ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ.

2018–2019 ГОД ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП.

7 КЛАСС

1. Маша и Даша играли в салочки. Маша вероломно подкралась к стоящей Даше и сделала её ведущей, после чего Маша сразу же побежала со скоростью 5 м/с. Даша 2 секунды думала, что же случилось, а потом пустилась в погоню со скоростью 7,5 м/с. Через, сколько секунд после своего старта Даша догнала Машу?

Решение.
За 2 секунды Маша убежала на 5 м/с · 2 с = 10 м.
После старта у Даши скорость сближения школьников составила
7,5 м/с –5 м/с = 2,5 м/с.
Следовательно, погоня длилась 10 м : 2,5 м/с = 4 с.
Ответ:Дашадогнала Машу спустя 4 с после своего старта.
Критерии оценок.
Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов.
В противном случае можно поставить школьнику до 3 утешительных баллов:
хотя бы один раз правильно использована формула, связывающая скорость, время, пройденный путь, — 1 балл;
подсчитано, на какое расстояние убежалаМаша, пока Даша была на месте, — 1 балл;
указана скорость сближения девочек — 1 балл.

2. Из города в разное время выезжают три автомобиля. Первый – со скоростью 60 км/ч, второй - через 1 ч после первого со скоростью 80 км/ч и третий – с некоторым запаздыванием относительно второго со скоростью 100 км/ч. На сколько позднее второго выехал третий автомобиль, если он догнал второй автомобиль, в тот момент, когда второй догнал первый?

Решение.
Записывая равенство пройденных автомобилями путей, получаем два уравнения
$60 \cdot t_1 = 80 \cdot (t_1 - 1)$, $100 \cdot (t_1 - 1 - t_2) = 60 \cdot t_1$,
где t_1– время в пути первого автомобиля, а t_2– запаздывание третьего автомобиля относительно второго.
Выразив t_1из первого уравнения и подставив его во второе, находим
$t_2 = 0,6$ ч.
Ответ: Третий автомобиль выехал позднее второго на 0,6 часа.

Критерии оценок.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов.

В противном случае можно поставить школьнику до 4 утешительных баллов:

составлена равенство пройденных автомобилями путей – 2балла;

правильно использована формула, связывающая скорость, время, пройденный путь — 2балла.

3. На пачки бумаги «Снегурочка», можно обнаружить на ее упаковке такой рисунок. Определите массу не распакованной пачки этой бумаги. Массой упаковки можно пренебречь.

Решение.

Из характеристики бумаги следует, что 1 м^2 такой бумаги имеет массу 80 г.

Тогда один лист площадью S = 0,21• 0,297 =0,06237 м^2 имеет массу m = 80 • 0,06237 = 4,9896 г.

Следовательно, пачка бумаги из 500 листов имеет массу m =500 •4,9896= 2494,8 г =2,4948 кг ≈ 2,5 кг.

Ответ: m=2,4948 кг ≈2,5 кг.

Критерии оценок.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов.

В противном случае можно поставить школьнику до 3 утешительных баллов:

правильно указана характеристика бумаги-1 балл;

правильно посчитана площадь одного листа – 1балл;

правильно посчитана масса одного листа – 1 балл.

4. Стакан заполнен до краев водой. Масса его равна 400г. В стакан бросили 20- граммовый кусочек металла, масса стакана со всем содержимым стала равной 416 г. Найти плотность металла, если плотность воды равна 1000 кг/м^3.

Решение.

Из условия задачи можно сделать вывод, что 5 кг (0,005 м^3) воды перелилось через край.

Следовательно, объем камня составляет 0,005 м^3.
Зная массу камня и его объем, находим плотность камня

$$\rho = \frac{20\text{кг}}{0{,}005\text{м}^3} = 4000\,{}^{\text{кг}}\!/_{\text{м}^3}$$

Ответ: плотность камня равна 4000 кг/м^3.

Критерии оценок.
Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов.
В противном случае можно поставить школьнику до 3 утешительных баллов:
сделан правильный вывод о перелитой воде-1 балл;
правильно сделан вывод о объеме камня – 2 балла.

