

ПРОЕКТ

**Перспективная модель измерительных материалов
для государственной итоговой аттестации
по программам среднего общего образования
по ФИЗИКЕ**

Демонстрационный вариант

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 30 заданий.

В заданиях 4–12 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: -2,5 м/с².

-	2	,	5																
---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Бланк

Ответом к заданиям 1–3, 13–22 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

4	1																		
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Бланк

Ответ к заданиям 23–30 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

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

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

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

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

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

Константы

число π	π = 3,14
ускорение свободного падения на Земле	g = 10 м/с ²
гравитационная постоянная	G = 6,7 · 10 ⁻¹¹ Н · м ² /кг ²
универсальная газовая постоянная	R = 8,31 Дж/(моль · К)
постоянная Больцмана	k = 1,38 · 10 ⁻²³ Дж/К
постоянная Авогадро	N _А = 6 · 10 ²³ моль ⁻¹
скорость света в вакууме	c = 3 · 10 ⁸ м/с
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	k = $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ Н · м ² /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 эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = 1,6 · 10 ⁻¹⁹ Дж

Масса частиц

электрона	9,1 · 10 ⁻³¹ кг ≈ 5,5 · 10 ⁻⁴ а.е.м.
протона	1,673 · 10 ⁻²⁷ кг ≈ 1,007 а.е.м.
нейтрона	1,675 · 10 ⁻²⁷ кг ≈ 1,008 а.е.м.

Плотность

воды	1000 кг/м ³	подсолнечного масла	900 кг/м ³
древесины (сосна)	400 кг/м ³	алюминия	2700 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
		ртути	13 600 кг/м ³

Удельная теплоёмкость

воды	4,2 · 10 ³ Дж/(кг · К)	алюминия	900 Дж/(кг · К)
льда	2,1 · 10 ³ Дж/(кг · К)	меди	380 Дж/(кг · К)
железа	460 Дж/(кг · К)	чугуна	500 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

Ответами к заданиям 1–22 являются 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.

1

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Потенциальная энергия тела зависит от его массы и скорости движения тела.
- 2) Хаотическое тепловое движение частиц тела прекращается при достижении термодинамического равновесия.
- 3) В растворах или расплавах электролитов электрический ток представляет собой упорядоченное движение ионов, происходящее на фоне их теплового хаотического движения.
- 4) При преломлении электромагнитных волн на границе двух сред длина волны остаётся неизменной величиной.
- 5) В процессе позитронного бета-распада происходит выбрасывание из ядра позитрона, возникшего из-за самопроизвольного превращения протона в нейтрон.

Ответ: _____.

2

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

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	ПРИБОР/УСТРОЙСТВО
А) фотоэффект	1) трансформатор
Б) интерференция света	2) просветленный объектив
	3) солнечная батарея
	4) призмный спектроскоп

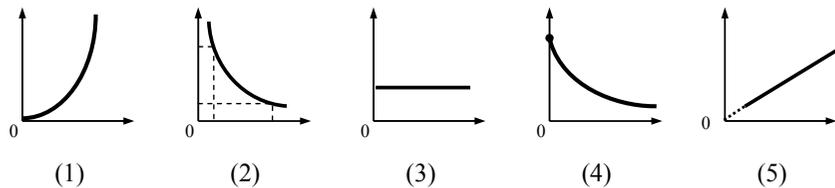
Ответ:

А	Б

3 Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость модуля импульса равномерно движущегося тела от времени;
- Б) зависимость давления идеального одноатомного газа от его объема при изотермическом процессе;
- В) зависимость энергии фотона электромагнитного излучения от его частоты.

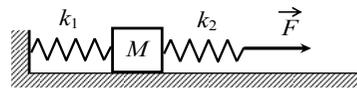
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



Ответ:

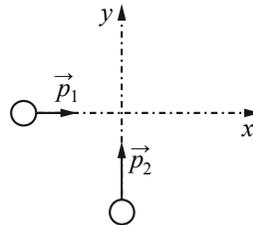
А	Б	В

4 К системе из кубика массой $M = 1$ кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила \vec{F} величиной 9 Н (см. рисунок). Между кубиком и опорой трения нет. Система покоится. Жёсткость первой пружины $k_1 = 300$ Н/м. Жёсткость второй пружины $k_2 = 600$ Н/м. Каково удлинение первой пружины?



Ответ: _____ см.

5 По гладкой горизонтальной плоскости движутся вдоль осей x и y две шайбы с импульсами, равными по модулю $p_1 = 2$ кг·м/с и $p_2 = 3,5$ кг·м/с (см. рисунок). После их соударения вторая шайба продолжает двигаться по оси y в прежнем направлении. Модуль импульса первой шайбы сразу после удара равен $p'_1 = 2,5$ кг·м/с. Найдите модуль импульса второй шайбы сразу после удара.



