Вариант 1

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 26 заданий.

В заданиях 1–4, 7, 8, 11–13 и 16 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/с^2. -2,5 Бланк

Ответом к заданиям 5, 6, 9, 10, 14, 15, 17, 18 и 20 является последовательность цифр. В заданиях 5, 9, 14 и 18 предполагается два или три верных ответа. 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

Бланк 41

Ответом к заданию 19 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: (1,4 ± 0,2) Н. 1,40,2 Бланк

Ответ к заданиям 21–26 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	$\pi = 3{,}14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10$ м/с^2
гравитационная постоянная	$G = 6{,}7\cdot10^{-11}$ Н·м^2/кг^2
универсальная газовая постоянная	$R = 8{,}31$ Дж/(моль·К)
постоянная Больцмана	$k = 1{,}38\cdot10^{-23}$ Дж/К
постоянная Авогадро	$N_A = 6\cdot10^{23}$ моль$^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3\cdot10^8$ м/с
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\cdot10^9$ Н·м^2/Кл^2
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл
постоянная Планка	$h = 6{,}6\cdot10^{-34}$ Дж·с

Соотношения между различными единицами

температура	0 К = –273 °С
атомная единица массы	1 а.е.м. = $1{,}66\cdot10^{-27}$ кг
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = $1{,}6\cdot10^{-19}$ Дж

Масса частиц

электрона	$9{,}1\cdot10^{-31}$кг ≈ $5{,}5\cdot10^{-4}$ а.е.м.
протона	$1{,}673\cdot10^{-27}$ кг ≈ 1,007 а.е.м.
нейтрона	$1{,}675\cdot10^{-27}$ кг ≈ 1,008 а.е.м.

Плотность

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

Удельная теплоёмкость

воды	$4{,}2\cdot10^3$	Дж/(кг·К)	алюминия	900	Дж/(кг·К)
льда	$2{,}1\cdot10^3$	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	$2{,}3\cdot10^6$ Дж/кг
плавления свинца	$2{,}5\cdot10^4$ Дж/кг
плавления льда	$3{,}3\cdot10^5$ Дж/кг

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

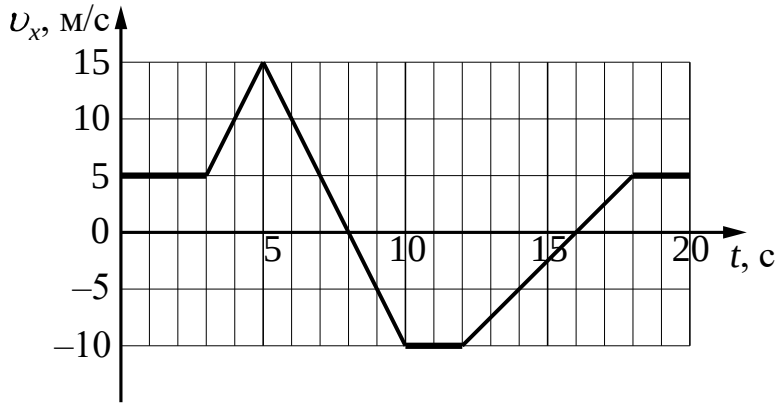
Молярная масса

азота	$28\cdot10^{-3}$	кг/моль	гелия	$4\cdot10^{-3}$	кг/моль
аргона	$40\cdot10^{-3}$	кг/моль	кислорода	$32\cdot10^{-3}$	кг/моль
водорода	$2\cdot10^{-3}$	кг/моль	лития	$6\cdot10^{-3}$	кг/моль
воздуха	$29\cdot10^{-3}$	кг/моль	неона	$20\cdot10^{-3}$	кг/моль
воды	$18\cdot10^{-3}$	кг/моль	углекислого газа	$44\cdot10^{-3}$	кг/моль

Часть 1

Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

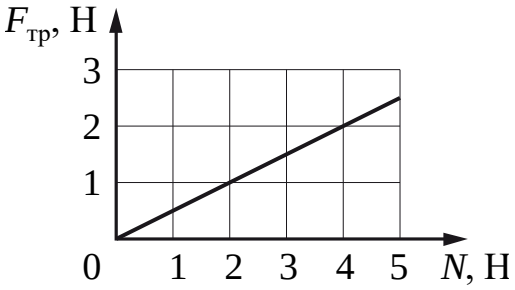
1 На рисунке приведён график зависимости проекции υ_x скорости тела от времени t.



