

МИНПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ КОЗЬМЫ МИНИНА»

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ВАРИАНТ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПО
ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКЕ

Пояснения к демонстрационному варианту

Назначение демонстрационного варианта заключается в том, чтобы дать возможность любому абитуриенту составить представление о структуре вариантов, количестве заданий, их форме, уровне сложности.

Общее число заданий в демонстрационном варианте экзаменационной работы – 26. Часть 1 – задания 1-20, часть 2 – задания 21-26.

В заданиях 1–4, 7, 8, 11–13 и 16 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. 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. Ответом к заданию 19 являются два числа. Ответ к заданиям 21–26 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. 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.

Система оценивания заданий

Правильное выполнение заданий с номерами 1,2,3, 4, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 16, 19, 20 оцениваются 1 баллом; задания с номерами 6, 10, 15, 17 оцениваются 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. В заданиях на множественный выбор 5, 9, 14 и 18 предполагается два или три верных ответа. Правильное выполнение каждого из заданий 5, 9, 14 и 18 оценивается 2 баллами. 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. Максимальный первичный балл за выполнение каждого из заданий с развёрнутым ответом 22 и 23 составляет 2 балла, заданий 21, 24 и 25 составляет 3 балла, задания 26 – 4 балла. В критериях оценивания выполнения развёрнутых ответов к каждому заданию приводится подробная инструкция для экспертов, в которой указывается, за что выставляется каждый балл – от нуля до максимального балла.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

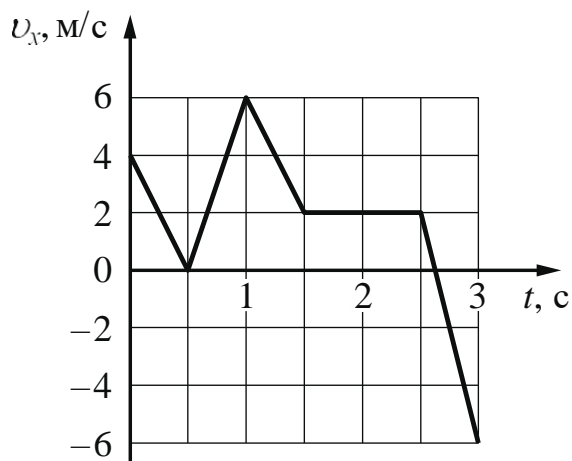
Максимальный балл, который можно получить за экзаменационную работу составляет 45 баллов, он переводится в 100-балльную систему.

Часть 1

Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

На рисунке показан график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t . Какова проекция a_x ускорения этого тела в момент времени 2 с?



Ответ: _____ м/с².

2

При исследовании зависимости модуля силы упругости $F_{\text{упр}}$ от удлинения пружины были получены следующие данные.

$F_{\text{упр}}, \text{ Н}$	2,5	5,0	10,0	12,5
$\Delta x, \text{ м}$	0,01	0,02	0,04	0,05

Определите по результатам исследования жёсткость пружины.

Ответ: _____ Н/м.

3

Тело движется в инерциальной системе отсчёта по прямой. Под действием постоянной силы величиной 9 Н, направленной вдоль этой прямой, за 2 с импульс тела увеличился и стал равен 48 кг·м/с. Определите начальный импульс тела.

Ответ: _____ кг·м/с.

4

В сосуд глубиной 20 см налита вода, уровень которой ниже края сосуда на 2 см. Чему равно дополнительное к атмосферному давление столба воды на плоское дно сосуда?

Ответ: _____ кПа.

5

Небольшой груз, покоящийся на гладком горизонтальном столе, соединён пружиной со стенкой. Груз немного смещают от положения равновесия вдоль оси пружины и отпускают из состояния покоя, после чего он начинает совершать гармонические колебания, двигаясь вдоль оси пружины, вдоль которой направлена ось Ox . В таблице приведены значения координаты груза x в различные моменты времени t .

Выберите все верные утверждения о результатах этого опыта на основании данных, содержащихся в таблице.

