

## 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 2 частей, включающих в себя 32 задания. Ответы к заданиям 1, 2, 8, 9, 13, 14, 19, 20 и 23 записываются по приведённому ниже образцу в виде одной цифры, которая соответствует номеру правильного ответа. Эту цифру запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: 

4
---

2	4
---	---

     Бланк

В заданиях 3–5, 10, 15, 16, 21, 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 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 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

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, капиллярной или перьевой ручек.

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

Баллы, полученные Вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

*Желаем успеха!*

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться Вам при выполнении работы.

### Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	санти	с	$10^{-2}$
мега	М	$10^6$	милли	м	$10^{-3}$
кило	к	$10^3$	микро	мк	$10^{-6}$
гекто	г	$10^2$	нано	н	$10^{-9}$
деци	д	$10^{-1}$	пико	п	$10^{-12}$

### Константы

число $\pi$	$\pi = 3,14$
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	$R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$
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	



<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 · 10 <sup>-31</sup> кг ≈ 5,5 · 10 <sup>-4</sup> а. е. м.
протона	1,673 · 10 <sup>-27</sup> кг ≈ 1,007 а. е. м.
нейтрона	1,675 · 10 <sup>-27</sup> кг ≈ 1,008 а. е. м.

<b>Плотность</b>			
		подсолнечного масла	900 кг/м <sup>3</sup>
воды	1000 кг/м <sup>3</sup>	алюминия	2700 кг/м <sup>3</sup>
древесины (сосна)	400 кг/м <sup>3</sup>	железа	7800 кг/м <sup>3</sup>
керосина	800 кг/м <sup>3</sup>	ртути	13600 кг/м <sup>3</sup>

<b>Удельная теплоёмкость</b>			
воды	4,2·10 <sup>3</sup> Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	2,1·10 <sup>3</sup> Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)	чугуна	800 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

<b>Удельная теплота</b>	
парообразования воды	2,3·10 <sup>6</sup> Дж/К
плавления свинца	2,5·10 <sup>4</sup> Дж/К
плавления льда	3,3·10 <sup>5</sup> Дж/К

**Нормальные условия:** давление - 10<sup>5</sup> Па, температура – 0 °С

<b>Молярная масса</b>			
азота	28·10 <sup>-3</sup> кг/моль	гелия	4·10 <sup>-3</sup> кг/моль
аргона	40·10 <sup>-3</sup> кг/моль	кислорода	32·10 <sup>-3</sup> кг/моль
водорода	2·10 <sup>-3</sup> кг/моль	лития	6·10 <sup>-3</sup> кг/моль
воздуха	29·10 <sup>-3</sup> кг/моль	неона	20·10 <sup>-3</sup> кг/моль
воды	2,1·10 <sup>3</sup> Дж/(кг·К)	углекислого газа	44·10 <sup>-3</sup> кг/моль

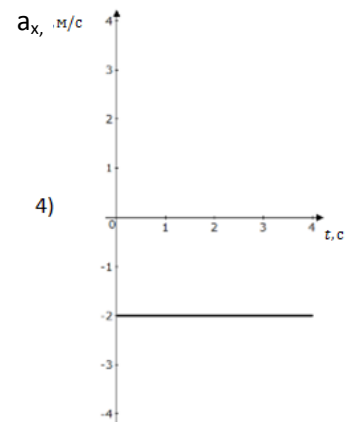
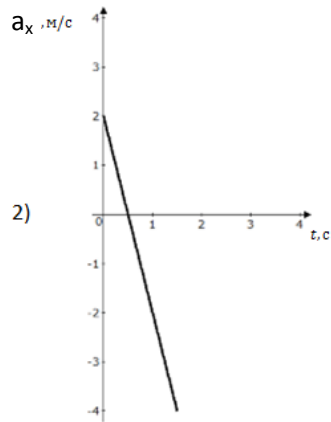
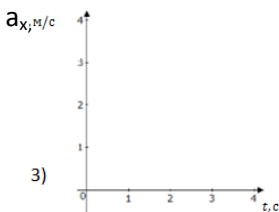
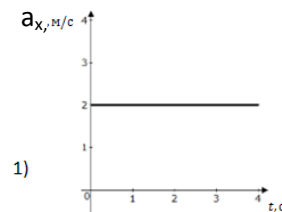
**Часть 1**

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, число или последовательность цифр. 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.

