

**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 РАВО 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 <i>Z</i>	Массовое число ядра <i>A</i>
38	94

3894

Ответ: (1,4 ± 0,2) Н. 1,40,2 Бланк

Ответ к заданиям 27–32 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелиевой или капиллярной ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. **Записи в черновике, а также в тексте контрольных измерительных материалов не учитываются при оценивании работы.**

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

После завершения работы проверьте, что ответ на каждое задание в бланках ответов №1 и №2 записан под правильным номером.

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

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

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

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



Масса частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31}$ кг $\approx 5,5 \cdot 10^{-4}$ а. е. м.
протона	$1,673 \cdot 10^{-27}$ кг $\approx 1,007$ а. е. м.
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27}$ кг $\approx 1,008$ а. е. м.

Астрономические величины

средний радиус Земли	$R_{\oplus} = 6370$ км
радиус Солнца	$R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8$ м
температура поверхности Солнца	$T = 6000$ К

Плотность

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

Удельная теплоёмкость

воды	$4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)	чугуна	800 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

Удельная теплота

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг

Нормальные условия: давление – 10^5 Па, температура – 0°C

Молярная масса

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

Часть 1

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

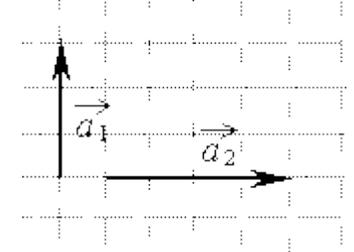
1

Координата тела x меняется с течением времени t согласно закону $x = 7 - 4t + t^2$, где все величины выражены в СИ. Определите проекцию скорости v_x этого тела, в момент времени $t = 5$ с.

Ответ: _____ м/с.

2

Под действием силы $F_1 = 3$ Н тело движется с ускорением $a_1 = 0,3$ м/с². Под действием силы $F_2 = 4$ Н тело движется с ускорением $a_2 = 0,4$ м/с² (см. рисунок). Чему равна сила F_0 , под действием которой тело движется с ускорением $\vec{a}_0 = \vec{a}_1 + \vec{a}_2$?



Ответ: _____ Н.

3

На горизонтальной дороге автомобиль делает разворот радиусом 9 м. Коэффициент трения шин об асфальт 0,4. Чтобы автомобиль не занесло, его скорость при развороте не должна превышать

Ответ: _____ м/с.

4

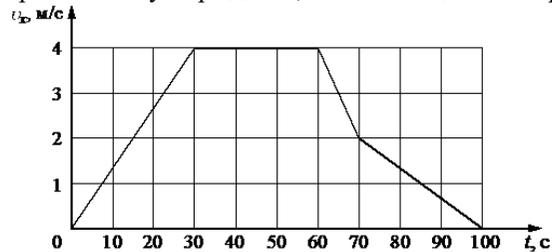
Период колебаний математического маятника $T = 5$ с. Определите, каким станет период колебаний этого маятника, если массу груза увеличить в 2 раза.

Ответ: _____ с.



5

В инерциальной системе отсчёта вдоль оси Ox движется тело массой 20 кг. На рисунке приведён график зависимости проекции скорости v_x этого тела от времени t . Из приведённого ниже списка выберите два правильных утверждения, описывающих этот процесс.



- 1) Модуль ускорения тела в промежутке времени от 0 до 30 с в 2 раза больше модуля ускорения тела в промежутке времени от 70 до 100 с.
- 2) За промежуток времени от 0 до 30 с тело переместилось на 20 м.
- 3) В момент времени 40 с равнодействующая сил, действующих на тело, равна 0.
- 4) В промежутке времени от 70 до 100 с импульс тела уменьшился на $60 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.
- 5) Кинетическая энергия тела в промежутке времени от 60 до 70 с уменьшилась в 2 раза.

Ответ:

А	Б

6

Массивный груз, подвешенный к потолку на невесомой пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина всё время остаётся растянутой. Как ведут себя потенциальная энергия пружины и потенциальная энергия груза в поле тяжести, когда груз движется вверх от положения равновесия? 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.

