

**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 КИМ Бланк
 Ответ: 7,5 см. **3 7 , 5**

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 А Б Бланк
 Ответ: **4 1** **7 4 1**

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 , 4 0 , 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/м³
 воды 1000 кг/м³ алюминия 2700 кг/м³
 древесины (сосна) 400 кг/м³ железа 7800 кг/м³
 керосина 800 кг/м³ ртути 13600 кг/м³

Удельная теплоёмкость

воды 4,2 · 10³ Дж/(кг·К) алюминия 900 Дж/(кг·К)
 льда 2,1 · 10³ Дж/(кг·К) меди 380 Дж/(кг·К)
 железа 460 Дж/(кг·К) чугуна 800 Дж/(кг·К)
 свинца 130 Дж/(кг·К)

Удельная теплота

парообразования воды 2,3 · 10⁶ Дж/К
 плавления свинца 2,5 · 10⁴ Дж/К
 плавления льда 3,3 · 10⁵ Дж/К

Нормальные условия: давление – 10⁵ Па, температура – 0 °С

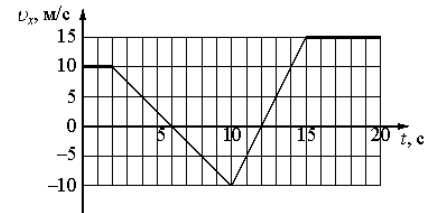
Молярная масса

азота	28 · 10 ⁻³ кг/моль	гелия	4 · 10 ⁻³ кг/моль
аргона	40 · 10 ⁻³ кг/моль	кислорода	32 · 10 ⁻³ кг/моль
водорода	2 · 10 ⁻³ кг/моль	лития	6 · 10 ⁻³ кг/моль
воздуха	29 · 10 ⁻³ кг/моль	неона	20 · 10 ⁻³ кг/моль
воды	18 · 10 ⁻³ кг/моль	углекислого газа	44 · 10 ⁻³ 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 показан график зависимости проекции скорости v_x от времени t . Какова проекция ускорения a_x этого тела в интервале времени от 4 до 7 с?



Ответ: _____ м/с².

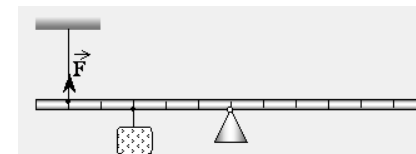
2 В инерциальной системе отсчета некоторая сила \vec{F} сообщает телу массой 100 г ускорение \vec{a} . Какой должна быть масса тела, чтобы вдвое большая сила сообщила ему в 2 раза меньшее ускорение.

Ответ: _____ кг.

3 Тело массой 3 кг движется прямолинейно под действием постоянной силы, равной 2 Н. За какое время изменение импульса тела составит 4 кг·м/с?

Ответ: _____ с.

4 С помощью нити ученик зафиксировал рычаг (см. рисунок). Масса подвешенного к рычагу груза равна 0,1 кг. Определите силу натяжения нити F.



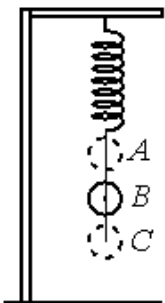
Ответ: _____ Н



5

Груз, подвешенный на пружине, совершает гармонические колебания между точками А и С относительно положения равновесия В.

Какие два вывода соответствуют результатам эксперимента?



- 1) В точке С потенциальная энергия пружины максимальна.
- 2) Скорость груза в точке В максимальна.
- 3) В точке С потенциальная энергия груза максимальна.
- 4) Кинетическая энергия при движении груза от точки В к точке С возрастает.
- 5) Потенциальная энергия пружины все время увеличивается при движении от точки С к точке А.

Ответ:

6

Шарик совершает свободные гармонические колебания на нерастяжимой нити. Шарик заменили на другой с массой в два раза большей, увеличив длину нити в два раза. Как изменятся период свободных колебаний шарика и его максимальная скорость при неизменной амплитуде колебаний?

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.