8класс

1. Между пунктами А и В первый автомобиль прошел половину расстояния со скоростью 80 км/ч, а другую половину – со скоростью 120 км/ч. Второй автомобиль, двигаясь между пунктами А и В с постоянной скоростью 100 км/ч, затратил на движение на 6 минут меньше первого. Найти расстояние между А и В.

Решение.

Обозначив через L расстояние между пунктами А и В, запишем связь между временами, затраченными первым и вторым автомобилями на прохождение всего пути L

$$\frac{L}{2\cdot 80}+\frac{L}{2\cdot 120}-\frac{L}{100}=0,1$$

В данном уравнении скорости подставлены в км/ч, а разность времен 6 мин записана как 0,1 ч. В итоге находим L = 240 км.

Ответ: L = 240 км.

Критерии оценок.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов.

В противном случае можно поставить школьнику до 3 утешительных баллов: хотя бы один раз правильно использована формула, связывающая скорость, время, пройденный путь, — 1 балл;

правильно составлено уравнение – 2 балла.

2. На альтернативном чемпионате мира по тяжёлой атлетике спортсмены должны поднять одной левой рукой свою будущую награду — это куб из золота с ребром длиной 20 см. Внутри золотого куба есть платиновый куб с ребром длиной 10 см. Сколько литров золота содержится в награде? Сколько килограммов придется поднять чемпиону для того, чтобы получить награду? Масса 1 м 3 золота составляет 19300 кг, масса 1 м 3 платины — 21500 кг.

Решение.

Объём золота и платины вместе составляет

20 см · 20 см · 20 см = 8000 см^3,

а объём платины — 10 см · 10 см · 10 см = 1000 см^3 .

Следовательно, объём золота равен

8000 см^3 − 1000 см^3 = 7000 см^3 = 7 л = 0,007 м^3.

Масса золота составляет 19300 · 0,007 =135,1 кг, а масса платины — 21500 · 0,001 = 21,5 кг.

Следовательно, масса награды 135,1 кг + 21,5 кг = 156,6 кг.

Ответ. Объём золота в награде равен 7 л, чемпиону надо поднять 156,6 кг.

Критерии оценок.

Первый вопрос оценивается 5 баллов, второй вопрос — также 5 баллов.Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа на первый вопрос, он получает 5 баллов.

В противном случае можно поставить школьнику до 3 утешительных баллов:

хотя бы один раз правильно использована формула для вычисления объема куба — 1 балл;

правильно найден объём платины — 1 балл;

хотя бы один раз школьник правильно перевел объём из одних единиц в другие— 1 балл.

3. На столе стоит сплошной куб из алюминия. Какова масса куба, если он оказывает на стол давление 5400 Па? Плотность алюминия 2700 кг/м$^{3.}$

Решение.

P = mg/S (S - площадь стороны куба)

m = V • ρ = a³ •ρ = S•P/g = a²•P/g

m =a²•P/g=a³•ρ (a² сокращаем)

m =P/g = a• ρ.

Следовательно a = P/ ρ •g; m = V• ρ = a³ • ρ = (P/ ρ•g)³ • ρ.

После вычислений получается, что m ≈22.9 кг

Критерии.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов.

В противном случае можно поставить школьнику до 4 утешительных баллов:

хотя бы один раз правильно использована формула, связывающая массу, температуру, удельную теплоемкость вещества — 1 балл;

правильно составлено уравнение теплового баланса – 3 балла.

4. Теплоизолированный сосуд до краев наполнили водой при температуре t_0 = *20 °C*. В него опустили алюминиевую деталь, нагретую до температуры *t = 100 °C.* После установления теплового равновесия температура воды в сосуде стала t_1 = *30,3 °C.* Затем этот же эксперимент провели с двумя такими же деталями. В этом случае после установления в сосуде теплового равновесия температура воды стала t_2 = *42,6 °C.*Чему равна удельная теплоемкость *c*

алюминия? Плотность воды $\rho_0 = 1000$ *кг/м*^{3}, ее удельная теплоемкость $c_0 = 4200$ *Дж/(кг · °С)*. Плотность алюминия $\rho = 2700$ *кг/м*^{3}.

