад давления равен 50 кПа ?

Ответ: _____ м



5 На рисунке показана зависимость кинетической и потенциальной энергии от времени для тела, брошенного вертикально вверх.

Выберите **два** верных утверждения на основании анализа представленных на рисунке графиков.



- 1) Кинетической энергии соответствует график 2
- 2) Полная энергия во время движения не сохраняется
- 3) Скорость тела в момент времени 4 с равна нулю
- 4) Максимальная потенциальная энергия равна 160 Дж
- 5) Максимальная потенциальная энергия равна 80 Дж

Ответ:

--	--

6 Мяч свободно падает с некоторой высоты. Как изменяются кинетическая энергия мяча и полная механическая энергия мяча в процессе движения? Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

Кинетическая энергия	Полная механическая энергия

7 Шайба массой m съезжает с горки без трения из состояния покоя. Ускорение свободного падения равно g . У подножия горки кинетическая энергия шайбы равна E_k . Чему равны высота горки и модуль импульса шайбы у подножия горки? 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) высота горки	1) $E_k \cdot \sqrt{\frac{2m}{g}}$
Б) модуль импульса шайбы у подножия горки	2) $\sqrt{2mE_k}$
	3) $\sqrt{\frac{2E_k}{gm}}$
	4) $\frac{E_k}{gm}$

Ответ:

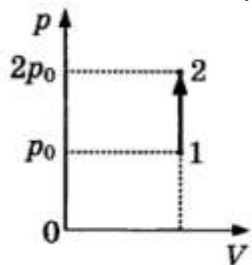
А	Б

8 Масса воздуха в цилиндре при охлаждении изменилась, так как крышка, закрывавшая цилиндр, была закрыта негерметично. Найдите отношение масс воздуха в цилиндре в конечном и начальном состояниях $\frac{m_2}{m_1}$, если при уменьшении температуры воздуха в 3 раза давление уменьшилось в 1,5 раза.

Ответ: _____ .



9 На p - V диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Масса газа постоянна. Внутренняя энергия газа увеличилась на 35 кДж. Чему равно количество теплоты, полученное газом?

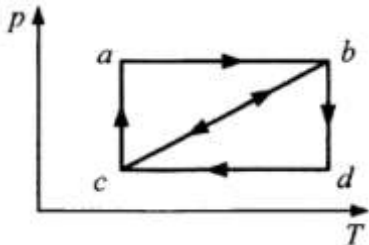


Ответ: _____ кДж

10 Относительная влажность воздуха при температуре 12 °С равна 40%. Чему равно парциальное давление водяного пара, если давление насыщенных водяных паров при этой температуре равно 1400 Па?

Ответ: _____ Па

11 На рисунке изображены два замкнутых процесса abc и cbd .



Выберите из предложенных утверждений **два**, которые верно интерпретируют данные диаграммы:

- 1) Работа, которую совершает газ, больше в процессе abc
- 2) В процессе cbd изменение внутренней энергии меньше
- 3) В обоих процессах работа газа одинакова
- 4) В обоих процессах изменение внутренней энергии одинаково

Ответ:

--	--

12 Изначально в закрытом сосуде содержалась смесь двух идеальных газов, взятых в количестве вещества 1 моль каждый. После того, как половину смеси газов выпустили, в сосуд добавили 2 моля второго газа. Определите изменение парциального давления первого газа и общего давления газа в сосуде. Температура газов в сосуде не менялась на протяжении всего процесса.

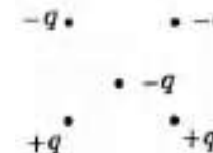
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения. Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ИЗМЕНЕНИЕ
А) парциальное давление первого газа	1) увеличилось
Б) давление газа в сосуде	2) уменьшилось
	3) не изменилось

Ответ:

А	Б

13 Как направлена сила Кулона, действующая на отрицательный точечный заряд $-q$, помещенный в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды: $+q, +q, -q, -q$? Ответ запишите словом (словами): **вправо, влево, от наблюдателя, к наблюдателю, вниз, вверх.**

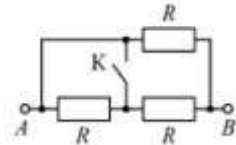


Ответ: _____



14

На сколько уменьшится сопротивление участка цепи АВ, изображённого на рисунке, после замыкания ключа К, если сопротивление каждого резистора $R=6\text{ Ом}$?



