

**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 и 26 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Ответ 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 цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: 

А	Б
4	1

7 4 1 Бланк

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

КИМ Ответ: вправо 13 В П Р А В О Бланк

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

КИМ

Заряд ядра Z	Массовое число ядра A
38	94

3 8 9 4

Ответ: (1,4 ± 0,2) н. 1 , 4 0 , 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 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 <sup>9</sup>	санти	с	10 <sup>-2</sup>
мега	М	10 <sup>6</sup>	милли	м	10 <sup>-3</sup>
кило	к	10 <sup>3</sup>	микро	мк	10 <sup>-6</sup>
гекто	г	10 <sup>2</sup>	нано	н	10 <sup>-9</sup>
деци	д	10 <sup>-1</sup>	пико	п	10 <sup>-12</sup>

<b>Константы</b>	
число π	π=3,14
ускорение свободного падения на Земле	g = 10 м/с <sup>2</sup>
гравитационная постоянная	G = 6,7 · 10 <sup>-11</sup> Н · м <sup>2</sup> /кг <sup>2</sup>
универсальная газовая постоянная	R = 8,31 Дж/(моль · К)
постоянная Больцмана	k = 1,38 · 10 <sup>-23</sup> Дж/К
постоянная Авогадро	N <sub>A</sub> = 6 · 10 <sup>23</sup> моль <sup>-1</sup>
скорость света в вакууме	c = 3 · 10 <sup>8</sup> м/с
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	k = $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ = 9 · 10 <sup>9</sup> Н · м <sup>2</sup> /Кл <sup>2</sup>
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	e = 1,6 · 10 <sup>-19</sup> Кл
постоянная Планка	h = 6,6 · 10 <sup>-34</sup> Дж · с

<b>Соотношение между различными единицами</b>	
температура	0 К = -273 °С
атомная единица массы	1 а.е.м. = 1,66 · 10 <sup>-27</sup> кг
1 атомная единица массы эквивалента	931 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = 1,6 · 10 <sup>-19</sup> Дж



<b>Масса частиц</b>	
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	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а. е. м.}$

<b>Астрономические величины</b>	
средний радиус Земли	$R_{\oplus} = 6370 \text{ км}$
радиус Солнца	$R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$
температура поверхности Солнца	$T = 6000 \text{ К}$

<b>Плотность</b> подсолнечного масла $900 \text{ кг/м}^3$	
воды $1000 \text{ кг/м}^3$ алюминия $2700 \text{ кг/м}^3$	
древесины (сосна) $400 \text{ кг/м}^3$ железа $7800 \text{ кг/м}^3$	
керосина $800 \text{ кг/м}^3$ ртути $13600 \text{ кг/м}^3$	

<b>Удельная теплоёмкость</b>	
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 $130 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$	

<b>Удельная теплота</b>	
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 –  $0 \text{ }^\circ\text{C}$

<b>Молярная масса</b>			
азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воды	$18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

**Часть 1**

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

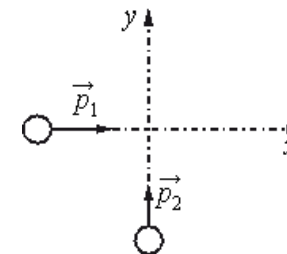
**1** С каким ускорением движется машина, если за пятую секунду от начала движения она проходит путь 18 м?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>

**2** Сани массой 15 кг тянут с силой 30 Н за верёвку, натянувшуюся под углом 60° к горизонту. Каково ускорение саней, сила трения равна 12 Н?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>

**3** По гладкой горизонтальной плоскости вдоль осей x и y движутся две шайбы с импульсами по модулю  $p_1=2,5 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$  и  $p_2=2 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$  (см. рисунок). После их соударения первая шайба продолжает двигаться по оси x в прежнем направлении. Модуль импульса второй шайбы после удара  $p'_2=2,5 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ . Найдите модуль импульса первой шайбы после удара.



Ответ: \_\_\_\_\_ кг·м/с

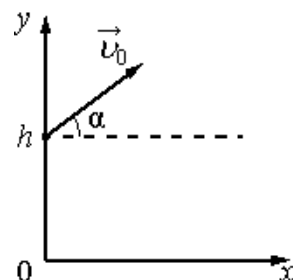
**4** неподвижный наблюдатель включил секундомер в тот момент, когда мимо него проходил первый гребень волны, и выключил секундомер в момент прохождения шестого гребня. Определите период колебаний частиц в волне, если показание секундомера равно 20 с

Ответ: \_\_\_\_\_.



