Возможные решения задач (Районный тур, 2020 г.)

9 класс

**9-1.** **«Демонстрационный миг»** Поскольку сопротивлением воздуха можно пренебречь, то время свободного падения верхнего шарика (Рис. 1) до металлической плиты найдем из закона равнопеременного (равноускоренного) движения

Рис. 1

 . (1)

Нижнему шарику потребуется несколько меньшее время для падения, поскольку изначально он был ближе к плите

 . (2)

Соответственно, промежуток времени между падениями шариков на плиту

 . (3)

Возводя (3) в квадрат, получим

. (4)

Из (4) находим

. (5)

Выделяя из (5) радикал и ещё раз возводя в квадрат, придём к выражению

 . (6)

Приводя подобные, из (6) найдем искомую высоту

 . (7)

В соответствии с правилами округления (см. данные условия и справочные данные) все окончательные расчёты проводим с точностью до двух значащих цифр.

Таким образом, “показать” одну сотую долю секунды экспериментатору удастся далеко не в любой современной аудитории, поскольку стандартная высота их потолков составляет . Это следует планировать либо в большой двухэтажной (поточной) аудитории, либо на улице… ☺

Подчеркнём, что данную задачу можно решить и более коротким путём (от школьников не требуется!), если использовать «быстрое» решение, основанное на известной формуле для приближенных вычислений при малом параметре ): . С учетом последнего равенства преобразуем фрагмент формулы (3) к виду

 . (8)

Подставляя (8) в (3), найдем

. (9)

Интересно, что различие в ответах ((7):) и ((9): ) в данном случае достаточно мизерное, и составляет величину т.е. при данной точности (две значащие цифры) входных данных эти ответы совпадают друг с другом (с точностью порядка ).

Заметим, что используя (7) можно посчитать и высоты, с помощью которых экспериментатор может также показать и одну десятую (), и даже одну тысячную () долю секунды с помощью подобной системы маленьких связанных металлических шариков. Правда последнюю высоту , с которой можно сбросить шарики для слушателей, придется хорошенько поискать… ☺

**9-2.** **«Хитрая пуля»** Для решения задачи перейдём в подвижную (сопутствующую) систему отсчета (Рис. 2), движущуюся со скоростью вместе с цилиндром.

Рис. 2

 – 𝜐

Можно сказать, что эта система отсчета связана с осью вращения цилиндра, движущегося без проскальзывания.

Естественно, в ней цилиндр «стоит на месте» и просто равномерно вращается вокруг своей оси с угловой скоростью

 , (1)

где – радиус цилиндра.

Соответственно, пуля в этой системе отсчета имеет скорость (см. рис. 2), поскольку она «догоняет» движущийся цилиндр по горизонтали.

За время поворота цилиндра на угол пуля в выбранной системе отсчёта прошла расстояние, равное длине хорды , следовательно

 . (2)

Поскольку вращение цилиндра равномерное, то справедливо равенство

 . (3)

Подставляя (3) в (2) с учетом (1) получим

 . (4)

Из (4) получаем окончательный ответ (не забыть перевести угол (и на калькуляторе!) в радианы: )

. (5)

В соответствии с правилами округления (см. данные условия) все окончательные расчёты проводим с точностью до двух значащих цифр.

 **–**

Рис. 3

**9-3.** **«Цепь с диодом»** Предположим, что при первом подключении диод будет закрыт (перемычка 1-2 разомкнута), тогда эквивалентная схема цепи имеет вид, представленный на рисунке 3. Соответственно, в этом случае имеем

. (1)

Поскольку сопротивление цепи изменяется при замене резисторов, то можем сделать вывод, что во втором случае диод будет открыт (при этом соответствующие напряжения также поменяются местами).

 **–**

Рис. 4

Соответственно, при таком варианте эквивалентная схема цепи изменится (Рис. 4). Для такого случая подключения резисторов получим

. (2)

Из уравнений (1) – (2) найдем, что справедливы следующие равенства

 (3)

. (4)

Согласно теореме Виета из (3) и (4) следует, что искомые значения и являются корнями квадратного уравнения

. (5)

В нашем случае (без учета размерности () обеих частей равенства) получаем квадратное уравнение

. (6)

Корни имеют вид

 , (7)

 , (8)

В соответствии с правилами округления (см. данные условия) все окончательные расчёты проводим с точностью до двух значащих цифр.