**Часть 1**

**1**

Проекция скорости тела меняется с течением времени согласно закону  $v_x = 2 - 4t$ , где все величины выражены в СИ. Какой из графиков отражает зависимость проекции ускорения тела от времени?

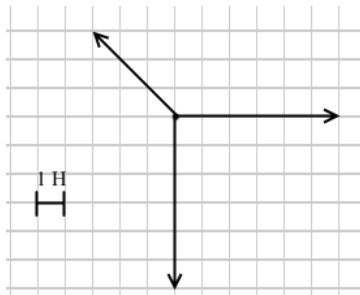


ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 031608



Ответ:

**2** На рисунке показаны силы (в заданном масштабе размер длины клетки 1 Ньютон), действующие на материальную точку. Модуль равнодействующей силы равен



- 1)  $2\sqrt{3}$  Н
- 2)  $\sqrt{3}$  Н
- 3)  $3\sqrt{2}$  Н
- 4)  $\sqrt{2}$  Н

Ответ:

**3** Две материальные точки движутся с постоянной скоростью по окружности. Период обращения первой точки равен 3 секунды, второй – 6 секунд. Радиус обращения первой точки равен 0.3 метра, второй – 0.1 метра.

Найти отношение  $\frac{v_1}{v_2}$  скоростей первой и второй материальных точек.

Ответ: \_\_\_\_\_ .

**4** Шарик массой 5 кг вылетает вертикально из пушки со скоростью 10 м/с. На какую максимальную высоту поднимется шарик, если в полете он потеряет 10% от начальной кинетической энергии. ( $g = 10 \text{ М/с}^2$ )

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

**5** Тело объемом  $6 \text{ м}^3$  плавает в воде, погрузившись в нее не полностью. Плотность тела равна  $800 \text{ кг/м}^3$ . Чему равен объем погруженной в воду части тела.

Ответ: \_\_\_\_\_  $\text{м}^3$ .

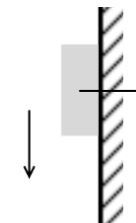
**6** Около Земли на постоянной круговой орбите и с постоянной скоростью вращается спутник. Если заменить начальный спутник на спутник большей массы то, как изменится частота обращения и сила притяжения к Земле, если скорость обращения нового спутника останется прежней? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) Увеличится
- 2) Уменьшается
- 3) Не изменяется

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

Сила притяжения к Земле	Частота

**7** На тело массой  $m$ ,двигающееся вниз вдоль стенки, действует горизонтальная сила  $\vec{F}$ . Коэффициент трения тела о стенку равен  $\mu$ . 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.



ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 031608



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) Сила трения
- Б) Ускорение тела

ФОРМУЛЫ

- 1)  $\mu mg$
- 2)  $\mu F$
- 3)  $g - \frac{\mu F}{m}$
- 4)  $\frac{F}{m}$

А	Б

Ответ:

8 В сосуде под поршнем находится насыщенный пар. Внутренние стенки сосуда в каплях. Температура окружающего воздуха постоянна. Поршень начинают медленно выдвигать из сосуда. Выберите верное утверждение.

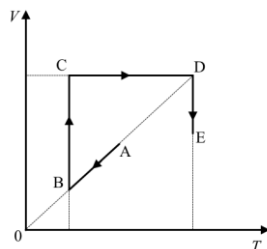
- 1) Давление в сосуде всегда будет уменьшаться.
- 2) Давление в сосуде всегда будет оставаться постоянным.
- 3) Давление сначала не будет изменяться, но потом уменьшаться.
- 4) Давление сначала будет уменьшаться, но потом изменяться не будет

Ответ:

9 На рисунке приведен график зависимости объема неизменной массы газа от температуры. Изменения происходят в направлении, указанном стрелкой. Какой процесс происходит с газом на участке АВ?