5

В момент  $t=0$  мячик бросают с начальной скоростью  $v \rightarrow 0$  под углом  $\alpha$  к горизонту с балкона высотой  $h$  (см. рисунок). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полёта, от времени  $t$ .

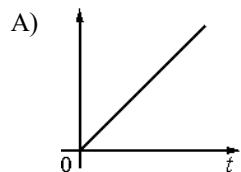


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия мячика отсчитывается от уровня  $y=0$ .

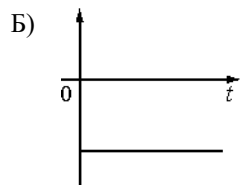
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ**

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**



- 1) потенциальная энергия мячика
- 2) проекция импульса мячика на ось x
- 3) координата x мячика
- 4) проекция ускорения мячика на ось y

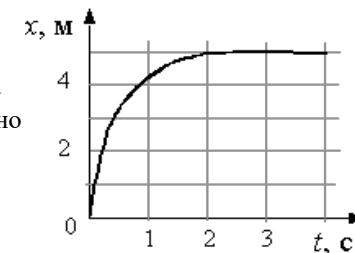


Ответ: 

--	--

6

Шарик катится по желобу. Изменение координаты шарика с течением времени в инерциальной системе отсчета показано на графике. На основании этого графика можно уверенно утверждать, что



- 1) Первые две секунды скорость шарика уменьшалась
- 2) Первые две секунды скорость шарика увеличивалась
- 3) Первые две секунды шарик двигался равноускоренно, а затем покоился
- 4) Первые две секунды шарик двигался равномерно, а затем покоился
- 5) Все время движения на шарик действовала все увеличивающаяся сила

Выберите два верных утверждения и укажите их номера

Ответ: 

--	--

7

На поверхности воды плавает сплошной деревянный брусок. Как изменятся масса вытесненной воды и сила Архимеда, действующая на брусок, если его заменить сплошным бруском той же плотности и высоты, но большей массы?

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.

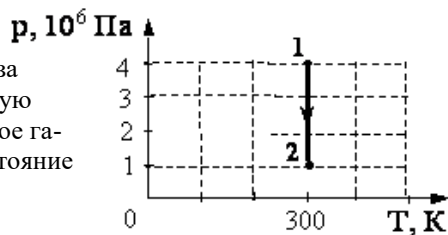
Масса вытесненной воды	Сила Архимеда



**8** При нагревании газа на 5 К приходится увеличивать его объём на 2 % для сохранения давления. Какова первоначальная температура газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ К

**9** На графике показана зависимость давления одноатомного идеального газа от объёма. Газ совершает работу, равную 3 кДж. Количество теплоты, полученное газом при переходе из состояния 1 в состояние 2, равно

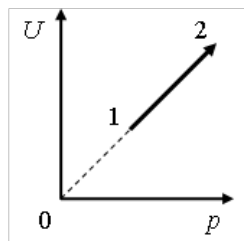


Ответ: \_\_\_\_\_ кДж

**10** При температуре 120С водяной пар имеет давление 700 Па, при этом давление насыщенного пара равно 1400Па. Влажность воздуха при этих обстоятельствах равна.

Ответ: \_\_\_\_\_ %

**11** На рисунке показан процесс изменения состояния одного моля одноатомного идеального газа ( $U$  – внутренняя энергия газа;  $p$  – его давление). Как изменяются в ходе этого процесса объём, абсолютная температура и теплоёмкость газа?



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

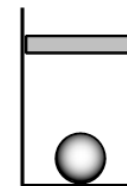
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться

Ответ:

Объём газа	Давление газа	Архимедова сила

**12** В цилиндрическом сосуде под поршнем находится газ. Поршень может перемещаться в сосуде без трения. На дне сосуда лежит стальной шарик (см. рисунок). Из сосуда выпускается половина газа при неизменной температуре. Как изменится в результате этого объём газа, его давление и действующая на шарик архимедова сила?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться

Ответ:

Объём газа	Температура газа	Теплоёмкость газа

**13** Нейтрон и протон влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции на расстоянии  $L$  друг от друга с одинаковыми скоростями  $v$ . Отношение модуля силы, действующей на нейтрон к модулю силы, действующей на протон, со стороны магнитного поля в этот момент времени, равно

Ответ: \_\_\_\_\_.