Потенциальная энергия пружины	Потенциальная энергия груза в поле тяжести

7

Ученик исследовал движение бруска по наклонной плоскости. Он определил, что брусок, начиная движение из состояния покоя, проходит 20 см с ускорением $2,6 \text{ м/с}^2$.

Установите соответствие между физическими величинами, полученными при исследовании движения бруска (см. левый столбец), и уравнениями, выражающими эти зависимости, приведёнными в правом столбце. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ЗАВИСИМОСТИ

УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ

- А)** зависимость пути, пройденного бруском, от времени
Б) зависимость модуля скорости бруска от пройденного пути

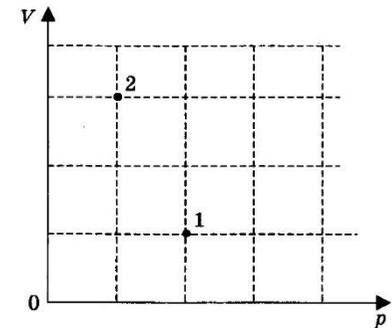
- 1) $l = At^2$, где $A = 1,3 \text{ м/с}^2$
- 2) $l = Bt^2$, где $B = 2,6 \text{ м/с}^2$
- 3) $v = C\sqrt{l}$, где $C = 2,3 \text{ м/с}$
- 4) $v = Dl$, где $D = 5,2 \text{ м/с}$

А	Б

Ответ:

8

Один моль одноатомного идеального газа, находящегося в сосуде, переводят из состояния 2 в состояние 1. Определите внутреннюю энергию газа в состоянии 2. Температура в состоянии 1 $T_1 = -153^\circ\text{C}$ (см. рисунок)



Ответ: _____ Дж.

9

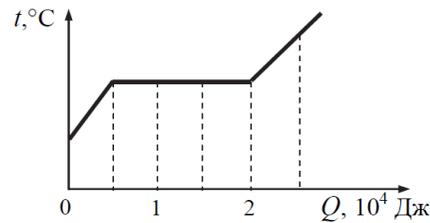
Во время изотермического сжатия внешние силы совершили над идеальным газом положительную работу $A=2000 \text{ Дж}$. Количество теплоты, отданное этим газом окружающей среде, 2 кДж . Определите изменение внутренней энергии.

Ответ: _____ Дж



10

На рисунке показан график изменения температуры вещества по мере поглощения им количества теплоты. Вещество находится в сосуде под поршнем. Масса вещества равна 0,4 кг. Первоначально вещество было в жидком состоянии. Какова удельная теплота парообразования вещества?



Ответ: _____ кДж/кг.

11

Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде с поршнем равна 25%. Объем сосуда за счет движения поршня медленно уменьшают при постоянной температуре. В конечном состоянии объем сосуда в 5 раз меньше начального. Выберите из предложенного перечня два утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных наблюдений, и укажите их номера.

- 1) Давление пара в сосуде все время увеличивается.
- 2) При уменьшении объема сосуда в 4 раза на стенках появляется роса.
- 3) В конечном и начальном состоянии масса пара в сосуде одинакова.
- 4) При уменьшении объема в 2 раза относительная влажность воздуха в сосуде стала равна 50%.
- 5) В конечном состоянии весь пар в сосуде сконденсировался.

Ответ:

--	--

12

Аргон помещают в открытый сверху сосуд под лёгкий подвижный поршень и начинают охлаждать. Давление воздуха, окружающего сосуд, равно 10^5 Па. Начальный объём газа 9 л, начальная температура 450 К. Масса газа в сосуде остаётся неизменной. Трением между поршнем и стенками сосуда пренебречь.