Из того факта, что при первом подключении диод закрыт следует, что , т.к. при этом на резистор упадет большее напряжение (соответственно, на резистор – меньшее), т.е. разность напряжений будет «не в пользу диоду». При таком раскладе в точке 1 будет «минус» цепи, а в точке 2, соответственно, будет «плюс» цепи. Это приведёт к тому, что диод закроется и электрический ток через него не пойдет.

**9-4.**  **«Горячая капельница»** Как следует из графика на рисунке 5, а), за промежуток времени от начала отсчета масса содержимого в чашке весов увеличилась от значения до значения . Следовательно, начальная масса льда в чашке весов равна , и суммарная масса горячих капель, попавших в систему за это время также равна .

Рис. 5

Из графика на рисунке 5, б) находим, что плавление льда также закончилось за промежуток времени от начала отсчета, поскольку далее вода в сосуде уже начала увеличивать свою температуру.

Запишем уравнение теплового баланса (сколько теплоты пришло, столько же и ушло) для системы через промежуток времени от начала отсчета. Поскольку лёд уже находился при температуре плавления , то количество теплоты , необходимое для его плавления, получено от горячих капель , попавших в систему за рассматриваемый промежуток времени и остывших от температуры до температуры (потерями теплоты пренебрегаем)

 , (1)

где – удельная теплоёмкость воды, а – удельная теплота плавления льда (справочные данные).

Из (1) находим

 . (2)

В соответствии с правилами округления (см. данные условия и справочные данные) все окончательные расчёты проводим с точностью до двух значащих цифр.

Как следует из (2), капельница действительно горячая, т.к. вода при такой температуре () уже ощущается «как кипяток»! Даже маленькая капелька может быть опасна! Будьте осторожны! ☺

**9-5.** **«Линза и плоское зеркало»** После преломления в линзе лучи идут параллельным пучком (Рис. 6), следовательно, до линзы лучи (или их продолжения) проходили через побочный фокус линзы , который найдем, продолжая луч (второй сверху), проходящий через оптический центр линзы, до пересечения с фокальной плоскостью линзы (см. рис. 6), т.е. вертикальной линии сетки. Таким образом, продолжения всех лучей после отражения от плоского зеркала должны проходить через точку , иначе после преломления в линзе они не будут параллельными.

Это, в свою очередь, возможно, если в точке находится изображение источника в плоском зеркале .

Поскольку плоское зеркало всегда находится посередине между источником и его изображением, то восстанавливая с помощью циркуля и линейки серединный перпендикуляр к отрезку , найдем плоскость и (с помощью крайних лучей пучка) положение плоского зеркала. Если внимательно сравнить рисунок 6 и рисунок в условии задачи, то можно заметить, что знак вопроса на рисунке в условии «подсказывает» положение плоского зеркала… ☺

Таким образом, искомые координаты его концов

 , (1)

. (2)

Используя (1) и (2) по теореме Пифагора найдем длину плоского зеркала

 . (3)

Поскольку после отражения от плоского зеркала параллельный пучок световых лучей остается параллельным, то можно считать, что фокусное расстояние подобной «линзы» равно бесконечности , тогда оптическая сила плоского зеркала

 . (4)

В соответствии с правилами округления (см. данные условия) все окончательные расчёты проводим с точностью до двух значащих цифр.

Тот факт, что плоское зеркало не имеет оптической силы, следует и из практического наблюдения: оно всегда даёт истинное изображение предмета, в натуральную величину (увеличение равно единице). Сам А.С. Пушкин по этому поводу написал бессмертные строки:

 «Свет мой, зеркальце, скажи

 И всю **правду** доложи …» ☺

Ай да Пушкин! Ай да … оптик!

 10 класс

Рис. 7

**10-1.** **«Нормальный бросок»** При равнопеременном (равноускоренном) движении камешка зависимость его мгновенной скорости от времени полета в векторном представлении имеет вид

 . (1)

Построим векторный треугольник скоростей (1) с учетом того, что вектор в момент времени перпендикулярен вектору начальной скорости (Рис. 7).

Как следует из прямоугольного треугольника скоростей

 . (2)

Поскольку при равноускоренном движении перемещение тела в векторном представлении выражается как

Рис. 8

 , (3)

то модуль искомого перемещения найдем по теореме косинусов из рисунка 8

 . (4)

Подставляя в (4) значение момента времени (2) после преобразований получаем

 . (5)

Интересно, что (5) можно получить и более коротким способом, если воспользоваться менее популярной формулой для равноускоренного движения и рисунком 7 (у прямоугольника диагонали равны)

 . (6)

В соответствии с правилами округления (см. данные условия и справочные данные) все окончательные расчёты проводим с точностью до двух значащих цифр.