Ответ: _____ кг·м/с.

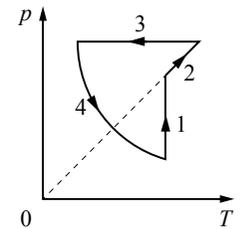
6 На рычаг действуют две силы. Момент первой силы относительно оси вращения равен 50 Н·м. Какова величина второй силы, если её плечо относительно этой же оси равно 0,5 м и рычаг при этом находится в равновесии?

Ответ: _____ Н.

7 При увеличении абсолютной температуры на 600 К средняя кинетическая энергия теплового движения молекул гелия увеличилась в 4 раза. Какова начальная температура гелия?

Ответ: _____ К.

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

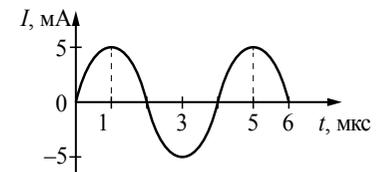


Ответ: на участке _____.

9 Два одинаковых точечных заряда, модуль которых $|q| = 2 \cdot 10^{-8}$ Кл, расположены в вакууме на расстоянии 3 м друг от друга. Определите модуль силы, с которой первый заряд действует на второй.

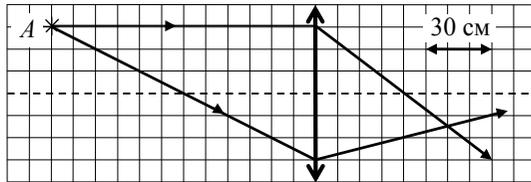
Ответ: _____ мкН.

10 На рисунке приведена зависимость силы тока от времени в катушке колебательного контура. Каким станет период свободных колебаний силы тока в этом контуре, если катушку в нём заменить на другую, индуктивность которой в 4 раза больше?



Ответ: _____ мкс.

11 На рисунке показан ход двух лучей от точечного источника света A через тонкую линзу.



Каково фокусное расстояние этой линзы?

Ответ: _____ см.

12 Период полураспада одного из изотопов йода составляет 8 суток. Первоначально в образце содержалось 0,1 моль этого изотопа. Сколько моль данного изотопа останется в образце через 16 суток?

Ответ: _____ моль.

13 Одноатомный идеальный газ в количестве ν моль помещают в открытый сверху сосуд под лёгкий подвижный поршень и начинают нагревать. Начальные объём газа и давление равны, соответственно, V_0 и p_0 . Масса газа в сосуде остаётся неизменной. Трением между поршнем и стенками сосуда пренебречь. R – универсальная газовая постоянная. Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими газ, 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

ФОРМУЛЫ

А) внутренняя энергия газа $U(T)$

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

Б) объём газа $V(T)$

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

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

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

Ответ:

А	Б

14 Один конец лёгкой пружины жёсткостью k прикреплен к бруску, а другой закреплён неподвижно. Брусок скользит по горизонтальной направляющей так, что координата его центра масс изменяется со временем по закону $x(t) = A \sin \omega t$.

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение бруска, и формулами, выражающими их изменения во времени.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

А) кинетическая энергия бруска $E_k(t)$

1) $-kA \sin \omega t$

Б) проекция $a_x(t)$ ускорения бруска ось x

2) $\frac{kA^2}{2} \cos^2 \omega t$

3) $-A \omega^2 \sin \omega t$

4) $\frac{kA^2}{2} \sin^2 \omega t$

Ответ:

А	Б

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличилась

2) уменьшилась

3) не изменилась

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

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

16

Тепловая машина работает по циклу Карно. Температуру холодильника тепловой машины повысили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и работа газа за цикл?

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.

КПД тепловой машины	Работа газа за цикл

17

Монохроматический свет с энергией фотонов $E_{\text{ф}}$ падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. Запирающее напряжение, при котором фототок прекращается, в этом случае равно $U_{\text{зап}}$.

