

**Единый государственный экзамен
по ФИЗИКЕ**

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из двух частей, включающих в себя 32 задания.

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 25–27 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

КИМ Ответ: 7,5 см.

3	7	,	5
---	---	---	---

 Бланк

Ответом к заданиям 5–7, 11, 12, 16–18, 21, 23 и 24 является последовательность двух цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ:

А	Б
4	1

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

 Бланк

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

КИМ Ответ: вправо

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.

2	2	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 черновика, 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	π=3,14
ускорение свободного падения на Земле	g = 10 м/с ²
гравитационная постоянная	G = 6,7 · 10 ⁻¹¹ Н·м ² /кг ²
универсальная газовая постоянная	R = 8,31 Дж/(моль·К)
постоянная Больцмана	k = 1,38 · 10 ⁻²³ Дж/К
постоянная Авогадро	N _А = 6 · 10 ²³ моль ⁻¹
скорость света в вакууме	c = 3 · 10 ⁸ 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 · 10 ⁻¹⁹ Кл
(элементарный электрический заряд)	h = 6,6 · 10 ⁻³⁴ Дж·с
постоянная Планка	

Соотношение между различными единицами

температура	0 К = -273 °С
атомная единица массы	1 а.е.м. = 1,66 · 10 ⁻²⁷ кг
1 атомная единица массы эквивалента	931 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = 1,6 · 10 ⁻¹⁹ Дж

Масса частиц

электрона	9,1 · 10 ⁻³¹ кг ≈ 5,5 · 10 ⁻⁴ а.е.м.
протона	1,673 · 10 ⁻²⁷ кг ≈ 1,007 а.е.м.
нейтрона	1,675 · 10 ⁻²⁷ кг ≈ 1,008 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 $3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/К}$

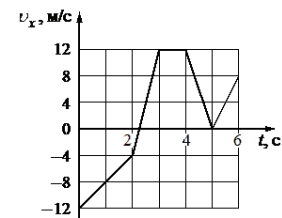
Нормальные условия: давление -10^5 Па , температура $-0 \text{ }^\circ\text{C}$

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

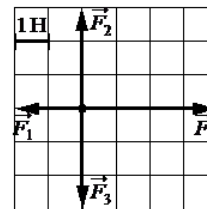
Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными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

1 На рисунке показан график зависимости проекции скорости v_x от времени t . Какова проекция ускорения a_x ускорения этого тела в интервале времени от 3 до 4 с?



Ответ: _____ м/с².

2 На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на материальную точку. Сторона клетки соответствует 1 Н. Определите модуль равнодействующей приложенных к телу сил.



Ответ: _____ Н.

3 Отношение импульса автобуса к импульсу грузового автомобиля $p_1/p_2 = 2,8$. Каково отношение их масс m_1/m_2 , если отношение скорости автобуса к скорости грузового автомобиля $v_1/v_2 = 2$?

Ответ: _____.



4 Период гармонических колебаний массивного груза на легкой пружине равен 1,8 с. В некоторый момент времени кинетическая энергия груза достигает максимума. Через какое минимальное время кинетическая энергия груза достигнет минимума?

Ответ: _____с

5 В лаборатории исследовали прямолинейное движение тела массой $m = 500$ г из состояния покоя. В таблице приведена экспериментально полученная зависимость пути, пройденного телом, от времени.

Какие два вывода соответствуют результатам эксперимента?

$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7
$L, \text{ м}$	0	1	4	9	16	25	36	49

- 1) Первые 3 с тело двигалось равномерно, а затем оно двигалось равноускорено.
- 2) Скорость тела в момент времени 4с равнялась 8 м/с.
- 3) Кинетическая энергия в момент времени 3с равна 12 Дж.
- 4) Равнодействующая сил, действующих на тело, все время возрастала.
- 5) За первые 3с суммарная работа сил, действующих на тело, равна 9 Дж.

Ответ:

6 На поверхности воды плавает прямоугольный брусок из древесины плотностью 400 кг/м^3 . Брусок заменили на другой брусок той же массы и с той же площадью основания, но из древесины плотностью 600 кг/м^3 . Как при этом изменились глубина погружения бруска и действующая на него сила Архимеда?