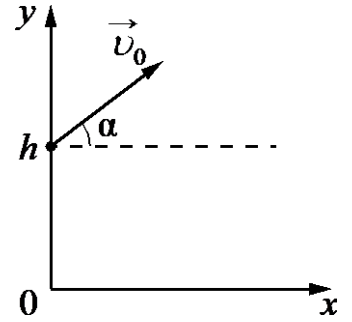
$t, \text{ с}$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
$x, \text{ см}$	2,0	1,4	0,0	-1,4	-2,0	-1,4	0,0	1,4	2,0

- 1) Период колебаний груза равен 1,6 с.
- 2) Частота колебаний груза равна 0,25 Гц.
- 3) В момент времени 1,2 с модуль ускорения груза минимален.
- 4) В момент времени 0,6 с модуль силы, с которой пружина действует на груз, максимален.
- 5) В момент времени 1,6 с кинетическая энергия груза минимальна.

Ответ: _____.

6

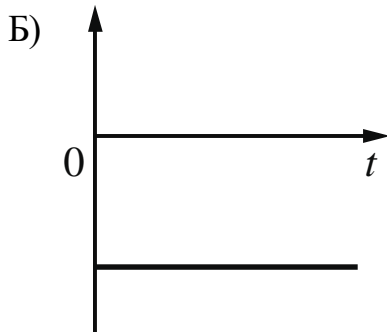
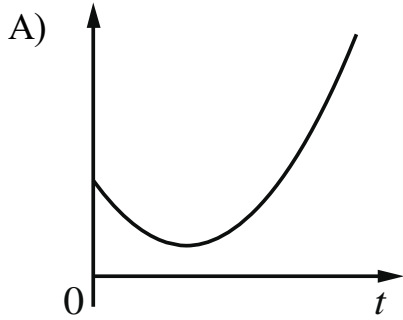
В момент $t=0$ камень бросают с начальной скоростью \vec{v}_0 под углом α к горизонту с некоторой высоты h (см. рисунок). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение камня в процессе полёта, от времени t .



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимость которых от времени эти графики могут представлять. (Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия камня отсчитывается от уровня $y=0$.)

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) потенциальная энергия камня
- 2) проекция импульса камня на ось y
- 3) проекция ускорения камня на ось y
- 4) кинетическая энергия камня

Ответ:

А	Б

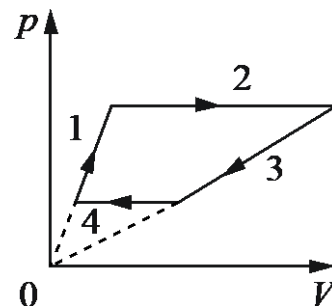
7

Абсолютная температура гелия увеличилась со 150 К до 600 К. Во сколько раз увеличилась средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул?

Ответ: в _____ раз(а).

8

На рисунке показана последовательность процессов изменения состояния идеального газа. В каком из процессов (1, 2, 3 или 4) газ совершает наибольшую по модулю работу?



Ответ: _____.

9

В двух сосудах одинакового объёма находятся разреженные газы. В первом сосуде находится 2 моль гелия при температуре 127°C , во втором сосуде находится 1 моль аргона при температуре 300 К. Выберите все верные утверждения о параметрах состояния указанных газов.

- 1) Абсолютная температура газа во втором сосуде выше, чем в первом.
- 2) Давления газов в сосудах одинаковы.
- 3) Среднеквадратичная скорость молекул газа в первом сосуде больше, чем во втором.
- 4) Концентрация газа в первом сосуде в 2 раза меньше, чем во втором.
- 5) Отношение средней кинетической энергии теплового движения молекул аргона к средней кинетической энергии теплового движения молекул гелия равно 0,75.

Ответ: _____.

10

Тепловая машина работает по циклу Карно. Температуру нагревателя тепловой машины понизили, оставив температуру холодильника прежней. Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и работа газа за цикл? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

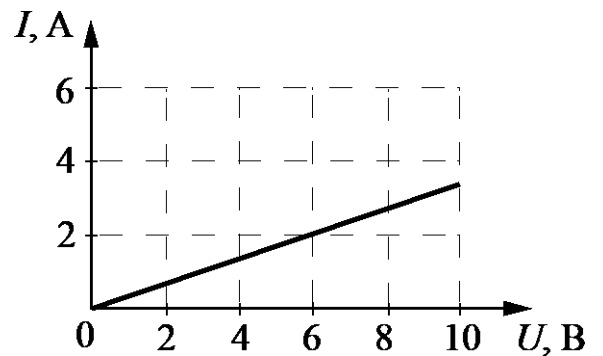
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

КПД тепловой машины	Работа газа за цикл

11

На рисунке показан график зависимости силы тока в проводнике от напряжения между его концами. Чему равно сопротивление проводника?