Решение.

Пусть m – масса детали, V – объём сосуда, тогда уравнения теплового баланса при опускании одной и двух деталей соответственно имеют вид

$cm(t - t_1) = c_0\rho_0(V – (m/\rho))\cdot (t_1 - t_0)$

$2cm(t - t_2) = c_0\rho_0(V – (2m/\rho))(t_2 - t_0)$

Делим соотношение(*) на $(t_1 - t_0)$, а соотношение (**) на $(t_2 - t_0)$ и , вычитая соотношение (**) из (*), получаем

$cm(t - t_1)/ (t_1 - t_0) - 2\ cm \cdot (t– t_2)/(t_2 - t_0) = c_0\rho_0\ m/\rho$,

откуда можно найти c.

Ответ: $c \approx 922$ Дж/(кг·°С).

Критерии оценок.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов.

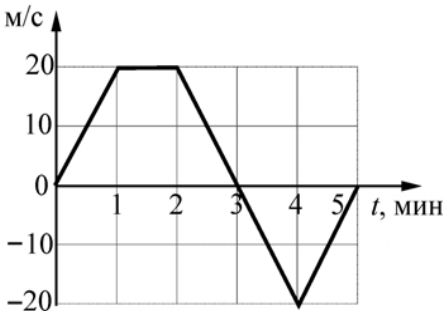
В противном случае можно поставить школьнику до 4 утешительных баллов:

хотя бы один раз правильно использована формула, связывающая массу, температуру, удельную теплоемкость вещества — 1 балл;

правильно составлено уравнение теплового баланса – 3 балла.

9 класс

1. Старшеклассник Вася поехал на мопеде за мороженым в киоск, который находится на расстоянии 1,1 км от его дома на противоположной стороне той же улицы. График зависимости скорости его мопеда от времени показан на рисунке. Однако оказалось, что в бензобаке мало бензина. Сколько метров Вася шёл пешком до киоска после того, как бензин кончился и мопед остановился?



Решение.

Так как скорость мопеда меняет знак, значит в процессе движения мопед менялнаправление движения – разворачивался.

Расстояние, пройденное мопедом до разворота (площадь под графиком) – 2400 м, после разворота – 1200 м.

Значит, Вася не доехал до киоска 100 м.

Критерии оценки.

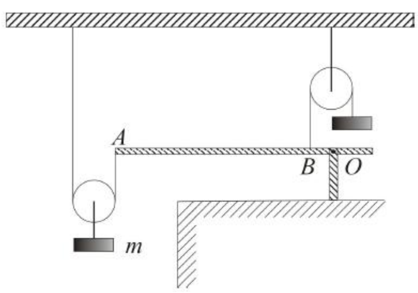
Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов.

В противном случае можно поставить школьнику до 3 утешительных баллов:

правильно указаны направления движения— 1 балл;

правильно посчитано расстояние пройденное мопедом – 2 балла.

2. На рисунке изображен прибор, представляющий собой комбинацию рычага *ABO* с двумя одинаковыми блоками. Известно, что масса груза, прикрепленного к левому блоку, равна m = 1,4 кг, AB = 24 см, BO = 4 см. Определите массу груза M, прикрепленного к правому блоку, если известно, что рычаг находится в равновесии. Массой рычага *ABO* и блоков, а также трением пренебречь. Тросы считать легкими и нерастяжимыми.



Решение.

Поскольку рычаг находится в равновесии, то момент силы F_1, приложенной в точке A, равен моменту силы F_2, приложенной в точке B. Рычаг вращается относительно точки O.

Сила F_1, приложенная в точке A, равна половине силы тяжести, действующей на левый груз m: $F_1 = \frac{mg}{2}$, а сила F_2, приложенная в точке B, равна силе тяжести, действующей на правый груз M: $F_2 = Mg$.