**14** Медная проволока имеет электрическое сопротивление 6 Ом. Какое электрическое сопротивление имеет медная проволока, у которой в 2 раза больше длина и в 3 раза больше площадь поперечного сечения?

Ответ: \_\_\_\_\_ Ом

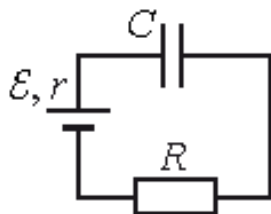
**15** Напряжение на концах первичной обмотки трансформатора 220 В, сила тока в ней 1 А. Напряжение на концах вторичной обмотки 22 В. Какой была бы сила тока во вторичной обмотке при коэффициенте полезного действия трансформатора 100 %?

Ответ: \_\_\_\_\_ А



16

В момент времени  $t = 0$  незаряженный конденсатор подключают к источнику тока последовательно с резистором  $R = 20 \text{ кОм}$  (см. рисунок). Значения напряжения между обкладками конденсатора, измеренные в последовательные моменты времени с точностью  $0,1 \text{ В}$ , представлены в таблице.



c	0	1	2	3	4	5	6	7
U, В	0	3,8	5,2	5,7	5,9	6,0	6,0	6,0

Сопротивлением проводов и внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

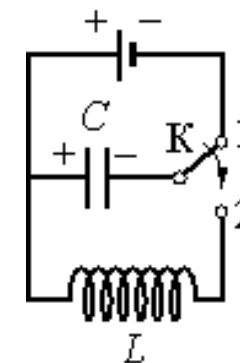
- 1) Падение напряжения на резисторе максимально в момент времени  $t = 7 \text{ с}$ .
- 2) Сила тока в цепи минимальна в момент времени  $t = 0 \text{ с}$ .
- 3) Сила тока в цепи в момент времени  $t = 2 \text{ с}$  равна  $40 \text{ мкА}$ .
- 4) ЭДС источника тока равна  $6 \text{ В}$ .
- 5) Падение напряжения на резисторе в момент времени  $t = 2 \text{ с}$  равно  $5,2 \text{ В}$ .

Выберите два верных утверждения о процессах, происходящих в цепи, и укажите их номера.

Ответ:

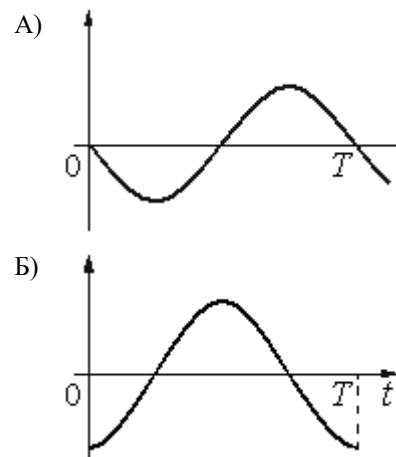
17

Конденсатор колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t=0$  переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого.



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**

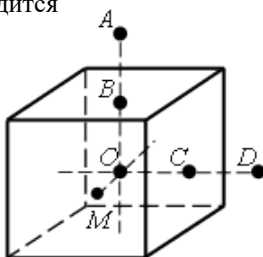
- 1) энергия магнитного поля катушки
- 2) сила тока в катушке
- 3) заряд правой обкладки конденсатора
- 4) заряд левой обкладки конденсатора

Ответ:



**18** На неподвижном проводящем уединенном кубике находится заряд  $Q$ .

Точка  $O$  - центр кубика, точки  $B$  и  $C$  центры его граней,  $AB = OB$ ,  $CD = OC$ ,  $OM = OB/2$ . Модуль напряженности электростатического поля заряда  $Q$  в точке  $A$  равен  $EA$ . Чему равен модуль напряженности электростатического поля заряда  $Q$  в точке  $D$  и точке  $M$ ?



**ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА**

**ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ**

- |  |  |                                    |
|--|--|------------------------------------|
| А) модуль электростатического поля кубика в точке D<br><br>Б) модуль электростатического поля кубика в точке M | напряжённости<br>поля<br><br>напряжённости<br>поля | 1) 0<br>2) EA<br>3) 4EA<br>4) 16EA |
|--|--|------------------------------------|

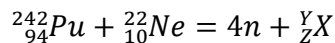
Установите соответствие между физическими величинами и их значениями.