Ответ: _____ Ом.

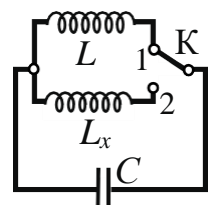
12

Прямолинейный проводник длиной L , по которому протекает ток I , помещён в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции \vec{B} . Во сколько раз увеличится сила Ампера, действующая на проводник, если его длину увеличить в 4 раза, а индукцию магнитного поля уменьшить в 2 раза? (Сила тока, взаимное расположение проводника с током и линий индукции магнитного поля остаются неизменными.)

Ответ: в _____ раз(а).

13

При переводе ключа K из положения 1 в положение 2 (см. рисунок) период собственных электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре увеличился в 1,5 раза. Во сколько раз индуктивность L_x катушки в колебательном контуре больше L ?

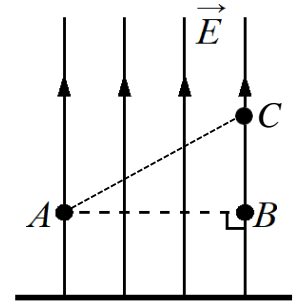


Ответ: в _____ раз(а).

14

На рисунке изображены линии напряжённости однородного электростатического поля, созданного равномерно заряженной протяжённой горизонтальной пластиной.

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно ситуации, показанной на рисунке.



- 1) Работа электростатического поля по перемещению точечного положительного заряда из точки A в точку B положительна.
- 2) Если в точку B поместить точечный отрицательный заряд, то на него со стороны пластины будет действовать сила, направленная вертикально вверх.
- 3) Напряжённость электростатического поля в точке A меньше, чем в точке C .
- 4) Потенциал электростатического поля в точке B выше, чем в точке C .
- 5) Заряд пластины положительный.

Ответ: _____.

15

Положительно заряженный ион движется по окружности в однородном магнитном поле. Как изменятся модуль центростремительного ускорения иона и частота его обращения, если ион будет двигаться по окружности в том же магнитном поле, имея меньшую кинетическую энергию?

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 центростремительного ускорения иона	Частота обращения иона

16

На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.

2	II	Li 3 ЛИТИЙ 7 ₉₃ 6 ₇	Be 4 БЕРИЛЛИЙ 9 ₁₀₀	5	B БОР 11 ₈₀ 10 ₂₀
3	III	Na 11 НАТРИЙ 23 ₁₀₀	Mg 12 МАГНИЙ 24 ₇₉ 26 ₁₁ 25 ₁₀	13	Al АЛЮМИНИЙ 27 ₁₀₀
4	IV	K 19 КАЛИЙ 39 ₉₃ 41 _{6,7}	Ca 20 КАЛЬЦИЙ 40 ₉₇ 44 _{2,1}	21	Sc СКАНДИЙ 45 ₁₀₀
	V	29 МЕДЬ 63 ₆₉ 65 ₃₁	Cu 30 ЦИНК 64 ₄₉ 66 ₂₈ 68 ₁₉	31	Ga ГАЛЛИЙ 69 ₆₀ 71 ₄₀

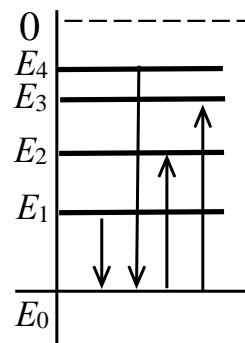
Запишите число протонов в ядре наименее распространённого стабильного изотопа меди.

Ответ: _____.

17

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями.

Установите соответствие между процессами поглощения фотона наименьшей длины волны и излучения фотона наименьшей частоты и энергией соответствующего фотона. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕСС

ЭНЕРГИЯ ФОТОНА

А) поглощение фотона наименьшей длины волны

1) $E_1 - E_0$

Б) излучение фотона наименьшей частоты

2) $E_2 - E_0$

3) $E_3 - E_0$

4) $E_4 - E_0$

Ответ:

А	Б

18

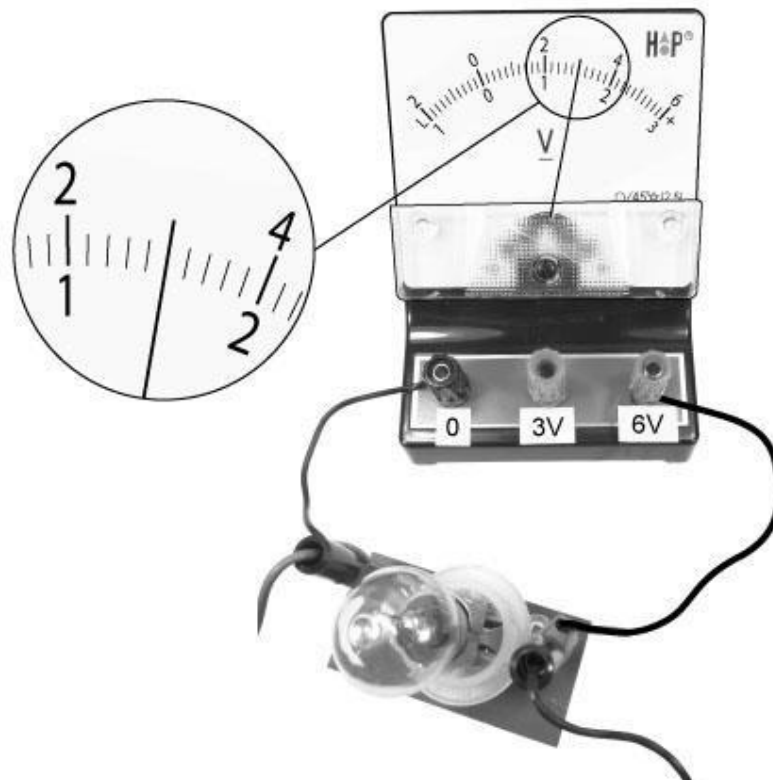
Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Период гармонических колебаний колебательной системы обратно пропорционален частоте её колебаний.
- 2) Внутренняя энергия постоянной массы идеального газа увеличивается при понижении абсолютной температуры газа.
- 3) Изначально незаряженные тела в процессе электризации трением приобретают равные по модулю и одинаковые по знаку заряды.
- 4) Индукционный ток возникает в замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего площадку, ограниченную контуром.
- 5) В планетарной модели атома число протонов в ядре равно числу электронов в электронной оболочке нейтрального атома.

Ответ: _____.

19

Запишите показания вольтметра с учётом абсолютной погрешности измерений. Абсолютная погрешность прямого измерения напряжения равна цене деления вольтметра.



Ответ: (_____ \pm _____) В.

20

Ученику необходимо на опыте выяснить, зависит ли частота свободных колебаний пружинного маятника от объёма груза. У него имеется пять пружинных маятников, характеристики которых приведены в таблице. Какие **два** маятника необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ маятника	Жёсткость пружины, Н/м	Объём груза, см ³	Масса груза, г
1	40	30	100
2	60	60	200
3	60	30	100
4	80	30	100
5	60	80	200

Запишите в ответе номера выбранных маятников.

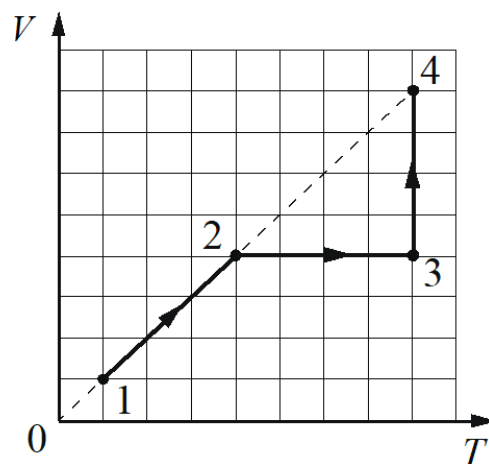
Ответ:

--	--

Часть 2

21

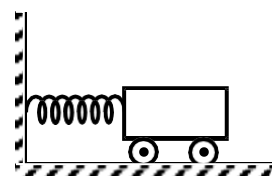
На V - T -диаграмме показано, как изменялись объём и абсолютная температура некоторого постоянного количества одноатомного разреженного газа при его переходе из начального состояния 1 в состояние 4. Как при этом изменялись давление газа p и его внутренняя энергия U на каждом из трёх участков 1–2, 2–3, 3–4 (увеличивались, уменьшались или же оставались постоянными)? Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения.