**10-2.** **«Встречные пули»** Рассмотрим сначала случай гладкой горизонтальной поверхности ().

После попадания в деревянный брусок первой пули он (вместе с застрявшей пулей) придёт в движение с некоторой скоростью , поскольку общий импульс системы сохраняется (время застревания пули мало, поэтому систему считаем замкнутой)

 . (1)

За время до попадания второй пули брусок с первой пулей внутри сместится вправо на расстояние

 . (2)

Заметим, что при выводе (2) мы пренебрегли смещением бруска за малое время (согласно условию) застревания в нём первой пули.

После попадания в брусок второй пули система остановится, т.к. импульс второй пули равен по модулю и противоположен по направлению импульсу бруска с первой пулей (их сумма равна нулю).

Рис. 9

Таким образом, в результате попадания двух пуль брусок на гладкой плоскости сместится вправо (на рисунке 9) на и далее будет покоиться.

Из (2) найдем временной промежуток между попаданиями пуль

 . (3)

Теперь рассмотрим движение бруска по шероховатой горизонтальной поверхности с коэффициентом трения . После застревания первой пули скорость бруска будет по-прежнему даваться выражением (1).

Поскольку время остановки бруска с пулей

 , (4)

то из (4) следует, что вторая пуля попадает в еще движущийся брусок.

Поскольку движение бруска по плоскости «между пулями» будет равнозамедленным с ускорением , то за время он пройдёт вправо путь

 , (5)

при этом его скорость уменьшится до значения

 . (6)

При выводе (6) мы также пренебрегли смещением бруска за малое время застревания в нём первой пули.

Поскольку под действием силы трения импульс системы за время уменьшился, то теперь, после застревания в бруске второй пули, согласно закону сохранения импульса имеем

 , (7)

т.е. система будет двигаться уже влево «равнозамедленно» () с начальной скоростью

 . (8)

Смещение бруска в этом случае

 . (9)

Используя (3) окончательно получаем

 . (10)

Как следует из (10), значение зависит от коэффициента трения в системе, т.е. данный эксперимент в принципе можно использовать для несколько «шумного» способа измерения коэффициента трения скольжения бруска по горизонтальной поверхности. ☺

В соответствии с правилами округления (см. данные условия и справочные данные) окончательный расчёт проводим с точностью до двух значащих цифр.

**10-3.** **«Трение по клину»** Рассмотрим движение шайбы вверх по клину.

При этом со стороны шайбы на клин по третьему закону Ньютона действуют силы нормального давления и трения (Рис. 10). Поскольку сила тяжести клина и сила реакции пола вертикальны, то для этого случая можем записать условие равновесия клина по горизонтали

Рис. 10

, (1)

где – модуль силы, действующей на клин со стороны стенки (см. рис. 10, третий закон Ньютона).

Поскольку при движении шайбы вниз по клину сила трения скольжения поменяет своё направление на противоположное (вниз по клину), то условие равновесия последнего, с учетом третьего закона Ньютона, примет вид

. (2)

Решая систему уравнений (1) – (2), находим

 , (3)

 . (4)

Учитывая, что согласно закону Кулона-Амонтона для трения скольжения

 , (5)

найдем искомое значение коэффициента трения скольжения шайбы по клину

 . (6)

Расчет по формуле (6) даёт

. (7)

В соответствии с правилами округления (см. данные условия и справочные данные) окончательный расчёт проводим с точностью до двух значащих цифр.

Рис. 11

**10-4.** **«Кто-то теряет…»** Для уменьшения погрешности расчётов выделим на графике изотермического процесса «удобные» для рассмотрения точки – например, узловые точки и (Рис. 11), где график визуально проходит точно через узлы сетки.

Пусть координаты выбранных точек в предложенных безразмерных координатах равны соответственно и . Из графика следует, что объёмы идеального газа в выбранных точках и равны и , соответственно (посчитать клеточки внимательно!).