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

Ответ:

А	Б

**19** Определите количество протонов и нейтронов частицы, образующейся в результате реакции:



Ответ:

Количество протонов	Количество нейтронов

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

**20** Активность некоторого радиоактивного элемента за 4 мин уменьшилась в 16 раз. Определите период полураспада этого элемента.

Ответ: \_\_\_\_\_ мин

**21** Установите соответствие между физическими явлениями и приборами, в которых используются или наблюдаются эти явления.

**ЯВЛЕНИЯ**

**ПРИБОРЫ**

- |  |   |
|--|---|
| А) Ионизация газа<br><br>Б) Фотоэффект | 1) Вакуумный фотоэлемент<br>2) Дифракционная решетка<br>3) Счетчик Гейгера<br>4) Лупа |
|--|---|

Ответ:

А	Б

**22** Определите показания динамометра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы равна цене деления динамометра. Динамометр проградуирован в ньютонах.

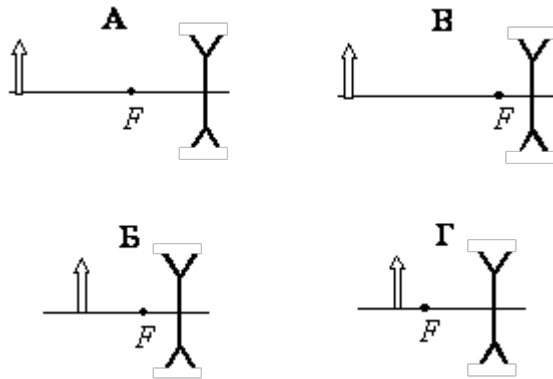
Ответ: (\_\_\_\_ ± \_\_\_\_ ) Н



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



23 Была выдвинута гипотеза, что размер мнимого изображения предмета, создаваемого рассеивающей линзой, зависит от оптической силы линзы. Необходимо экспериментально проверить эту гипотезу. Какие два опыта можно провести для такого исследования?

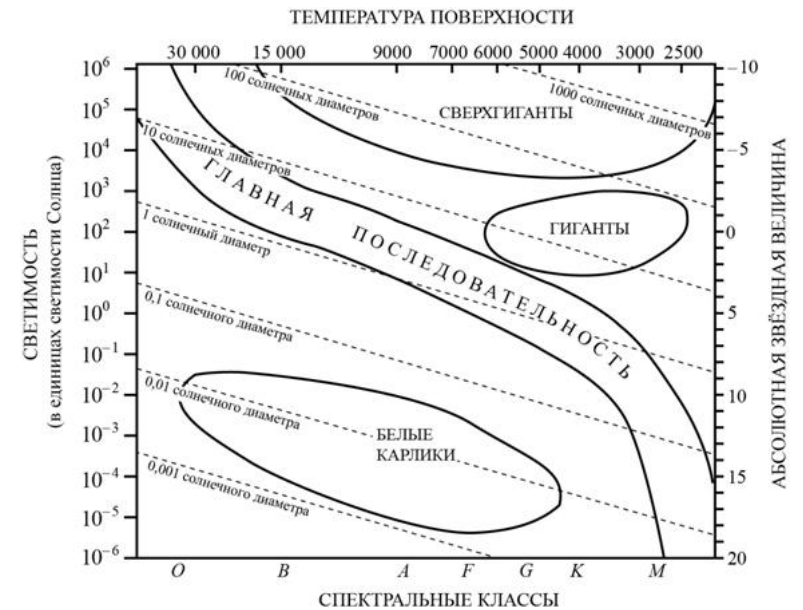


В бланк ответов запишите **буквы**, соответствующие выбранным опытам

Ответ: 

--	--

24 На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга – Рассела.



Выберите все утверждения о звёздах, которые соответствуют диаграмме.

- 1) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса *B* главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса *G* главной последовательности.
- 2) Температура поверхности звёзд спектрального класса *F* ниже температуры звёзд спектрального класса *A*.
- 3) Звезда Арктур имеет температуру поверхности 4100 К, следовательно, она относится к звёздам спектрального класса *B*.
- 4) Радиус звезды Бетельгейзе почти в 1000 раз превышает радиус Солнца, следовательно, она относится к сверхгигантам.
- 5) Средняя плотность сверхгигантов существенно больше средней плотности белых карликов.