Как изменятся модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$ и длина волны $\lambda_{\text{кр}}$, соответствующая «красной границе» фотоэффекта, если энергия падающих фотонов $E_{\text{ф}}$ уменьшится, но фотоэффект не прекратится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

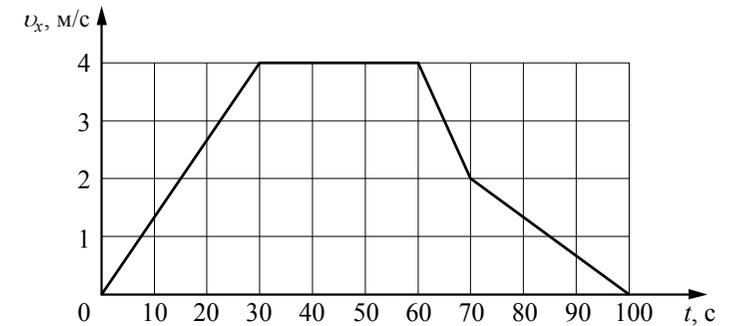
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$	Длина волны $\lambda_{\text{кр}}$, соответствующая «красной границе» фотоэффекта

18

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 все верные утверждения, описывающие данное движение тела. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Кинетическая энергия тела в промежутке времени от 60 до 70 с уменьшилась в 4 раза.
- 2) За промежуток времени от 0 до 30 с тело переместилось на 20 м.
- 3) В момент времени $t = 40$ с равнодействующая сил, действующих на тело, равна 0.
- 4) 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.
- 5) В промежутке времени от 70 до 100 с импульс тела уменьшился на 60 кг·м/с.

Ответ: _____.

19

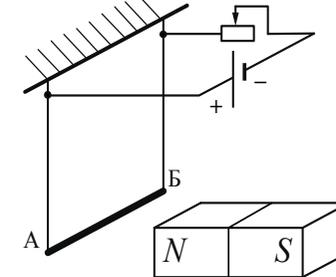
Сосуд разделён на две равные по объёму части пористой неподвижной перегородкой. Перегородка может пропускать атомы гелия и является непроницаемой для атомов аргона. В начале в левой части сосуда содержится 8 г гелия, а в правой – 1 моль аргона. Температура газов одинакова и остаётся постоянной. Выберите все верные утверждения, описывающие состояние газов после установления равновесия в системе. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Внутренняя энергия гелия в сосуде больше, чем внутренняя энергия аргона.
- 2) Концентрация гелия и аргона в правой части сосуда одинакова.
- 3) В правой части сосуда общее число молекул газов в 2 раза меньше, чем в левой части.
- 4) Внутренняя энергия гелия в сосуде в конечном состоянии больше, чем в начальном.
- 5) Давление в обеих частях сосуда одинаково.

Ответ: _____.

20

Электрическая цепь состоит из алюминиевого проводника АБ, подвешенного на тонких медных проволочках и подключённого к источнику постоянного напряжения через реостат так, как показано на рисунке. Справа от проводника находится северный полюс постоянного магнита. Ползунок реостата плавно перемещают *вправо*.



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, описывающие процесс, наблюдаемый в этом опыте. Запишите цифры, под которыми они указаны.

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

Ответ: _____.

- 21 Для проведения лабораторной работы по обнаружению зависимости сопротивления проводника от его диаметра ученику выдали пять проводников, изготовленных из разных материалов, различной длины и диаметра (см. таблицу). Какие **два** проводника из предложенных необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ проводника	Длина проводника	Диаметр проводника	Материал
1	10 м	1,0 мм	медь
2	10 м	0,5 мм	медь
3	20 м	1,0 мм	медь
4	5 м	1,0 мм	алюминий
5	10 м	0,5 мм	алюминий

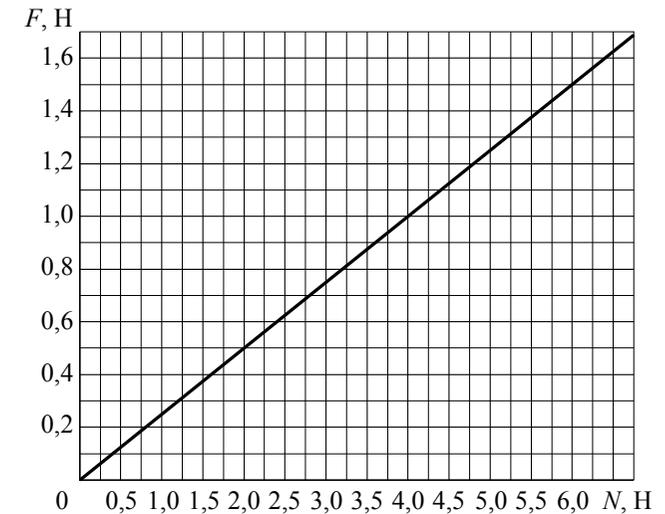
В ответ запишите номера выбранных проводников.

Ответ:

- 22 Для определения коэффициента трения в лабораторной работе ученик использовал деревянные линейку, брусок массой $m = (70 \pm 2)$ г и набор грузов, в котором масса каждого груза $m = (100 \pm 2)$ г. В работе определялась сила тяги, приложенная к бруску, при его равномерном скольжении по линейке. При этом в опытах брусок последовательно нагружался грузами из набора, а сила тяги измерялась в первых трёх опытах динамометром с пределами измерений $0 \div 1$ Н и ценой деления 0,02 Н/дел., а в двух последних опытах динамометром с пределами измерений $0 \div 5$ Н и ценой деления 0,1 Н/дел. Данные измерений указаны в таблице. Погрешность измерения силы тяги равна цене деления используемого в опыте динамометра.