Определите проекцию a_x ускорения этого тела в интервале времени от 8 до 10 с.

Ответ: _____ м/с^2.

2 На графике приведена зависимость модуля силы трения скольжения от модуля силы нормального давления. Каков коэффициент трения?



Ответ: _____.

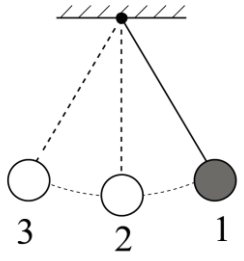
3 Тело массой 600 г, брошенное вертикально вверх с поверхности Земли, поднялось на максимальную высоту, равную 8 м. Какой кинетической энергией обладало тело в момент броска? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ Дж.

4 Куб из материала плотностью 3500 кг/м^3 и объёмом 600 см^3 полностью погружён в воду. Определите силу Архимеда, действующую на куб.

Ответ: _____ Н.

5 Математический маятник с частотой свободных колебаний 0,5 Гц отклонили на небольшой угол от положения равновесия в положение 1 и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия маятника отсчитывается от положения равновесия. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, описывающие процесс колебаний маятника.



1) Потенциальная энергия маятника в первый раз достигнет своего максимума через 2 с после начала движения.
2) Через 0,5 с маятник первый раз вернётся в положение 1.
3) При движении из положения 2 в положение 3 полная механическая энергия маятника остаётся неизменной.
4) Кинетическая энергия маятника в первый раз достигнет своего максимума через 0,5 с после начала движения.
5) При движении из положения 3 в положение 2 модуль силы натяжения нити увеличивается.

Ответ: _____.

6 В результате перехода искусственного спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода высота обриты спутника и период его обращения вокруг Земли?
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.

Высота орбиты спутника	Период обращения спутника вокруг Земли

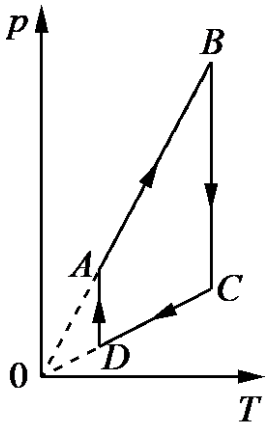
7 Во сколько раз увеличится давление разреженного одноатомного газа, если при увеличении концентрации молекул газа в 3 раза его абсолютная температура увеличится в 2 раза?

Ответ: в_____ раз(а).

8 Рабочее тело тепловой машины за цикл совершает работу 45 Дж. Какое количество теплоты отдаёт холодильнику рабочее тело, если КПД тепловой машины равен 15%?

Ответ: _____ Дж.

9 На рисунке показан график циклического процесса, проведённого с одноатомным идеальным газом, в координатах p–T, где p – давление газа, T – абсолютная температура газа. Количество вещества газа постоянно.
Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие процессы на графике.



1) Газ за цикл совершает отрицательную работу.
2) В процессе AB газ получает положительное количество теплоты.
3) В процессе BC внутренняя энергия газа остаётся неизменной.
4) В процессе CD над газом совершают положительную работу внешние силы.
5) В процессе DA газ изотермически расширяется.

Ответ: _____ .

10 В сосуде неизменного объёма находилась при комнатной температуре смесь двух идеальных газов, по 2 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 1 моль первого газа. Температура в сосуде поддерживалась неизменной. Как изменились в результате парциальное давление первого газа и суммарное давление газов?