Запишем равенство моментов:

$$F_1 \cdot (AB + BO) = F_2 \cdot BO.$$

$$\frac{mg}{2} \cdot (AB + BO) = Mg \cdot BO$$

Отсюда получаем

$$M = \frac{m \cdot (AB + BO)}{2 \cdot BO} = \frac{1{,}4 \cdot (0{,}24 + 0{,}04)}{2 \cdot 0{,}04} = 4{,}9 \text{ кг.}$$

Ответ: $M = 4{,}9$ кг.

Критерии оценки.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов.

В противном случае можно поставить школьнику до 4 утешительных баллов:
правильно приведено рассуждение о моментах сил — 2 балл;
правильно записана формула равенства моментов – 2 балла.

3. В сосуде, из которого быстро откачивают воздух, находится вода массой m при температуре $t = 0°C$.В результате интенсивного испарения происходит замораживание воды. Какая часть первоначальной массы воды обратилась в лед?

Решение.

Энергия, необходимая для образования пара, может быть получена за счет энергии, выделившейся при замораживании воды.

Пусть m_1 — масса образовавшегося льда, а m_2 - масса пара, тогда масса воды до замерзания $m = m_1 + m_2$.

При кристаллизации воды массой m_1 выделяется количество теплоты, равное λm_1.

Для испарения воды массой m_2 требуется количество теплоты, равное $r m_2$.

В соответствии с законом сохранения энергии можно записать:

$\lambda m_1 .= r m_2$.

$\lambda m_1 .= r (m - m_1)$, Откуда: $m_1 = \frac{rm}{r + \lambda} \approx 0{,}87m$, что составляет 87% первоначальной массы воды.

Критерии оценки.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов.

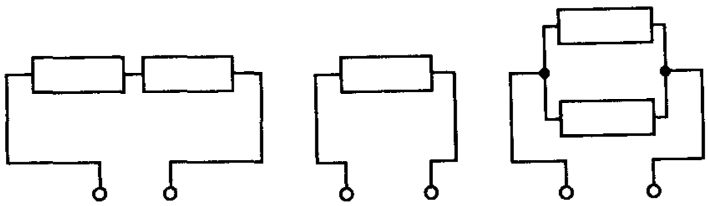
В противном случае можно поставить школьнику до 4 утешительных баллов: правильно записаны формулы для нахождения количества теплоты при кристаллизации и парообразовании— 2 балл;

записан закон сохранения энергии –2 балла.

4. Электроплитка с двумя одинаковыми спиралями позволяет получить три степени нагрева в зависимости от порядка и характера включения спиралей. Начертите схемы включения. Сравните количества теплоты, полученные от плитки за одно и то же время.

Решение.

Спирали можно комбинировать следующим образом:



а) б) в)

Количество теплоты, полученное от плитки:

для схемы а) $Q_а = \frac{U^2}{2R}\Delta t$,

для схемы б) $Q_б = \frac{U^2}{R}\Delta t$,

для схемы в) $Q_в = \frac{2U^2}{R}\Delta t$.

Таким образом: $Q_а : Q_б : Q_в = 1:2:4$.

Критерии оценки.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов.

В противном случае можно поставить школьнику до 4 баллов:

правильно приведены схемы спиралей — 2 балл;

записаныформулы для схем при нахождении количества теплотыпо 1 баллу за каждую.

5. Сопротивление одной светящейся электрической лампы 400 Ом. Какое количество таких ламп включено параллельно, если при напряжении 220 В потребляемая ими мощность равна 4,84 кВт?

Решение.

Пусть параллельно включено N ламп сопротивлением R каждая. Тогдапотребляемая ими мощность P определяется формулой:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

где U – напряжение на лампах, а R – общее сопротивление N ламп, соединенных параллельно:

$R = R_1/N$

Объединяя две вышеприведенные формулы, найдем N:

$$N = \frac{PR}{U^2} = 40.$$

Ответ: N=40.

Критерии оценки.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов.

В противном случае можно поставить школьнику до 4 баллов:
правильно записана формула для вычисления мощности — 2 балл;
правильно записана формула для нахождения сопротивления — 2 балл.

