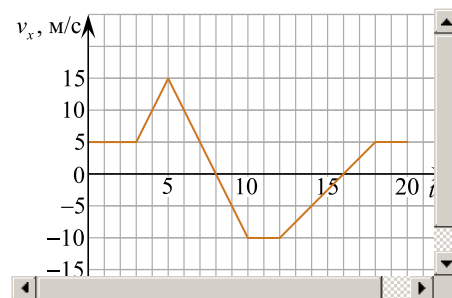


Вариант 35

ID: 13890

№ 1.

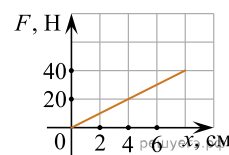
На рисунке приведен график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t . Определите путь, пройденный телом в интервале времени от 12 до 18 с. Ответ запишите в метрах.



№ 2.

На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости от удлинения пружины. Какова жесткость пружины?

Ответ запишите в ньютонах на метр.



№ 3.

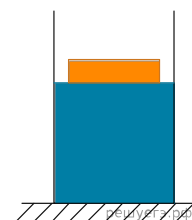
Шайба соскальзывает с нулевой начальной скоростью по наклонной плоскости с высоты 80 см. Какой максимальной скоростью будет обладать тело у конца плоскости?

№ 4.

Какова частота звуковых колебаний в среде, если скорость звука в этой среде $v = 500$ м/с, а длина волны $\lambda = 2$ м? (Ответ дайте в герцах.)

№ 5.

Два одинаковых бруска толщиной 5 см и массой 1 кг каждый, связанные друг с другом, плавают в воде так, что уровень воды приходится на границу между ними (см.рис.). Из приведенного ниже списка выберите все правильные утверждения.



1. Если воду заменить на подсолнечное масло, то глубина погружения брусков уменьшится.
2. Если на верхний брусок поставить гирию массой 1,5 кг, то бруски не утонут.
3. Если в стопку добавить еще три таких же бруска, то глубина ее погружения увеличится на 15 см.
4. Сила Архимеда, действующая на бруски, равна 10 Н.
5. Плотность материала, из которого изготовлены бруски, равна 500 кг/м^3 .

№ 6.

Однородный столб массой m и высотой H стоит вертикально. После того, как основание столба подпиливают у самой земли, он начинает падать. При этом нижний конец столба не отрывается от земли. Через некоторое время столб составляет с вертикалью угол α . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно определить. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) потенциальная энергия столба относительно поверхности земли

в момент начала падения

Б) потенциальная энергия столба относительно поверхности земли

в момент, когда столб составляет с вертикалью угол α

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{mgH}{2}$
- 2) mgH
- 3) $\frac{mgH \cos \alpha}{2}$
- 4) $\frac{mgH \sin \alpha}{2}$

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

А	Б

№ 7.

При нагревании масса воздуха в сосуде постоянного объёма изменилась, так как крышка, закрывавшая сосуд, была негерметична. Найдите отношение масс воздуха в сосуде в конечном и начальном состояниях $\frac{m_2}{m_1}$, если при увеличении температуры воздуха в 2 раза давление увеличилось в 1,5 раза.

№ 8.

Температура медного образца массой 100г повысилась с 20°C до 60°C. Какое количество теплоты получил образец? (Ответ дать в джоулях. Удельную теплоемкость меди считать равной 380 Дж/(кг·°C)).

№ 9.

Кристаллическое вещество медленно нагревалось в плавильной печи с постоянной мощностью. Тепловые потери были пренебрежимо малыми. В таблице приведены результаты измерений температуры этого вещества в разные моменты времени.

Время, мин	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура, °C	205	214	223	227	227	227	229	234

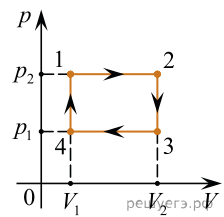
Выберите из предложенного перечня все утверждения, которые соответствуют результатам проведенного экспериментального исследования, и укажите их номера.