Ответ: \_\_\_\_\_.



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

**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** Тепловая машина с максимально возможным КПД имеет в качестве нагревателя резервуар с водой, а в качестве холодильника – сосуд со льдом при 0 оС. При совершении машиной работы 1 МДж растаяло 12,1 кг льда. Определите температуру воды в резервуаре. Ответ округлите до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ К

**25** На дифракционную решетку, имеющую период  $2 \cdot 10^{-5}$  м, падает нормально параллельный пучок белого света. Спектр наблюдается на экране на расстоянии 2 м от решетки. Каково расстояние между красным и фиолетовым участками спектра первого порядка (первой цветной полоски на экране), если длины волн красного и фиолетового света соответственно равны  $8 \cdot 10^{-7}$  м и  $4 \cdot 10^{-7}$  м? Считать  $\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi$ . Ответ выразите в см.

Ответ: \_\_\_\_\_ см

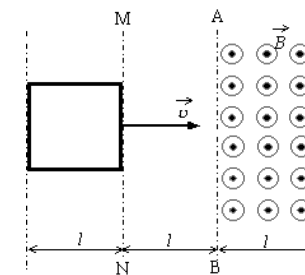
*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, что каждый ответ записан в строке с номером соответствующего задания*

*Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

*Полное правильное решение каждой из задач 28–32 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.*

**27**

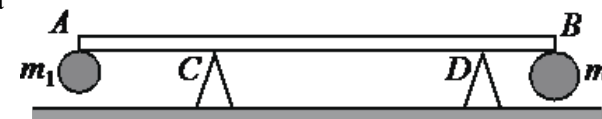
В некоторой области пространства, ограниченной плоскостями АВ и CD, создано однородное магнитное поле. Металлическая квадратная рамка движется с постоянной скоростью, направленной вдоль плоскости рамки и перпендикулярно линиям индукции поля. Нарисуйте графики зависимости от времени магнитного потока  $\Phi$  и ЭДС индукции в рамке, если в начальный момент времени  $t_0$  рамка начинает пересекать плоскость MN (см. рисунок), а в момент времени  $t_1$  касается передней стороной линии АВ, а в момент времени  $t_2$  стороны CD.



Ответ поясните, используя известные вам законы.

**28**

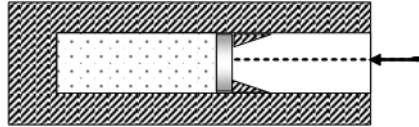
Два небольших шара массами  $m_1=0,2$  кг и  $m_2=0,3$  кг закреплены на концах невесомого стержня АВ, расположенного горизонтально на опорах С и D (см. рисунок). Расстояние между опорами  $l=0,6$  м, а расстояние АС равно 0,2 м. Чему равна длина стержня L, если сила давления стержня на опору D в 2 раза больше, чем на опору С? Сделайте рисунок с указанием внешних сил, действующих на систему тел «стержень и шары».



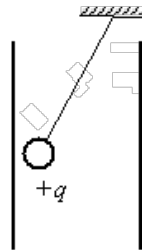


- 29 Средняя плотность планеты Плюк равна средней плотности Земли, а первая космическая скорость для Плюка в 2 раза больше, чем для Земли. Чему равно отношение периода обращения спутника, движущегося вокруг Плюка по низкой круговой орбите, к периоду обращения аналогичного спутника Земли? Объем шара пропорционален кубу радиуса ( $V \sim R^3$ ).

- 30 В вакууме закреплён горизонтальный цилиндр (см. рисунок). В цилиндре находится гелий, запёртый поршнем. Поршень массой 90 г удерживается упорами и может скользить влево вдоль стенок цилиндра без трения. В поршень попадает пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 400 м/с, и застревает в нём. Температура гелия в момент остановки поршня в крайнем левом положении возрастает на 64 К. Чему равно количество вещества гелия в цилиндре? Считать, что за время движения поршня газ не успевает обменяться теплом с цилиндром и поршнем.