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.

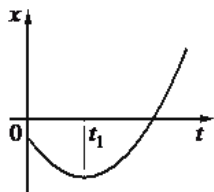
Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

Ответ:



7 На рисунке проказан график зависимости координаты x тела, движущегося вдоль оси Ox , от времени t (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени t .

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики 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>	<p>1) кинетическая энергия</p> <p>2) проекция скорости тела на ось Ox</p> <p>3) проекция перемещения тела на ось Ox</p> <p>4) модуль ускорения тела</p>

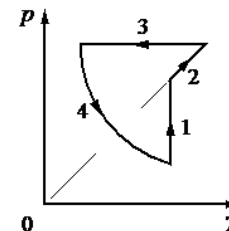
Ответ:

А	Б

8 Концентрацию молекул идеального одноатомного газа уменьшили в 5 раз. Одновременно в 2 раза уменьшили абсолютную температуру газа. Во сколько раз в результате снизилось давление газа в сосуде?

Ответ: _____.

9 На рисунке показан циклический процесс изменения состояния 1 моль одноатомного идеального газа. На каком участке цикла изменение внутренней энергии газа равно полученному газом количеству теплоты?



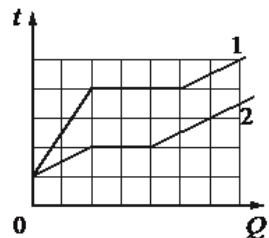
Ответ: _____

10 На сколько градусов нагреются 100 г свинца, если ему сообщить 260 Дж теплоты?

Ответ: _____ °C



11 На рисунке представлены графики зависимости температуры t двух тел одинаковой массы от сообщенного количества теплоты Q . Каждое тело находится в сосуде под поршнем. Первоначально тела находились в жидком агрегатном состоянии.



Используя данные графиков, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения о процессах, представленных на графиках:

- 1) Температура кипения у первого тела ниже, чем у второго.
- 2) Тела имеют одинаковую удельную теплоемкость в жидком агрегатном состоянии.
- 3) Удельная теплоемкость в жидком агрегатном состоянии второго тела в 2 раза меньше, чем первого.
- 4) Удельная теплота парообразования первого тела больше удельной теплоты парообразования второго тела.
- 5) Для второго тела удельные теплоемкости в жидком и газообразном агрегатных состояниях одинаковы.

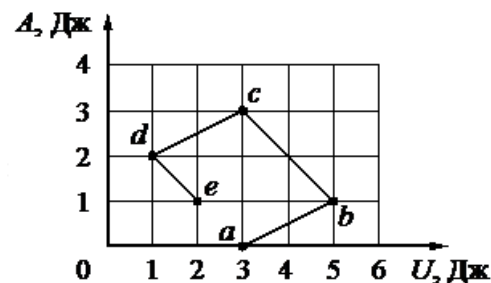
Ответ:

--	--

12 С постоянным количеством идеального газа провели процесс $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e$, в течение которого измеряли внутреннюю энергию U газа и работу A , совершенную газом от момента начала процесса. AU -диаграмма процесса приведена на рисунке.

Установите соответствие между названием процесса и участком на диаграмме, на котором он представлен.

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



НАЗВАНИЕ ПРОЦЕССА

УЧАСТОК НА ДИАГРАММЕ

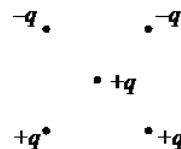
- | | |
|--------------------------|----------------------|
| А) адиабатное расширение | 1) $a \rightarrow b$ |
| | 2) $b \rightarrow c$ |
| Б) адиабатное сжатие | 3) $c \rightarrow d$ |
| | 4) $d \rightarrow e$ |

Ответ:

А	Б

13 Куда направлена относительно рисунка (вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя) кулоновская сила \vec{F} , действующая на положительный точечный заряд $+q$, помещенный в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды: $+q, +q, -q, -q$ (см. рисунок)?