1. Температура плавления вещества в данных условиях равна 229 °C.
2. Через 18 мин. после начала измерений часть вещества находилась в твердом, а часть — в жидком состоянии.
3. Удельная теплоемкость вещества в жидком и в твердом состояниях одинакова.
4. Через 30 мин. после начала измерений все вещество находилось в жидком состоянии.
5. Процесс плавления вещества продолжался более 25 минут.

№ 10.

На рисунке изображен циклический процесс, совершаемый над одноатомным идеальным газом в количестве 1 моль.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) Количество теплоты, поглощаемое газом в процессе изобарического расширения
- Б) Изменение внутренней энергии газа в процессе изохорического охлаждения

ФОРМУЛЫ

- 1) $p_1(V_2 - V_1)$
- 2) $\frac{5}{2}p_2(V_2 - V_1)$
- 3) $\frac{3}{2}V_2(p_1 - p_2)$
- 4) $V_1(p_2 - p_1)$

А	Б

№ 11.

На таблице приведена зависимость напряжения между концами проводника от силы тока в нем. Чему равно напряжение между концами проводника при силе тока 2,5 А? *Ответ запишите в вольтах.*

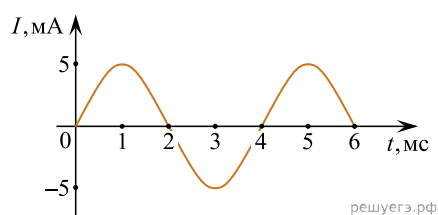
$U,$ В	2	4	6	8
$I,$ А	0,5	1,0	1,5	2,0

№ 12.

Прямолинейный проводник длиной 0,5м, по которому течет ток 6А, находится в однородном магнитном поле. Модуль вектора магнитной индукции 0,2Тл, проводник расположен под углом 30° к вектору B . Какова сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля? (Ответ дать в ньютонах.)

№ 13.

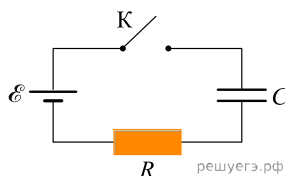
На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре, состоящем из последовательно соединенных конденсатора и катушки, индуктивность которой равна 0,2 Гн.



Каково максимальное значение энергии магнитного поля катушки? (Ответ дать в микроджоулях.)

№ 14.

Незаряженный конденсатор подключён к батарейке последовательно с резистором сопротивлением $R=40\text{ Ом}$ (см.рисунок). В момент времени $t=0$ ключ К замыкают. Результаты измерений силы тока I в цепи в зависимости от времени t представлены в таблице.



$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6
$I, \text{ mA}$	150	55	20	7,5	2,5	1	0,5

Внутренним сопротивлением батарейки, сопротивлением проводов и ключа можно пренебречь. Выберите все верные утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте. В ответе запишите их номера.

- 1) Сила тока в резисторе в процессе наблюдения увеличивается.
- 2) Через 6 с после замыкания ключа конденсатор полностью зарядился.
- 3) ЭДС источника тока равна 6 В.
- 4) Энергия конденсатора в процессе наблюдения увеличивалась.
- 5) В момент времени $t = 3 \text{ с}$ напряжение на конденсаторе равно 5 В.

№ 15.

С помощью тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием 20 см получают изображение предмета, находящегося на расстоянии 30 см от линзы и расположенного перпендикулярно главной оптической оси. Как изменятся расстояние от линзы до изображения и размер изображения, если, не изменяя расположение предмета, заменить линзу на другую тонкую собирающую линзу с фокусным расстоянием 10 см?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения.

1. Увеличится.
2. Уменьшится.
3. Не изменится.

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем таблице:

Расстояние от линзы до изображения	Размер изображения

№ 16.

Атомные ядра с одинаковым массовым числом, но разным количеством протонов и нейтронов, принято называть изобарами. Примером изобар могут служить ядро хрома ${}^{54}_{24}\text{Cr}$ и ядро одного из изотопов железа ${}^{54}_{26}\text{Fe}$. Сколько нейтронов содержится в указанном ядре железа?

№ 17.