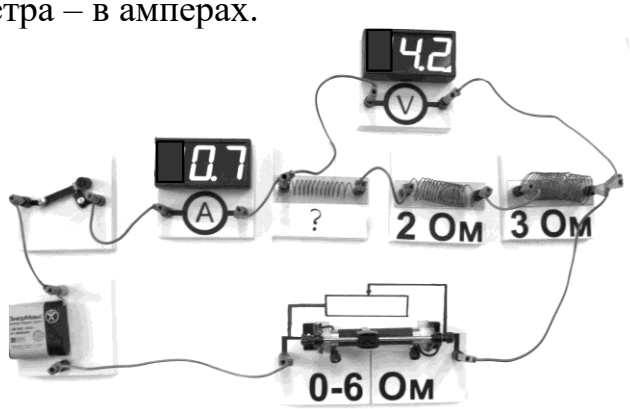
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличилась
2) уменьшилась
3) не изменилась

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

Парциальное давление первого газа	Давление смеси газов

11 На фотографии представлена электрическая цепь. Показания вольтметра даны в вольтах, амперметра – в амперах.



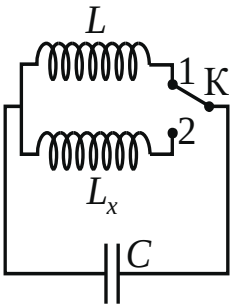
Чему равно сопротивление неизвестного резистора? Вольтметр и амперметр считать идеальными.

Ответ: _____ Ом.

12 Какова сила тока в катушке катушки индуктивностью 0,8 Гн, если энергия магнитного поля в ней равна 0,9 Дж?

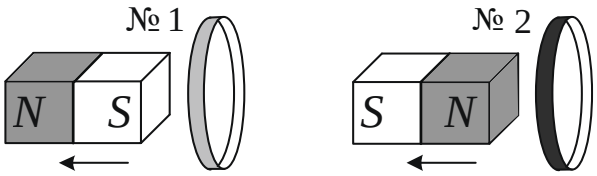
Ответ: _____ А.

13 Индуктивность катушки идеального колебательного контура L = 0,1 Гн. Какой должна быть индуктивность L_x катушки в контуре (см. рисунок), чтобы при переводе ключа К из положения 1 в положение 2 частота собственных электромагнитных колебаний в контуре уменьшилась в 3 раза?



Ответ: _____ Гн.

14 От деревянного кольца № 1 отодвигают южный полюс полосового магнита, а от медного кольца № 2 – северный полюс такого же магнита (см. рисунок).



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно наблюдаемых явлений.

1) В кольце № 1 возникает индукционный ток.
2) В кольце № 2 индукционный ток **не** возникает.
3) Кольцо № 1 не взаимодействует с магнитом.
4) Кольцо № 2 притягивается к магниту.
5) В кольце № 1 возникает ЭДС электромагнитной индукции.

Ответ: _____.

15 Ион натрия движется по окружности в однородном магнитном поле. Как изменятся сила, действующая на ион в магнитном поле, и частота его обращения, если уменьшить модуль вектора магнитной индукции магнитного поля? Скорость иона остаётся неизменной.
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.

Сила, действующая на ион в магнитном поле	Частота обращения иона

16 Сколько нейтронов содержится в ядре изотопа висмута $^{208}_{83}Bi$?

Ответ: _____.

17 Как изменятся при β^--распаде массовое число ядра и число протонов в ядре? 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.

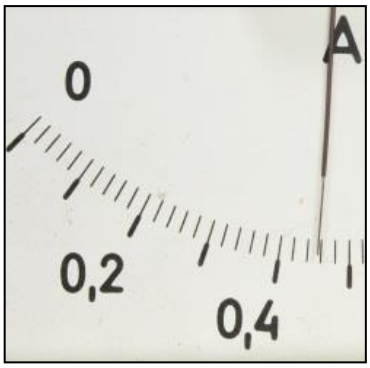
Массовое число ядра	Число протонов в ядре

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

1) При вынужденных механических колебаниях в колебательной системе резонанс возникает в том случае, если собственная частота колебаний системы превышает частоту изменения внешней силы.
2) В процессе изохорного нагревания постоянной массы газа давление газа увеличивается.
3) Поверхность проводника, находящегося в электростатическом поле, **не** является эквипотенциальной.
4) При преломлении света при переходе из одной среды в другую изменяются скорость волны и частота, а длина её волны остаётся неизменной.
5) Энергия связи ядра равна той энергии, которую необходимо затратить для того, чтобы разделить это ядро на отдельные протоны и нейтроны.