- 1) Изотермическое сжатие
- 2) Изотермическое расширение
- 3) Изобарное нагревание
- 4) Изобарное охлаждение

Ответ:



10

Идеальный газ получил количество теплоты 900 Дж. При этом внешние силы совершили работу равную 500 Дж. Насколько изменилась его внутренняя энергия?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

11

Температуру идеального газа в закрытом сосуде под поршнем увеличивают в два раза. Давление в сосуде поддерживается постоянным. Как будет изменяться внутренняя энергия и объем сосуда?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

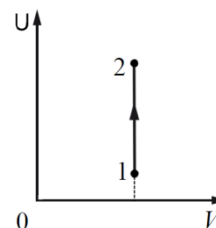
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Объем сосуда	Внутренняя энергия газа в сосуде

12

На рисунках приведены графики А и Б двух процессов, происходящих с 1 моль гелия. Графики построены в координатах  $p-V$  и  $U-V$ , где  $p$  – давление,  $V$  – объём и  $U$  – внутренняя энергия газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца.

ГРАФИКИ



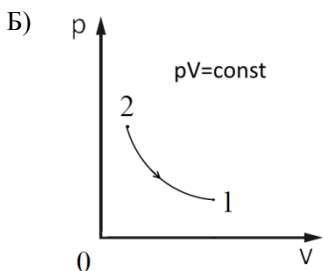
УТВЕРЖДЕНИЯ

- А)
  - 1) Внешние силы совершают работу, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
  - 2) Газ совершает отрицательную работу, но внутренняя энергия не изменяется
  - 3) Газ получает положительное количество теплоты и совершает работу.
  - 4) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.



ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 031608





Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

А	Б

Ответ:

13

Какое из ниже приведенных явлений объясняет появление радуги после дождя?

- 1) Интерференция света
- 2) Дисперсия света
- 3) Дифракция света
- 4) Ни одно из них

Ответ:

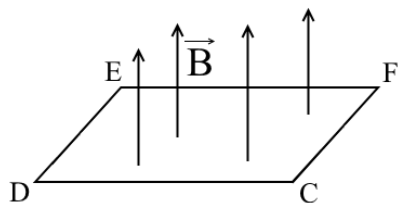
14

Прямоугольная рамка C-D-E-F находится в однородном вертикальном возрастающем магнитном поле B.

Куда направлена будет сила Ампера, действующая на проводник D-E?

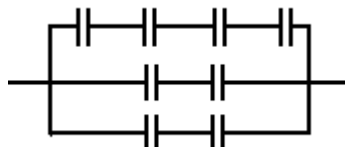
- 1) вертикально вверх ⊙
- 2) вертикально вниз ⊗
- 3) горизонтально вправо →
- 4) горизонтально влево ←

Ответ:



15

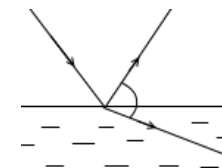
Емкость каждого конденсатора равна 100 мкФ. Чему равна емкость батареи конденсаторов?



Ответ: \_\_\_\_\_ мкФ.

16

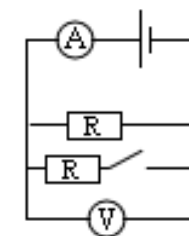
Луч падает из воздуха в жидкость с коэффициентом преломления  $\sqrt{3}$ . Угол падения равен  $60^\circ$ . Найти угол между отраженным лучом и преломленным. Дайте ответ в градусах.



Ответ: \_\_\_\_\_ °.

17

Как изменятся показания на амперметре и вольтметре, если ключ на схеме замкнуть?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

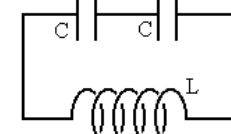
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

Амперметр	Вольтметр

18

Колебательный контур состоит из последовательно соединенных конденсаторов ёмкостью C и катушки индуктивностью L. При электромагнитных колебаниях, происходящих в этом контуре, максимальный ток на катушке индуктивности равен I. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. Сопротивлением контура пренебречь.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца.