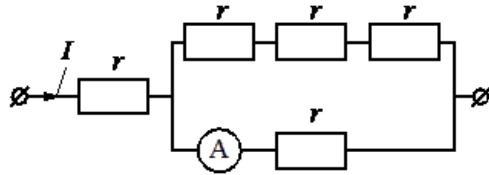
Ответ запишите словом (словами): **вправо, влево, от наблюдателя, к наблюдателю, вниз, вверх.**



Ответ: _____

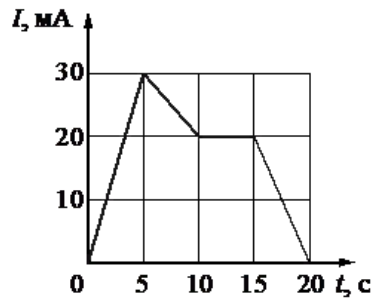


14 По участку цепи (см. рисунок) течет постоянный ток $I = 8$ А. Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.



Ответ: _____ А.

15 На рисунке приведен график зависимости силы тока I от времени t в электрической цепи, содержащей катушку, индуктивность которой 1 мГн. Определите модуль ЭДС самоиндукции в катушке в интервале времени от 5 до 10 с. Ответ дать в мкВ.



Ответ: _____ мкВ

16 В колебательном контуре, состоящем из катушки индуктивности и конденсатора, происходят свободные незатухающие электромагнитные колебания.

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

- 1) Период колебаний силы тока в контуре;
- 2) Фаза колебаний напряжения на конденсаторе;
- 3) Заряд конденсатора;
- 4) Энергия магнитного поля катушки;
- 5) Амплитуда колебаний напряжения на катушке.

Ответ:

17 В прозрачном сосуде с водой находится дифракционная решетка, которая освещается параллельным пучком монохроматического света, падающего на решетку перпендикулярно ее поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменится частота световой волны, падающей на решетку, и угол между падающим лучом и направлением на второй дифракционный максимум, если воду заменить прозрачной жидкостью с меньшим показателем преломления?

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.

Частота световой волны, достигающей решетки	Угол между падающим лучом и направлением на второй дифракционный максимум

Ответ:



18 Заряженная частица массой m , несущая положительный заряд q , движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля \vec{B} по окружности со скоростью v . Действием силы тяжести пренебречь.

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) Модуль силы Лоренца, действующей на частицу

1) $\frac{2\pi m}{qB}$

Б) Частота обращения частицы по окружности

2) qvB

3) $\frac{qB}{2\pi m}$

4) $\frac{mv}{qB}$

Ответ:

А	Б

19 Ядро бериллия может захватить гамма-квант, в результате чего произойдет ядерная реакция ${}^9_4\text{Be} + {}^0_0\gamma \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^1_0\text{n}$ образованием ядра химического элемента ${}^A_Z\text{X}$.

Каковы заряд образовавшегося ядра Z (в единицах элементарного заряда) и его массовое число 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 В свинцовую капсулу поместили радиоактивный актиний ${}^{227}_{89}\text{Ac}$. Сколько процентов от исходного большого числа ядер этого изотопа актиния останется в капсуле через 20 дней? Период полураспада актиния 10 дней.

Ответ: _____%.

21 Монохроматический свет с энергией фотонов E_ϕ падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжение, при котором фототок прекращается, равно $U_{\text{зап}}$. Как изменится длина волны λ падающего света и модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$, если энергия падающих фотонов E_ϕ увеличивается?

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.

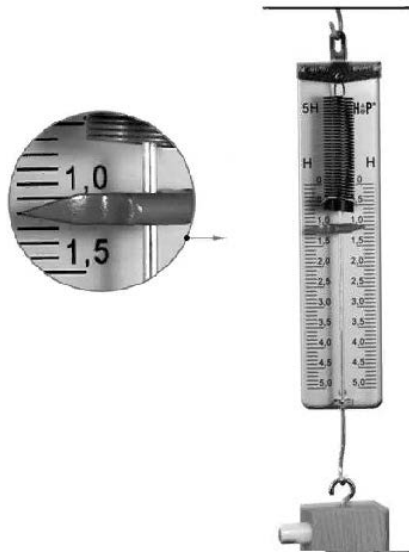
Длина волны λ падающего света	Модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$

Ответ:

А	Б



22 Погрешность прямого измерения силы динамометром, на котором висит груз, равна цене деления. Каков вес груза?