Ответ: _____.

19 Определите показания амперметра (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения силы тока равна цене деления амперметра.



Ответ: (_____ ± _____) А.

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

20 Необходимо на опыте обнаружить зависимость объёма газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от температуры. Имеются пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различных температурах и давлениях (см. таблицу). Какие **два** сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ сосуда	Давление, кПа	Температура газа в сосуде, °С	Масса газа, г
1	60	80	10
2	60	100	10
3	80	60	5
4	90	80	15
5	100	60	5

Запишите в таблицу номера выбранных сосудов.

Ответ: | | |

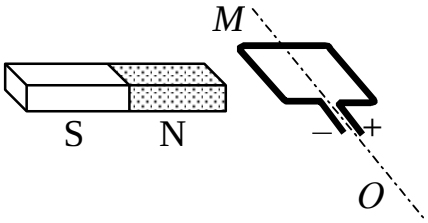
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Часть 2

Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

21

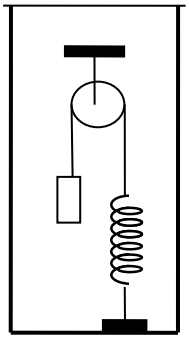
Рамку с постоянным током удерживают неподвижно в поле полосового магнита (см. рисунок). Полярность подключения источника тока к выводам рамки показана на рисунке. Как будет двигаться рамка на неподвижной оси *MO*, если рамку не удерживать? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения. Считать, что рамка испытывает небольшое сопротивление движению со стороны воздуха.



Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.

22

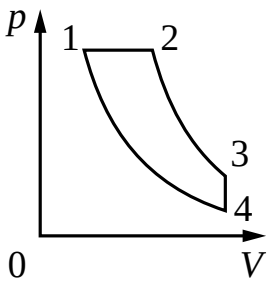
В сосуде (см. рисунок) находится система тел, состоящая из блока с перекинутой через него нитью, к концам которой привязаны тело объёмом V и пружина жёсткостью k. Нижний конец пружины прикреплён ко дну сосуда. Как изменится сила натяжения нити, действующая на пружину, если эту систему целиком погрузить в жидкость плотностью ρ? (Считать, что трение в оси блока отсутствует.)



23

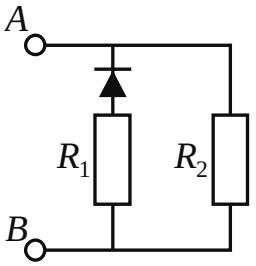
В кастрюле находится 0,5 кг воды температурой 10 °С. Сколько потребуется времени, чтобы при помощи кипятильника мощностью 400 Вт выпарить 15 % воды из кастрюли? Потерями тепла и теплоёмкостью кастрюли пренебречь.

24 Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображён на pV-диаграмме и состоит из двух адиабат, изохоры, изобары. Зная, что КПД этого цикла $\eta = 15\%$, а минимальная и максимальная температуры газа при изохорном процессе $t_{\min} = 37$ °C и $t_{\max} = 302$ °C, определите количество теплоты, получаемое газом за цикл.



25

В цепи, изображённой на рисунке, сопротивление диода в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном многократно превышает сопротивление резисторов. При подключении к точке A положительного полюса, а к точке B отрицательного полюса батареи с ЭДС 12 В и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением потребляемая мощность равна 14,4 Вт. При изменении полярности подключения батареи потребляемая мощность оказалась равной 21,6 Вт. Укажите, как течёт ток через диод и резисторы в обоих случаях, и определите сопротивления резисторов в этой цепи.