Период свободных колебаний	Максимальная скорость шарика

Ответ:



7 С высоты h по наклонной плоскости из состояния покоя соскальзывает брусок массой m . Длина наклонной плоскости равна S , а коэффициент трения между бруском и плоскостью равен μ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитывать.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

А) сила трения, действующая на брусок

1) $\sqrt{2g(h - \mu\sqrt{S^2 - h^2})}$

Б) время движения бруска

2) $\frac{mg}{S}(h - \mu\sqrt{S^2 - h^2})$

3) $\sqrt{\frac{2S^2}{g(h - \mu\sqrt{S^2 - h^2})}}$

4) $\frac{\mu mg}{S}\sqrt{S^2 - h^2}$

Ответ:

А	Б

8 В сосуде неизменного объёма находится разреженный газ в количестве 3 моль. Во сколько раз изменится давление газа в сосуде, если выпустить из него 1 моль газа, а абсолютную температуру газа уменьшить в 2 раза?

Ответ: _____.

9 У идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, температура нагревателя 700 К, а температура холодильника 300 К. Рабочее тело получает за цикл работы от нагревателя количество теплоты равное 30 кДж. Какую работу совершает за один цикл этот двигатель? Ответ округлить до десятых, выразить в кДж.

Ответ: _____ кДж

10 Кусок льда опустили в термос с водой. Начальная температура льда 0°C, начальная температура воды 15°C. Теплоемкостью термоса можно пренебречь. При переходе к тепловому равновесию часть льда массой 210 г растаяла. Чему равна исходная масса воды в термосе? Ответ дать в граммах.

Ответ: _____

11 Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде с поршнем равна 40%. Объём сосуда за счёт движения поршня медленно уменьшают при постоянной температуре. В конечном состоянии объём сосуда в 4 раза меньше начального.

Выберите из предложенного перечня два утверждения, которые соответствуют результатам проведённых экспериментальных наблюдений, и укажите их номера.

- 1) При уменьшении объёма сосуда в 2,5 раза на стенках появляется роса.
- 2) Давление пара в сосуде всё время увеличивается.
- 3) В конечном и начальном состояниях масса пара в сосуде одинаковая.
- 4) При уменьшении объёма в 2 раза относительная влажность воздуха в сосуде стала равна 80%.
- 5) В конечном состоянии весь пар в сосуде сконденсировался.

Ответ:

--	--

12 Одноатомный идеальный газ в количестве ν моль помещают в открытый сверху сосуд под лёгкий подвижный поршень и начинают нагревать. Начальный объём газа V_0 , давление p_0 . Масса газа в сосуде остаётся неизменной. Трением между поршнем и стенками сосуда пренебречь. R – универсальная газовая постоянная.

Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам.

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



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

А) объем газа $V(T)$

1) $\frac{\nu RT}{p_0}$

Б) внутренняя энергия $U(T)$

2) $\frac{\nu RT}{V_0}$

3) $\frac{3}{2} \nu RT$

4) $\frac{2}{3} \nu RT$

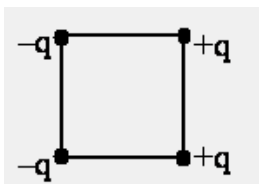
Ответ:

А	Б

13

Четыре заряда расположены в вершинах квадрата, как показано на рисунке.

Как направлен вектор напряженности электрического поля в центре квадрата, созданного зарядами (вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя)?



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

Ответ: _____

14

На рисунке приведена схема электрической цепи, собранной учеником для исследования зависимости силы тока, проходящего через резистор, от напряжения на нем. На рисунках 1 и 2 показаны шкалы амперметра и вольтметра.

Какими будут показания амперметра при напряжении 5,4 В, ответ округлить до десятых.

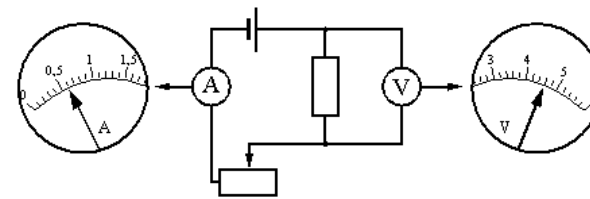


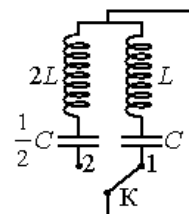
Рис. 1

Рис. 2

Ответ: _____ А.

