

МОСКОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

МОШ, 2013/14, отборочный этап, 7-11 класс

Условия, ответы и решения

1 Велосипедисты и плохой участок дороги

Велосипедисты Владислав, Ярослав и Станислав едут по шоссе со скоростью 20 км/ч: Владислав и Ярослав вместе, Станислав — на расстоянии 150 м сзади. На шоссе имеется плохой участок дороги протяжённостью 10 км. На нём Ярослав и Станислав сбавляют скорость до 15 км/ч, а Владислав едет с прежней скоростью.

Вопрос А (5 баллов). Каким будет расстояние между Ярославом и Станиславом во время прохождения обоими велосипедистами плохого участка дороги? Ответ представьте в метрах и округлите до целых.

Вопрос В (5 баллов). На сколько километров Владислав окажется впереди Ярослава после прохождения плохого участка дороги всеми велосипедистами? Ответ округлите до десятых.

Подсказка

Пока Станислав не въехал на плохой участок, Ярослав уже замедлился. Как изменится расстояние между ними, пока Станислав едет до границы участка?

Ответ

А) 113 м; В) 3,3 км.

2 Эстафета двух кругов

Несколько команд школьников соревновались в эстафетных гонках. Командам предстояло преодолеть дистанцию в два круга. Команда 1 состояла из Пети и Васи: Петя пробежал первый круг со скоростью 10 км/ч, Вася — второй круг со скоростью 20 км/ч. Команда 2 состояла из Ирины и Марины: Ирина пробежала первый круг со скоростью 12 км/ч, Марина — второй круг со скоростью 17 км/ч.

Вопрос А (2 балла). Укажите номер команды, пришедшей к финишу первой.

Вопрос В (4 балла). С какой постоянной скоростью должен пробежать всю дистанцию пёс Рекс, чтобы прийти к финишу одновременно с командой 1? Ответ представьте в км/ч и округлите до десятых.

Вопрос С (4 балла). С какой постоянной скоростью должен пробежать всю дистанцию пёс Рекс, чтобы прийти к финишу одновременно с командой 2? Ответ представьте в км/ч и округлите до десятых.

Подсказка

Средняя скорость — это весь путь, делённый на всё время, а не среднее арифметическое скоростей на участках.

Ответ

А) команда 2; В) 13,3 км/ч; С) 14,1 км/ч.

3 Пружина, гири и вода в сосуде

Школьница Арина исследует свойства пружины при подвешивании к ней различных грузов. У Арины в запасе много одинаковых гирь, а также сосуд, в который можно наливать воду. Арина обнаружила, что сосуд с 2 л воды растягивает пружину сильнее, чем 10 гирь, но слабее, чем 11 гирь. Сосуд же с 3 л воды растягивает пружину сильнее, чем 13 гирь, но слабее, чем 14 гирь. Плотность воды составляет 1 г/см^3 .

Вопрос А (2 балла). Какой может быть минимальная масса гири при данных условиях? Ответ представьте в граммах и округлите до целых.

Вопрос В (2 балла). Какой может быть максимальная масса гири при данных условиях? Ответ представьте в граммах и округлите до целых.

Вопрос С (3 балла). Какой может быть минимальная масса пустого сосуда при данных условиях? Ответ представьте в граммах и округлите до целых.

Вопрос D (3 балла). Какой может быть максимальная масса пустого сосуда при данных условиях? Ответ представьте в граммах и округлите до целых.

Подсказка

Растяжение пружины определяется общей массой груза. Запишите четыре двойных неравенства для массы гири m и массы сосуда M и ищите крайние значения.

Ответ

А) 250 г; В) 500 г; С) 500 г; D) 3500 г.

4 Атмосфера Тритона: давление

На Тритоне, спутнике планеты Нептун, давление воздуха, состоящего в основном из азота (молярная масса 28 г/моль), составляет $1,5 \text{ Па}$, температура -235°C . Ускорение свободного падения на поверхности спутника $0,78 \text{ м/с}^2$. Абсолютный нуль составляет -273°C , универсальная газовая постоянная $8,3 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{K)}$, одному молю соответствует $6 \cdot 10^{23}$ частиц.

Вопрос А (1 балл). Определите массу воздуха в одном кубическом метре у поверхности Тритона. Ответ представьте в граммах и округлите до второй значащей цифры.

Вопрос В (2 балла). Какой высоты должна быть льдинка (плотность $0,9 \text{ г/см}^3$) в форме прямоугольного параллелепипеда, чтобы она создавала на поверхность Тритона такое же давление, что и воздух? Ответ представьте в миллиметрах и округлите до второй значащей цифры.