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими аргон, и формулами, выражающими их зависимость от абсолютной температуры T газа в условиях данной задачи.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) объём газа $V(T)$
- Б) внутренняя энергия газа $U(T)$

ФОРМУЛЫ

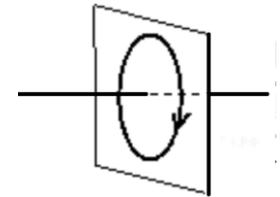
- 1) аТ, $a=2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$
- 2) бТ, $b=4050 \text{ м}^3$
- 3) сТ, $c=20 \text{ Дж}$
- 4) dТ, $d=3 \text{ Дж}$

Ответ:

А	Б

13

На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в вертикальной плоскости. В центре витка вектор индукции магнитного поля тока направлен? Ответ запишите словом (словами): *вправо, влево, от наблюдателя, к наблюдателю, вниз, вверх.*



Ответ: _____.

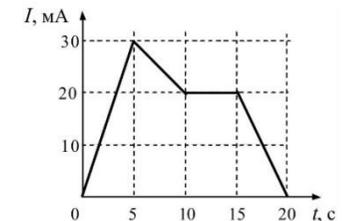
14

В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности $I_m = 5$ мА, а амплитуда напряжения на конденсаторе $U_m = 2,0$ В. В момент времени t напряжение на конденсаторе равно 1,2 В. Найдите силу тока в катушке в этот момент времени.

Ответ: _____ мА.

15

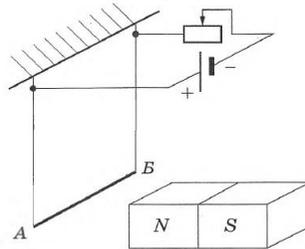
Пользуясь графиком, вычислите заряд, прошедший в цепи при прохождении в ней тока I в интервале времени t от 0 до 20 с.



Ответ: _____ мКл.



- 16** Алюминиевый проводник АБ подвешен на тонких медных проволочках и подключён к источнику постоянного напряжения так, как показано на рисунке. Справа от проводника находится северный полюс постоянного магнита. Ползунок реостата плавно перемещают влево.



Из приведённого ниже списка выберите два верных утверждения.

- 1) Сила тока, протекающего по проводнику АБ, увеличивается
- 2) Линии индукции магнитного поля, созданного магнитом, вблизи проводника АБ направлены вправо.
- 3) Сила Ампера, действующая на проводник АБ, уменьшается.
- 4) Силы натяжения проволочек, на которых подвешен проводник АБ, уменьшается.
- 5) Сопротивление реостата увеличивается.

Ответ:

--	--

- 17** При настройке колебательного контура генератора, задающего частоту излучения радиопередатчика, расстояние между пластинами конденсатора уменьшили. Как при этом изменились частота излучаемых волн и длина волны излучения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ЕЁ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|----------------------------|--------------|
| А) частота излучаемых волн | увеличится |
| Б) длина волны излучения | уменьшится |
| | не изменится |

Ответ:

А	Б

- 18** Заряженная частица массой m , несущая положительный заряд q , движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля \vec{B} по окружности со скоростью v . Действием силы тяжести пренебречь. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

- | | |
|--|----------------|
| А) модуль силы Лоренца, действующей на частицу | 1) $2\pi m/qv$ |
| Б) частота обращения частицы по окружности | 2) qvB |
| | 3) $qv/2\pi m$ |
| | 4) mv/qvB |

Ответ:

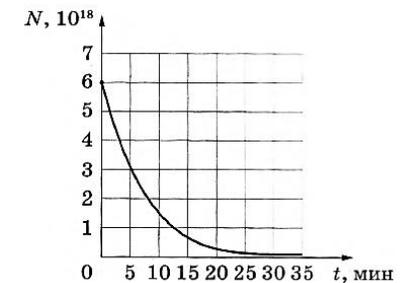
А	Б

- 19** Каково отношение числа протонов к числу нейтронов в ядре атома который образуется в результате двух α -распадов и одного β -распада атома серебра ($^{107}_{47}Ag$).

Ответ: _____.

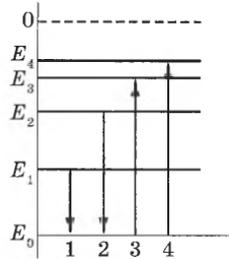
- 20** Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер некоторого химического элемента от времени. Каков период полураспада этого изотопа?