Ответ: _____ Ом

15

Индукция магнитного поля, пронизывающего прямоугольную проводящую рамку, за время T равномерно изменяется от 0 до значения B_{max} . Вектор B перпендикулярен плоскости рамки. ЭДС индукции, возникающей в контуре, составляет 6 мВ. Чему она будет равна, если уменьшить T в 3, а B_{max} – в 2 раза? Ответ дайте в мВ.

Ответ: _____ мВ

16

В таблице приведены изменения с течением времени заряда на конденсаторе, включенного в цепь колебательного контура. Проходящие колебания – свободные, колебательный контур – идеальный.

$t, 10^{-6}\text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-9}\text{ Кл}$	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2	1,42

Выберете **два** верных утверждения о процессе, происходящем в контуре.

- 1) Период колебаний $T = 8 \cdot 10^{-6}\text{ с}$
- 2) В момент $t = 4 \cdot 10^{-6}\text{ с}$ энергия конденсатора минимальна
- 3) В момент $t = 2 \cdot 10^{-6}\text{ с}$ сила тока в контуре максимальна
- 4) В момент $t = 6 \cdot 10^{-6}\text{ с}$ сила тока в контуре равна 0
- 5) Частота колебаний равна 25 кГц

Ответ:

--	--

17

В эксперименте с тонкими собирающими линзами исследуется изменение размера и положения изображения в зависимости от фокуса F линзы. Первая линза с $F_1 = 20\text{ см}$ давала изображение предмета перпендикулярно главной оптической оси на расстоянии 30 см от себя. Не меняя положения предмета, линзу заменили на другую, с $F_2 = 10\text{ см}$. Определите, как поменяется расстояние от линзы до изображения и размер изображения, если предмет остался на таком же расстоянии от линзы.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения. Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ЕЁ ИЗМЕНЕНИЕ

А) расстояние от линзы до изображения

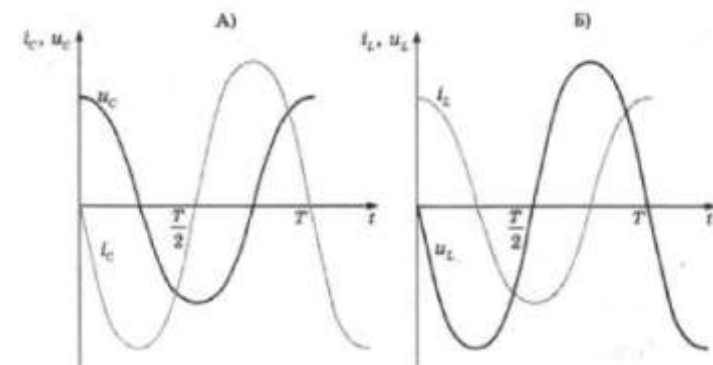
- 1) увеличится
- 2) уменьшится

Б) размер изображения

- 3) не изменится

18

На графиках А и Б показаны изменения силы тока и напряжения в катушке и конденсаторе в зависимости от времени в цепи переменного тока. Установите соответствие между графиками А и Б и соотношениями фаз колебаний напряжения и силы тока.



- 1) Колебания напряжения на конденсаторе отстают по фазе от колебаний силы тока на $\pi/2$



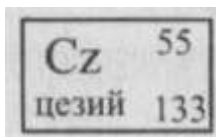
- 2) Колебания напряжения на конденсаторе опережают о фазе колебания силы тока в цепи на $\pi/2$
- 3) Колебания напряжения на катушке опережают по фазе колебания силы тока на $\pi/2$
- 4) Колебания напряжения на катушке отстают по фазе от колебаний силы тока на $\pi/2$

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б

- 19 По данным таблицы химических элементов Д. И. Менделеева (см. рисунок) определите, насколько число нейтронов в ядре Cs превышает число протонов.



Ответ: _____

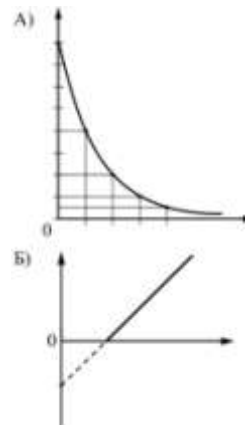
В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

- 20 Сколько фотонов излучения с длиной волны $\lambda = 520$ нм в вакууме будут иметь энергию $W = 10^{-3}$ Дж?