№ опыта	Масса бруска с грузами, г	Сила тяги, Н
1	70	0,16
2	170	0,43
3	270	0,68
4	370	0,86
5	470	1,1
6	570	1,6

Для определения коэффициента трения скольжения ученик построил график зависимости модуля силы тяги F от модуля силы нормальной реакции опоры N . По небрежности ученик не указал ни в таблице, ни на графике погрешности измерений.



Выберите **два** верных утверждения, соответствующих результатам данного опыта. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Абсолютная погрешность измерения массы в опыте №3 составляет ± 2 г.
- 2) Абсолютная погрешность определения силы нормальной реакции опоры одинакова во всех опытах.
- 3) Коэффициент трения скольжения, определённый в работе графически, равен 0,25.
- 4) Относительная погрешность измерения силы тяги одинакова во всех опытах.
- 5) Результат опыта №6 противоречит построенному графику.

Ответ:



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

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

Для записи ответов на задания 23–30 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (23, 24 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

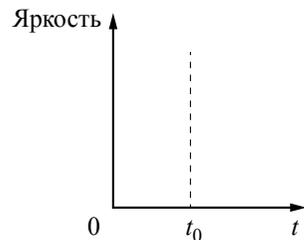
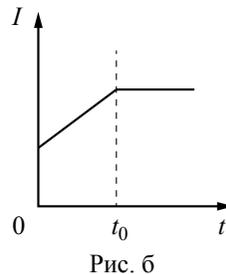
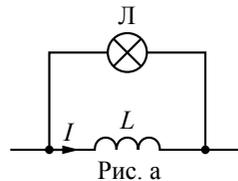
23

По двум вертикальным длинным прямым проводникам 1 и 2 в противоположных направлениях текут одинаковые токи (см. рисунок, вид сверху). На горизонтальной плоскости вне действия магнитного поля проводников находится компас. Нарисуйте, как расположится стрелка этого компаса, если его центр поместить в точку A на этой плоскости, равноудалённую от проводников. Влиянием магнитного поля Земли пренебречь. Ответ поясните, указав, какие закономерности Вы при этом использовали.



24

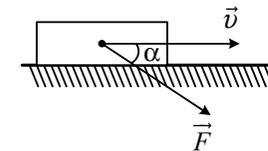
Параллельно катушке индуктивности L с малым активным сопротивлением включена лампа накаливания (см. рис. а). Яркость свечения лампы прямо пропорциональна напряжению на ней. На рисунке б представлен график зависимости силы тока I в катушке от времени t . Опираясь на законы физики, изобразите график зависимости яркости свечения лампы от времени. Объясните построение графика, указав явления и закономерности, которые Вы при этом использовали.



Полное правильное решение каждой из задач 25–30 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.

25

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



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

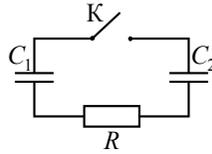
Чему равна постоянная Планка по результатам этого эксперимента?

27

В комнате размерами $4 \times 5 \times 3$ м, в которой воздух имеет температуру 10°C и относительную влажность 30%, включили увлажнитель воздуха производительностью 0,2 л/ч. Чему станет равна относительная влажность воздуха в комнате через 1,5 ч? Давление насыщенного водяного пара при температуре 10°C равно 1,23 кПа. Комнату считать герметичным сосудом.

- 28** С идеальным одноатомным газом, который находится в сосуде под поршнем, последовательно провели два опыта. В первом опыте газу при закреплённом поршне сообщили количество теплоты Q_1 , в результате чего его температура повысилась на $\Delta T = 1$ К. Во втором опыте, предоставив газу возможность изобарно расширяться, сообщили ему количество теплоты Q_2 , которое на 208 Дж больше, чем Q_1 . В результате температура газа повысилась, как и в первом случае, на ΔT . Какова, по данным этих двух опытов, молярная масса газа, если его масса $m = 1$ кг?

- 29** Конденсатор $C_1 = 1$ мкФ заряжен до напряжения $U = 300$ В и включён в последовательную цепь из резистора $R = 300$ Ом, незаряженного конденсатора $C_2 = 2$ мкФ и разомкнутого ключа К (см. рисунок). Какое количество теплоты выделится в цепи после замыкания ключа, пока ток в цепи не прекратится?