Ответ: _____ с.



21

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какой из этих четырёх переходов характеризует излучение света наибольшей длиной волны, а какой — с поглощением света наименьшей частоты?



Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома.

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

ПРОЦЕССЫ

- А) излучение света наибольшей длиной волны
- Б) поглощение света наименьшей частоты

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

Ответ:

А	Б

22

Ученик измерял силу тяжести, действующую на груз. Показания динамометра приведены на фотографии. Погрешность измерения равна половине цены деления динамометра. Запишите показания динамометра с учетом погрешности измерения?

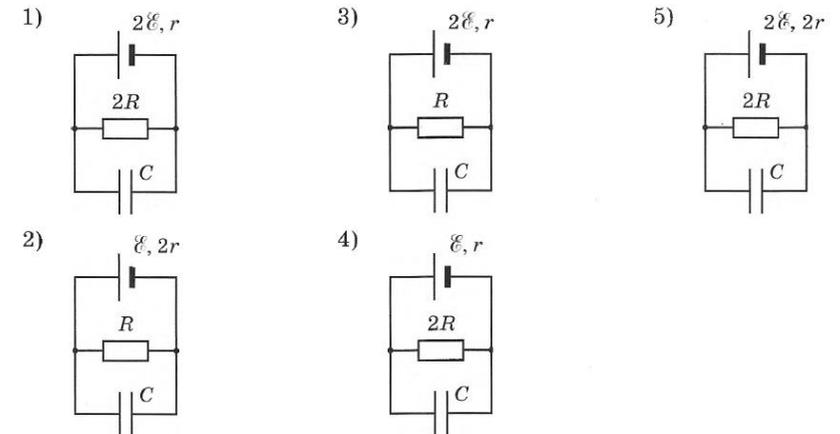


Ответ: (____ ± ____) Н

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

23

Необходимо экспериментально изучить зависимость заряда, накопленного конденсатором, от нагрузки цепи. Какие две схемы следует использовать для проведения такого исследования? В ответ запишите номера схем.



Ответ:

--	--



24 Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых спутников планет Солнечной системы.

Название спутника	Радиус спутника, км	Радиус орбиты, тыс. км	Вторая космическая скорость, м/с	Планета
Луна	1737	384,4	2400	Земля
Фобос	~12	9,38	11	Марс
Ио	1821	421,6	2560	Юпитер
Европа	1561	670,9	2025	Юпитер
Каллисто	2410	1883	2445	Юпитер
Титан	2575	1221,8	2640	Сатурн
Оберон	761	583,5	725	Уран
Тритон	1354	354,8	1438	Нептун

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников планет.

- 1) Первая космическая скорость для спутника Оберона составляет примерно 11 км/с.
- 2) Ускорение свободного падения на Луне примерно 1,6 м/с².
- 3) Объём Титана почти в 2 раза больше объёма Тритона.
- 4) Орбита Каллисто располагается дальше от поверхности Юпитера, чем орбита Ио.
- 5) Чем дальше от Солнца располагается спутник планеты, тем меньше его диаметр.

Ответ:

--	--

Часть 2

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

25 Медный прямой проводник расположен в однородном магнитном поле, модуль вектора магнитной индукции которого равен 20 мТл. Силовые линии магнитного поля направлены перпендикулярно проводнику. К концам проводника приложено напряжение 3,4В.

Определите площадь поперечного сечения проводника, если сила Ампера, действующая на него, равна 6 Н. Удельное сопротивление меди равно $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом · м.

Ответ: _____ мм².

26 В опыте по изучению фотоэффекта фотоэлектроны тормозятся электрическим полем. При этом измеряется запирающее напряжение. В таблице представлены результаты исследования зависимости запирающего напряжения U, от длины волны λ падающего света.

Запирающее напряжение U, В	0,4	0,6
Длина волны света λ , нм	546	491

Чему равна постоянная Планка по результатам этого эксперимента? Ответ округлите до десятых.

Ответ: _____.