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) максимальный заряд на конденсаторе емкостью С

Б) Полная энергия цепи

ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{LI^2}{4}$
- 2)  $\frac{LI^2}{2}$
- 3)  $I\sqrt{\frac{LC}{2}}$
- 4)  $I\sqrt{LC}$

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б

19 Сравните состав ядер изотопов мышьяка  ${}_{33}^{76}\text{As}$  и рубидия  ${}_{37}^{84}\text{Rb}$ . У этих изотопов одинакова (-о):

- 1) число нейтронов
- 2) разность чисел нейтронов и протонов
- 3) число протонов
- 4) число электронов

Ответ:

20 Ядерные реакции классифицируют по виду бомбардирующей ядро частицы. Какая бомбардирующая частица применялась в следующей реакции.  
 ${}_{12}^{24}\text{Mg} + ? = {}_{14}^{27}\text{Si} + {}_0^1\text{n}$

- 1) нейтрон
- 2)  $\beta$  – частица
- 3)  $\alpha$  – частица
- 4) протон

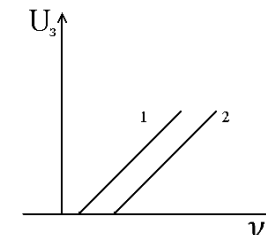
Ответ:

21 Период полураспада радона  ${}_{86}^{222}\text{Rn}$  примерно 92 часа. Изначально было 16 молей атомов. Выберите верное утверждение:

- 1) Через 276 часов останется 1 моль атомов
- 2) Через 184 часа все изначально имевшиеся ядра радона распадутся
- 3) Через 92 часа атомный номер каждого ядра атома уменьшится в 2 раза
- 4) Через 92 часа останется 8 молей радона

Ответ:

22 В опытах по внешнему фотоэффекту изучалась зависимость запирающего напряжения от частоты падающего света. Для первого материала зависимость на графике под цифрой «1». Если заменить первоначальный материал фотокатода на другой, то зависимость будет другой – на графике под цифрой «2». Как изменилась работа выхода и максимальная длина волны, когда фотоэффект не наблюдается.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

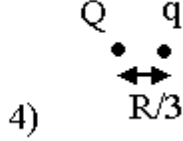
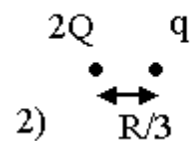
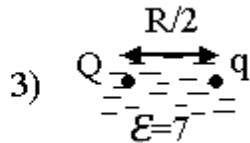
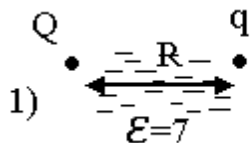
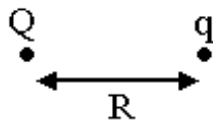
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Работа выхода	«Красная граница» фотоэффекта $\lambda_{кр}$



**23** Необходимо экспериментально изучить зависимость силы взаимодействия двух зарядов (силы Кулона) от диэлектрической проницаемости среды  $\epsilon$  (первоначально заряды находятся в вакууме  $\epsilon = 1$ ).  
(на всех рисунках  $Q, q$  – заряды тел,  $R$  – расстояние между зарядами)  
Какое из ниже приведенных экспериментов необходимо использовать, чтобы изучить такое исследование?



Ответ:

**24** На тело массой 2 кг ,падающее вертикально вниз, действует сила сопротивления воздуха, пропорциональная мгновенной скорости тела  $F = kv$ . В таблицы представлены результаты измерения скорости тела от времени.  
Выберите **два** утверждения, соответствующих результатам этих опытов, и запишите в таблицу цифры, под которыми указаны эти утверждения. ( $g = 9.8 \text{ М/с}^2$ )

$t$	0	0.25	1.25	6	7
$v$	0	2	5	5.6	5.6

- 1) Коэффициент пропорциональности  $k$  равен  $= 3,5 \text{ [Н} \cdot \text{с/м]}$
- 2) Коэффициент пропорциональности  $k$  равен  $= 5 \text{ [Н} \cdot \text{с/м]}$
- 3) Ускорение через 1,25 секунды равен  $9,8 \text{ [м/с}^2\text{]}$ .

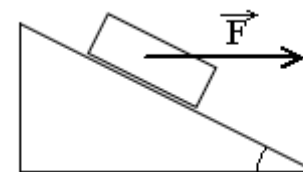
- 4) Ускорение через 0,25 секунды равен  $6,3 \text{ [м/с}^2\text{]}$ .
- 5) Максимальное ускорение равно  $5,6 \text{ [м/с}^2\text{]}$ .