26 Пластилиновый шарик в момент $t = 0$ бросают с горизонтальной поверхности Земли с начальной скоростью $\vec{\upsilon}_0$ под углом α к горизонту. Одновременно с некоторой высоты над поверхностью Земли начинает падать из состояния покоя другой такой же шарик. Шарики абсолютно неупруго сталкиваются в воздухе. Сразу после столкновения скорость шариков направлена горизонтально. В какой момент времени τ шарики упадут на Землю? Сопротивлением воздуха пренебречь. ***Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.***

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

Система оценивания экзаменационной работы по физике

Задания 1–20

Правильное выполнение каждого из заданий 1–4, 7, 8, 11–13, 16, 19 и 20 оценивается 1 баллом. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа. В ответе на задание 20 порядок записи символов значения не имеет.

Правильное выполнение каждого из заданий 6, 10, 15 и 17 оценивается 2 баллами. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа: каждый символ в ответе стоит на своём месте, лишние символы в ответе отсутствуют. Выставляется 1 балл, если на любой одной позиции ответа записан не тот символ, который представлен в эталоне ответа. Во всех других случаях выставляется 0 баллов. Если количество символов в ответе больше требуемого, выставляется 0 баллов вне зависимости от того, были ли указаны все необходимые символы.

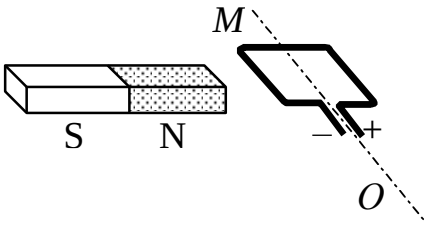
Правильное выполнение каждого из заданий 5, 9, 14 и 18 оценивается 2 баллами. В этих заданиях предполагается два или три верных ответа. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, каждый символ присутствует в ответе, в ответе отсутствуют лишние символы. Порядок записи символов в ответе значения не имеет. Выставляется 1 балл, если только один из символов, указанных в ответе, не соответствует эталону (в том числе есть один лишний символ наряду с остальными верными) или только один символ отсутствует; во всех других случаях выставляется 0 баллов.

Номер задания	**Правильный ответ**	**Номер задания**	**Правильный ответ**
1	-5	11	1
2	0,5	12	1,5
3	48	13	0,9
4	6	14	34
5	345	15	22
6	11	16	125
7	6	17	31
8	255	18	25
9	23	19	0,460,02
10	32	20	12

Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

21

Рамку с постоянным током удерживают неподвижно в поле полосового магнита (см. рисунок). Полярность подключения источника тока к выводам рамки показана на рисунке. Как будет двигаться рамка на неподвижной оси *MO*, если рамку не удерживать? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения. Считать, что рамка испытывает небольшое сопротивление движению со стороны воздуха.

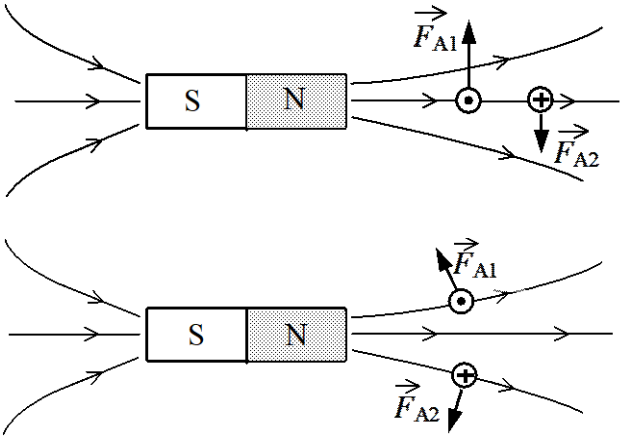


Возможное решение

1) Ответ: Рамка повернется по часовой стрелке и встанет перпендикулярно оси магнита так, что контакт «+» окажется внизу.

2) Рассмотрим сечение рамки плоскостью рисунка в условии задачи.

В исходном положении в левом звене рамки ток направлен к нам, а в правом – от нас.



На левое звено рамки в соответствии с правилом левой руки действует сила Ампера $\vec{F}_{A1}$, направленная вверх, а на правое звено – сила Ампера $\vec{F}_{A2}$, направленная вниз. Эти силы разворачивают рамку на неподвижной оси *MO* по часовой стрелке (см. рисунок).