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

Тележка массой 0,5 кг, прикрепленная к горизонтальной пружине жёсткостью 200 Н/м, совершает свободные гармонические колебания (см. рисунок). Максимальная скорость тележки равна 3 м/с. Какова амплитуда колебаний тележки? Массой колёс пренебречь.



23

Два одинаковых по модулю разноимённых неподвижных точечных заряда $q_1 = -2,5$ нКл и $q_2 = 2,5$ нКл находятся на расстоянии $a = 80$ см друг от друга в вакууме. Определите напряжённость электрического поля этих зарядов в точке, находящейся на расстоянии $r = 50$ см от каждого заряда.

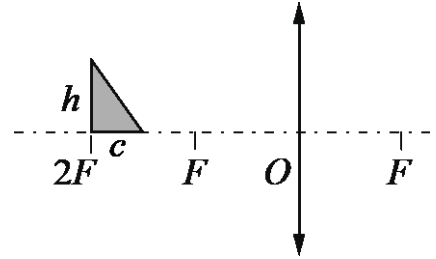
24

Со дна озера, имеющего глубину $H = 25$ м, медленно поднимается пузырёк воздуха. Определите объём пузырька V_1 у дна озера, если на расстоянии $h = 5$ м от поверхности воды пузырёк имел объём $V_2 = 7$ мм³. Давление воздуха на уровне поверхности воды равно нормальному атмосферному давлению. Силы поверхностного натяжения не учитывать, температуры воды и воздуха в пузырьке считать постоянными.

25

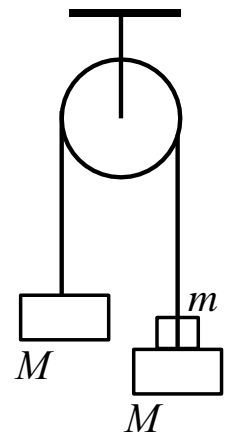
Прямоугольный треугольник с катетами $c = 2$ см и $h = 4$ см расположен перед собирающей линзой с фокусным расстоянием $F = 10$ см, как показано на рисунке.

Постройте изображение треугольника, даваемое линзой. Чему равна площадь этого изображения?



26

Два одинаковых бруска массой $M = 500$ г каждый связаны друг с другом невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый гладкий блок, неподвижно закреплённый на потолке (см. рисунок). На один из брусков кладут груз массой $m = 100$ г, и система приходит в движение. С какой силой F груз будет давить на брусок? Сделайте схематичный рисунок с указанием сил, действующих на бруски и груз. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



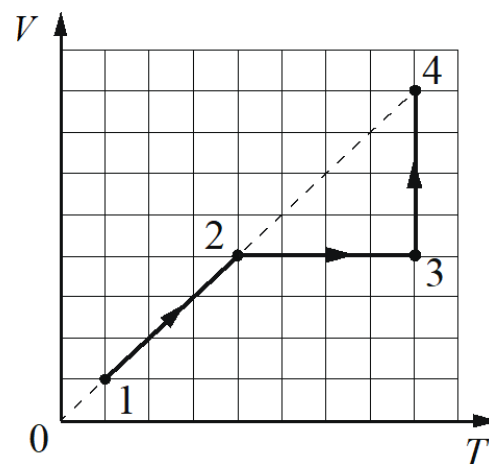
Система оценивания экзаменационной работы по физике
Задания 1–20

Номер задания	Правильный ответ	Номер задания	Правильный ответ
1	0	11	3
2	250	12	2
3	30	13	2,25
4	1,8	14	45
5	135	15	23
6	43	16	29
7	4	17	31
8	2	18	145
9	35	19	3,00,2
10	22	20	25

Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

21

На V - T -диаграмме показано, как изменялись объём и абсолютная температура некоторого постоянного количества одноатомного разреженного газа при его переходе из начального состояния 1 в состояние 4. Как при этом изменялись давление газа p и его внутренняя энергия U на каждом из трёх участков 1–2, 2–3, 3–4 (увеличивались, уменьшались или же оставались постоянными)? Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения.