Ответ: _____ $\cdot 10^{15}$

- 21 Установите соответствие между графиками, представленными на рисунках, и законами (зависимостями), которые они могут выражать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИК

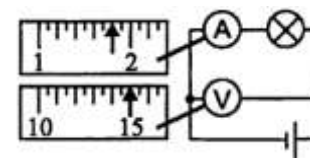


ЗАКОН

- 1) закон Эйнштейна пропорциональности массы и энергии
- 2) закон радиоактивного распада
- 3) зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты света
- 4) зависимость энергии фотона от частоты света

А	Б

- 22 На рисунке изображена электрическая цепь. Амперметр показывает силу тока в цепи в амперах, а вольтметр – напряжение в вольтах. Чему равно напряжение в цепи, если погрешность прямого измерения напряжения равна цене деления вольтметра?

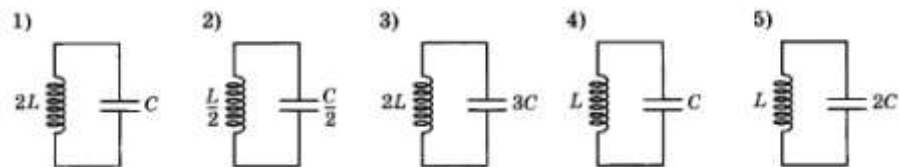


Ответ: (____ ± ____) В



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

23 Необходимо обнаружить зависимость частоты свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре от индуктивности катушки. Какие **два** колебательных контура надо выбрать для проведения такого опыта?

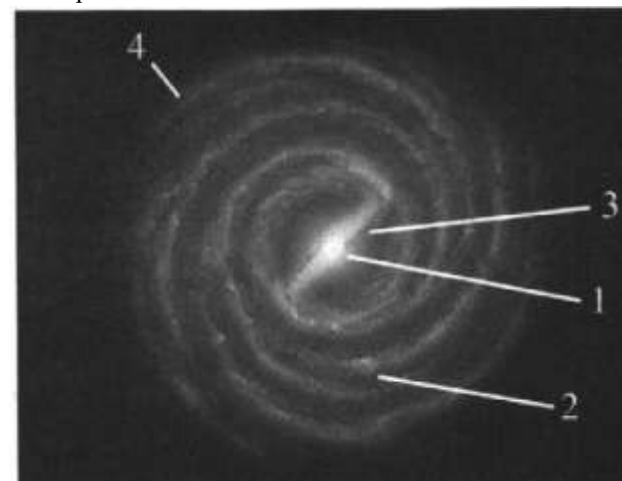


В ответ запишите номера колебательных контуров.

Ответ:

--	--

24 На рисунке схематически изображено строение галактики Млечный Путь (вид сверху). Из приведенных ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.



- 1) Цифрой 3 на рисунке отмечена перемычка
- 2) Цифрой 1 на рисунке отмечено Солнце
- 3) Цифрой 4 на рисунке отмечены спиральные рукава
- 4) Цифрой 2 на рисунке отмечена галактика Малое Магелланово Облако
- 5) Цифрой 3 на рисунке отмечены спиральные рукава

Ответ:

--	--

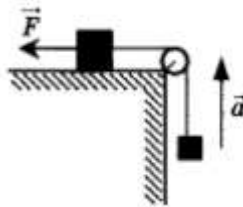


Часть 2

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

25

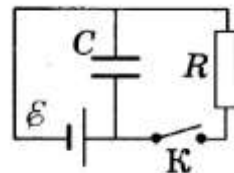
Два груза связаны легкой нерастяжимой нитью. Нить переброшена через идеальный неподвижный блок. Один груз лежит на гладком столе, на него действует горизонтальная сила $F = 9$ Н, как показано на рисунке. Другой груз, чья масса равна 0,25 кг, свисает с края стола. Система движется с ускорением 2 м/с². Чему равна масса первого груза?



Ответ: _____ кг

26

К батарее с ЭДС $\mathcal{E} = 10$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом присоединен конденсатор с ёмкостью $C = 2$ мкФ. В начальный момент времени ключ К был замкнут (см. рисунок). Определите, какой станет энергия конденсатора через длительное время после размыкания ключа К, если сопротивление резистора $R = 10$ Ом.