Ответ: (____ ± ____)Н

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

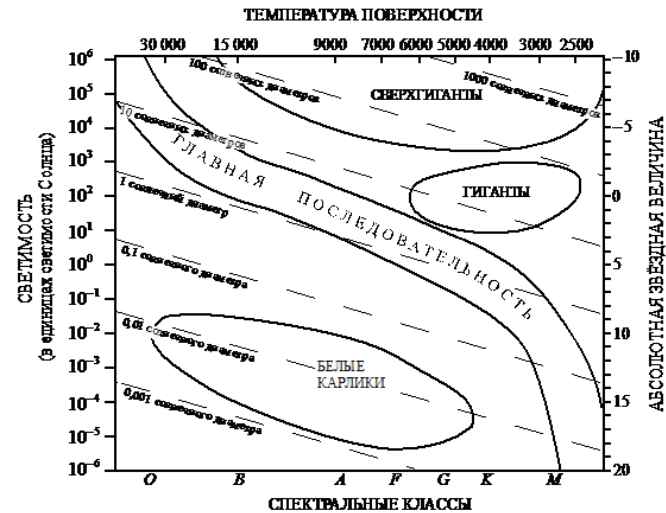
23 Необходимо экспериментально изучить зависимость сопротивления проводника от длины проводника. Какие два проводника следует использовать для проведения для такого исследования?

S_1	<input type="text"/>	медь	S_2	<input type="text"/>	медь	S_1	<input type="text"/>	медь
	l_1		l_1			l_2		
	1		2			3		
S_1	<input type="text"/>	сталь	S_2	<input type="text"/>	сталь			
	l_1		l_2					
	4		5					

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 A.
- 2) Радиус звезды Бетельгейзе почти в 100 раз превышает радиус Солнца, а значит, она относится в сверхгигантам.
- 3) Плотность белых карликов существенно меньше средней плотности гигантов.
- 4) Звезда Антарес имеет температуру поверхности 3300 K и относится к звездам спектрального класса A.
- 5) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса K главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса B главной последовательности.

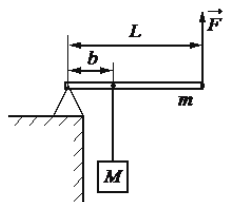
Ответ:



Часть 2

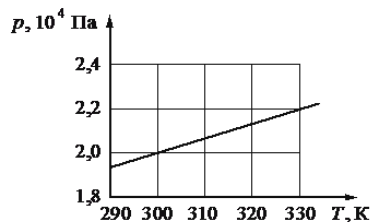
Ответом к заданиям 25–27 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения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

- 25 Груз поднимают с помощью рычага (см. рисунок). Рычаг состоит из нира без трения и однородного стержня массой $m = 20$ кг и длиной $L = 4$ м. Расстояние от оси шарнира до точки подвеса груза равно $b = 1$ м. Какую вертикальную силу надо приложить к концу рычага, чтобы медленно поднимать груз массой $M = 80$ кг?



Ответ: _____ Н.

- 26 На рисунке показан график зависимости давления газа в запаянном сосуде от его температуры. Объем сосуда равен $0,25$ м³. Какое приблизительно количество газообразного вещества содержится в этом сосуде? Ответ округлите до целых.



Ответ: _____ моль.

- 27 При облучении фотокатода светом частотой $\nu = 8,0 \cdot 10^{14}$ Гц запирающее напряжение для фотоэлектронов равно $0,60$ В. Найдите работу выхода фотоэлектронов из материала катода. Ответ выразите в электронвольтах.

Ответ: _____ эВ.

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 На рисунке 1 приведена зависимость внутренней энергии U 1 моль идеального одноатомного газа от его давления p в процессе 1-2-3. Постройте график этого процесса на рисунке 2 в переменных pV . Точка, соответствующая состоянию 1, уже отмечена на этом рисунке. Построение объясните, опираясь на законы молекулярной физики.