10 класс

1. Шарик, пущенный вверх по наклонной плоскости, проходит последовательно два равных отрезка длиной lкаждый и продолжает двигаться дальше. Первый отрезок шарик прошел за t секунд, второй за 3t секунд. Найти скорость v шарика в конце первого отрезка пути.

Решение.

$l = v_0 t - \frac{a}{2}t^2$ (1)

$2l = v_0(4t) - \frac{a}{2}(4t)^2$ (2)

$v = v_0 - at$ (3)

Совместное решение уравнений 1-3 дает ответ: $v = \frac{5}{6}\frac{l}{t}$.

Критерии оценки.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов.
В противном случае можно поставить школьнику до 3 баллов:
правильно записаны формулы для равноускоренного движения по 1 баллу за каждую.

2. Сидящая на ветке ели белка выбросила ненужный ей гриб горизонтально в тот момент, когда под ней пробегал ёж. Когда еж находился на расстоянии L = 40 см от дерева, гриб упал точно на него. С какой скоростью бежал еж, если скорость гриба в момент падения на ежа была направлена под углом α = 45^0 к горизонту? Размерами ежа, белки и гриба можно пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным g = 10 м/с^2, сопротивление воздуха не учитывать.

Решение.

Так как по горизонтали и еж и гриб переместились на одно и то же расстояние за одинаковое время, и гриб был брошен горизонтально, то скорость ежа была равна начальной скорости гриба $V_{ежа} = V_x$. Следовательно, $\text{tg}\,\alpha = \frac{|V_y|}{V_x} = \frac{gt}{V_x}$.

Без учёта сопротивления воздуха перемещение гриба по горизонтали равно $L = V_x t = V_x \cdot \frac{V_x \text{tg}\alpha}{g} = \frac{V_x^2 \text{tg}\alpha}{g}$. Отсюда имеем: $V_x = V_{ежа} = \sqrt{\frac{gL}{\text{tg}\alpha}} = \sqrt{\frac{10\cdot 0{,}4}{1}} = 2$ м/с.

Ответ: $V_{ежа} = \sqrt{\frac{gL}{\text{tg}\alpha}} = 2$ м/с.

Критерии оценки.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов.
В противном случае можно поставить школьнику до 3 баллов:
правильно записаны формулы для связи скоростей – 1 балла;
приведена формула для перемещения-2 балла.

3. Мяч, брошенный вертикально вверх с земли, проходит последние 5 метров участка подъема за треть всего времени полета. Найти максимальную высоту подъема мяча над землей.

Решение.

Для решения удобно использовать то обстоятельство, что припадении мяча из высшей точки вниз он пролетит первые 5 метров за то же время, что и последние 5 метров при подъеме. Учитывая также, что время подъемаравно времени падения и обозначая это время через t, запишем условие задачив виде.

$$\frac{g(\frac{2t}{3})^2}{2} = 5$$

Выражая отсюда t, находим максимальную высоту подъема h по формуле

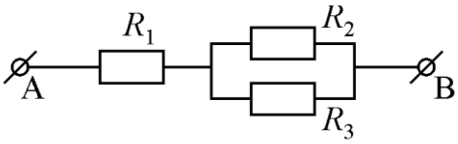
$$h = \frac{gt^2}{2} = 11{,}25(\text{м})$$

Ответ: Максимальная высота подъема мяча над землей равна 11,25 м.

Критерии оценки.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов.
В противном случае можно поставить школьнику до 3 баллов:
записана формула для времени подъема и времени падения-2 балла;
правильно записаны формулы для свободного падения – 1 балла.

4. Нагреватель состоит из трёх элементов, сопротивления которых $R_1 = R_2 = R$, $R3 = 3R$. Этиэлементы соединены так, как показано на рисунке.Нагреватель подключён к клеммам A и B, между которымиподдерживается постоянное напряжение. Какое количествотеплоты Q_3 выделится на сопротивлении R_3 за 1 минуту, если за 15 секунд на элементе R_1 выделяется $Q_1 = 160$ Дж теплоты?



Решение.