Вопрос С (4 балла). Сколько молекул воздуха содержится в кубике длиной ребра 2 микрометра? Ответ округлите до второй значащей цифры.

Вопрос D (3 балла). Представим, что имеется прямоугольный параллелепипед, в основании которого — квадрат длиной $0,1 \text{ нанометра}$, порядка размера молекулы. Какой высоты должен быть параллелепипед, чтобы в него в среднем попадала одна молекула? Ответ представьте в миллиметрах и округлите до второй значащей цифры. Полученное Вами значение по порядку величины равно длине свободного пробега — расстоянию, которое молекула проходит между двумя последовательными столкновениями.

Подсказка

Плотность газа найдите из уравнения Менделеева — Клапейрона, затем число молекул — через массу и молярную массу.

Ответ

A) 0,13 г; B) 2,1 мм; C) 23 000; D) 35 мм.

5 Атмосфера Тритона: плотность

На Тритоне, спутнике планеты Нептун, плотность воздуха, состоящего в основном из азота, составляет $0,13 \text{ г/м}^3$. Известно, что $6 \cdot 10^{23}$ (это число из шестёрки и 23 нулей) молекул азота имеют массу 28 г.

Вопрос А (6 баллов). Сколько молекул воздуха содержится в кубике длиной ребра 2 микрометра (один микрометр — это миллионная доля метра)? Ответ округлите до второй значащей цифры.

Вопрос В (4 балла). Представим, что имеется прямоугольный параллелепипед, в основании которого — квадрат длиной 0,1 нанометра (один нанометр — это миллиардная доля метра), порядка размера молекулы. Какой высоты должен быть параллелепипед, чтобы в него в среднем попадала одна молекула? Ответ представьте в миллиметрах и округлите до второй значащей цифры. Полученное Вами значение по порядку величины равно длине свободного пробега — расстоянию, которое молекула проходит между двумя последовательными столкновениями.

Подсказка

Найдите число молекул в одном кубическом метре, затем умножьте на объём кубика; для В найдите объём, приходящийся на одну молекулу.

Ответ

A) 23 000; B) 35 мм.

6 Две школьницы греют воду

Школьницы Алиса и Василиса провели несколько опытов по нагреванию воды, при этом каждая из девочек использовала имеющийся у неё кипятильник.

В первом опыте школьницы нагревали одинаковые кружки с водой, взятой из ведра со смесью воды и льда. Спустя 3 мин после начала опыта Алиса выключила свой кипятильник. Василиса, наблюдая за нагреванием воды в своей кружке, обнаружила, что спустя 3 мин вода у неё холоднее, чем у Алисы, а спустя 4 мин — теплее, чем у Алисы.

Во втором опыте Алиса и Василиса стали нагревать кружку с водой двумя кипятильниками сразу. Выяснилось, что за 10 мин вода ещё не доводится до кипения, а за 11 мин — точно доводится.

Масса воды в кружке 1 кг. Удельная теплоёмкость воды $4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$. Теплоёмкостью кружки и потерями тепла можно пренебречь.

Вопрос А (2 балла). Какое количество теплоты потребовалось для доведения воды до кипения? Ответ представьте в килоджоулях и округлите до целых.

Вопрос В (2 балла). Укажите минимальную при данных условиях мощность кипятильника Алисы. Ответ представьте в ваттах и округлите до целых.

Вопрос С (2 балла). Укажите максимальную при данных условиях мощность кипятильника Алисы. Ответ представьте в ваттах и округлите до целых.

Вопрос D (2 балла). Укажите минимальную при данных условиях мощность кипятильника Василисы. Ответ представьте в ваттах и округлите до целых.

Вопрос Е (2 балла). Укажите максимальную при данных условиях мощность кипятильника Василисы. Ответ представьте в ваттах и округлите до целых.

Подсказка

Вода из смеси со льдом имеет температуру 0°C . Условия «холоднее» и «теплее» дают неравенства на мощности, а время кипения при двух кипятильниках — неравенство на их сумму.

Ответ

А) 420 кДж; В) 318 Вт; С) 400 Вт; D) 273 Вт; Е) 350 Вт.

7 Амперметр, вольтметр и батарейка

Школьник Вася проводит опыты с амперметром и вольтметром. Собрав электрическую цепь, состоящую из последовательно соединённых идеальной батарейки, резистора и амперметра, Вася обнаружил, что показания амперметра составляют 9 мА. Подсоединив параллельно батарейке вольтметр, Вася записал его показания (5 В), заметив, что показания амперметра при этом не изменились. Когда Вася подсоединил вольтметр параллельно резистору, его показания составили 4,9 В, а амперметр стал показывать 10 мА.

Вопрос А (1 балл). Укажите напряжение батарейки. Ответ представьте в вольтах и округлите до десятых.