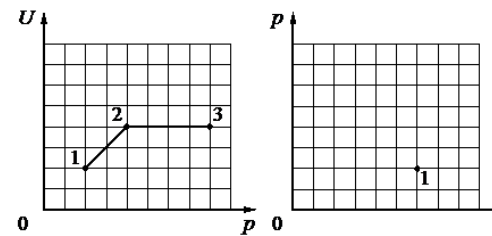


Рис. 1

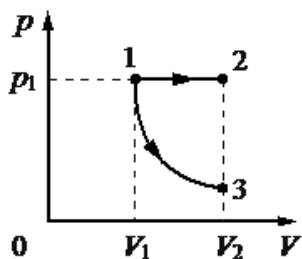
Рис. 2

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.

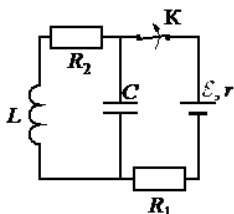


29 По гладкой наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом, скользит из состояния покоя брусок массой $M = 250$ г. В тот момент, когда брусок прошел по наклонной плоскости расстояние $x = 3,6$ м, в него попала и застряла в нем летящая навстречу ему вдоль наклонной плоскости пуля массой $m = 5$ г. После попадания пули брусок поднялся вверх вдоль наклонной плоскости на расстояние $S = 2,5$ м от места удара. Найдите скорость пули перед попаданием в брусок. Трение бруска о плоскость не учитывать.

30 Одно и то же постоянное количество одноатомного идеального газа расширяется из одного и того же начального состояния p_1V_1 до одного и того же конечного объема V_2 первый раз по изобаре 1-2, а второй – по адиабате 1-3 (см. рисунок). Отношение работы газа в процессе 1-2 к работе газа в процессе 1-3 равно $A_{12}/A_{13} = k = 2$. Чему равно отношение количества теплоты Q_{12} , полученного газом от нагревателя в ходе процесса 1-2, к модулю изменения внутренней энергии газа $|U_3 - U_1|$ в ходе процесса 1-3?



31 На рисунке показана схема электрической цепи, состоящей из источника тока с ЭДС $\mathcal{E} = 12$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом, двух резисторов с сопротивлениями $R_1 = 7$ Ом и $R_2 = 4$ Ом, конденсатора емкостью $C = 3$ мкФ и катушки с индуктивностью $L = 32$ мкГн. Какое количество теплоты выделится на резисторе R_2 после размыкания ключа К? Сопротивлением провода катушки пренебречь.



32 Период свободных электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, равен $6,3$ мкс. Амплитуда колебаний силы тока $I_m = 5$ мА. В момент времени t сила тока в катушке равна 3 мА. Найдите заряд конденсатора в этот момент.

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) <http://os.fipi.ru/tasks/3/a>

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:	
Сайт и доп. информация:	



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 ответа нет, – 0 баллов.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	0	15	2
2	2	16	15 51
3	1,4	17	31
4	0,45	18	23
5	25 52	19	48
6	33	20	25
7	42	21	21
8	10	22	1,10,1
9	2	23	13 31
10	20	24	25 52
11	45 54	25	300
12	24	26	2
13	вверх	27	2,7
14	6		

Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

Решения заданий 28–32 части 2 (с развёрнутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведённых ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

28

На рисунке 1 приведена зависимость внутренней энергии U 1 моль идеального одноатомного газа от его давления p в процессе 1-2-3. Постройте график этого процесса на рисунке 2 в переменных pV . Точка, соответствующая состоянию 1, уже отмечена на этом рисунке. Построение объясните, опираясь на законы молекулярной физики.