15

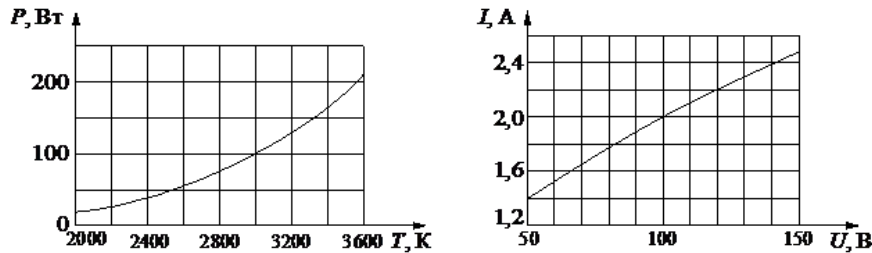
Во сколько раз изменится частота собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок), если ключ К перевести из положения 1 в положение 2?



Ответ: _____



- 16 При нагревании спирали лампы накаливания протекающим по ней электрическим током основная часть подводимой энергии теряется в виде теплового излучения. На рисунке изображены графики зависимости мощности тепловых потерь лампы от температуры спирали $P=P(T)$ и силы тока от приложенного напряжения $I=I(U)$. Выберите два верных утверждения, которые можно сделать, анализируя эти графики.



Из приведенного ниже списка выберите две величины, которые остаются постоянными при этих колебаниях.

- 1) С уменьшением приложенного напряжения температура спирали уменьшается пропорционально мощности;
- 2) При напряжении 100В сопротивление спирали лампы равно 50 Ом;
- 3) Сопротивление лампы постоянно и не зависит от температуры;
- 4) Температура спирали лампы при приложенном напряжении $U = 120V$ меньше 3600 К;
- 5) С увеличением силы протекающего тока температура спирали увеличивается.

Ответ:

--	--

- 17 По проволочному резистору течет ток. Как изменятся при уменьшении длины проволоки в 4 раза и увеличении силы тока вдвое следующие величины: тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе и напряжение на 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.

Тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе	Напряжение на резисторе

Ответ:

--	--

- 18 Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью C и катушки индуктивностью L . При электромагнитных колебаниях, происходящих в этом контуре, максимальный заряд пластины конденсатора равен q .

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) Максимальная энергия электрического поля конденсатора

1) $\frac{q^2}{2C}$

Б) Максимальная сила тока, протекающего через катушку

2) $q\sqrt{\frac{C}{L}}$

3) $\frac{q}{\sqrt{LC}}$

4) $\frac{Cq^2}{2}$

Ответ:

А	Б



19 Ядро изотопа тория ${}^{232}_{90}\text{Th}$ претерпевает α -распад, затем два электронных β -распада и еще один α -распад. После этих превращений получится ядро, химического элемента ${}^A_Z\text{X}$.

Каковы заряд образовавшегося ядра Z (в единицах элементарного заряда) и его массовое число ядра A .

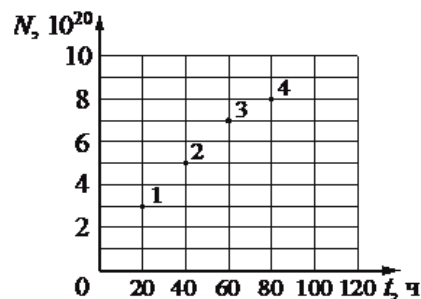
ЗАРЯД ЯДРА Z	МАССОВОЕ ЧИСЛО ЯДРА A

Ответ:

А	Б

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

20 Из ядер платины ${}^{197}_{78}\text{Pt}$ при β^- -распаде с периодом полураспада 20 часов образуются стабильные ядра золота. В момент начала наблюдения в образце содержится $8 \cdot 10^{20}$ ядер платины. Через какую из точек, кроме начала координат, пройдет график зависимости числа ядер золота от времени (см. рисунок)?



Ответ: _____

21 При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от длины падающего света фотоэлемент освещался через различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только фиолетовый свет, а во второй – только желтый. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта, измеряли напряжение запираения.

Как изменяются длина световой волны, напряжение запираения фотоэлектронов при переходе от первой серии опытов ко второй?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) Увеличится
- 2) Уменьшится
- 3) Не изменится

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

Длина световой волны, падающей на фотоэлемент	Напряжение запираения

Ответ:

А	Б

22 С помощью ученической линейки измерили толщину пачки из 500 листов бумаги. Толщина оказалась (50 ± 1) мм. Запишите, чему равна толщина одного листа бумаги с учетом погрешности.