Поскольку обе точки принадлежат изотерме, то из уравнения состояния идеального газа в форме Клапейрона – Менделеева следует

 . (1)

 . (2)

Вычтем из большего давления меньшее (на графике это три клеточки)

 . (3)

Выразим из (3) постоянный множитель (постоянную гиперболы)

 . (4)

Подставляя полученное значение в (1) (или (2)), находим значение координаты точки на графике и, соответственно, искомое положение оси абсцисс

 . (5)

Таким образом, ось абсцисс наносим на рисунок 11 на клеточки ниже точки или на клеточки ниже точки , при этом координаты точек и принимают вид (от школьников не требуется)

 . (6)

Из (4) найдём искомую температуру идеального газа в данном процессе

 . (7)

В соответствии с правилами округления (см. данные условия и справочные данные) окончательный расчёт проводим с точностью до трёх значащих цифр (не путать с цифрами после запятой!).

**10-5.** **«Кубики Архимеда»** Поскольку при плавании система кубиков находится в равновесии (Рис. 12), то сила её тяжести уравновешена силой Архимеда , действующей на нижний (самый большой) кубик

Рис. 12

 , (1)

где , и – массы верхнего, среднего и нижнего кубиков соответственно, – ускорение свободного падения (см. рис. 12).

Обозначим объём верхнего (самого маленького) кубика через , тогда объём среднего , нижнего .

С учетом последних соотношений для объёмов (1) перепишется в виде

 , (2)

где и – плотности материала кубиков и воды, соответственно.

Из (2) находим искомую плотность материала кубиков

 , (3)

В соответствии с правилами округления (см. справочные данные для плотности воды на листке условий) окончательный расчёт проводим с точностью до трёх значащих цифр.

Напомним, что сила тяжести всей системы (трёх кубиков) приложена к центру тяжести системы – точке (Рис. 13). В свою очередь сила Архимеда приложена к центру плавучести системы – точке , которая является центром масс вытесненной воды (см. рис. 13).

Рис. 13

Поскольку центр масс данной системы находится выше её центра плавучести (на рисунке 13 положение точки несколько завышено для наглядности), то при малом отклонении кубиков от вертикального положения возникает пара сил, момент которой стремится увеличить угол отклонения, т.е. перевернуть (опрокинуть) систему (см. рис. 13).

Следовательно, равновесие данной системы неустойчиво и кубики недолго продержатся на воде в виде такой пирамидки. ☹

Если же поменять точки приложения сил местами, чтобы центр тяжести был ниже центра плавучести (например, утяжелить дно судна), то ситуация изменится: возникающий при малом отклонении от вертикали момент данных сил уже будет уменьшать угол отклонения, т.е. стабилизировать положение судна (круглые стрелки на рисунке 13 поменяют своё направление). Такое равновесие устойчиво. Вот почему при постройке кораблей для усиления их «живучести» инженеры добиваются того, чтобы центр тяжести судна был как можно ниже его центра плавучести (условие остойчивости судна).

Но «иногда» короли этого не понимают и требуют себе «роскошную палубу в золоте» любой ценой, отчего положение центра масс корабля поднимается, и равновесие становится … неустойчивым! При таком раскладе (уже независимо от воли короля…) даже большой корабль может легко и быстро опрокинуться от любого случайного дестабилизирующего фактора, например, сильного порыва бокового ветра. Так в 1628 году позолоченный галеон (флагман) шведского королевского флота «Vasa», несмотря на утяжеление дна, при сильном боковом порыве ветра опрокинулся и затонул на глазах шокированных зрителей прямо во время своего первого (!) плавания в Стокгольмской гавани … Конечно его подняли (относительно недавно, в 1961 г.) и отреставрировали, но ошибку короля уже не исправить! Физику нужно знать всем! ☺

 11 класс

**11-1.** **«Горизонтальная сила»** Поскольку тело не скользит вниз по шероховатой наклонной плоскости самостоятельно, то «скатывающая сила» скомпенсирована силой трения покоя, предельное значение которой . Это возможно при выполнении условия

 , (1)

где – коэффициент трения тела о плоскость, – угол её наклона к горизонту.

 Следовательно, для движения тела вниз (с предельно малым ускорением) под действием силы согласно второму закону Ньютона должно выполняться равенство

 , (2)

откуда следует

. (3)

 Для случая движения вверх (опять же с предельно малым ускорением) условие сдвига тела примет вид

 . (4)

 Заметим, что при выводе (3) и (4) мы пренебрегли явлением застоя, когда для сдвига тела требуется бóльшая сила, чем для его дальнейшего равномерного движения.

Рис. 14

При попытке сдвинуть тело горизонтальной силой (Рис. 14), оно в итоге будет скользить вниз по плоскости под некоторым углом к «вертикали», так, чтобы векторная сумма трёх сил (), лежащих в одной плоскости, давала нуль. Напомним, что сила трения скольжения направлена против вектора скорости движения тела по плоскости, который направлен под углом к условной вертикали на рисунке 14.