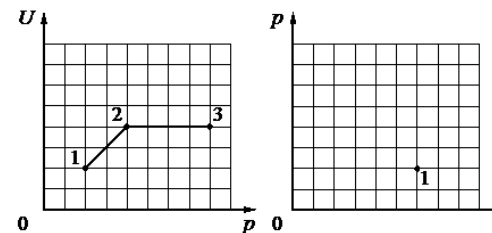


Рис. 1

Рис. 2

Возможное решение

- Приведем рисунок.
- На участке 1-2 температура пропорциональна давлению, процесс при постоянном количестве вещества, согласно уравнению Клапейрона-Менделеева ($pV = \nu RT$), является изохорным нагреванием, объём газа не изменяется, а давление увеличивается в 2 раза. В координатах p - V график является отрезком вертикальной прямой
- Внутренняя энергия идеального одноатомного газа пропорцио-



нальна его абсолютной температуре: $U = \frac{3}{2} \nu RT$. На участке 2-3 $U = \text{const}$, температура газа не меняется, происходит изотермическое сжатие, давление в этом процессе возрастает в 2 раза. При этом $pV = \text{const}$, поэтому объём газа уменьшится в 2 раза. В координатах p - V график является гиперболой.

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 Клапейрона-Менделеева, закон Бойля-Мариотта, формула для определения внутренней энергии одноатомного идеального газа).

3

Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.

В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)

И (ИЛИ)

2

Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.

И (ИЛИ)

В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).

И (ИЛИ)

В решении имеется неточность в указании на одно из физических 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.

1

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

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

0

Максимальный балл

3

29

По гладкой наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом, скользит из состояния покоя брусок массой $M = 250$ г. В тот момент, когда брусок прошел по наклонной плоскости расстояние $x = 3,6$ м, в него попала и застряла в нем летящая навстречу ему вдоль наклонной плоскости пуля массой $m = 5$ г. После попадания пули брусок поднялся вверх вдоль наклонной плоскости на расстояние $S = 2,5$ м от места удара. Найдите скорость пули перед попаданием в брусок. Трение бруска о плоскость не учитывать.

Возможное решение

1. Найдём скорость v_1 , которую брусок приобрёл, пройдя путь x . Используем закон сохранения энергии:

$$Mgx \cdot \sin \alpha = \frac{Mv_1^2}{2}; \quad v_1 = \sqrt{2gx \cdot \sin \alpha} \quad (1)$$

2. Учитывая абсолютно неупругий удар пули и бруска, запишем закон сохранения импульса для этих тел:

$$mv - Mv_1 = (M + m)v_2, \quad \text{где } v \text{ – скорость пули, } v_2 \text{ – скорость, которую приобретут тела после неупругого удара}$$

$$v = \frac{(M+m)v_2 + Mv_1}{m} \quad (2)$$

3. По закону сохранения энергии бруска, поднявшегося по наклонной



плоскости на расстояние S:

$$\frac{(M + m)v_2^2}{2} = (M + m)gS \cdot \sin\alpha$$

$$v_2 = \sqrt{2gS \cdot \sin\alpha} \quad (3)$$

4. Тогда подставим в формулу (2) выражение для скоростей (1) и (3)

$$v = \frac{(M+m)}{m} \sqrt{2gS \cdot \sin\alpha} + \frac{M}{m} \sqrt{2gx \cdot \sin\alpha}$$

$$v = 51\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 2.5 \cdot 0.5} + 50\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 3.6 \cdot 0.5}$$

$$v = 555 \text{ м/с}$$

Ответ: 555 м/с

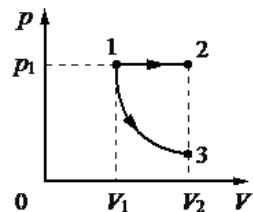
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон сохранения энергии, закон сохранения импульса) 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 пол-	2

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

30

Одно и то же постоянное количество одноатомного идеального газа расширяется из одного и того же начального состояния p_1V_1 до одного и того же конечного объема V_2 первый раз по изобаре 1-2, а второй – по адиабате 1-3 (см. рисунок). Отношение работы газа в процессе 1-2 к работе газа в процессе 1-3 равно $A_{12}/A_{13} = k = 2$. Чему равно отношение количества теплоты Q_{12} , полученного газом от нагревателя в ходе процесса 1-2, к модулю изменения внутренней энергии газа $|U_3 - U_1|$ в ходе процесса 1-3?