Ответ:

**Часть 2**

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

**25** На наклонной плоскости, образующий угол  $\alpha$  к горизонту, такой что  $\cos(\alpha) = 0.8$  (см. рисунок), находится брусок массой 50 кг, на которое действует горизонтально направленная сила 100 Н. Найдите ускорение бруска, если коэффициент трения между бруском и поверхностью равен  $\mu = 0,5$ ,  $g=10 \text{ М/с}^2$  ?



Ответ: \_\_\_\_\_  $\text{М/с}^2$ .

**26** В сосуде с водой плавает льдинка, в которую вмерзла свинцовая дробинка. Масса льдинки 50 г, масса дробинки 5 г, температура воды в сосуде  $0^\circ\text{C}$ . Какое наименьшее количество теплоты необходимо затратить, чтобы дробинка начала тонуть?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

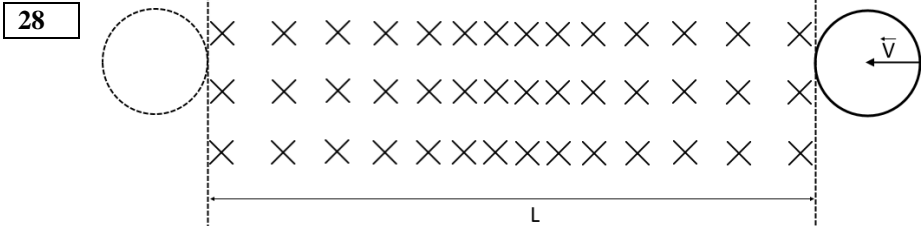
**27** Монохроматический свет падает нормально на дифракционную решетку, имеющую 500 штрихов на миллиметр. Какой наибольший порядок наблюдаемого спектра  $k_{max}$ , если длина волны света  $\lambda=520 \text{ нм}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

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



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



Круглую рамку с постоянной скоростью вводят в прямоугольную зону магнитного неоднородного поля, направленного на нас, которое возрастает и имеет максимум в центре. Опишите направление силы тока, возникающего в рамке, и силы, действующие на нее в процессе входа в эту зону и выхода из нее.

Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения.

*Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

**29** Металлическая замкнутая цепочка длиной  $L=60$  сантиметров? Диск раскручивают с помощью электродвигателя. Когда частота вращения диска достигает  $n = 10$  Гц, цепочка соскакивает с диска. Она ведет себя как жесткий обруч: может, например, катиться по столу, пока вращения не замедлится. Какова сила  $T$  натяжения цепочки в тот момент, когда она соскакивает с диска? Масса цепочки  $M = 40$  г.

**30** В цилиндре под поршнем площадью  $S = 100\text{см}^2$  и массой  $m_1 = 50$  кг находится воздух при температуре  $t_1 = 7^\circ\text{C}$ . Поршень находится на высоте  $h_1 = 60$  см от дна цилиндра. Воздух в цилиндре гревают до  $t_2 = 47^\circ\text{C}$ , а на поршень ставят гирию массой  $m_2 = 100$  кг. На сколько опустится или поднимется поршень по сравнению со своим начальным

положением? Атмосферное давление  $p_a = 100$  кПа, трением поршня о стенки цилиндра можно пренебречь.

**31** Какой максимальный заряд может приобрести шар радиусом 10 см в результате облучения его светом с длиной волны  $\lambda = 110$  нм, если работа выхода электронов с поверхности шара равна  $9 \cdot 10^{-19}$  Дж?

**32** Для разгона космических аппаратов и коррекции их орбит предложено использовать солнечный парус – скрепленный с аппаратом легкий экран большой площади из тонкой плёнки, которая зеркально отражает солнечный свет. Какой должна быть площадь паруса, чтобы аппарат массой 500 кг (включая массу паруса) имел ускорение  $10^{-3}$  м/с<sup>2</sup>? Мощность  $W$  солнечного излучения, падающего на 1 м<sup>2</sup> поверхности, перпендикулярную солнечному свету, составляет 1370 Вт/м<sup>2</sup>.