Решение

По закону Джоуля–Ленца $Q_1 = I_1^2 R_1 t_1$, $Q_3 = I_3^2 R_3 t_2$. Так как элементы R_2 и R_3 соединены параллельно и подключены к элементу R_1 последовательно, то $I_1 = I_2 + I_3$.. и $I_2R_2 = I_3R_3$. Отсюда имеем: $I_3 = \frac{1}{4} I_1$, и

$$Q_3 = \left(\frac{1}{4}I_1\right)^2 3R_1 t_2 = \left(\frac{1}{4}I_1\right)^2 3R_1 t_1 \frac{t_2}{t_1} = \frac{3}{16} Q_1 \frac{t_2}{t_1} = \frac{3}{16} \cdot 160 \cdot \frac{60}{15} = 120 \text{ Дж.}$$

Ответ: $Q_3 = \frac{3}{16} Q_1 \frac{t_2}{t_1} = 120$ Дж.

Критерии оценки.

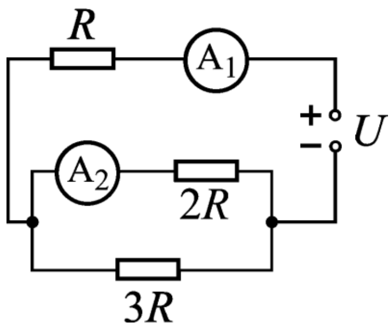
Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов.

В противном случае можно поставить школьнику до 3 баллов:

правильно записан закон Джоуля - Ленца– 1 балла;

приведена формулы для параллельного соединения - 2 балла.

5. Найдите показания идеальных амперметров A_1 и A_2 в электрической цепи, схема которой приведена на рисунке. Напряжение идеального источника U = 11 В, сопротивление R = 1 кОм.



Решение.

Решение (первый способ). Найдем, как связаны токи I_1 и I_2 через амперметры A_1 и A_2. Учтём, что через сопротивление $2R$ течет ток I_2, а через сопротивление $3R$ — ток $I_1 - I_2$, а напряжения на этих сопротивлениях, равные $I_2 \cdot 2R$ и $(I_1 - I_2) \cdot 3R$, должны быть одинаковыми: $I_2 \cdot 2R = (I_1 - I_2) \cdot 3R$. Отсюда $I_2 = 0{,}6I_1$.

Напряжение на источнике U равно сумме напряжения $I_1 \cdot R$ на резисторе R и напряжения $I_2 \cdot 2R = 1{,}2I_1 \cdot R$ на резисторе $2R$, то есть $U = I_1 \cdot R + 1{,}2I_1 \cdot R$. Отсюда $U = 2{,}2I_1 \cdot R$ и $I_1 = \dfrac{U}{2{,}2R} = \dfrac{5U}{11R} = 5$ мА, $I_2 = \dfrac{3U}{11R} = 3$ мА.

Решение (второй способ). По законам последовательного и параллельного соединения сопротивление цепи составляет $R + \dfrac{2R \cdot 3R}{2R+3R} = 2{,}2R$. Следовательно, ток через источник, совпадающий с током через амперметр A_1, составляет $I_1 = \dfrac{U}{2{,}2R} = \dfrac{5U}{11\mathrm{R}} = 5$ мА.

Поскольку напряжение на источнике равно U, а на сопротивлении R напряжение составляет $I_1 \cdot R = \dfrac{5U}{11}$, напряжение на сопротивлениях $2R$ и $3R$ равно $U - (\dfrac{5U}{11}) = \dfrac{6U}{11}$. Следовательно, сила тока через сопротивление $2R$ (и амперметр A_2) равна $I_2 = \dfrac{6U}{11} : 2R = \dfrac{3U}{11R} = 3$ мА.

Ответ. Амперметр A_1 показывает 5 мА, амперметр A_2 показывает 3 мА.