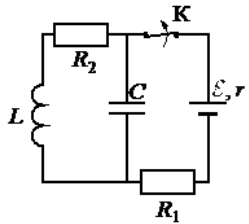
Возможное решение	
<p>1. Количество теплоты Q_{12}, полученное газом в изобарном процессе 1-2 от нагревателя, согласно первому началу термодинамики</p> $Q_{12} = A_{12} + \Delta U = p_1 \Delta V + \frac{3}{2} p_1 \Delta V = \frac{5}{2} p_1 \Delta V = \frac{5}{2} A_{12}$ <p>(С учётом уравнения Менделеева-Клапейрона $pV = \nu RT$.)</p> <p>2. В адиабатном процессе $Q_{13} = 0$. Тогда модуль изменения внутренней энергии газа в процессе 1-3 $U_3 - U_1 = A_{13}$.</p> <p>3. В результате $\chi = \frac{Q_{12}}{ U_3 - U_1 } = \frac{5}{2} \cdot \frac{A_{12}}{A_{13}} = \frac{5}{2} k = 5$</p> <p>Ответ: 5</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 изобарного и адиабатного процессов, уравнение Клапейрона-Менделеева</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 (до-</p>	3

<p>пускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>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 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
<p>Максимальный балл</p>	3



31

На рисунке показана схема электрической цепи, состоящей из источника тока с ЭДС $\mathcal{E} = 12$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом, двух резисторов с сопротивлениями $R_1 = 7$ Ом и $R_2 = 4$ Ом, конденсатора емкостью $C = 3$ мкФ и катушки с индуктивностью $L = 32$ мкГн. Какое количество теплоты выделится на резисторе R_2 после размыкания ключа К? Сопротивлением провода катушки пренебречь.



Возможное решение:	
1. До размыкания ключа электрический ток протекает через последовательно соединенные резисторы R_1 , R_2 и катушку L . Согласно закону Ома для полной цепи	
$I = \frac{E}{R_1 + R_2 + r} = \frac{12}{7 + 4 + 1} = 1 \text{ А}$	
2. При этом напряжение на конденсаторе равно $U = IR_2 = 1 \cdot 4 = 4$ В. Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе была накоплена энергия	
$W_c = \frac{CU^2}{2} = \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 16}{2} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 24 \text{ мкДж}$	
А в катушке - $W_L = \frac{LI^2}{2} = \frac{32 \cdot 10^{-6} \cdot 1^2}{2} = 16 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 16 \text{ мкДж}$	
3. После размыкания ключа вся накопленная энергия выделится в элементах цепи: выделится в виде тепла на резисторе R_2 :	
$Q = W_c + W_L = 24 + 16 = 40 \text{ мкДж}$	
Ответ: $Q = 40$ мкДж	
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: закон Ома для полной цепи, закон Ома для участка цепи, формулы для определения энергии конденсатора и катушки, закон сохранения энергии).</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>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (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 style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необхо-</p>	1



<p>димая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но отсутствуют 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 отсутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

32 Период свободных электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, равен 6,3 мкс. Амплитуда колебаний силы тока $I_m = 5$ мА. В момент времени t сила тока в катушке равна 3 мА. Найдите заряд конденсатора в этот момент.

Возможное решение	
<p>1. Запишем закон сохранения энергии в колебательном контуре:</p> $\frac{LI_{max}^2}{2} = \frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2}$ $q^2 = (LI_{max}^2 - LI^2)C = LC(I_{max}^2 - I^2)$ $q = \sqrt{LC(I_{max}^2 - I^2)}$	
<p>2. Период колебаний определяется формулой Томсона:</p> $T = 2\pi\sqrt{LC}, \text{ откуда получим } \sqrt{LC} = \frac{T}{2\pi}$	
<p>3. $q = \frac{T}{2\pi} \sqrt{I_{max}^2 - I^2} = \frac{6,3 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 3,14} \cdot \sqrt{25 \cdot 10^{-6} - 9 \cdot 10^{-6}}$</p> $q \approx 4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$	
<p>Ответ: $q \approx 4 \cdot 10^{-9}$ Кл</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения за-	3

<p>дачи выбранным способом (в данном случае: закон сохранения энергии для колебательного контура, формула Томсона);</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 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</p>	1



<p>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> <p style="text-align: center;">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