Поскольку векторный треугольник () прямоугольный, то применим для него теорему Пифагора

 , (5)

откуда находим

 . (6)

Преобразуя подкоренное выражение по формуле разности квадратов, с учетом (3) и (4), получим формулу

 . (7)

Расчет дает

 . (8)

В соответствии с правилами округления (см. данные условия) окончательный ответ приводим с точностью до двух значащих цифр.

**11-2.** **«Кулон в кубе»** Рассмотрим равновесие, например, шарика данной системы (Рис. 15). На него действуют три взаимно перпендикулярные силы натяжения нитей и , которые компенсируют силы электростатического отталкивания шарика от остальных шариков данной системы.

Рис. 15

Найдем проекции всех сил на ось , проходящую вдоль нити (см. рис. 15). Поскольку силы натяжения нитей и перпендикулярны данной оси, то их проекции на эту ось равны нулю. То же самое касается и сил отталкивания, действующих на шарик со стороны шариков , и , лежащих в плоскости, перпендикулярной ребру .

Следовательно, сила натяжения нити равна сумме проекций на ось сил отталкивания со стороны оставшихся заряженных шариков , и .

Учитывая, что для куба (см. рис. 15)

,

,

 ,

 ,

используя закон Кулона, получаем

 . (1)

Для нахождения потенциальной энергии взаимодействия заряженных шариков в вершинах куба можно использовать популярный метод «последовательной сборки» системы, при котором шарик добавляется за шариком.

Можно также воспользоваться и «умной» формулой из «Википедии» для точечных зарядов, главное понимать, что мы в данном случае делаем (в нашем случае ). Как и положено, оба метода приводят нас к одному результату

. (2)

При выводе (2) учтено, что три заряда (, и ) находятся на расстоянии от заряда , также три заряда (, и ) – на расстоянии от него, и один заряд () – на расстоянии от заряда .

Из (2) окончательно получаем

. (3)

Сравнивая (3) и (1) видим, что

. (4)

Используя (1) (или (3)) находим величину заряда каждого из шариков

 . (5)

В соответствии с правилами округления (см. данные условия) окончательный ответ приводим с точностью до двух значащих цифр.

**11-3.** **«А кто-то находит …»** Рассмотрим два достаточно близких последовательных состояния идеального газа с параметрами () и (). Запишем для них уравнение состояния идеального газа в форме Клапейрона – Менделеева

 , (1)

), (2)

где – количество идеального газа.

Вычитая из (2) равенство (1), для бесконечно малых изменений давления, объёма и температуры (пренебрегаем малым членом ) получаем равенство

. (3)

Из которого следует, что

. (4)

Запишем для этого же малого процесса первое начало термодинамики

, (5)

где – молярная теплоёмкость идеального одноатомного газа при постоянном объёме.

После подстановки (4) в (5) получаем

 , (6)

где (молярная теплоёмкость идеального газа при постоянном давлении), – площадь (в размерных единицах ) элементарной полоски на диаграмме, а – площадь элементарной полоски на рисунке 16 (выделены тонировкой).

Приведенное в условии уравнение для одного моля идеального газа, называется уравнением Майера. Оно связывает между собой молярные теплоёмкости идеального газа (не обязательно одноатомного!) при постоянном давлении ( и при постоянном объёме (.

Для нахождения всего количества теплоты в термодинамическом процессе (нуль по условию) необходимо просуммировать все элементарные полоски (6) по всей кривой процесса

. (7)

Первая сумма в (7) представляет собой сумму выделенных площадей и на рисунке 17, взятую со знаком «+», т.к. в процессе изменение объёма положительно (, газ расширяется)

 . (8)

Вторая сумма в (7) представляет собой сумму выделенных площадей и на рисунке 17, взятую со знаком «–», т.к. в процессе давление газа монотонно уменьшается ()

 . (9)

Подставляя (8) и (9) в (7) получаем уравнение

, (10)

где – площадь прямоугольника , – площадь криволинейной трапеции , – площадь прямоугольника (см. рис. 17).

Из (10) находим значение площади

 (11)

Пусть ось ординат проходит на расстоянии левее от точки , т.е. на рисунке 17 длина отрезка . Тогда

. (12)

Для нахождения площади криволинейной трапеции заметим, что площадь под дугой окружности (т.е. под четвертью полуокружности) можно добавить к площади над дугой окружности – получится прямоугольник площадью клеточек.