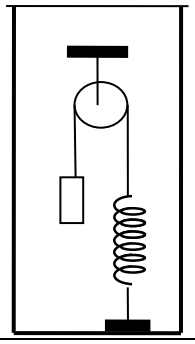
3) Рамка устанавливается перпендикулярно оси магнита так, что контакт «+» оказывается внизу. При этом силы Ампера $\vec{F}_{A1}$ и $\vec{F}_{A2}$ обеспечивают равновесие рамки на оси *MO* (см. рисунок).

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – п.1), и полное верное объяснение (в данном случае – п.2–3) с указанием наблюдаемых явлений и законов (*магнитное поле полосового магнита, действие магнитного поля на проводник с током, определение направления силы Ампера*)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков.	2

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 и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	
Представлено решение, соответствующее **<u>одному</u>** из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и 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
Максимальный балл	*3*

22

В сосуде (см. рисунок) находится система тел, состоящая из блока с перекинутой через него нитью, к концам которой привязаны тело объёмом V и пружина жёсткостью k. Нижний конец пружины прикреплён ко дну сосуда. Как изменится сила натяжения нити, действующая на пружину, если эту систему целиком погрузить в жидкость плотностью ρ? (Считать, что трение в оси блока отсутствует.)



Возможное решение

Выберем инерциальную систему отсчета, связанную с Землёй.

С помощью второго закона Ньютона выразим силу натяжения нити T_1 до погружения системы в жидкость:

$$mg - T_1 = 0. \quad (1)$$

То же – для случая, когда система погружена в жидкость, с учетом силы Архимеда:

$$mg - T_2 - \rho Vg = 0. \quad (2)$$

Теперь с помощью уравнений (1)–(2) можно найти изменение силы натяжения нити: $\Delta T = T_2 - T_1 = -\rho Vg$.

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: *второй закон Ньютона, выражение для силы Архимеда*); 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) представлены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу; IV) представлен правильный ответ	2
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется 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 и не зачёркнуты. И (ИЛИ)	1

В необходимых математических преобразованиях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
Максимальный балл	*2*

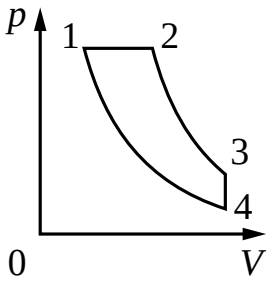
23 В кастрюле находится 0,5 кг воды температурой 10 °С. Сколько потребуется времени, чтобы при помощи кипятильника мощностью 400 Вт выпарить 15 % воды из кастрюли? Потерями тепла и теплоёмкостью кастрюли пренебречь.

Возможное решение	
Поскольку теплоёмкостью кастрюли и потерями тепла можно пренебречь, в соответствии с уравнением теплового баланса количество теплоты $Q = Q_1 + Q_2$, переданное кипятильником, расходуется на нагревание воды и её частичное парообразование. $Q_1 = cm(t_K - t)$ – количество теплоты, необходимое для нагревания воды до кипения, где c – удельная теплоёмкость воды, m, t и t_K – её масса, начальная температура и температура кипения соответственно. $Q_2 = n \cdot m \cdot r$ – количество теплоты, необходимое для частичного парообразования воды, где r – удельная теплота парообразования воды, n – часть выкипевшей воды. Для мощности можно записать: $N = \frac{A}{T} = \frac{Q}{T}$. В итоге получим: $T = \frac{m\left(c(t_K - t) + nr\right)}{N} = \frac{0{,}5 \cdot \left(4200 \cdot (100 - 10) + 0{,}15 \cdot 2{,}3 \cdot 10^6\right)}{400} \approx 904\ \text{с} \approx 15$ мин. Ответ: $T \approx 15$ мин.	
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: *уравнение теплового баланса, формула количества теплоты, необходимого для нагревания и парообразования вещества, формула мощности*); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых*	2

в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется 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 и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
Максимальный балл	*2*

24

Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображён на pV-диаграмме и состоит из двух адиабат, изохоры, изобары. Зная, что КПД этого цикла $\eta = 15\%$, а минимальная и максимальная температуры газа при изохорном процессе $t_{\min} = 37\,°\text{C}$ и $t_{\max} = 302\,°\text{C}$, определите количество теплоты, получаемое газом за цикл.