При проведении опытов по исследованию фотоэффекта, фотоэлемент освещается светом с различной длиной волны. Как изменятся запирающее напряжение и работа выхода фотоэлектронов, если увеличить длину волны падающего света так, что фотоэффект не прекратится?

Для каждой физической 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.

Запирающее напряжение	Работа выхода

№ 18.

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

- 1) При растяжении пружины сила, которая её растягивает, совершает положительную работу.
- 2) При подъёме камня с пола на стол внутренняя энергия камня увеличивается.
- 3) Количество теплоты, выделяющееся при разрядке конденсатора, зависит только от его начального заряда.
- 4) При переходе электромагнитных волн из воздуха в стекло длина волны уменьшается.
- 5) Нейтральный атом кремния ${}_{14}^{28}\text{Si}$ содержит 28 электронов.

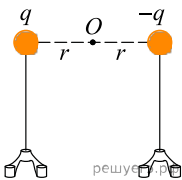
№ 19.

На весах взвесили вместе 15 одинаковых пачек творога. Показания весов оказались равными 2,79 кг. Погрешность измерения составила 30 г. Чему равна масса одной пачки творога с учетом погрешности измерений?

Ответ: (_____ $\pm$ _____) г.

№ 20.

Два маленьких металлических шарика, установленные на изолирующих подставках, располагают на одинаковых расстояниях от точки O . Заряды шариков одинаковы по модулю, но противоположны по знаку. В точке O экспериментально определяют вектор напряженности электрического поля.



Затем эксперименты повторяют, располагая на равных расстояниях от точки O шарики, имеющие другие заряды. В таблице приведены значения этих зарядов и расстояния их до точки O .

Номер эксперимента	Левый заряд	Правый заряд	Расстояние до точки O
1	$4q$	$-0,5q$	r
2	$0,5q$	$2,5q$	r
3	$2q$	$-2q$	$2r$
4	$0,5q$	$-1,5q$	r
5	$5q$	$-3q$	$2r$

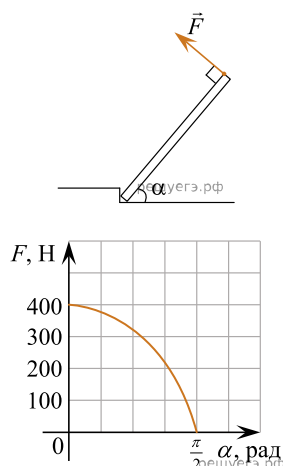
Укажите номера экспериментов, в которых вектор напряженности электрического поля в точке O будет таким же, как в изначальном эксперименте.

№ 21.

Два незаряженных электрометра соединили проводящим металлическим стержнем с изолирующей ручкой. Затем к первому поднесли отрицательно заряженную палочку, не касаясь шара. После этого сначала убрали стержень, соединяющий электрометры, а только потом убрали заряженную палочку. Объясните наблюдаемые явления и определите знак заряда на электрометрах после того, как убрали стержень и палочку.

№ 22.

Однородную балку поднимают за один конец, прикладывая силу $\vec{F}$ перпендикулярно балке. На рисунке показан график изменения модуля силы по мере подъема конца балки.



Чему равна масса балки?

№ 23.

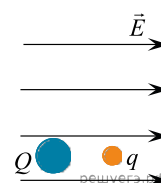
В калориметр, удельная теплоемкость которого пренебрежимо мала, налили 200 г воды при температуре $+5^\circ\text{C}$ и положили туда 100 г льда при температуре -5°C . Какая температура установится в сосуде?

№ 24.

С разреженным азотом, который находится в сосуде под поршнем, провели два опыта. В первом опыте газу сообщили, закрепив поршень, количество теплоты $Q_1 = 742$ Дж, в результате чего его температура изменилась на некоторую величину ΔT . Во втором опыте, предоставив азоту возможность изобарно расширяться, сообщили ему количество теплоты $Q_2 = 1039$ Дж, в результате чего его температура изменилась также на ΔT . Каким было изменение температуры в опытах? Масса азота $m = 1$ кг.