Расчёт по формуле (11) даёт () для площади значение

 ⟹ . (13)

Следовательно, ось ординат идёт на три условные единицы левее точки , так, что её координаты в предложенных безразмерных единицах равны: .

**11-4.** **«Позитрон в пролёте»** В однородном магнитном поле внутри соленоида заряженная частица движется под действием силы Лоренца по дуге (Рис. 18) окружности некоторого радиуса .

Согласно второму закону Ньютона

, (1)

Рис. 18

где – скорость элементарной частицы при влёте в соленоид.

Из (1) найдем радиус кривизны траектории элементарной частицы

 . (2)

Скорость частицы после ускорения полем найдём из закона сохранения энергии

. (3)

Подставляя (3) в (2), получаем искомое выражение для радиуса кривизны траектории частицы

 . (4)

Поскольку сила Лоренца работы не совершает (она перпендикулярна скорости), то модуль скорости частицы при таком движении по дуге окружности остаётся постоянным, т.е. её движение – равномерное. Из рисунка 18 следует, что угол , так как касательные перпендикулярны соответствующим радиусам, значит длина дуги внутри соленоида

 . (5)

Следовательно, время движения частицы внутри соленоида

. (6)

Из (6) найдем угол (в радианах)

. (7)

Расчет дает

. (8)

Для нахождения радиуса соленоида выразим длину отрезка (хорды) на рисунке 18 двумя способами (из равнобедренных треугольников и )

 . (9)

Из (9) выразим искомое значение радиуса соленоида

 . (10)

В соответствии с правилами округления (см. данные условия) все окончательные расчёты приводим с точностью до трёх значащих цифр, поскольку три значащие цифры содержатся во всех данных условия.

**11-5.** **«Двойной пружинный маятник»** Если подвесить данный маятник за груз , то период его вертикальных колебаний будет определяться только массой груза

 . (1)

При «обратном» подвесе, соответственно

 . (2)

Рассмотрим колебания двойного пружинного маятника на гладкой горизонтальной плоскости. Поскольку горизонтальных сил трения при скольжении грузов по гладкой поверхности в данной системе нет, то система замкнута, а её центр масс не может изменить своего положения в пространстве.

Предположим, что маятник растянули (за грузы в разные стороны) на некоторую величину и аккуратно (без толчка) отпустили. Обозначим через смещение при этом левого груза относительно центра масс системы влево (Рис. 19), а через – смещение правого груза (соответственно, вправо). Понятно, что .

Рис. 19

Поскольку плоскость гладкая, а система замкнута в горизонтальном направлении, то при колебаниях грузов её центр масс должен оставаться на месте. Из этого условия следует, что

 . (3)

Интересно, что дифференцируя (3) по времени, получим закон сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось

 . (4)

А дифференцируя (4) по времени, можно также найти связь между мгновенными ускорениями грузов в проекции на горизонтальную ось (запись (4) и (5) от школьников не требуется)

 . (5)

Теперь рассмотрим колебания одного из грузов (например, ). Поскольку суммарное растяжение пружины равно

 , (6)

то второй закон Ньютона для этого грузика примет вид

 . (7)

Выражая из (3) и подставляя в (7), получим

 . (8)

Из (8) следует уравнение гармонических колебаний груза в виде

 , (9)

с периодом колебаний

 . (10)

Часто формулу (10) записывают в виде

 , (11)

где – *приведенная* масса системы, играющая важную роль в ряде прикладных задач по механике.

Выражая из (1) и (2) массы грузов и подставляя их в (10), получим окончательный ответ

 . (12)

В соответствии с правилами округления (см. данные условия) окончательный ответ приводим с точностью до двух значащих цифр.

Естественно, что если рассмотреть колебания груза , то ответ получится такой же.

*P.S. Уважаемые коллеги! Если решения некоторых задач, представленные участниками олимпиады (а они – люди творческие!), отличаются от авторских, и при этом получен правильный ответ, то (после внимательного прочтения!) подкорректируйте «Схему оценивания» и смело ставьте баллы! Дети порой мыслят нестандартно, но, по сути, верно. Помните, что наша основная задача – не потерять юное дарование на начальных этапах олимпиады.* ☺

*По всем вопросам при проведении теоретического тура олимпиады обращаться по телефону: +* 375 29 766 12 87 *(Леонид Григорьевич Маркович).*