Ответ: _____ мДж

27

На металлическую пластину падает пучок света. Фотоны выбивают с поверхности пластины электроны, их максимальная кинетическая энергия в 1,5 раза меньше энергии фотонов. Известно, что работа выхода поверхности составляет 5 эВ. Найдите максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов.

Ответ: _____ эВ

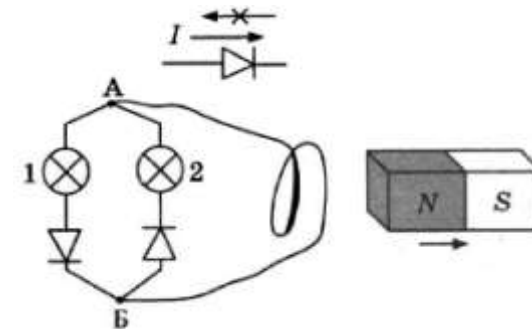
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

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

Два участка цепи с лампами и диодами соединены параллельно так, как показано на рисунке. Часть соединительного провода образует петлю. От этой петли уносят магнит, обращенный к ней северным полюсом. Какая (какие) из ламп при этом загорится? (Диод пропускает ток только в одном направлении, см. верхнюю часть рисунка.)

Ответ объясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения?

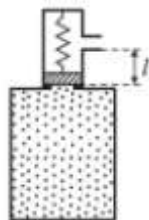


Полное правильное решение каждой из задач 28–31 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.



29

К горизонтальной пружине прикреплено тело массой $M = 10$ кг, лежащее на абсолютно гладком столе. В это тело попадает и застревает в нем пуля массой $m = 10$ г, летящая со скоростью $v = 500$ м/с, направленной вдоль оси пружины. Амплитуда возникших при этом колебаний $A = 0,1$ м. Найдите период колебаний.



30

В цилиндре объемом V , заполненном газом, имеется предохранительный клапан в виде маленького цилиндрика с поршнем. Поршень упирается в дно цилиндра через пружину жесткостью k (см. рисунок). При температуре T_1 поршень находится на расстоянии l от отверстия, через которое газ выпускается в атмосферу. До какой температуры T_2 должен нагреться газ в цилиндре для того, чтобы клапан выпустил часть газа в атмосферу? Площадь поперечного сечения поршня S , масса газа m , молярная масса M . Объемом цилиндрика пренебречь (он пренебрежимо мал по сравнению с объемом цилиндра).

31

Электроэнергия передается от генератора к потребителю по проводам, общее сопротивление которых $R_1 = 400$ Ом. Коэффициент полезного действия линии передачи $0,95$. Определите сопротивление нагрузки R_2 . Внутреннее сопротивление генератора $r = 100$ Ом.

32

Монохроматический свет выбивает фотоэлектроны с катода с работой выхода $4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж. После этого электроны захватываются магнитным полем с индукцией $B = 4 \cdot 10^{-4}$ Тл (они влетают в поле под прямым углом к его силовым линиям) и движутся по окружностям. Определите частоту ν падающего света при условии, что наибольший радиус окружностей – 10 мм.

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>
- Безуглова Г. С. Физика. Раздел «Элементы астрофизики»: учебное пособие
- варианты ЕГЭ прошлых лет
- вариант досрочного ЕГЭ по физике 2017 (фипи)
- вариант досрочного ЕГЭ по физике 2016 (фипи)
- ЕГЭ. Физика. Высший балл. Самостоятельная подготовка к ЕГЭ. О. И. Громцева
- Физика. Решение задач. Н. И. Зорин
- Физика. Подготовка к ЕГЭ. Е. А. Вишнякова.
- Типовые тестовые задания. 25 вариантов заданий. Е. В. Лукашева
- ЕГЭ. Физика: типовые экзаменационные варианты: 30 вариантов, под ред. М. Ю. Демидовой, 2018
- материалы для школы экспертов
- образовательный интернет-ресурс <http://sverh-zadacha.ucoz.ru>



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

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.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	19	15	9
2	0,5	16	13 31
3	0	17	22
4	5	18	13
5	15 51	19	23
6	13	20	2,6
7	42	21	23