Возможное решение

1. Давление газа на участке 1–2 не изменялось, на участке 2–3 увеличивалось, на участке 3–4 уменьшалось. Внутренняя энергия газа на участках 1–2 и 2–3 увеличивалась, на участке 3–4 не изменялась.
2. Из уравнения Клапейрона – Менделеева $pV = \nu RT$ следует, что на участке 1–2 процесс является изобарным, поскольку график процесса 1–2 лежит на прямой, проходящей через начало координат ($\frac{V}{T} = \text{const}$, $\nu = \text{const}$); следовательно, давление газа остаётся постоянным. На участке 2–3 процесс

является изохорным, $V = \text{const}$, $v = \text{const}$. Так как абсолютная температура газа увеличивается, значит, и давление газа увеличивается. На участке 3–4 процесс является изотермическим ($T = \text{const}$, $v = \text{const}$). Объём газа увеличивается, значит, давление газа уменьшается.

3. При этом внутренняя энергия газа $U = \frac{3}{2} \nu RT$ при $v = \text{const}$ на участках 1–2

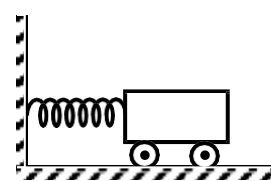
и 2–3 увеличивалась, так как абсолютная температура газа увеличивалась, а на участке 3–4 не изменялась (абсолютная температура на этом участке является постоянной величиной)

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>n. 1</i>), и полное верное объяснение (в данном случае: <i>n. 2 и 3</i>) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>уравнение Клапейрона – Менделеева, формула для внутренней энергии одноатомного идеального газа</i>).</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы,</p>	1

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

22

Тележка массой 0,5 кг, прикрепленная к горизонтальной пружине жесткостью 200 Н/м, совершает свободные гармонические колебания (см. рисунок). Максимальная скорость тележки равна 3 м/с. Какова амплитуда колебаний тележки? Массой колёс пренебречь.



Возможное решение

1. В случае гармонических колебаний максимальная потенциальная энергия пружины равна максимальной кинетической энергии тележки:

$$\frac{kA^2}{2} = \frac{mV^2}{2},$$

где k – жесткость пружины, A – амплитуда колебаний тележки, m – масса тележки, V – максимальная скорость тележки.

$$2. \text{ Отсюда получим: } A = \frac{V}{\sqrt{\frac{k}{m}}} = 3 \cdot \frac{0,5}{\sqrt{200}} = 0,15 \text{ м.}$$

Ответ: $A = 0,15$ м

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон сохранения энергии</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) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p>	2

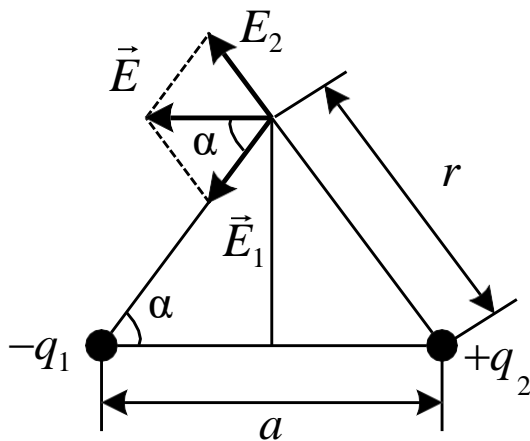
IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

23

Два одинаковых по модулю разноимённых неподвижных точечных заряда $q_1 = -2,5$ нКл и $q_2 = 2,5$ нКл находятся на расстоянии $a = 80$ см друг от друга в вакууме. Определите напряжённость электрического поля этих зарядов в точке, находящейся на расстоянии $r = 50$ см от каждого заряда.

Возможное решение

1. В соответствии с принципом суперпозиции напряжённость электрического поля в данной точке определяется соотношением $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ (см. рисунок).



2. Модуль напряжённости электрического поля каждого из точечных зарядов в данной точке определяется формулой $E_1 = E_2 = k \frac{q_1}{r^2} = k \frac{q_2}{r^2}$.

3. Так как модули зарядов одинаковы, то модуль напряжённости результирующего электрического поля точечных зарядов в данной точке

$$E = E_1 \cos \alpha + E_2 \cos \alpha = 2E_1 \cos \alpha = k \frac{q a}{r^2 r} = 9 \cdot 10^9 \frac{2,5 \cdot 10^{-9} \cdot 0,8}{0,5^3} = 144 \text{ В/м.}$$

Ответ: $E = 144 \text{ В/м}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>принцип суперпозиции, формула напряжённости электрического поля точечного заряда</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p>	1

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

24

Со дна озера, имеющего глубину $H = 25$ м, медленно поднимается пузырёк воздуха. Определите объём пузырька V_1 у дна озера, если на расстоянии $h = 5$ м от поверхности воды пузырёк имел объём $V_2 = 7$ мм³. Давление воздуха на уровне поверхности воды равно нормальному атмосферному давлению. Силы поверхностного натяжения не учитывать, температуры воды и воздуха в пузырьке считать постоянными.