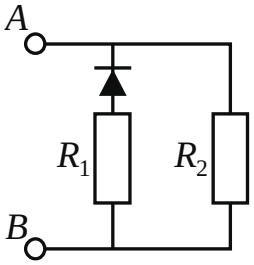
Возможное решение
При изобарном расширении на участке 1–2 газ получает от нагревателя количество теплоты Q_{12}, а на участке 3–4 отдаёт холодильнику в изохорном процессе количество теплоты Q_{34}. На других участках теплообмен отсутствует. В соответствии с первым началом термодинамики работа газа за цикл A равна разности количества теплоты, полученной от нагревателя и отданной холодильнику: $A = Q_{12} - Q_{34}$. По определению КПД теплового двигателя $\eta = \frac{A}{Q_{12}} = 1 - \frac{Q_{34}}{Q_{12}}$, что позволяет найти теплоту, полученную от нагревателя: $Q_{12} = \frac{Q_{34}}{1-\eta}$, если известно Q_{34}. Количество теплоты Q_{34}, отданное при изохорном охлаждении на участке 3–4, равно уменьшению внутренней энергии газа этом участке: $Q_{34} = \lvert \Delta U_{34} \rvert$. Внутренняя энергия идеального газа пропорциональна абсолютной температуре $U = \frac{3}{2}\nu RT$. В итоге получим: $Q_{12} = \frac{Q_{34}}{1-\eta} = \frac{3}{2}\frac{\nu R(t_{max} - t_{min})}{1-\eta}$ Подставляя значения физических величин, получим: $Q_{12} = \frac{3}{2} \cdot \frac{8{,}31 \cdot 265}{0{,}85} \approx 3886$ Дж. Ответ: $Q_{12} \approx 3886$ Дж

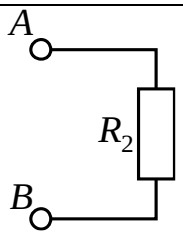
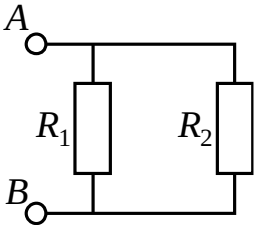
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *КПД теплового двигателя, первый закон термодинамики и выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа*);	3

II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*); 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	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца. ИЛИ Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	2
Представлены записи, соответствующие **<u>одному</u>** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения 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 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

25

В цепи, изображённой на рисунке, сопротивление диода в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном многократно превышает сопротивление резисторов. При подключении к точке *A* положительного полюса, а к точке *B* отрицательного полюса батареи с ЭДС 12 В и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением потребляемая мощность равна 14,4 Вт. При изменении полярности подключения батареи потребляемая мощность оказалась равной 21,6 Вт. Укажите, как течёт ток через диод и резисторы в обоих случаях, и определите сопротивления резисторов в этой цепи.



Возможное решение
1. Если при подключении батареи потенциал точки *A* оказывается выше, чем потенциал точки *B*, $\varphi_A > \varphi_B$, то ток через диод не течёт, и эквивалентная схема цепи имеет вид, изображённый на рис. 1. Потребляемая мощность $P_1 = \frac{E^2}{R_2}$.  Рис. 1   2. При изменении полярности подключения батареи $\varphi_A < \varphi_B$, диод открывается и подключает резистор R_1 параллельно резистору R_2. Эквивалентная схема цепи в этом случае изображена на рис. 2. При этом потребляемая мощность увеличивается:  Рис. 2 $P_2 = \frac{E^2}{R_1} + \frac{E^2}{R_2} > P_1$.   3. Из этих уравнений: $R_2 = \frac{E^2}{P_1}$, $R_1 = \frac{E^2}{P_2 - P_1}$.   4. Подставляя значения физических величин, указанные в условии, получаем: $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = 10$ Ом.   Ответ: $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = 10$ Ом