- 31 Маленький шарик с зарядом  $q = 4 \times 10^{-7}$  Кл и массой 3 г, подвешенный на невесомой нити с коэффициентом упругости 100 Н/м, находится между вертикальными пластинами плоского воздушного конденсатора. Расстояние между обкладками конденсатора 5 см. Какова разность потенциалов между обкладками конденсатора, если удлинение нити 0,5 мм



- 32 В дно водоема глубиной 3 м вертикально вбита свая, скрытая под водой. Высота сваи 2 м. Угол падения солнечных лучей на поверхность воды равен  $30^\circ$ . Определите длину тени сваи на дне водоема. Коэффициент преломления воды  $n = 4/3$ .

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**





**Система оценивания экзаменационной работы по физике**

**Задания 1–24**

Задания 1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22 и 23 части 1 и задания 25 и 26 части 2 оцениваются 1 баллом. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число, два числа или слово.

Задания 5–7, 11, 12, 16–18 и 21 части 1 оцениваются 2 баллами, если верно указаны оба элемента ответа; 1 баллом, если допущена ошибка в указании одного из элементов ответа, и 0 баллов, если допущено две ошибки. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные), то ставится 0 баллов. Задание 24 оценивается 2 баллами, если указаны все верные элементы ответа; 1 баллом, если допущена одна ошибка (в том числе указана одна лишняя цифра наряду со всеми верными элементами или не записан один элемент ответа); 0 баллов, если допущено две ошибки. В заданиях 5, 11, 16 и 24 порядок записи цифр в ответе может быть различным.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	4	14	4
2	0,2	15	10
3	2	16	43 или 34
4	4	17	23
5	34	18	21
6	13	19	104156
7	11	20	1
8	250	21	31
9	3	22	4,70,1
10	50	23	AB или BГ
11	313	24	24
12	233	25	341
13	0	26	4

**Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом**

Решения заданий 27–32 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 экзаменуемым ответа выставляется от 0 до 2 баллов за задание 28 и от 0 до 3 баллов за задания 27 и 29–32.

27

В некоторой области пространства, ограниченной плоскостями AB и CD, создано однородное магнитное поле. Металлическая квадратная рамка движется с постоянной скоростью, направленной вдоль плоскости рамки и перпендикулярно линиям индукции поля. Нарисуйте графики зависимости от времени магнитного потока  $\Phi$  и ЭДС индукции в рамке, если в начальный момент времени  $t_0$  рамка начинает пересекать плоскость MN (см. рисунок), а в момент времени  $t_1$  касается передней стороной линии AB, а в момент времени  $t_2$  стороны CD. Ответ поясните, используя известные вам законы.

Возможное решение

Пояснения к графику:

- В момент времени  $t_0$  -  $t_1$  рамка движется вне магнитного поля, поэтому магнитный поток равен 0, соответственно,  $\epsilon$  в рамке тоже не возникает.
- в момент времени  $t_1$  -  $t_2$  рамка попадает в магнитное поле и поток нарастает, что и видно на графике. В соответствии с законом электромагнитной индукции:

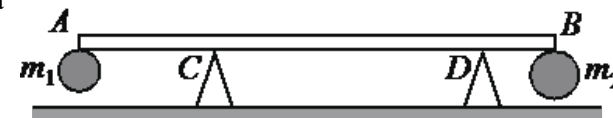
$$\epsilon = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

в рамке возникает $\mathcal{E}$ . Знак «-» в формуле говорит том, что проекция $\mathcal{E}$ отрицательная.	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: построены графики) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: закон электромагнитной индукции, дано пояснение отрицательной проекции $\mathcal{E}$ )	3
<p>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> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p>	1

Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u> , 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
<i>Максимальный балл</i>	3

28

Два небольших шара массами  $m_1=0,2$  кг и  $m_2=0,3$  кг закреплены на концах невесомого



стержня АВ, расположенного горизонтально на опорах С и D (см. рисунок). Расстояние между опорами  $l=0,6$  м, а расстояние АС равно  $0,2$  м. Чему равна длина стержня  $L$ , если сила давления стержня на опору D в 2 раза больше, чем на опору С? Сделайте рисунок с указанием внешних сил, действующих на систему тел «стержень и шар».