- 30** Снаряд массой 4 кг, летящий со скоростью 400 м/с, разрывается на две равные части, одна из которых летит в направлении движения снаряда, а другая – в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличилась на 0,5 МДж. Найдите скорость осколка, летящего по направлению движения снаряда. Сопротивлением воздуха пренебречь. Какие законы Вы использовали для описания разрыва снаряда? Обоснуйте их применимость к данному случаю.



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

Система оценивания экзаменационной работы по физике

Задания 1–22

За правильный ответ на каждое из заданий 4–12 и 21 ставится по 1 баллу. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число или две цифры.

Выполнение каждого из заданий 2, 13–17 и 22 оценивается в 2 балла, если верно указаны оба элемента верного ответа; в 1 балл, если допущена одна ошибка; в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если в ответе указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, – 0 баллов.

Выполнение задания 3 оценивается в 2 балла, если верно указаны все три элемента верного ответа; в 1 балл, если допущена одна ошибка; в 0 баллов, если два элемента указаны неверно. Если в ответе указано более трёх элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, – 0 баллов.

Выполнение каждого из заданий 1, 18–20 оценивается в 2 балла, если верно указаны все элементы верного ответа; в 1 балл, если допущена одна ошибка или дополнительно к верным элементам указан один неверный; в 0 баллов, если два элемента указаны неверно. Если в ответе дополнительно к верным указано два и более неверных элементов (или ответ отсутствует), – 0 баллов.

При записи ответов на задания 1, 18–20, 22 порядок следования цифр не имеет значения.

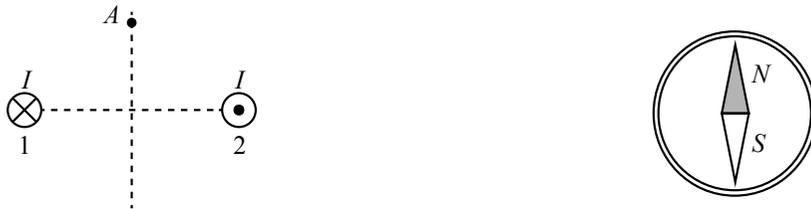
№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	35	12	0,025
2	32	13	21
3	325	14	23
4	3	15	33
5	2	16	22
6	100	17	23
7	200	18	134
8	2	19	12
9	0,4	20	124
10	8	21	12
11	40	22	35

Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

Выполнение заданий 23–30 (с развёрнутым ответом) оценивается 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 максимального балла.

23

По двум вертикальным длинным прямым проводникам 1 и 2 в противоположных направлениях текут одинаковые токи (см. рисунок, вид сверху). На горизонтальной плоскости вне действия магнитного поля проводников находится компас. Нарисуйте, как расположится стрелка этого компаса, если его центр поместить в точку *A* на этой плоскости, равноудалённую от проводников. Влиянием магнитного поля Земли пренебречь. Ответ поясните, указав, какие закономерности Вы при этом использовали.



Возможное решение

1. В плоскости стола линии магнитной индукции полей, существующих вокруг проводников с током образуют окружности, охватывающие проводник.

Векторы \vec{B}_1 и \vec{B}_2 магнитных полей токов I_1 и I_2 в точке *A* направлены по касательной к соответствующим линиям индукции и в силу равноудалённости точки *A* от проводников равны друг другу по модулю, как показано на рисунке 1.

2. Согласно принципу суперпозиции вектор индукции результирующего магнитного поля в точке *A* равен $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$.

3. Стрелка компаса устанавливается по вектору \vec{B} таким образом, что направление от её южного полюса к северному совпадает с направлением вектора \vec{B} , как показано на рисунке 2. Поэтому в точке *A* стрелка компаса устанавливается, как показано на рисунке 3.

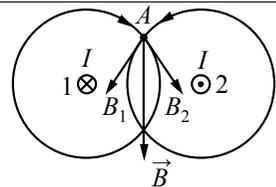


Рис. 1

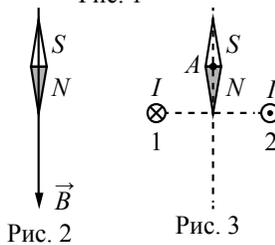


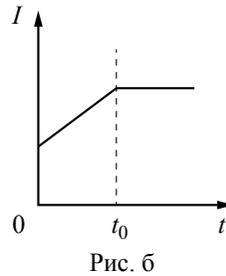
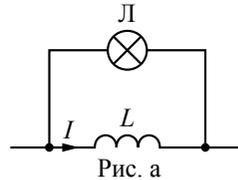
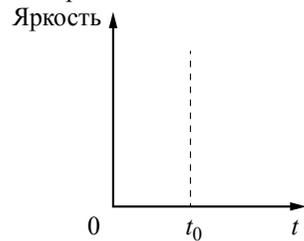
Рис. 2