Ответ: $(___\pm____)$ Н

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



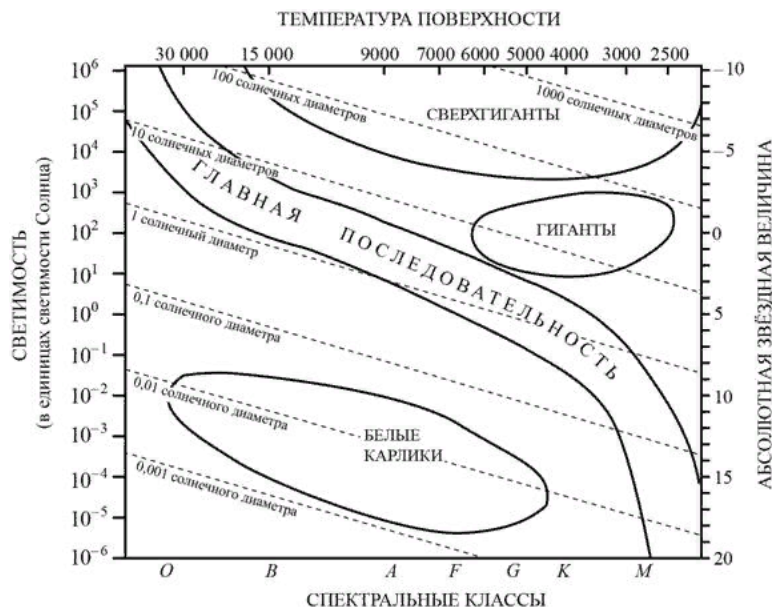
23 Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость периода свободных колебаний пружинного маятника от жесткости пружины. У него имеется пять пружинных маятников, характеристики которых приведены в таблице. Какие два маятника необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ маятника	Жесткость пружины, Н/м	Объем груза, см ³	Материал, из которого сделан груз
1	40	30	алюминий
2	40	60	алюминий
3	60	30	медь
4	80	30	алюминий
5	60	60	медь

В ответ запишите номера выбранных опытов.

Ответ:

24 На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга - Рассела.



Выберите два утверждения о звездах, которые соответствуют диаграмме.

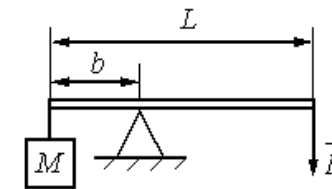
- 1) Температура поверхности звезд спектрального класса G выше температуры поверхности звезд спектрального класса B.
- 2) Звезда Альтаир имеет радиус $1,9R_{\odot}$, следовательно, она относится к сверхгигантам.
- 3) Температура поверхности звезд спектрального класса F ниже температуры звезд спектрального класса A.
- 4) Звезда Арктур имеет температуру поверхности 4100 К и относится к звездам спектрального класса B.
- 5) Средняя плотность сверхгигантов существенно меньше средней плотности белых карликов.

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 Груз массой 120 кг удерживают с помощью рычага, приложив к его концу вертикально направленную силу 300 Н (см. рисунок). Рычаг состоит из шарнира без трения и длинного однородного стержня массой 30 кг. Расстояние от оси шарнира до точки подвеса груза равно 1 м. Найти длину стержня.



Ответ: _____ м.



26 1 моль идеального газа изохорно охлаждаются на 200 К, при этом его давление уменьшается в 2 раза. Какова первоначальная абсолютная температура газа?

Ответ: _____ К.

27 Дифракционная решетка с периодом 10^{-5} м расположена параллельно экрану на расстоянии 0,75 м от него. На решетку по нормали к ней падает пучок света с длиной волны 0,4 мкм. Какого порядка максимум в спектре будет наблюдаться на экране на расстоянии 3 см от центра дифракционной картины? Считать $\operatorname{tg} \alpha = \sin \alpha$.

Ответ: _____.

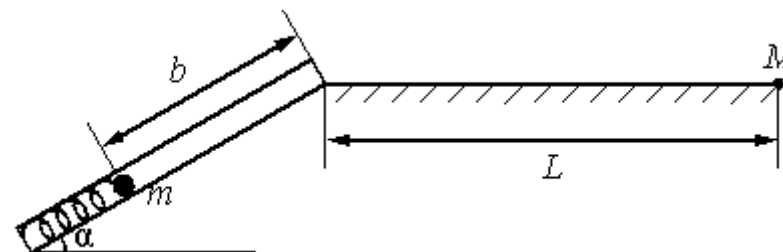
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, что каждый ответ записан в строке с номером соответствующего задания

Для записи ответов на задания 28–32 используйте БЛАНКОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

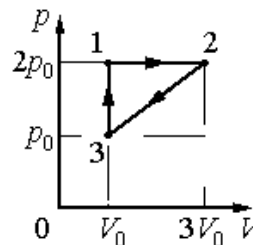
28 Маленький незаряженный шарик, подвешенный на непроводящей нити, помещен над горизонтальной металлической пластиной, равномерно заряженной положительным зарядом. Размеры пластины во много раз превышают длину нити. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как изменится частота малых свободных колебаний шарика, если ему сообщить отрицательный заряд.