Возможное решение

Решение:  
 Система «стержень-шары» находится в равновесии, следовательно, выполняются два условия:  
 1. Сумма всех сил, действующих на систему, равна 0.  
 $m_1\vec{g} + m_2\vec{g} + \vec{N}_c + \vec{N}_D = 0$   
 В проекциях на ось X получим:  
 $N_c + N_D = m_2g + m_1g$



<p>Учитывая, что <math>N_D=2 N_c</math>, <math>3 N_c= m_2 g+ m_1 g</math> (1)</p> <p>2. Систему «стержень-шары» можно рассматривать как рычаг. Примем за ось вращения точку D и запишем второе условие равновесия: Сумма моментов сил, действующих на систему, равна 0. Будем считать положительным момент сил, вращающих систему по часовой стрелке.</p> <p>Тогда: <math>N_c  CD  + m_2 g DB  - m_1 g AD  = 0</math> (2)</p> <p>Решая совместно (1) и (2), определим <math> DB =0.2м</math></p> <p>Тогда длина L стержня равна: <math>L= AC  +  CD  +  DB  = 0.2 + 0.6 + 0.2 = 1м</math></p> <p>Ответ: <math>L=1м</math></p> <p>Ответ: <math>L=1м</math></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>условие равновесия твердого тела</i>) II) сделан правильный рисунок с указанием внешних сил, действующих на стержень и шары; проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); III) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> из следующих случаев. Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но допущена ошибка в ответе или в математических преобразованиях или вычислениях.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p>	1

Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

**29** Средняя плотность планеты Плюк равна средней плотности Земли, а первая космическая скорость для Плюка в 2 раза больше, чем для Земли. Чему равно отношение периода обращения спутника, движущегося вокруг Плюка по низкой круговой орбите, к периоду обращения аналогичного спутника Земли? Объем шара пропорционален кубу радиуса ( $V \sim R^3$ ).

<b>Возможное решение</b>	
<p>Период обращения планеты по круговой орбите можно определить по формуле</p> $T = \frac{2\pi R}{v},$ <p>где R-радиус орбиты планеты, а</p> $v = \sqrt{G \frac{M}{R}}$ <p>скорость вращения спутника по круговой орбите ( первая космическая), здесь M-масса планеты, R-радиус орбиты. Массу определяем по формуле</p> $M = \rho V, \text{ где}$ $V = \frac{4}{3} \pi r^3 - \text{объем шара, } r - \text{радиус планеты.}$ <p>Пусть <math>T_1</math>-период обращения спутника Плюка, а <math>T_2</math>-период обращения спутника Земли. Учитывая, что при движении по низкой круговой орбите можно принять <math>R=r</math>, а по условию <math>\rho_1 = \rho_2, v_1 = 2v_2</math>, после подстановок и преобразований получим:</p> $\frac{T_1}{T_2} = \frac{R_1}{2R_2} \frac{v_1}{2v_2} = 1$ <p style="text-align: center;"><b>Ответ:</b> <math>\frac{T_1}{T_2} = 1</math></p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы



<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) Записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>Период при движении по окружности, первая космическая скорость, плотность тела.</i>).</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, 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 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, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p>	1

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

30

В вакууме закреплён горизонтальный цилиндр (см. рисунок). В цилиндре находится гелий, запёртый поршнем. Поршень массой 90 г удерживается упорами и может скользить влево вдоль стенок цилиндра без трения. В поршень попадает пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 400 м/с, и застревает в нём. Температура гелия в момент остановки поршня в крайнем левом положении возрастает на 64 К. Чему равно количество вещества гелия в цилиндре? Считать, что за время движения поршня газ не успевает обменяться теплом с цилиндром и поршнем.

Возможное решение

1. Так как за время движения поршня газ не успевает обменяться теплом с цилиндром и поршнем, следовательно, процесс, происходящий в поршне, можно считать адиабатным.
2. Запишем первый закон термодинамики для адиабатного процесса:  
 $A = \Delta U$  (1)



<p>Здесь <math>A= \Delta E_k </math> – изменение кинетической энергии поршня, движущегося вместе с пулей.</p> $A= \Delta E_k  = 0 - \frac{(M+m)u^2}{2} \quad (2)$ <p><math>u</math>-скорость поршня после попадания в него пули. Скорость поршня после попадания в него пули определим из закона сохранения импульса:</p> $m\vartheta = (M + m)u \quad (3)$ $u = \frac{m\vartheta}{M+m} \quad (4)$ <p>Изменение внутренней энергии</p> $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \quad (5)$ <p>Подставляя (4) в (2), а (2) и (5) в (1), выразим <math>\nu</math>:</p> $\nu = \frac{m^2 \vartheta^2}{3RT(M+m)} = 0.1 \text{ моль}$ <p>Ответ: 0,1 моль</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I. записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае <i>первый закон термодинамики для адиабатного процесса, закон сохранения импульса, теорема о кинетической энергии</i>)</p> <p>II. описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III. проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p>	3