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 031608







**Система оценивания экзаменационной работы по физике**

**Задания 1–27**

За правильный ответ на каждое из заданий 1–5, 8–10, 13–16, 19–21, 23 и 25–27 ставится по 1 баллу. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемая цифра или число.

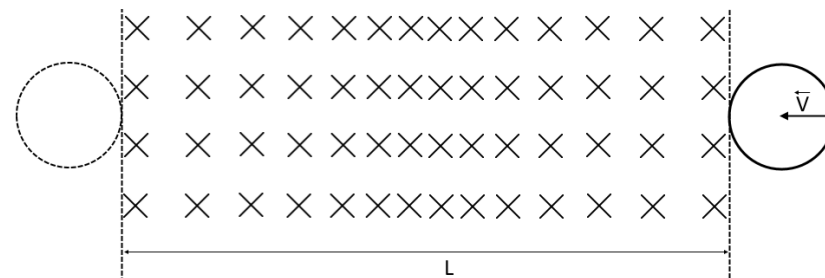
Каждое из заданий 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 оценивается в 2 балла, если верно указаны оба элемента ответа; в 1 балл, если допущена одна ошибка; в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует – 0 баллов.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	3	15	125
2	3	16	90
3	6	17	13
4	4,5	18	32
5	4,8	19	2
6	13	20	3
7	23	21	4
8	3	22	12
9	4	23	1
10	1400	24	14 или 41
11	11	25	4,2
12	43	26	3
13	2	27	3
14	3		

**КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ С РАЗВЕРНУТЫМ 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



Круглую рамку с постоянной скоростью вводят в прямоугольную зону магнитного неоднородного поля, направленного на нас, которое возрастает и имеет максимум в центре. Опишите направление силы тока, возникающего в рамке, и силы, действующие на нее в процессе входа в эту зону и выхода из нее.

Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения.

Возможное решение
<p>1. Когда рамку вводят в зону с магнитным полем, то поток возрастает, из-за чего по закону Фарадея, возникает индукционный ток. Он будет течь против часовой стрелки - по правилу Ленца ток, возникающий в рамке, должен уменьшить своим полем внешнее поле в зоне. Разложим силу Ампера на горизонтальные и вертикальные составляющие. Вертикальная составляющая силы Ампера будет равна нулю, из-за равенства сил, действующих на верхнюю и нижнюю полуокружность. Горизонтальные не равны нулю, и сила действующая на левую часть полуокружности будет больше силы действующей на правую часть. Сила Ампера будет направлена против движения.</p> <p>2. Так будет продолжаться, пока центр окружности рамки не пройдет центр зоны. В этот момент ток будет равен нулю. И сила Ампера тоже.</p> <p>3. При дальнейшем движении рамки влево, ток будет течь по часовой стрелке, создавая поле направленное вниз. Что и соответствует закону Фарадея и правилу Ленца – поток будет уменьшаться, а значит, ток будет направлен так, чтобы сохранить поток. Снова разложим силу Ампера на горизонтальные и вертикальные составляющие. Вертикальная также равна нулю. А горизонтальные в этом случае наоборот будут направлены. Но сила действующая на</p>

правую часть полуокружности будет больше силы действующей на левую часть. Сила Ампера будет направлена против движения.	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>указано направление силы тока</i> ) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>определено направление тока через рамку с указанием на используемые правила и законы</i> )	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) 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.	2
Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> 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	1

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, <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

29

Металлическая замкнутая цепочка длиной  $L=60$  сантиметров? Диск раскручивают с помощью электродвигателя. Когда частота вращения диска достигает  $n = 10$  Гц, цепочка соскакивает с диска. Она ведет себя как жесткий обруч: может, например, катиться по столу, пока вращения не замедлится. Какова сила  $T$  натяжения цепочки в тот момент, когда она соскакивает с диска? Масса цепочки  $M = 40$  г.