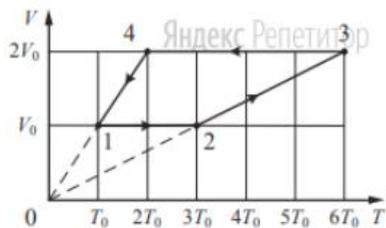
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, что каждый ответ записан в строке с номером соответствующего задания.

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



27

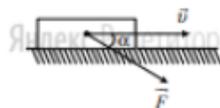
1 моль разреженного гелия участвует в циклическом процессе 1–2–3–4–1, график которого изображён на рисунке в координатах V–T, где V – объём газа, T – абсолютная температура.



Постройте график цикла в координатах p–V, где p – давление газа, V – объём газа. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, объясните построение графика. Определите, во сколько раз работа газа в процессе 2–3 больше модуля работы внешних сил в процессе 4–1.

28

Брусок массой 2 кг движется по горизонтальному столу. На тело действует сила \vec{F} под углом $\alpha=30^\circ$ к горизонту. Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,3.



Каков модуль силы \vec{F} , если модуль силы трения, действующей на тело, равен 7,5 Н?

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

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.



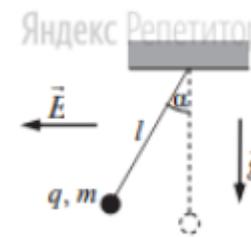
Чему равна длина стержня L, если сила давления стержня на опору D в 2 раза больше, чем на опору С? Сделайте рисунок с указанием внешних сил, действующих на систему тел «стержень – шары».

30

Гелий в количестве $\nu=3$ моль изобарно сжимают, совершая работу $A_1 = 2,4$ кДж. При этом температура гелия уменьшается в 4 раза: $T_2 = \frac{T_1}{4}$. Затем газ адиабатически расширяется, при этом его температура изменяется до значения $T_3 = \frac{T_1}{8}$. Найдите работу газа A_2 при адиабатном расширении. Количество вещества в процессах остаётся неизменным.

31

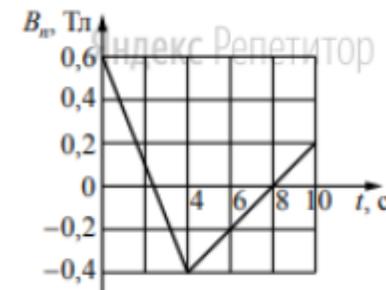
Маленький шарик массой m с зарядом $q = 5$ нКл, подвешенный к потолку на лёгкой шёлковой нитке длиной $l = 0,8$ м, находится в горизонтальном однородном электростатическом поле \vec{E} с модулем напряжённости поля $E = 6 \cdot 10^5$ В/м (см. рисунок).



Шарик отпускают с нулевой начальной скоростью из положения, в котором нить образует с вертикалью угол $\alpha = 30^\circ$, модуль скорости шарика $v = 0,9$ м/с. Чему равна масса шарика m ? Сопротивлением воздуха пренебречь.

32

Квадратная проволочная рамка со стороной $l = 10$ см находится в однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} . На рисунке изображена зависимость проекции вектора \vec{B} на перпендикуляр к плоскости рамки от времени.



Какое количество теплоты выделится в рамке за время $t = 10$ с, если сопротивление рамки $R = 0,2$ Ом?

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

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 200629



Система оценивания экзаменационной работы по физике

Задания 1–26

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.

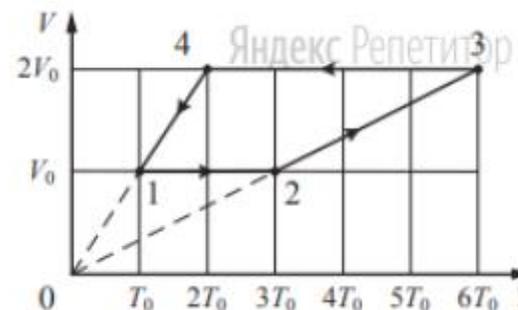
№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	6	14	0,004
2	5	15	350
3	6	16	14 или 41
4	5	17	21
5	13 или 31	18	23
6	11	19	0,8
7	13	20	300
8	2243,7	21	13
9	0	22	4,300,05
10	37,5	23	13
11	24 или 42	24	24
12	14	25	1.5
13	вправо	26	5.2

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 27 и от 0 до 3 баллов за задания 28 и 29–32.