№ 25.

Два шарика с зарядами $Q = -1$ нКл и $q = 5$ нКл соответственно, находятся в однородном электрическом поле с напряженностью, равной 18 В/м. Масса правого шарика равна $M = 10$ г, масса левого шарика равна $m = 5$ г. Определите расстояние между шариками, если их ускорения равны по модулю и направлению. Сделайте рисунок с указанием всех сил.



№ 26.

В маленький шар массой $M = 250$ г, висящий на нити длиной $l = 50$ см, попадает и застревает в нем горизонтально летящая пуля массой $m = 10$ г. При какой минимальной скорости пули шар после этого совершит полный оборот в вертикальной плоскости? Сопротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.

Ответы

Номер	Задание	Ответ
1	43078	25
2	7134	500
3	9254	4
4	640	250
5	17650	25 52
6	6642	13
7	42784	0,75
8	1004	1520
9	37563	24
10	4140	23
11	38845	10
12	1529	0,3
13	3350	2,5
14	44618	34 43
15	7704	22
16	9095	28
17	38768	23
18	42795	14
19	29040	1862
20	24112	45

№ 21.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: п. 3) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и закономерностей.	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 недочет. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачеркнуты; 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. Дан правильный ответ на вопрос задания и приведено объяснение, но в нем 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, приводящие к ответу, 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

Решение. При поднесении наэлектризованной отрицательным зарядом палочки к шару электрометра, в силу явления электростатической индукции произойдет перераспределение зарядов. При этом ближний к палочке электрометр будет иметь нескомпенсированный положительный заряд, а другой электрометр зарядится отрицательно. Поскольку два соединенных алюминиевым стержнем электрометра образуют изолированную систему, то согласно закону сохранения заряда отрицательный заряд электрометра¹ в точности равен по модулю положительному заряду электрометра². Такое распределение зарядов сохранится после удаления соединяющего стержня, и в конце концов после удаления заряженной палочки электрометры будут иметь ненулевые заряды: ближний к палочке будет заряжен положительно, дальний — отрицательно.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом; II) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); III) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но допущена ошибка в ответе или в математических преобразованиях или вычислениях. ИЛИ 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
Максимальный балл	2

Решение. Проще всего определить массу балки, рассмотрев самое начало подъема. Для того чтобы правый конец балки начал подниматься, вращающий момент, создаваемый силой $\vec{F}$ относительно левого конца балки, должен стать больше момента, создаваемого силой тяжести относительно этой точки. Сила тяжести приложена к центру масс балки. Поскольку балка однородная, ее центр масс расположен посередине. Обозначим длину балки через L . По правилу моментов приложенных сил $Mg\frac{L}{2} = FL$.

Следовательно, масса балки равна $M = \frac{2F}{g}$. Из графика видно, что в самом начале для подъема балки была необходима сила в 400 Н. Следовательно, масса балки равна $M = \frac{2 \cdot 400}{10} = 80$ кг.

Ответ: 80 кг.

№ 23.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом; 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 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
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

Решение. Определим, сколько тепла выделится при охлаждении 200 г воды от +5 °С до 0 °С:

$$Q_{\text{в}} = c_{\text{в}} m_{\text{в}} \Delta T = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot (5^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 4200 \text{ Дж.} \quad Q_{\text{в}} = c_{\text{в}} m_{\text{в}} \Delta T = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot (5^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 4200 \text{ Дж.} \quad Q_{\text{в}} = c_{\text{в}} m_{\text{в}} \Delta T = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot (5^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 4200 \text{ Дж.}$$

Вычислим теперь, сколько тепла необходимо для нагрева 100 г льда от -5 °С до 0 °С:

$$Q_{\text{л}} = c_{\text{л}} m_{\text{л}} \Delta T = 2100 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 0,1 \text{ кг} \cdot (0^\circ\text{C} - (-5^\circ\text{C})) = 1050 \text{ Дж.} \quad Q_{\text{л}} = c_{\text{л}} m_{\text{л}} \Delta T = 2100 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 0,1 \text{ кг} \cdot (0^\circ\text{C} - (-5^\circ\text{C})) = 1050 \text{ Дж.} \quad Q_{\text{л}} = c_{\text{л}} m_{\text{л}} \Delta T = 2100 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 0,1 \text{ кг} \cdot (0^\circ\text{C} - (-5^\circ\text{C})) = 1050 \text{ Дж.}$$