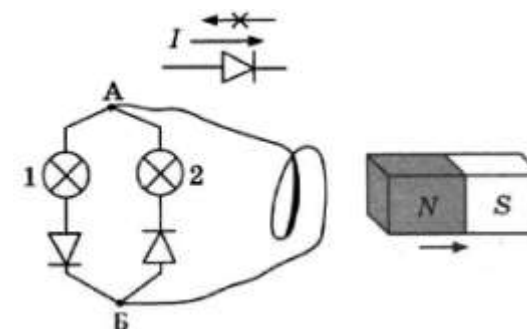
8	2	22	15,00,5
9	35	23	25 52
10	560	24	13 31
11	14 41	25	3
12	21	26	0,1
13	вниз	27	10
14	1		

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

Два участка цепи с лампами и диодами соединены параллельно так, как показано на рисунке. Часть соединительного провода образует петлю. От этой петли уносят магнит, обращенный к ней северным полюсом. Какая (какие) из ламп при этом загорится? (Диод пропускает ток только в одном направлении, см. верхнюю часть рисунка.)
 Ответ объясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения?

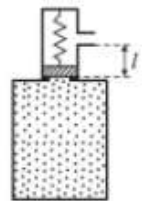


Возможное решение	
<p>В соответствии с законом электромагнитной индукции/по закону Фарадея при отодвигании магнита от витка будет уменьшаться магнитный поток поля магнита сквозь виток и в витке возникнет индукционный ток. Согласно правилу Ленца магнитное поле этого тока должно препятствовать движению магнита, поэтому входящие в виток линии индукции этого поля будут сонаправлены с линиями индукции поля магнита. Для создания такого поля согласно правилу буравчика/правилу правой руки индукционный ток в цепи витка должен быть направлен против часовой стрелки, а в цепи ламп – от А к Б через лампу 1. Ток такого направления пропускает только диод на участке цепи лампочки 1, она и будет гореть.</p> <p>Ответ: загорится лампочка 1</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
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>закон электромагнитной индукции/закон Фарадея, правило Ленца, правило буравчика/правило правой руки</i>).	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 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>	2

<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
<i>Максимальный балл</i>	3

29

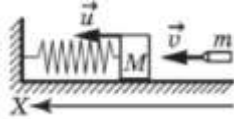
К горизонтальной пружине прикреплено тело массой $M = 10$ кг, лежащее на абсолютно гладком столе. В это тело попадает и застревает в нем пуля массой $m = 10$ г, летящая со скоростью $v = 500$ м/с, направленной вдоль оси пружины. Амплитуда возникших при этом колебаний $A = 0,1$ м. Найдите период колебаний.



Возможное решение
1. Пусть u – скорость тела сразу после попадания пули. В проекции на



оси OX начальный импульс системы тело-пули равен mv , конечный (сразу после попадания пули) $(M+m)u$. По закону сохранения импульса, $mv = (M+m)u$. Отсюда $u = mv/(M+m)$.



2. После попадания пули механическая энергия системы полностью заключена в ее кинетической энергии:

$$W_1 = \frac{(M+m)u^2}{2}$$

При отклонении тела на расстояние, равное амплитуде колебаний A , скорость тела обращается в нуль, и механическая энергия системы W_2 равна потенциальной энергии упругой деформации, т.е. $W_2 = kA^2/2$, где k – коэффициент жесткости пружины. Так как трения нет, то из закона сохранения энергии следует, что $W_1 = W_2$, т.е.

$$\frac{(M+m)u^2}{2} = \frac{kA^2}{2}, \quad k = \frac{(M+m)u^2}{A^2} = \frac{(M+m)(mv/(M+m))^2}{A^2} = \frac{(mv)^2}{A^2(M+m)}$$

3. Период колебаний $T = 2\pi \sqrt{\frac{M+m}{k}} = \frac{2\pi}{A} \left(\frac{M+m}{mv}\right) = 1,26$ с.

Ответ: $T = 1,26$ с.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон сохранения энергии, закон сохранения импульса); 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 (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).

И (ИЛИ)

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

И (ИЛИ)

Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка

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

Максимальный балл

Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. 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

В цилиндре объемом V , заполненном газом, имеется предохранительный клапан в виде маленького цилиндрика с поршнем. Поршень упирается в дно цилиндра через пружину жесткостью k (см. рисунок). При температуре T_1 поршень находится на расстоянии l от отверстия, через которое газ выпускается в атмосферу. До какой температуры T_2 должен нагреться газ в цилиндре для того, чтобы клапан выпустил часть газа в атмосферу? Площадь поперечного сечения поршня S , масса газа m , молярная масса M . Объемом цилиндрика пренебречь (он пренебрежимо мал по сравнению с объемом цилиндра).