27

1 моль разреженного гелия участвует в циклическом процессе 1–2–3–4–1, график которого изображён на рисунке в координатах V–T, где V – объём газа, T – абсолютная температура.



Постройте график цикла в координатах p–V, где p – давление газа, V – объём газа. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, объясните построение графика. Определите, во сколько раз работа газа в процессе 2–3 больше модуля работы внешних сил в процессе 4–1.

Возможное решение:

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
--	-------

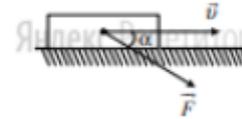
ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 200629



<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: п. 1) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>законы изопроцессов, графический смысл работы в термодинамике</i>).</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p>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 одному из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p>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

<p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

28 Брусок массой 2 кг движется по горизонтальному столу. На тело действует сила \vec{F} под углом $\alpha=30^\circ$ к горизонту. Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,3. Каков модуль силы \vec{F} , если модуль силы трения, действующей на тело, равен 7,5 Н?



Возможное решение:	
<p>На брусок, кроме сил F и $F_{\text{тр}}$, действуют ещё сила тяжести mg и сила реакции опоры N. Проекция второго закона Ньютона на вертикальную ось имеет вид:</p> $0 = N - mg - F \sin \alpha.$ <p>Сила трения скольжения $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu (mg + F \sin \alpha)$.</p> <p>Для искомой силы получаем: $F = \frac{F_{\text{тр}} - \mu mg}{\mu \sin \alpha} = \frac{7,5 - 0,3 \cdot 2 - 10}{0,3 \cdot 0,5} = 10 \text{ Н}$</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>Г) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, выражение для силы трения скольжения</i>);</p>	2



<p>II) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>III) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> 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> <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>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	2

29

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.

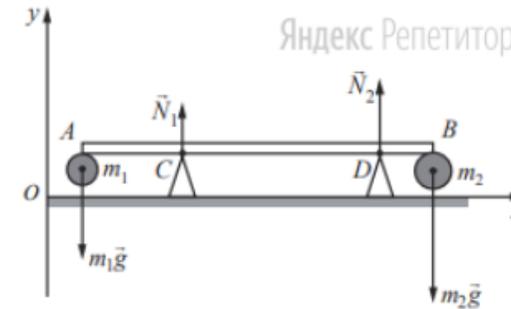


Чему равна длина стержня L, если сила давления стержня на опору D в 2 раза больше, чем на опору С? Сделайте рисунок с указанием внешних сил, действующих на систему тел «стержень – шары».

Возможное решение:

1. На твёрдое тело, образованное стержнем и двумя шарами, действуют силы тяжести $m_1\vec{g}$ и $m_2\vec{g}$, приложенные к центрам шаров, и силы реакции опор \vec{N}_1 и \vec{N}_2 . По третьему закону

Ньютона, модули сил реакции равны соответствующим модулям сил давления стержня на опоры, поэтому $N_2 = 2N_1$ (в соответствии с условием задачи).



2. В инерциальной системе отсчёта Оху, Оху, связанной с Землёй, условия равновесия твёрдого тела приводят к системе уравнений.

$$\begin{cases} N_1 + N_2 - m_1g - m_2g = 0 \\ N_1x + N_2(l+x) - m_2gL = 0 \end{cases}$$

Здесь $x = AC = 0,2$ м – плечо силы реакции N_1 .