$Q_{\text{в}} > Q_{\text{л}}$, следовательно, когда весь лед нагреется до 0 °С, вода будет находится еще при ненулевой температуре. Таким образом, лед начнет превращаться в воду (все тепло, поступающее от охлаждения воды будет идти на плавление льда). Рассчитаем, сколько тепла необходимо, чтобы расплавить весь лед:

$$Q_{\text{пл}} = \lambda_{\text{л}} m_{\text{л}} = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж}/\text{кг} \cdot 0,1 \text{ кг} = 3,3 \cdot 10^4 \text{ Дж.}$$

Это величина сильно больше, чем может дать охлаждающаяся вода. Отсюда заключаем, что после установления теплового равновесия в калориметре будет находиться смесь воды и льда при температуре 0 °С.

Ответ: 0 °С.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: уравнение Клапейрона — Менделеева, первое начало термодинамики); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, 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 необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам — II и III, — представлены не в полном объеме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие одному 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 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

Решение. Согласно первому началу термодинамики в первом опыте процесс изохорный (объем в сосуде с закрепленным поршнем не меняется), во втором — изобарный.

$$Q_1 = \Delta U, \quad (1)$$

$$Q_2 = \Delta U + A, \quad (2)$$

где ΔU — приращение внутренней энергии газа (одинаковое в двух опытах, так как изменение температуры одинаково), A — работа газа во втором опыте. Вычитая (1) из (2), получаем:

$$Q_2 - Q_1 = A. \quad (3)$$

Работа A совершалась газом в ходе изобарного расширения, так что:

$$A = p\Delta V \quad (4)$$

(ΔV — изменение объема газа).

С помощью уравнения Клапейрона— Менделеева эту работу можно выразить через приращение температуры газа:

$$p\Delta V = \frac{m}{M}R\Delta T. \quad (5)$$

Из уравнений (3), (4) и (5) получаем:

$$\Delta T = \frac{(Q_2 - Q_1)M}{mR} = \frac{(1039 - 742) \cdot 0,028}{1 \cdot 8,31} \approx 1 \text{ К}.$$

Ответ: $\Delta T \approx 1 \text{ К}$.

Примечание.

Существует более короткое решение, однако для него требуется знание формулы для изменения внутренней энергии двухатомного газа: $\Delta U = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$. В этой формуле стоит 5/2 вместо привычных 3/2, это отражает тот факт, что у двухатомных молекул 5 степеней свободы (два вращения + три поступательных движения) в отличие от одноатомных молекул, у которых есть только три поступательных движения. (Замечание: для многоатомных молекул (состоящих из трех и более атомов) справедлива формула $\Delta U = \frac{6}{2}\nu R\Delta T$, так как для них есть шесть степеней свободы: три вращения + три поступательных движения.)

Рассмотрим первый опыт. Согласно первому началу термодинамики, все переданное газу тепло идет на изменение его внутренней энергии, поскольку поршень фиксирован, и газ не может совершать работу:

$$Q_1 = \Delta U = \frac{5}{2}\nu R\Delta T = \frac{5}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot R\Delta T.$$

Отсюда сразу находим изменение температуры азота:

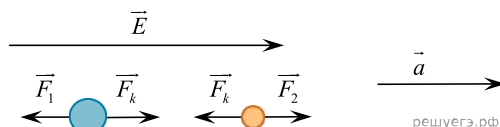
$$\Delta T = \frac{2Q_1M}{5mR} \approx 1 \text{ К}.$$

Однако в кодификаторе нет формулы внутренней энергии для многоатомного газа.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом; 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 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 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)	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
Максимальный балл	3

Решение. 1. На каждый из шариков действует силы Кулона, которые по третьему закону Ньютона направлены противоположно, и равные $F_k = \frac{k|Q|q}{r^2}$. Со стороны электрического поля с напряженностью E на заряды действуют силы $F_1 = E|Q|$, направленная противоположно вектору напряженности, и $F_2 = Eq$, сонаправленная с вектором напряженности.