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 Пружинное ружье наклонено под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Энергия сжатой пружины равна 0,41 Дж. При выстреле шарик массой $m = 50$ г проходит по стволу ружья расстояние b , вылетает и падает на расстояние $L=1$ м от дула ружья в точку М, находящуюся с ним на одной высоте (см. рисунок). Найдите расстояние b . Трением в стволе и сопротивлением воздуха пренебречь.



30 Изменение состояния постоянной массы одноатомного идеального газа происходит по циклу, показанному на рисунке. При переходе из состояния 1 в состояние 2 газ совершает работу $A_{12} = 5$ кДж. Какое количество теплоты газ отдает за цикл холодильнику?



31 Колебательный контур радиоприемника настроен на длину волны $\lambda = 500$ м. Индуктивность катушки контура $L = 3$ мкГн. В контуре используется плоский воздушный конденсатор, расстояние между пластинами которого $d = 1$ мм. Максимальная напряженность электрического поля конденсатора в ходе колебаний $E_{\max} = 3$ В/м. Каков максимальный ток в катушке индуктивности?



32

Излучением лазера с длиной волны $3,3 \cdot 10^{-7}$ м за время $1,25 \cdot 10^4$ с был расплавлен лед массой 1 кг, взятый при температуре 0°C , и полученная вода была нагрета на 100°C . Сколько фотонов излучает лазер за 1 с? Считать, что 50% излучения поглощается веществом.

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:

- открытый банк заданий ЕГЭ (ФИПИ новая версия) <http://os.fipi.ru/tasks/3/a>
- открытый банк заданий ЕГЭ (ФИПИ) <http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/index.php?proj=BA1F39653304A5B041B656915DC36B38>

СОСТАВИТЕЛЬ ВАРИАНТА:	
ФИО:	Вахнина Светлана Васильевна НОУ СОШ «Развитие» (Волгоград)
Предмет:	Физика
Стаж:	10 лет
Регалии:	Курсы подготовки школьников к ЕГЭ и ОГЭ
Аккаунт ВК:	https://vk.com/id249117870
Сайт и доп. информация:	https://vk.com/examcourses

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	-2,5	15	1
2	0,4	16	25 52
3	2	17	32
4	0,6	18	13
5	12 21	19	88224
6	12	20	3
7	43	21	12
8	3	22	0,1000,002
9	17,1	23	14 41
10	1100	24	35 53
11	14 41	25	4
12	13	26	400
13	влево	27	1
14	0,7		



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 Маленький незаряженный шарик, подвешенный на непроводящей нити, помещен над горизонтальной металлической пластиной, равномерно заряженной положительным зарядом. Размеры пластины во много раз превышают длину нити. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как изменится частота малых свободных колебаний шарика, если ему сообщить отрицательный заряд.

Возможное решение

1 Колеблющийся шарик на нити можно считать математическим маятником. Частота малых колебаний математического маятника, каковым является маленький шарик, размеры которого намного меньше длины нити подвеса зависит только от длины нити подвеса и величины ускорения свободного падения в месте проведения измерений: $\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$

2. Протяженно равномерно заряженная пластина создает однородное электрическое поле \vec{E} . Если шарiku сообщить отрицательный заряд, то со стороны электрического поля пластины на него начнет действовать постоянная сила Кулона, равная по величине $F_k = Eq$ направ-

ленная вертикально вниз (см. рисунок)

3. Из второго закона Ньютона получим: $ma = mg + F_k$, в этом случае равнодействующая сил тяжести и Кулона, которая будет определять частоту свободных колебаний маятника, сообщит шарiku ускорение $a = g + F_k/m$, которое больше ускорения свободного падения ($a > g$).