3. С учётом условия $N_2 = 2N_1$ систему логично привести к виду:

$$\begin{cases} 3N_1 = (m_1 + m_2)g \\ (3x + 2l)N_1 = m_2gL \end{cases}$$

Поделив второе уравнение на первое, получим:

$$L \frac{m_2}{m_1 + m_2} = x + \frac{2}{3}l, \text{ откуда}^{\wedge}$$

$$L = \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right) \cdot \left(x + \frac{2}{3}l\right) = \left(1 + \frac{0,2}{0,3}\right) \cdot \left(0,2 + \frac{2}{3} \cdot 0,6\right) = 1 \text{ м.}$$

Ответ: $L = 1$ м.

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>условия равновесия твёрдого тела относительно поступательного и вращательного движений, третий закон Ньютона</i>).</p> <p>II) сделан правильный рисунок с указанием сил, действующих на шайбу, указано направление силы трения, действующей на доску;</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений</p>	3



<p>констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пунктам II и III, 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 V, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена</p>	1

ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

30

Гелий в количестве $\nu=3$ моль изобарно сжимают, совершая работу $A_1=2,4$ кДж. При этом температура гелия уменьшается в 4 раза: $T_2 = \frac{T_1}{4}$. Затем газ адиабатически расширяется, при этом его температура изменяется до значения $T_3 = \frac{T_1}{8}$.
 Найдите работу газа A_2 при адиабатном расширении. Количество вещества в процессах остаётся неизменным.

Возможное решение:

- При изобарном сжатии над гелием совершается работа, модуль которой $A_1 = |p\Delta V|$,
 где p – давление гелия в этом процессе, ΔV – изменение его объёма.
- В соответствии с уравнением Клапейрона – Менделеева для этого процесса можно записать:
 $|p\Delta V| = \nu R(T_1 - T_2)$.
- В адиабатном процессе (процессе без теплообмена) в соответствии с первым законом термодинамики сумма изменения внутренней энергии газа и его работы равна нулю:
 $\frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + A_2 = 0$.
 При записи последнего соотношения учтено выражение для изменения внутренней энергии идеального одноатомного газа:
 $\Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2)$.

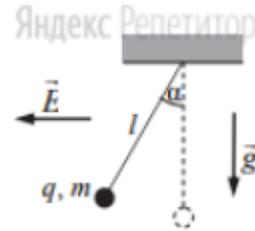


<p>Преобразуя записанные уравнения с учётом соотношений температур, заданных в условии задачи, получаем:</p> $A_1 = 3\nu RT_2;$ $A_2 = \frac{3}{4}\nu RT_2.$ <p>Следовательно</p> $A_2 = \frac{A_1}{4} = \frac{2400}{4} = 600 \text{ Дж.}$ <p>Ответ: $A_2 = 600 \text{ Дж.}$</p>	
Критерии оценивания выполнения 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, выражения для работы газа при изобарном процессе и для внутренней энергии идеального одноатомного газа, уравнение Менделеева-Клапейрона</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> <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>	2

<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, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	
<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>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3



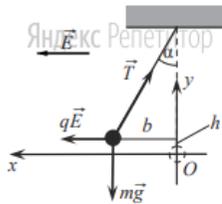
31 Маленький шарик массой m с зарядом $q=5$ нКл, подвешенный к потолку на лёгкой шёлковой нитке длиной $l=0,8$ м, находится в горизонтальном однородном электростатическом поле \vec{E} с модулем напряжённости поля $E=6 \cdot 10^5$ В/м (см. рисунок).



Шарик отпускают с нулевой начальной скоростью из положения, в котором нить вертикальна. В момент, когда нить образует с вертикалью угол $\alpha=30^\circ$, модуль скорости шарика $v=0,9$ м/с. Чему равна масса шарика m ? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Возможное решение:

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. На шарик действуют вертикальная сила тяжести $m\vec{g}$, горизонтальная сила со стороны электрического поля $q\vec{E}$ и вдоль нити сила её натяжения \vec{T} (см. рисунок).



2. По теореме об изменении кинетической энергии материальной точки в ИСО, $\Delta E_{кин} = A_{всех сил}$. Работа силы \vec{T} равна нулю, так как эта сила в любой момент времени перпендикулярна скорости шарика. Силы $m\vec{g}$ и $q\vec{E}$ потенциальны, поэтому их работа при переходе из начальной точки в конечную не зависит от выбора траектории.