Критерии оценок. Первый вопрос (о показании амперметра A_1) оценивается 4 баллов, второй вопрос (о показании амперметра A_2) — 6 баллов.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа на первый вопрос, он получает 4 балла. В противном случае можно поставить школьнику до 2 утешительных баллов (если набирается больше оснований для утешительных баллов — школьник всё равно получает 2 балла):

хотя бы один раз правильно использована формула для последовательного или параллельного соединения сопротивлений — 1 балл;

хотя бы один раз правильно использован закон Ома, — 1 балл;

указано, что напряжения на сопротивлениях $2R$ и $3R$ одинаковые, — 1 балл;

указано, что напряжение источника равно сумме напряжений на сопротивлении R и на сопротивлении $2R$ или $3R$ — 1 балл;

правильно найдено отношение токов через амперметры — 1 балл.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа на второй вопрос, он получает 6 баллов. В противном случае можно поставить школьнику до 3 утешительных баллов (если набирается больше оснований для утешительных баллов — школьник всё равно получает 3 балла):

хотя бы один раз правильно использована формула для последовательного или параллельного соединения сопротивлений — 1 балл;

хотя бы один раз правильно использован закон Ома — 1 балл;

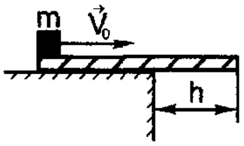
указано, что напряжения на сопротивлениях $2R$ и $3R$ одинаковые, — 1 балл;

указано, что напряжение источника равно сумме напряжений на сопротивлении R и на сопротивлении $2R$ или $3R$, — 1 балл;

правильно найдено отношение токов через амперметры — 1 балл.

11 класс

1. На левом конце доски длиной $l = 1{,}5\,м$ и массой $M = 2{,}4\,кг$, лежащей на горизонтальном столе, находится шайба массой $m = 1{,}2\,кг$ (рис.). Какую минимальную скорость V_o необходимо сообщить шайбе, чтобы доска опрокинулась? Длина выступающей части $h = 0{,}5\,м$, коэффициент трения между шайбой и доской $\mu = 0{,}4$. Относительно стола доска не проскальзывает.



Решение.

Выберем начало оси Ох связанное с левым краем доски. Доска опрокинется, если цент масс системы доска и шайба окажется дальше угла стола. Найдем координату шайбы x_2, при которой выполнится это условие. Координата центра масс доски $x_1 = \frac{l}{2}$,

Координата центра масс системы доска и шайба $x_c = \frac{M x_1 + m x_2}{M + m} = l - h$

Следовательно $x_2 = \left[(l-h)(M+m) - M\frac{l}{2}\right] \cdot \frac{1}{m}$

Если положение шайбы будет $x > x_2$, то доска опрокинется. Найдем смещение шайбы, если ей сообщена некоторая скорость V_0.

$$x = V_o t - \frac{at^2}{2}, \quad V = V_o - at = 0, \quad t = \frac{V_o}{a}.$$

$$x = \frac{V_o^2}{a} - \frac{V_o^2}{2a} = \frac{V_o^2}{2a}$$

Поскольку $\mu m g = ma$, $a = \mu g$, то $V_o = \sqrt{\frac{\mu g}{m}\left[2m(l-h) + M(l-2h)\right]} = 3{,}4\,м/с$.

Ответ: V_0=3,4 м/с.

Критерии оценки.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов.

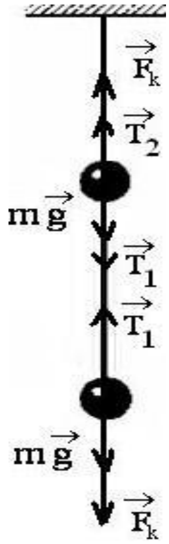
В противном случае можно поставить школьнику до 3 баллов:

правильно записаны формула для координаты масс системы доска и шайба– 1 балла;

приведена формула для смещения шайбы - 2 балла.

2. Два одинаковых шарика, массой $m = 0{,}09\,г$ каждый, заряжены одинаковыми знаками, соединены нитью и подвешены к потолку (рис.). Какой заряд должен иметь каждый шарик, чтобы натяжение нитей было одинаковым? Расстояние между центрами шариков $R = 0{,}3\,м$. Чему равно натяжение каждой нити? Коэффициент пропорциональности в законе Кулона $k = 9 \cdot 10^9$ Нм^2/Кл^2.

Решение.