Возможное решение
<p>1. Давление p_1 на глубине H равно сумме атмосферного и гидростатического давлений:</p> $p_1 = p_0 + \rho g H,$ <p>где ρ – плотность воды, g – ускорение свободного падения, p_0 – нормальное атмосферное давление.</p> <p>2. Аналогичное соотношение запишем для давления на глубине h:</p> $p_2 = p_0 + \rho g h.$ <p>3. Воздух, находящийся в пузырьке, считаем идеальным газом, температура которого по условию задачи не изменяется в процессе подъёма. В соответствии с законом Бойля – Мариотта для изотермического процесса</p> $p_1 V_1 = p_2 V_2.$ <p>Поставляя первое и второе соотношения в третье, получаем искомое выражение для объёма пузырька на расстоянии h от поверхности воды:</p> $V_1 = \frac{p_0 + \rho g h}{p_0 + \rho g H} V_2.$ <p>Подставляя численные значения физических величин, заданные в условии задачи, а также табличные значения g и p_0, получаем:</p>

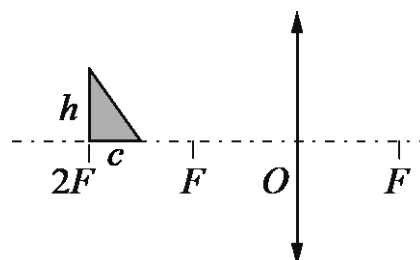
$V_1 = \frac{10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 5}{10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 25} \cdot 7 \cdot 10^{-9} = 3 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3 = 3 \text{ мм}^3.$ <p>Ответ: $V_1 = 3 \text{ мм}^3$</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон Бойля – Мариотта, формула для гидростатического давления</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) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен <u>правильный</u> ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (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 и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p>	1

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

25

Прямоугольный треугольник с катетами $c=2$ см и $h=4$ см расположен перед собирающей линзой с фокусным расстоянием $F=10$ см, как показано на рисунке.

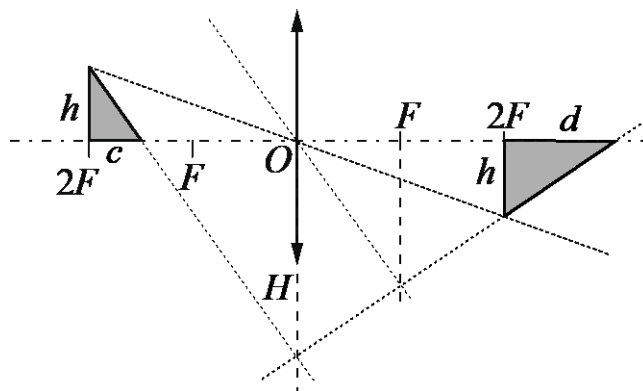
Постройте изображение треугольника, даваемое линзой. Чему равна площадь этого изображения?



Возможное решение

1. Построим изображение треугольника, используя свойства линзы:

- луч, прошедший через оптический центр линзы O , не преломляется;
- параллельный пучок лучей, падающих на собирающую линзу, пересекается в фокальной плоскости.



2. Из формулы тонкой линзы следует, что изображение вершины прямого угла треугольника находится на расстоянии $2F$ от линзы. Поэтому высота изображения вертикального катета равна h .