Возможное решение

1. Для того, чтобы поршень поднялся, сжав пружину на l , сила давления на него должна увеличиться на $\Delta F = kl$, а давление

$$\Delta p = \frac{\Delta F}{S} = \frac{kl}{S} \quad (1)$$

2. Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для газа при температурах T_1 и T_2 :

$$p_1 V = \frac{m}{M} RT_1, \quad p_2 (V + Sl) = \frac{m}{M} RT_2. \quad \text{Откуда } p_1 = \frac{mRT_1}{MV}; \quad p_2 = \frac{mRT_2}{M(V+Sl)}.$$

Тогда $\Delta p = p_2 - p_1 = \frac{mRT_2}{M(V+Sl)} - \frac{mRT_1}{MV}$. Но по условию $Sl \ll V$, поэтому:

$$\Delta p = \frac{mRT_2}{MV} - \frac{mRT_1}{MV} \quad (2)$$

3. Приравняв правые части уравнений (1) и (2), получаем:

$$\frac{mRT_2}{MV} - \frac{mRT_1}{MV} = \frac{kl}{S}, \quad \frac{mRT_2}{MV} = \frac{kl}{S} + \frac{mRT_1}{MV}, \quad T_2 = T_1 + \frac{klMV}{mRS}.$$

Ответ: $T_2 = T_1 + \frac{klMV}{mRS}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) Записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула для давления, уравнение Менделеева-Клапейрона</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,	3

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 (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе реше-	1



ния), 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
<i>Максимальный балл</i>	3

31 Электроэнергия передается от генератора к потребителю по проводам, общее сопротивление которых $R_1 = 400$ Ом. Коэффициент полезного действия линии передачи 0,95. Определите сопротивление нагрузки R_2 . Внутреннее сопротивление генератора $r = 100$ Ом.

Возможное решение	
Сила тока во всей последовательной цепи одинакова. Тогда полезная мощность, выделяемая на нагрузке сопротивлением R_2 , будет равна: $P_2 = I^2 R_2$	
Мощность потребляемая всей цепью, имеющей полное сопротивление, равное сумме сопротивлений нагрузки, проводов и внутреннего сопротивления генератора, будет равна: $P = I^2 (R_1 + R_2 + r)$.	
КПД $\eta = \frac{P_{\text{пол}}}{P_{\text{затр}}}$. Считая $P_{\text{пол}} = P_2$, $P_{\text{затр}} = P$, получаем: $\eta = \frac{I^2 R_2}{I^2 (R_1 + R_2 + r)} = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + r}$.	
Отсюда искомое сопротивление нагрузки:	
$R_2 = \frac{\eta}{1-\eta} (R_1 + r) = 9500$ Ом.	
Ответ: $R_2 = 9500$ Ом.	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае <i>мощность эл. цепи; формула для КПД</i>). II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений кон-	3

стант, 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 (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1



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

32

Монохроматический свет выбивает фотоэлектроны с катода с работой выхода $4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж. После этого электроны захватываются магнитным полем с индукцией $B = 4 \cdot 10^{-4}$ Тл (они влетают в поле под прямым углом к его силовым линиям) и движутся по окружностям. Определите частоту ν падающего света при условии, что наибольший радиус окружностей – 10 мм.

Возможное решение	
Электрон в магнитном поле движется по окружности радиусом R со скоростью v и центростремительным ускорением $a = \frac{v^2}{R}$.	
Ускорение вызывается силой Лоренца $F = evB$, где e – заряд электрона. В соответствии со вторым законом Ньютона $ma = F$ получаем:	
$m \frac{v^2}{R} = evB, \quad v = \frac{eBR}{m}.$	
Для определения максимальной скорости движения электрона воспользуемся уравнением Эйнштейна для фотоэффекта:	
$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}.$ Подставляя в это уравнение скорость электрона, получим выражение для частоты света:	
$\nu = \frac{A}{h} + \frac{(eBR)^2}{2mh} \approx 10^{15} \text{ Гц}$	
Ответ: $\nu \approx 10^{15} \text{ Гц}$	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, законо-	3

<p>мерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>траектория в магнитном поле; центростремительное ускорение; сила Лоренца; второй закон Ньютона; уравнение Эйнштейна для фотоэффекта</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>	
<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 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 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</p>	1

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 180423



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