На рисунке представлены силы действующие на оба тела. Из него видно, что

$$T_1 = mg + \frac{kq^2}{R^2}$$

$$T_2 + \frac{kq^2}{R^2} = mg + T_1$$

Учитывая, что $T_1 = T_2 = T$ находим

$$q = R\sqrt{\frac{mg}{k}} = 9{,}4 \cdot 10^{-8}\ \text{Кл.}$$

Ответ: q=9,4 •10^{-8} Кл.

Критерии оценки.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов.

В противном случае можно поставить школьнику до 4 баллов.

3. Напряженность поля плоского воздушного конденсатора, встроенного в схему (рис.), $E = 50\,В/см$. Расстояние между пластинами конденсатора $d = 0{,}5\,мм$ Сопротивление $R = 5\ Ом$, внутреннее сопротивление батареи $r = 0{,}1\ Ом$. Определить ЭДС батареи.

Решение.

Напряжение на конденсаторе $U = Ed$.

С другой стороны $U = IR$, следовательно $I = \dfrac{Ed}{R}$.

По закону Ома для полной цепи $I = \dfrac{\varepsilon}{R + r}$. Для ЭДС находим

$$\varepsilon = \frac{Ed}{R}(R + r) = 2{,}55\ \ B$$

4. В колебательном контуре частота собственных колебаний $\nu_1 = 30$ кГц, при замене конденсатора частота стала $\nu_2 = 40$ кГц. Какой будет частота колебаний в контуре при параллельном соединении обоих конденсаторов?

Решение

Циклическая частота собственных колебаний $\omega = \sqrt{\dfrac{1}{LC}}$, $\omega = 2\pi\nu$

Следовательно

$$C_1 = \frac{1}{4L\pi^2\nu_1^2}\ ,\quad C_2 = \frac{1}{4L\pi^2\nu_2^2}$$

Перемножая выражения для C_1 и C_2 находим $L = \dfrac{1}{4\pi^2\nu_1\nu_2\sqrt{C_1C_2}}$

При параллельном соединении $C = C_1 + C_2$.

Подставляя выражения для L и C в формулу $\nu = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{1}{LC}}$

после элементарных преобразований получаем

$$\nu = \frac{\nu_1\nu_2}{\sqrt{\nu_1^2 + \nu_2^2}} = 24\,\text{кГц}.$$

5. Космический корабль в форме шара радиусом R = 10 м, двигаясь в межзвездном пространстве со скоростью V = 200 км/с, попал в облако молекулярного водорода с давлением p=10^{-3} Па при температуре T = 5 К. Сколько соударений между кораблем и молекулами водорода происходит за время Δt =1 с? Постоянная Больцмана k = 1,38•10^{-23}Дж/К.

Решение

Среднеквадратичная скорость теплового движения молекул водорода равна

$$v=\sqrt{\frac{3kT}{m}}=\sqrt{\frac{3RT}{\mu}}\approx 250\ \text{м/с},$$

что, очевидно, много меньше скорости корабля $V=200\,000$ м/с. Поэтому движением молекул можно пренебречь. Тогда необходимо рассмотреть ситуацию, когда корабль при движении испытывает столкновения с молекулами, попавшими в «задеваемый» им объем

$$\Delta \mathrm{V}=\pi R^2\cdot V\Delta t\,.$$

Концентрация молекул в облаке водорода может быть определена из основного уравнения молекулярно-кинетической теории идеального газа:

$$p=nkT,$$

откуда

$$n=\frac{p}{kT}\,.$$

Поэтому число соударений за одну секунду (то есть при $\Delta t=1$ с) равно

$$\Delta N=n\cdot\Delta \mathrm{V}=\frac{p\pi R^2V}{kT}\Delta t=\frac{10^{-3}\cdot\pi\cdot 10^2\cdot 200\,000}{1{,}38\cdot 10^{-23}\cdot 5}\cdot 1\approx 9{,}11\cdot 10^{26}\,.$$

Ответ: $\Delta N=\dfrac{p\pi R^2V}{kT}\Delta t\approx 9{,}11\cdot 10^{26}$.