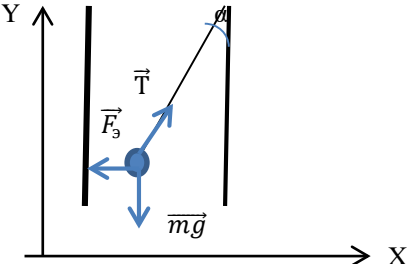
<p>представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие 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, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> 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
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 200106



- 31** Маленький шарик с зарядом  $q = 4 \times 10^{-7}$  Кл и массой 3 г, подвешенный на невесомой нити с коэффициентом упругости 100 Н/м, находится между вертикальными пластинами плоского воздушного конденсатора. Расстояние между обкладками конденсатора 5 см. Какова разность потенциалов между обкладками конденсатора, если удлинение нити 0,5 мм

Возможное решение



Шарик находится в равновесии под действием сил:  
 $\vec{F}_3$ -силы электрического взаимодействия,  
 $\vec{m}\vec{g}$ ,  $\vec{T}$ -силы упругости нити.

По первому закону Ньютона:  $\vec{T} + \vec{m}\vec{g} + \vec{F}_3 = 0$   
 В проекциях на оси:

$$\text{OX: } T \sin \alpha - F_3 = 0 \quad (1)$$

$$\text{OY: } T \cos \alpha - mg = 0 \quad (2)$$

Напряженность поля  $E = \frac{F_3}{q} \quad (3).$

Разность потенциалов:  
 $U = Ed \quad (4)$

Сила упругости  
 $T = k\Delta l \quad (5)$

Подставляя (5) в (2), определим  $\cos \alpha$ :  
 $\cos \alpha = \frac{mg}{k\Delta l}$ , и  $\sin \alpha = \sqrt{1 - (\cos \alpha)^2}$

Из (1) выразим  
 $F_3 = k\Delta l \sin \alpha$   
 и разность потенциалов  
 $U = \frac{\sqrt{(k\Delta l)^2 - (mg)^2}}{q} d = 5000 \text{ В}$

Ответ: 5000 В.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: Сила упругости, разность потенциалов, напряженность поля, первый закон Ньютона 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, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. 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 <u>одному</u> из следующих случаев.	1



<p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно 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>	0
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

32

В дно водоема глубиной 3 м вертикально вбита свая, скрытая под водой. Высота сваи 2 м. Угол падения солнечных лучей на поверхность воды равен 30°. Определите длину тени сваи на дне водоема. Коэффициент преломления воды  $n = 4/3$ .

Возможное решение

Решение:

длина тени от сваи высотой  $h$  определим из выражения:

$$l = h \tan \gamma, \quad (1) \quad \text{где } \gamma - \text{угол преломления, причем}$$

по закону Снеллиуса  $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$ . отсюда

$$\sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{n}$$

<p>тогда <math>\tan \gamma = \frac{\sin \gamma}{\cos \gamma} = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{n^2 - (\sin \alpha)^2}}</math> подставляя в (1), получим:</p> $l = h \frac{\sin \alpha}{\sqrt{n^2 - (\sin \alpha)^2}} \approx 0.8 \text{ м}$ <p>ответ: 0.8 м.</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: закон Снеллиуса);</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, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</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>	2

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 200106





Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	
<p>Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно 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
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

В соответствии с Порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования (приказ Минпросвещения России и Рособрнадзора от 07.11.2018 № 190/1512, зарегистрирован Минюстом России 10.12.2018 № 52952)

«82. По результатам первой и второй проверок эксперты независимо друг от друга выставляют баллы за каждый ответ на задания экзаменационной работы ЕГЭ с развернутым ответом.

В случае существенного расхождения в баллах, выставленных двумя экспертами, назначается третья проверка. Существенное расхождение в баллах определено в критериях оценивания по соответствующему учебному предмету.

Эксперту, осуществляющему третью проверку, предоставляется информация о баллах, выставленных экспертами, ранее проверявшими экзаменационную работу».

Если расхождение составляет 2 или более балла за выполнение любого из заданий 25–32, то третий эксперт проверяет только те ответы на задания, которые вызвали столь существенное расхождение.