Рис. 3

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (данном случае – <i>рисунок с расположением стрелки компаса в точке A</i>), и пояснение с указанием использованных явлений, законов или закономерностей (в данном случае – <i>указано направление векторов магнитной индукции, использован принцип суперпозиции, описана (или изображена на рисунке) ориентация магнитной стрелки в магнитном поле</i>).	2
Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания и приведено пояснение с указанием всех необходимых для пояснения явлений, законов или закономерностей, но в рассуждениях допущена ошибка. ИЛИ Дан правильный ответ на вопрос задания и приведено пояснение, но в нём не указано одно явление или физический закон, необходимый для полного верного пояснения. ИЛИ Приведено пояснение с указанием всех необходимых для пояснения явлений, законов или закономерностей, но в пояснении допущена одна ошибка, что привело к неверному ответу. ИЛИ Представлен неверный ответ на вопрос задания, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи, с указанием не менее двух из необходимых для пояснения явлений, законов или закономерностей	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 и 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	
	2

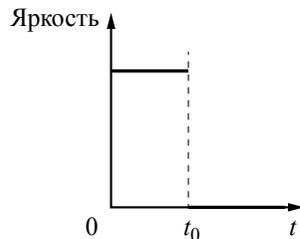
24

Параллельно катушке индуктивности L с малым активным сопротивлением включена лампа накаливания (см. рис. а). Яркость свечения лампы прямо пропорциональна напряжению на ней. На рисунке б представлен график зависимости силы тока I в катушке от времени t . Опираясь на законы физики, изобразите график зависимости яркости свечения лампы от времени. Объясните построение графика, указав явления и закономерности, которые Вы при этом использовали.



Возможное решение

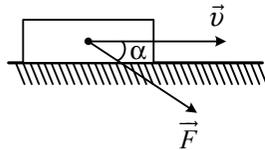
1. Катушка и лампочка соединены параллельно, поэтому напряжение на лампочке равно напряжению на катушке.
2. При $t < t_0$ сила тока в катушке изменяется по линейному закону. ЭДС самоиндукции катушки $\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = const$. Напряжение на лампочке равно ЭДС самоиндукции катушки, а значит постоянно, и яркость свечения лампочки на этом интервале времени также постоянна.
3. При $t > t_0$ сила тока в катушке постоянна, $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$ и, следовательно, ЭДС самоиндукции катушки и напряжение на лампочке равны нулю. На этом интервале времени лампочка не светит.
4. График зависимости яркости свечения лампочки от времени приведён на рисунке.



Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>правильно изображён график зависимости яркости лампочки от времени</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>указано, что при параллельном соединении элементов цепи напряжения на них одинаковы; правильно применяется формула для расчёта ЭДС самоиндукции катушки</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 одному из следующих случаев. Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

25

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

**Возможное решение**

1. На брусок, кроме сил F и $F_{\text{тр}}$, действуют еще сила тяжести mg и нормальная составляющая силы реакции опоры N . Проекция второго закона Ньютона на вертикальную ось, направленную вверх, имеет вид:

$$0 = N - mg - F \sin \alpha.$$

2. Сила трения скольжения: $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu(mg + F \sin \alpha)$.

3. Для искомой силы получаем $F = \frac{F_{\text{тр}} - \mu mg}{\mu \sin \alpha} = \frac{7,5 - 0,3 \cdot 2 \cdot 10}{0,3 \cdot 0,5} = 10$ Н

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>второй закон Ньютона, выражение для силы трения скольжения</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин;</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>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но отсутствуют указания, соответствующие пункту II.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>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

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?

Возможное решение

1. Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта применительно к результатам приведенного исследования:

$$\frac{hc}{\lambda_1} = A_{\text{вых}} + E_{K1} = A_{\text{вых}} + eU_1 \text{ для первого опыта}$$

$$\text{и } \frac{hc}{\lambda_2} = A_{\text{вых}} + E_{K2} = A_{\text{вых}} + eU_2 \text{ для второго опыта.}$$

2. Вычитая из второго уравнения первое, получим:

$$hc \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right) = e(U_2 - U_1).$$

3. Таким образом,

$$h = \frac{e(U_2 - U_1)\lambda_1\lambda_2}{c(\lambda_1 - \lambda_2)} = \frac{1,6 \cdot 10^{19} \cdot (0,6 - 0,4) \cdot 546 \cdot 10^{-9} \cdot 491 \cdot 10^{-9}}{3 \cdot 10^8 \cdot (546 \cdot 10^{-9} - 491 \cdot 10^{-9})} \approx 5,2 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с.}$$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, условие равенства максимальной кинетической энергии электрона и изменения его потенциальной энергии при перемещении в электростатическом поле</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин; 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	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но отсутствуют указания, соответствующие пункту II. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> 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 style="text-align: center;">ИЛИ</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.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

27

В комнате размерами $4 \times 5 \times 3$ м, в которой воздух имеет температуру 10°C и относительную влажность 30% , включили увлажнитель воздуха производительностью $0,2$ л/ч. Чему станет равна относительная влажность воздуха в комнате через $1,5$ ч? Давление насыщенного водяного пара при температуре 10°C равно $1,23$ кПа. Комнату считать герметичным сосудом.