3. Выберем траекторию перехода в виде двух последовательных шагов: сначала из исходного положения вверх на расстояние h , затем по горизонтали на расстояние b в конечное положение. На этой траектории сумма работ силы тяжести и силы со стороны электрического поля

$$A = -mgh + qEb, \text{ где } h = l(1 - \cos \alpha), b = l \sin \alpha.$$

4. В результате получаем:

$$\Delta E_{кин} = \frac{mv^2}{2} - 0 = A_{всех сил} = -mgl(1 - \cos \alpha) + qEl \sin \alpha.$$

Отсюда:

$$m = \frac{2qEl \sin \alpha}{v^2 + 2gl(1 - \cos \alpha)} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 0,8 \cdot 0,5}{0,81 + 2 \cdot 10 \cdot 0,8 \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)} \approx 8,1 \cdot 10^{-4} \text{ кг.}$$

Ответ: $m \approx 8,1 \cdot 10^{-4}$ кг.

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: закон изменения механической энергии материальной точки, формулы для работы силы тяжести и работы однородного электрического поля при перемещении заряженного тела); 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</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ)</p>	2

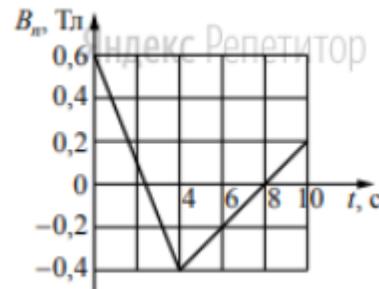


<p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены 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. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

32

Квадратная проволочная рамка со стороной $l=10$ см находится в однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} . На рисунке изображена зависимость проекции вектора \vec{B} на перпендикуляр к плоскости рамки от времени.

Какое количество теплоты выделится в рамке за время $t=10$ с, если сопротивление рамки $R=0,2$ Ом?



Возможное решение:

При изменении магнитного поля поток вектора магнитной индукции $\Phi(t) = B(t) \cdot S$ через рамку площадью $S = l^2$ изменяется, что создаёт в ней ЭДС индукции ε . В соответствии с законом индукции Фарадея

$$\varepsilon = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - \frac{\Delta B_n}{\Delta t} S.$$

Эта ЭДС вызывает в рамке ток, сила которого определяется законом Ома для замкнутой цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = - \frac{\Delta B_n}{\Delta t} \frac{S}{R}.$$

Согласно закону Джоуля - Ленца за время Δt в рамке выделится количество теплоты

$$Q = I^2 R \Delta t = \frac{S^2 (\Delta B_n)^2}{R \Delta t} = \frac{l^4 (\Delta B_n)^2}{R \Delta t}.$$

За время $\Delta t_1 = t_1 = 4$ с на первом участке графика $\Delta B_1 = B_1 - B_0 = -1$ Тл, а втором участке $\Delta t_2 = t_2 - t_1 = 6$ с и $\Delta B_2 = B_2 - B_1 = 0,6$ Тл, поэтому суммарное количество выделившейся теплоты

$$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{l^4}{R} \left[\frac{(\Delta B_1)^2}{\Delta t_1} + \frac{(\Delta B_2)^2}{\Delta t_2} \right].$$

Подставляя сюда значения физических величин, получим:

$$Q = \frac{(0,1)^4}{0,2} \left[\frac{1}{4} + \frac{0,36}{6} \right] = \frac{10^{-3}}{2} (0,25 + 0,06) = 0,155 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}.$$

Ответ:

$$Q = 0,155 \text{ мДж}$$

Критерии оценивания выполнения задания

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:
I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон электромагнитной индукции, закон Ома, закон Джоуля-Ленца; из графика найдены скорости изменения проекции вектора индукции магнитного поля B_n на перпендикуляр к плоскости рамки на первом и втором участках);
II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии

Баллы

3



<p>задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, 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 одному 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

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