2. Изобразим действующие силы на рисунке:



По условию шарики движутся с равными по модулю и одинаковыми по направлению ускорениями. Запишем второй закон Ньютона для каждого шарика: $ma = F_k - F_1$ и $Ma = F_2 - F_k$.

3. Объединим все формулы и решим систему уравнений. Получим, что расстояние между шариками равно:

$$r = \sqrt{\frac{k|Q|q(M+m)}{E(|Q|M+qm)}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-9} \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 15 \cdot 10^{-3}}{18 \cdot (10^{-9} \cdot 10 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-9} \cdot 5 \cdot 10^{-3})}} \approx 1 \text{ м.}$$

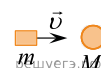
$$r = \sqrt{\frac{k|Q|q(M+m)}{E(|Q|M+qm)}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-9} \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 15 \cdot 10^{-3}}{18 \cdot (10^{-9} \cdot 10 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-9} \cdot 5 \cdot 10^{-3})}} \approx 1 \text{ м.}$$

Ответ: 1 м.

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
Критерий 2	
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: второй и третий законы Ньютона, выражение для силы трения скольжения, условие равновесия твёрдого тела); 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) 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 одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена 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

Решение. Обоснование

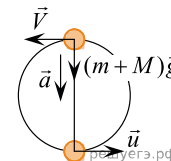
1. Систему отсчета, связанную с Землей, будем считать инерциальной.
2. Тела считаем материальными точками.
3. Для описания взаимодействия пули и шара использован закон сохранения импульса системы тел. Он выполняется в инерциальной системе отсчета, если сумма внешних сил, приложенных к телам системы,



равна нулю. В данном случае проекции внешних сил (силы тяжести и силы натяжения нити) на горизонтальную ось в момент взаимодействия равны нулю. Следовательно, можно использовать закон сохранения импульса в проекциях на эту ось.

4. Для дальнейшего движения шара с застрявшей в нем пулей будет справедлив закон сохранения механической энергии, поскольку сопротивлением воздуха по условию задачи можно пренебречь, а единственная неконсервативная сила, действующая на шар,— сила натяжения нити— не совершает работы при движении шара по окружности, поскольку она всюду перпендикулярна скорости движения шара.

5. Условие минимальности означает, что шар совершает полный оборот в вертикальной плоскости, но при этом натяжение нити в верхней точке (и только в ней!) обращается в нуль.



Перейдем к решению.

1. Запишем закон сохранения импульса при взаимодействии пули и шарика, учтем, что до взаимодействия шарик покоился, а удар был абсолютно неупругим, $mv = (M+m)u$.

2. Выберем за начальный уровень высоты нижнюю точку траектории движения шарика с пулей. В этой точке тела обладали кинетической энергией:

$$E_{k_1} = \frac{(M+m)u^2}{2}.$$

В верхней точке траектории тела обладали потенциальной энергией $E_{p_2} = (M+m)gh$, причем $h = 2R$, и кинетической энергией:

$$E_{k_2} = \frac{(M+m)V^2}{2}.$$

По закону сохранения энергии:

$$\frac{(M+m)u^2}{2} = \frac{(M+m)V^2}{2} + (M+m)gh.$$

3. В верхней точке траектории на тела действует сила тяжести, движение с центростремительным ускорением $a = \frac{V^2}{R}$. По второму закону Ньютона $(M+m)a = (M+m)g$. При этом радиус окружности равен длине нити.

4. Объединяя все уравнения, находим скорость пули до взаимодействия:

$$v = \frac{M+m}{m} \sqrt{5gR} = \frac{250+10}{10} \cdot \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,5} = 130 \text{ м/с}.$$

Ответ: 130 м/с.