Возможное решение

1. Относительная влажность определяется парциальным давлением водяного пара p и давлением $p_{\text{нас}}$ насыщенного пара при той же температуре:

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{нас}}}.$$

За время τ работы увлажнителя с производительностью I испаряется масса воды $m = \rho I \tau$ плотностью ρ .

2. В результате исходная влажность в комнате, $\varphi_1 = \frac{p_1}{p_{\text{нас}}}$, возрастает до значения

$$\varphi_2 = \frac{p_2}{p_{\text{нас}}} = \frac{p_1 + \Delta p}{p_{\text{нас}}} = \varphi_1 + \frac{\Delta p}{p_{\text{нас}}}.$$

Водяной пар в комнате объёмом V является разреженным газом, который подчиняется уравнению Менделеева – Клапейрона:

$$pV = \frac{M}{\mu} RT,$$

где M – масса водяного пара, p – парциальное давление, μ – его молярная масса.

3. Увеличение массы пара в комнате на m (от m_1 до $m_2 = m_1 + m$) приводит к увеличению парциального давления на величину, пропорциональную испарившейся массе: $\Delta p = \frac{m}{\mu} \frac{RT}{V} = \frac{\rho I \tau RT}{\mu V}$.

$$\text{Отсюда: } \varphi_2 = \varphi_1 + \frac{\Delta p}{p_{\text{нас}}} = \varphi_1 + \frac{\rho I \tau}{\mu} \cdot \frac{RT}{p_{\text{нас}} V}.$$

4. Подставляя значения физических величин, получим:

$$\varphi_2 = 0,3 + \frac{10^3 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5}{18 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{8,31 \cdot 283}{1,23 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 3} \approx 0,83 = 83\%.$$

Ответ: $\varphi_2 \approx 83\%$

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>определение относительной влажности для двух состояний воздуха, уравнение Менделеева – Клапейрона, выражение для производительности увлажнителя</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2

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

28

С идеальным одноатомным газом, который находится в сосуде под поршнем, последовательно провели два опыта. В первом опыте газу при закреплённом поршне сообщили количество теплоты Q_1 , в результате чего его температура повысилась на $\Delta T = 1$ К. Во втором опыте, предоставив газу возможность изобарно расширяться, сообщили ему количество теплоты Q_2 , которое на 208 Дж больше, чем Q_1 . В результате температура газа повысилась, как и в первом случае, на ΔT . Какова, по данным этих двух опытов, молярная масса газа, если его масса $m = 1$ кг?

Возможное решение

1. Согласно первому началу термодинамики $Q = \Delta U + A$, где ΔU – приращение внутренней энергии газа, A – работа газа. Так как для одноатомного идеального газа	
$\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T,$	(1)
то приращение внутренней энергии газа в обоих опытах одинаково.	
2. Работа газом совершается при его расширении, а т.к. в первом опыте объём не менялся, то в этом опыте $A = 0$. Таким образом,	
$Q_1 = \Delta U,$	(2)
$Q_2 = \Delta U + A,$	(3)
Во втором опыте работа A совершалась газом в ходе изобарного расширения, так что	

© ФГБНУ «ФИПИ»

НЕ БУДЕТ использоваться при проведении ЕГЭ 2021 г.

$A = p \Delta V,$	(4)
где ΔV – изменение объёма газа. 3. С помощью уравнения Менделеева – Клапейрона эту работу можно выразить через приращение температуры газа: $p \Delta V = \frac{m}{\mu} R \Delta T.$	(5)
4. Решая полученную систему уравнений (1)–(5), получим $\mu = \frac{m R \Delta T}{Q_2 - Q_1} = \frac{1 \cdot 8,31 \cdot 1}{208} \approx 0,04 \text{ кг/моль.}$	
Ответ: $\mu \approx 40$ г/моль	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>первый закон термодинамики для двух случаев нагревания газа, формулы для внутренней энергии идеального одноатомного газа и для работы газа в изобарном процессе, уравнение Менделеева – Клапейрона</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (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	2

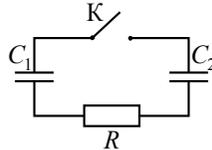
© ФГБНУ «ФИПИ»

НЕ БУДЕТ использоваться при проведении ЕГЭ 2021 г.

Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> 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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

29

Конденсатор $C_1 = 1$ мкФ заряжен до напряжения $U = 300$ В и включён в последовательную цепь с резистора $R = 300$ Ом, незаряженного конденсатора $C_2 = 2$ мкФ и разомкнутого ключа К (см. рисунок). Какое количество теплоты выделится в цепи после замыкания ключа, пока ток в цепи не прекратится?

**Возможное решение**

- Первоначальный заряд конденсатора C_1 равен $q = C_1 U$.
- В результате перезарядки на конденсаторах устанавливаются одинаковые напряжения, так как ток в цепи прекращается и напряжение на резисторе R становится равным нулю. Поэтому их можно считать соединёнными параллельно. Тогда их общая ёмкость $C_0 = C_1 + C_2$.
- По закону сохранения заряда суммарный заряд конденсаторов будет равен $C_1 U$.
- По закону сохранения энергии выделившееся в цепи количество теплоты равно разности значений энергии конденсаторов в начальном и конечном состояниях: $Q = \frac{C_1 U^2}{2} - \frac{(C_1 U)^2}{2(C_1 + C_2)}$.

Откуда получим:

$Q = \frac{C_1 C_2 U^2}{2(C_1 + C_2)} = \frac{10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 300^2}{2(10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6})} = 0,03$ Дж.	
Ответ: $Q = 30$ мДж	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае <i>формула для заряда конденсатора, закон сохранения заряда, выражение для энергии конденсатора, ёмкость параллельно соединённых конденсаторов, закон сохранения энергии</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (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 <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 В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

30

Снаряд массой 4 кг, летящий со скоростью 400 м/с, разрывается на две равные части, одна из которых летит в направлении движения снаряда, а другая – в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличилась на 0,5 МДж. Найдите скорость осколка, летящего по направлению движения снаряда. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Какие законы Вы использовали для описания разрыва снаряда? Обоснуйте их применимость к данному случаю.

Возможное решение

Обоснование

Для описания разрыва снаряда использован закон сохранения импульса системы тел. Он выполняется в инерциальной системе отсчёта, если сумма внешних сил, приложенных к телам системы, равна нулю. В данном случае из-за отсутствия сопротивления воздуха внешней силой является сила тяжести mg , которая не равна нулю. Но этим можно пренебречь, считая время разрыва снаряда малым. За малое время разрыва импульс каждого из осколков меняется на конечную величину за счёт большой внутренней силы взрыва. По сравнению с этой большой силой конечная сила тяжести пренебрежимо мала.

Так как время разрыва снаряда считаем малым, то можно пренебречь и изменением потенциальной энергии снаряда и его осколков в процессе разрыва.

© ФГБНУ «ФИПИ»

НЕ БУДЕТ использоваться при проведении ЕГЭ 2021 г.

Решение

1. Введем инерциальную систему отсчёта, связанную с Землёй, и направим ось x системы координат в направлении начальной скорости движения снаряда. Запишем закон сохранения импульса в проекции на ось Ox и сохранения энергии для снаряда:

$$2m \cdot v_0 = mv_1 - mv_2; \quad (1)$$

$$2m \cdot \frac{v_0^2}{2} + \Delta E = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}, \quad (2)$$

где

 $2m$ – масса снаряда до взрыва; v_0 – модуль скорости снаряда до взрыва; v_1 – модуль скорости осколка, летящего вперёд; v_2 – модуль скорости осколка, летящего назад.

2. Выразим v_2 из первого уравнения: $v_2 = v_1 - 2v_0$ и подставим во второе уравнение. Получим: $v_1^2 - 2v_0v_1 + v_0^2 - \frac{\Delta E}{m} = 0$.

3. Из двух корней этого уравнения $(v_1)_{1,2} = v_0 \pm \sqrt{\frac{\Delta E}{m}}$ выбираем больший, что соответствует условию задачи $v_1 > v_0$.

4. Отсюда следует: $v_1 = v_0 + \sqrt{\frac{\Delta E}{m}} = 400 + \sqrt{\frac{0,5 \cdot 10^6}{2}} = 900$ м/с.

Ответ: $v_1 = 900$ м/с

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей)	1
В обосновании возможности использования законов (закономерностей) допущена ошибка; ИЛИ Обоснование отсутствует	0

© ФГБНУ «ФИПИ»

НЕ БУДЕТ использоваться при проведении ЕГЭ 2021 г.

Критерий 2	
<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>закон сохранения импульса, закон сохранения энергии</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений 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 физической 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> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>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>	4