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: *выражение для мощности тока, текущего через резистор; условия протекания тока через диоды и резисторы*); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии*	3

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	
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
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
Максимальный балл	*3*

26

Пластилиновый шарик в момент $t = 0$ бросают с горизонтальной поверхности Земли с начальной скоростью $\vec{\upsilon}_0$ под углом α к горизонту. Одновременно с некоторой высоты над поверхностью Земли начинает падать из состояния покоя другой такой же шарик. Шарики абсолютно неупруго сталкиваются в воздухе. Сразу после столкновения скорость шариков направлена горизонтально. В какой момент времени τ шарики упадут на Землю? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Возможное решение

Обоснование

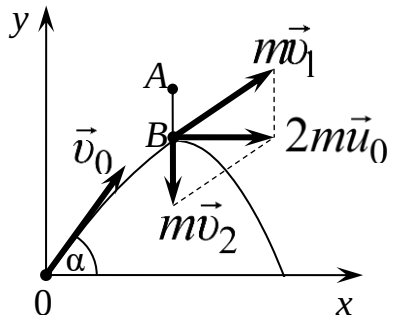
Инерциальную систему отсчета свяжем с Землей. Шарики будем считать материальными точками, поскольку их размерами в условиях задачи можно пренебречь.

Так как сопротивление воздуха не учитывается, то шарики до и после столкновения находятся в свободном падении и можно использовать формулы кинематики для тела, брошенного под углом к горизонту, и для тела, падающего вертикально.

Для абсолютно неупругого столкновения шариков можно использовать закон сохранения импульса, так как время столкновения мало и действием внешней силы тяжести за это время можно пренебречь.

Решение

1. Первый шарик начинает движение из начала координат, а второй – из точки A. До и после столкновения (в точке B) шарики свободно падают. Поэтому до столкновения для первого шарика



$$y_1(t) = \upsilon_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = \upsilon_0\sin\alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2},$$
$$\upsilon_{1y}(t) = \upsilon_0\sin\alpha - gt,$$

а для второго шарика

$$\upsilon_{2y}(t) = -gt.$$

2. Шарики сталкиваются в момент t_1, при этом импульс системы двух шариков сохраняется: $m\vec{\upsilon}_1 + m\vec{\upsilon}_2 = 2m\vec{u}_0$, а скорость $\vec{u}_0$ шариков после удара согласно условию горизонтальна. Поэтому $\upsilon_{1y}(t_1) + \upsilon_{2y}(t_1) = 0$, или $(\upsilon_0\sin\alpha - gt_1) + (-gt_1) = 0$, откуда $t_1 = \dfrac{\upsilon_0\sin\alpha}{2g}$.

3. Столкновение шариков происходит на высоте

$$h = y_1(t_1) = \upsilon_0\sin\alpha \cdot t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = \frac{\upsilon_0^2\sin^2\alpha}{2g} - \frac{\upsilon_0^2\sin^2\alpha}{8g} = \frac{3}{8}\cdot\frac{\upsilon_0^2\sin^2\alpha}{g}.$$

4. Поскольку скорость $\vec{u}_0$ шариков после удара горизонтальна, интервал времени t_2 от столкновения шариков до их падения на землю находится из условия $h = \frac{gt_2^2}{2}$, откуда $t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{3} \cdot \frac{\upsilon_0 \sin\alpha}{2g}$.

5. Шарики упадут на Землю в момент $\tau = t_1 + t_2 = \frac{\upsilon_0 \sin\alpha}{2g} \cdot \left(1 + \sqrt{3}\right)$.

Ответ: $\tau = \frac{\upsilon_0 \sin\alpha}{2g}\left(1 + \sqrt{3}\right)$

Критерии оценивания выполнения задания	**Баллы**
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: *выбор ИСО, материальная точка, условие применения закона сохранения импульса*	1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Критерий 2	
I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *закон сохранения импульса, формулы кинематики равноускоренного движения*); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов*); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ)	2

В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
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
Максимальный балл	*4*