3. Из подобия треугольников получаем соотношения подобия:

$\frac{H}{h} = \frac{2F-c}{c} = \frac{2F+d}{d}$, а также связь между c , F и d :

$$d = \frac{cF}{F-c}.$$

4. Площадь треугольника $S_0 = \frac{hc}{2}$, а площадь его изображения

$$S = \frac{hd}{2} = \frac{hc}{2} \frac{F}{F-c} = S_0 \frac{F}{F-c}.$$

5. Подставляя значения физических величин, получим:

$$S = \frac{2 \cdot 4}{2} \cdot \frac{10}{10-2} = 5 \text{ см}^2.$$

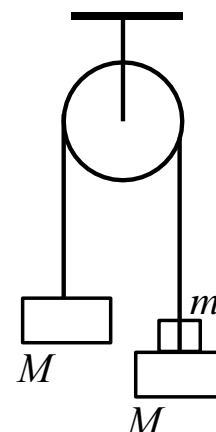
Ответ: площадь изображения $S = 5 \text{ см}^2$

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>формула тонкой линзы, соотношения подобия, формула площади треугольника</i>)</p> <p>II) сделан правильный рисунок, на котором построено изображение фигуры, с указанием хода лучей в линзе;</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) 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 имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/</p>	2

<p>вычисления пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие одному 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 style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Сделаны только правильный рисунок, на котором построено изображение фигуры, с указанием хода лучей в линзе</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

26

Два одинаковых бруска массой $M = 500$ г каждый связаны друг с другом невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый гладкий блок, неподвижно закреплённый на потолке (см. рисунок). На один из брусков кладут груз массой $m = 100$ г, и система приходит в движение. С какой силой F груз будет давить на брусок? Сделайте схематичный рисунок с указанием сил, действующих на бруски и груз. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



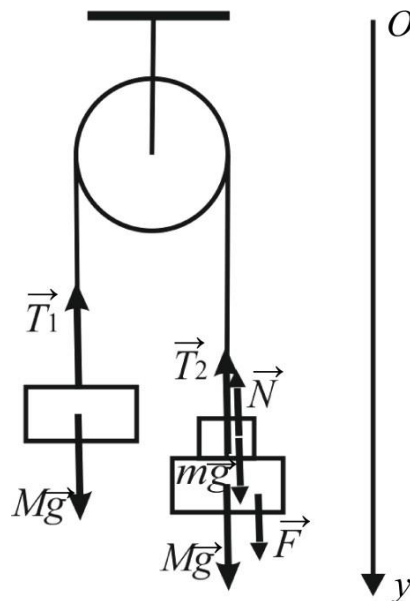
Возможное решение

Обоснование

1. Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с поверхностью Земли.
2. Бруски и груз будем считать материальными точками, так как они движутся поступательно. Тогда при описании их движения можно использовать второй закон Ньютона.
3. Трением о воздух пренебрежём. Будем считать, что в процессе движения груз не отрывается от бруска.
4. Так как нить нерастяжима, ускорения брусков равны по модулю и противоположны по направлению:

$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = a, \quad \vec{a}_1 = -\vec{a}_2. \quad (1)$$

На рисунке показаны силы, действующие на бруски и груз.



5. Так как блок и нити невесомы, а трение отсутствует, то силы натяжения нити, действующие на каждый из брусков, одинаковы:

$$\vec{T}_1 = \vec{T}_2 = \vec{T}. \quad (2)$$

6. На груз, помимо силы тяжести, действует сила реакции опоры \vec{N} со стороны бруска. По третьему закону Ньютона эта сила по модулю равна силе \vec{F} , с которой груз давит на брусок.

Решение

1. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось Oy выбранной системы отсчёта. С учётом (1) и (2) получим:

$$(M + m)a = (M + m)g - T \quad \text{— брусок с грузом (можно считать одним телом),}$$

$$-Ma = Mg - T \quad \text{— брусок без груза.}$$

Вычитая второе уравнение из первого, найдём ускорение тел:

$$a = \frac{mg}{2M + m}.$$

2. Отдельно запишем второй закон Ньютона для груза m . В проекциях на ось Oy получим:

$$ma = mg - N.$$

Тогда сила реакции бруска, действующая на груз, равна:

$$N = m(g - a) = \frac{2Mmg}{2M + m}.$$

3. Окончательно получим $F = N = \frac{2Mmg}{2M + m} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 0,1 \cdot 10}{2 \cdot 0,5 + 0,1} \approx 0,9 \text{ Н.}$

Ответ: $F \approx 0,9 \text{ Н}$	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>инерциальная система отсчёта, модель материальной точки, равенство сил натяжения нити и равенство модулей ускорений тел, третий закон Ньютона</i>	1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании 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: <i>второй закон Ньютона для трёх тел</i>); II) сделан рисунок с указанием сил, действующих на тела; III) 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); IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) 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) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение	2

<p>(возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	4