Возможное решение

В ИСО, связанной с Землёй, цепочка вращается с постоянной угловой скоростью. На каждый малый элемент кольца будут действовать силы натяжения  $\vec{T}_1$  и  $\vec{T}_2$ , равные по модулю  $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2|$ , от соседних элементов. В этом случае, как следует из второго закона Ньютона, их сумма равна произведению массы этого элемента на центростремительное ускорение:

$$\vec{a}m = \vec{T}_1 + \vec{T}_2$$



ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 031608



<p><math>m</math> – масса элемента кольца  <math>\frac{m}{M} = \frac{\varphi}{2\pi}</math>    <math>a = R \cdot \omega^2</math>    <math>\omega = 2\pi n</math>,  <math>R</math> – радиус кольца,  <math>\varphi</math> – угловой размер элемента кольца,  <math>n</math> – частота вращения,  <math>\omega</math> – угловая скорость,  <math>M</math> – масса всего кольца</p> <p>При малых углах <math>\sin \varphi \cong \varphi</math>. Тогда длина элемента кольца равна <math>l = \varphi R</math>.                  Если привести подобие:</p> $\frac{T}{R} = \frac{am}{\varphi R}$ $T = \frac{am}{\varphi} = R \cdot M \cdot \frac{\varphi}{2\pi} \cdot \frac{\omega^2}{\varphi}$ <p>Длина всего кольца равна: <math>L = 2\pi R</math></p> $T = \frac{L}{2\pi} \cdot M \cdot \frac{\varphi}{2\pi} \cdot \frac{\omega^2}{\varphi} = LMn^2 = 0.6 \cdot 0.04 \cdot 100 = 2.4 \text{ Н}$ <p>Ответ: <math>T = 2.4 \text{ Н}</math></p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>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: <i>второй закон Ньютона</i>);                      II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);                      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>	3
Правильно записаны все необходимые положения теории,	2

<p>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.                      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)</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> 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                      Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.                      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</p>	1



ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 031608



решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

**30** В цилиндре под поршнем площадью  $S = \text{см}^2$  и массой  $m_1 = 50 \text{ кг}$  находится воздух при температуре  $t_1 = 7^\circ\text{C}$ . Поршень находится на высоте  $h_1 = 60 \text{ см}$  от дна цилиндра. Воздух в цилиндре гревают до  $t_2 = 47^\circ\text{C}$ , а на поршень ставят гирию массой  $m_2 = 100 \text{ кг}$ . На сколько опустится или поднимется поршень по сравнению со своим начальным положением? Атмосферное давление  $p_a = 100 \text{ кПа}$ , трением поршня о стенки цилиндра можно пренебречь.

Возможное решение
<p>1. Пусть <math>p_a</math> – атмосферное давление;  <math>p_1</math> – давление в цилиндре при температуре <math>T_1 = t_1 + 273^\circ\text{K} = 280^\circ\text{K}</math>;  <math>p_2</math> – давление в цилиндре при температуре <math>T_2 = t_2 + 273^\circ\text{K} = 320^\circ\text{K}</math>;  <math>S</math> – площадь цилиндра.                      Для первого случая:                      По второму закону Ньютона при равновесии поршня:  <math display="block">m_1 g - p_1 S = 0</math>                     Из уравнения Клапейрона – Менделеева:  <math display="block">p_1 V_1 = \nu R T_1 \quad , \quad V_1 = S \cdot h_1</math></p> <p>2. Для второго случая:                      По второму закону Ньютона при равновесии поршня:  <math display="block">(m_1 + m_2) g - p_2 S = 0</math>                     Из уравнения Клапейрона – Менделеева:  <math display="block">p_2 V_2 = \nu R T_2 \quad , \quad V_2 = S \cdot h_2</math></p> <p>3. Выразим количества вещества:</p>

$\frac{p_1 S h_1}{T_1} = \nu = \frac{p_2 S h_2}{T_2}$ <p>Тогда:</p> $h_2 = h_1 \cdot \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1}$ $\Delta = h_2 - h_1 = h_1 \left( \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1} - 1 \right)$ $p_1 = \frac{m_1 g}{S}, \quad p_2 = \frac{(m_1 + m_2) g}{S}$ $\Delta = h_2 - h_1 = h_1 \left( \frac{m_1}{(m_1 + m_2)} \cdot \frac{T_2}{T_1} - 1 \right) = 0.6 \left( \frac{50}{50 + 100} \cdot \frac{320}{280} - 1 \right) = -0.37 \text{ м} = -32 \text{ см}$ <p>Поршень опустится на 32 сантиметра.</p> <p>Ответ: Поршень опустится на 32 см.</p>
---