4. Возвращающая сила, действующая на шарик, увеличится, шарик быстрее будет возвращаться к положению равновесия, а значит:

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{l}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g + Eq/m}{l}}$$

Частота свободных колебаний маятника увеличится

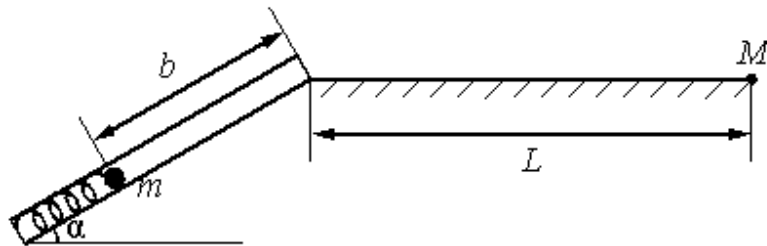
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильные объяснения (в данном случае п. 1, п. 3) и ответ (п. 2), а также исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: формула частоты колебаний математического маятника, второй закон Ньютона).	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> В решении имеется неточность в указании на одно из физи-	2



ческих явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	
Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

29

Пружинное ружье наклонено под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Энергия сжатой пружины равна 0,41 Дж. При выстреле шарик массой $m = 50$ г проходит по стволу ружья расстояние b , вылетает и падает на расстоянии $L=1$ м от дула ружья в точку М, находящуюся с ним на одной высоте (см. рисунок). Найдите расстояние b . Трением в стволе и сопротивлением воздуха пренебречь.



Возможное решение

- Используем закон сохранения энергии:

$$mgb \cdot \sin\alpha + \frac{mv_0^2}{2} = E_0; \quad (1)$$

где E_0 - энергия сжатой пружины, v_0 - скорость шарика в момент вылета из дула ружья.

- Согласно кинематическим уравнениям для движения тела, брошенного под углом к горизонту

Время подъема тела до максимальной высоты

$$t_1 = v_{\text{в}}/g = v_0 \sin\alpha / g, \text{ откуда время полета получим:}$$

$$t = 2t_1 = \frac{2v_0 \sin\alpha}{g}$$

$$L = v_0 t \cdot \cos\alpha = \frac{v_0^2}{g} 2\sin\alpha \cdot \cos\alpha = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha, \quad (2)$$

- Из формулы (2) находим, что

$$v_0^2 = \frac{gL}{\sin 2\alpha} \text{ подставив в (1), получим:}$$

$$b = \frac{1}{mg \sin\alpha} \left(E_0 - \frac{mgL}{2\sin\alpha} \right) = \frac{1}{5 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 0.5} \left(0.41 - \frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 1}{2 \cdot 0.866} \right)$$

$$b \approx 0.5 \text{ м}$$

Ответ: 0,5 м

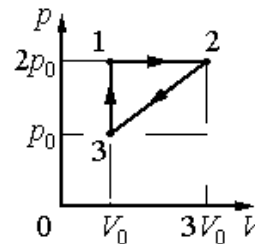
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон сохранения энергии, кинематические формулы для движения тела, брошенного под углом к горизонту) 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); II) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычисле-	3



<p>ниями); IV) 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. 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</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. 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

30

Изменение состояния постоянной массы одноатомного идеального газа происходит по циклу, показанному на рисунке. При переходе из состояния 1 в состояние 2 газ совершает работу $A_{12} = 5$ кДж. Какое количество теплоты газ отдает за цикл холодильнику?



Возможное решение:

- В процессе 1-2 газ совершает положительную работу
 $A_{12} = 2p_0\Delta V = 2p_0(3V_0 - V_0) = 4p_0V_0 = 5$ кДж
 $p_0V_0 = 1,25$ кДж

Кроме этого температура увеличивается, так как при неизменном давлении увеличивается объем (согласно объединенному газовому закону $\frac{pV}{T} = \text{const}$), тогда, по первому началу термодинамики, газ будет получать количество теплоты.

- Процесс 3-1 изохорический, работа газа равна нулю, температура газа увеличивается, так как увеличивается давление (согласно объединенному газовому закону $\frac{pV}{T} = \text{const}$), значит, в процессе 3-1 газ получает количество теплоты.
- Количество теплоты Q_{23} , отданное в процессе 2-3 холодильнику, согласно первому началу термодинамики

$$|Q_{23}| = |A_{23} + \Delta U_{23}| = \frac{p_0 + 2p_0}{2} 2V_0 + \frac{3}{2} (6p_0V_0 - p_0V_0),$$

Работу A_{23} можно найти, используя формулу площади фигуры, ограниченной графиком. Работа газа на данном участке отрицательная, так как объем газа уменьшается, изменение внутренней энергии также отрицательное, значит, газ отдает