Вопрос В (3 балла). Чему равно сопротивление амперметра? Ответ представьте в омах и округлите до целых.

Вопрос С (3 балла). Чему равно сопротивление резистора? Ответ представьте в омах и округлите до целых.

Вопрос D (3 балла). Чему равно сопротивление вольтметра? Ответ представьте в килоомах и округлите до десятых.

Подсказка

Идеальная батарейка поддерживает постоянное напряжение, поэтому вольтметр параллельно ей ничего не меняет. Напряжение на амперметре найдите как разность напряжения батарейки и показаний вольтметра на резисторе.

Ответ

А) 5 В; В) 10 Ом; С) 546 Ом; D) 4,8 кОм.

8 Сопротивление воздуха и размер тела

Известно, что сила сопротивления, действующая на движущееся в воздухе тело, пропорциональна плотности воздуха, квадрату размера тела и квадрату скорости тела. Пусть металлический шарик падает у поверхности Земли со скоростью 50 м/с. Плотность воздуха у поверхности Земли $1,3 \text{ кг/м}^3$, ускорение свободного падения 10 м/с^2 .

Вопрос А (3 балла). С какой установившейся скоростью будет падать у поверхности Земли изготовленный из того же материала металлический шарик втрое большего размера? Ответ представьте в м/с и округлите до целых.

Вопрос В (3 балла). Какой должна быть плотность воздуха, чтобы установившаяся скорость падения данного шарика составила 8 км/с? Ответ представьте в кг/м^3 и округлите до второй значащей цифры.

Вопрос С (4 балла). Какой будет установившаяся скорость падения данного шарика на планете с ускорением свободного падения 10 м/с^2 , температурой 400°С , давлением 10000 кПа ? Состав атмосферы считайте земным (молярная масса 29 г/моль). Абсолютный нуль температуры -273°С , универсальная газовая постоянная $8,3 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$. Ответ представьте в м/с и округлите до десятых.

Подсказка

При установившемся падении сила тяжести равна силе сопротивления. Масса шарика растёт как куб размера, а сопротивление — как квадрат размера.

Ответ

А) 87 м/с ; В) 51 мг/м^3 ; С) $7,9 \text{ м/с}$.

9 Тень от мяча на стене

На земле рядом со светящейся лампочкой лежат два футбольных мяча. Футболист Вася ударил по мячу и наблюдает за движением тени от мяча по вертикальной стене. Вася обнаружил, что тень сразу после удара находилась на высоте 10 м и после этого двигалась вниз с постоянной скоростью 2 м/с . Затем футболист Петя ударил по второму мячу в том же направлении, что и Вася, сообщив мячу вдвое большую скорость под тем же углом к горизонту.

Вопрос А (4 балла). На какой высоте будет находиться сразу после удара тень от мяча Пети? Ответ выразите в метрах и округлите до десятых.

Вопрос В (6 баллов). С какой скоростью будет двигаться вниз тень от мяча Пети? Ответ представьте в м/с и округлите до десятых.

Подсказка

Лампочка и мяч в начале движения находятся рядом на земле. Лучи от лампочки через мяч идут на стену: как связаны высота тени и высота мяча с расстоянием до стены, если мяч движется вдоль линии, соединяющей его с лампочкой, и какое получается движение тени?

Ответ

А) 10 м ; В) 1 м/с .

10 Линза между предметом и экраном

Экран расположен на расстоянии 80 см от предмета. Используя линзу, школьник Владислав хочет получить чёткое изображение предмета на экране. Предмет и экран расположены перпендикулярно главной оптической оси линзы.

Вопрос А (4 балла). Линзу с какой минимальной оптической силой может взять Владислав? Ответ представьте в диоптриях и округлите до десятых.

Вопрос В (2 балла). С помощью своей линзы Владислав получил изображение предмета с увеличением 2. Чему равна оптическая сила линзы Владислава? Ответ представьте в диоптриях и округлите до десятых.

Вопрос С (2 балла). Передвинув линзу на некоторое расстояние, Владислав снова получил чёткое изображение предмета. Найдите отношение размера данного изображения к размеру предмета. Ответ округлите до сотых.

Вопрос D (2 балла). Передвинув линзу на некоторое расстояние, Владислав снова получил чёткое изображение предмета. На какое расстояние передвинул линзу Владислав? Ответ представьте в сантиметрах и округлите до целых.

Подсказка

Для расстояний a и b с суммой L формула линзы даёт квадратное уравнение; оно разрешимо, только если L не меньше некоторого кратного фокусного расстояния. Вторая позиция линзы получается обменом a и b .

Ответ

А) 5 дптр; В) 5,6 дптр; С) 0,5; D) 27 см.