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>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: <u>уравнение Клапейрона – Менделеева; условие равновесия тела</u>)                      II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<u>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</u>);                      III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному</p>	3



ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 031608



числовому ответу (допускается решение « по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.  Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения ( не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	2
Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> 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 Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение,	1

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

31

Какой максимальный заряд может приобрести шар радиусаом 10 см в результате облучения его светом с длиной волны  $\lambda = 110$  нм, если работа выхода электронов с поверхности шара равна  $9 \cdot 10^{-19}$  Дж?

Возможное решение
1. Запишем уравнение Эйнштейна: $h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}$ $\nu = \frac{c}{\lambda}$
2. Покидая поверхность шара электроны создают положительный заряд на нем. Электроны будут покидать шар до тех пор, пока их кинетической энергии не будет хватать, чтобы преодолеть энергию кулоновского притяжения шара: $\varphi e  \geq \frac{mv^2}{2}$
3. Потенциал шара: $\varphi = \frac{kQ}{R}, \quad Q - \text{максимальный заряд шара}$
4. Тогда выражаем заряд Q шара: $Q = \frac{R}{k e } \left( \frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}} \right) = 6.25 \cdot 10^{-11} \text{ Кл}$ Ответ: $Q = 6.25 \cdot 10^{-11} \text{ Кл}$



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 (Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, <i>потенциал шара, энергия заряженного шара</i>)</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, 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> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения ( не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p>	2

Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> 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.</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> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

32

Для разгона космических аппаратов и коррекции их орбит предложено использовать солнечный парус – скрепленный с аппаратом легкий экран большой площади из тонкой плёнки, которая зеркально отражает солнечный свет. Какой должна быть площадь паруса, чтобы аппарат массой 500 кг (включая массу паруса) имел ускорение  $10^{-3} \text{ м/с}^2$ ? Мощность  $W$  солнечного излучения, падающего на  $1 \text{ м}^2$  поверхности, перпендикулярную солнечному свету, составляет  $1370 \text{ Вт/м}^2$ .



Возможное решение	
<p>Импульс фотона равен:</p> $p_f = \frac{h}{\lambda},$ <p>где <math>h</math> – постоянная Планка, а <math>\lambda</math>- длина волны.</p> <p>В следствии того, что фотон полностью отразится о блестящую поверхность, изменение импульса равно удвоенному первоначальному импульсу фотона:</p> $\Delta p_f = 2 \frac{h}{\lambda}.$ <p>Изменение импульса <math>N</math> штук фотонов, бьющихся о поверхность равно изменению импульса аппарата с парусом. Или иными словами, система фотоны-парус замкнута. Тогда запишем второй закон Ньютона для паруса:</p> $\frac{N \Delta p_f}{\Delta t} = aM$ <p>Мощность солнечного излучения, падающего на квадратный метр поверхности равна:</p> $W = \frac{E_f}{\Delta t \cdot S}, \quad \text{где } E_f \text{ – энергия фотонов}$ $E_f = N \cdot h \cdot \nu$ <p>Тогда:</p> $\frac{N}{\Delta t} \cdot 2 \frac{h}{\lambda} = aM,$ $W = \frac{N \cdot h \cdot \nu}{\Delta t \cdot S},$ $W = \frac{aM \cdot \lambda \cdot h \cdot \nu}{2 \cdot S \cdot h} = \frac{aM \cdot c}{2 \cdot S}$ $S = \frac{aMS}{2W} = 5.5 \cdot 10^4 \text{ м}^2$	
<p>Ответ: <math>S = 5.5 \cdot 10^4 \text{ м}^2</math></p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы,	3

<p>закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>выражение для энергии фотона, импульса фотона, сохранение импульса для системы фотоны-парус, мощность</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>	2
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения ( не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	1
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> 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.</p>	1



<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> <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>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