<p>холодильнику тепло в данном процессе.</p> $ Q_{\text{хол}} = \frac{6}{2} p_0 V_0 + \frac{15}{2} p_0 V_0 = \frac{21}{2} p_0 V_0 = 10,5 * 1,25 = 13,125 \text{кДж}$ <p>4. $Q_{\text{хол}} = 13,125 \text{ кДж}$.</p> <p>Ответ: $Q_{\text{хол}} = 13,125 \text{ кДж}$</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: <i>первое начало термодинамики для газовых процессов, объединенный газовый закон</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> <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 преобра-</p>	2

<p>зованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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 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>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

31

Колебательный контур радиоприемника настроен на длину волны $\lambda = 500$ м. Индуктивность катушки контура $L = 3$ мкГн. В контуре используется плоский воздушный конденсатор, расстояние между пластинами которого $d = 1$ мм. Максимальная напряженность электрического поля конденсатора в ходе колебаний $E_{\text{max}} = 3$ В/м. Каков максимальный ток в катушке индуктивности?

<p>Возможное решение:</p> $\frac{CU_{\text{max}}^2}{2} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$ <p>Согласно закону сохранения энергии:</p> <p>(C — ёмкость конденсатора, U_{max} — максимальное напряжение на конденсаторе). Согласно формуле Томсона для периода электромагнитных</p>



колебаний в контуре $T = 2\pi\sqrt{LC}$

Длина волны выражается через период колебаний $\lambda = cT$ (с — скорость света). Максимальная напряжённость поля конденсатора равна: $E_{\max} = \frac{U_{\max}}{d}$. Откуда получим $U_{\max} = E_{\max} d$

$T = \frac{\lambda}{c} = 2\pi\sqrt{LC}; (\frac{\lambda}{c})^2 = 4\pi^2(LC); C = \frac{\lambda^2}{4(c\pi)^2L}$

$I_{\max}^2 = \frac{CU^2}{L} I_{\max} = \sqrt{\frac{C}{L}} U = \frac{\lambda}{2\pi cL} \cdot Ed = \frac{500 * 3 * 10^{-3}}{2 * 3,14 * 3 * 10^8 * 3 * 10^{-6}} \approx 0,27\text{МА}$

Ответ: $I_{\max} \approx 0.27 \text{ МА}$

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 в колебательном контуре, формула Томсона, формула для определения напряженности электрического поля в конденсаторе) 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, фи-	2

зические 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)	
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
<i>Максимальный балл</i>	3



32 Излучением лазера с длиной волны $3,3 \cdot 10^{-7}$ м за время $1,25 \cdot 10^4$ с был расплавлен лед массой 1 кг, взятый при температуре 0°C , и полученная вода была нагрета на 100°C . Сколько фотонов излучает лазер за 1 с? Считать, что 50% излучения поглощается веществом.

Возможное решение	
<p>1. Запишем выражение для энергии фотона: $E = hc/\lambda$</p> <p>2. Найдем энергию всех фотонов, изучаемых за время t: $E = \frac{hc}{\lambda} N \frac{t}{\tau}$, где N – число фотонов, излучаемых за $\tau = 1$с</p> <p>3. Найдем количество теплоты, которое требуется для плавления льда и нагревания воды: $Q = m\lambda_{\text{л}} + c_{\text{в}}\Delta t$</p> <p>4. Используем закон сохранения энергии с учетом коэффициента поглощения η</p> $\eta \cdot \frac{hc}{\lambda} \cdot N \cdot \frac{t}{\tau} = c_{\text{в}}m\Delta t + \lambda_{\text{л}}m$ <p>5. Отсюда получим ответ:</p> $N = \frac{m(\lambda_{\text{л}} + c_{\text{в}}\Delta t)\lambda\tau}{\eta hct} = \frac{1(3,3 \cdot 10^5 + 4200 \cdot 100) \cdot 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot 1}{0,5 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 1,25 \cdot 10^4}$ $N = 2 \cdot 10^{20}$ <p>Ответ: $N = 2 \cdot 10^{20}$</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>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 определения энергии фотонов, формулы для определения количества теплоты, необходимых для плавления льда и нагревания жидкости, закон сохранения энергии</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p>	3

<p>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</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)</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.). И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. 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. 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. 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



ИЛИ Представлен только правильный рисунок с указанием хода лучей в линзе	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

