7 класс

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
8	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение.
5-6	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
5	Найдено решение одного из двух возможных случаев.
2-3	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.
0-1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

Задача 1.

Первую часть пути машина проехала со скоростью $3v$, а вторую часть со скоростью $\frac{4v}{5}$. В результате всего движения средняя скорость машины оказалась равна $2v$. Во сколько раз время второй часть пути отличается от времени первой части пути? Во сколько раз вторая часть пути длиннее первой?

Решение.

Пусть первая часть пути была пройдена за время t1, вторая – за время t2. По определению средней скорости

$3v\,t1+\frac{4v}{5}=2v\,(t1+t2)$

$5\,t1=6\,t2;\ \frac{t1}{t2}=\frac{6}{5}$

$s1=3v\,t1;\ s2=\frac{4v}{5}t2;\ s1/s2=18/4$

Задача 2.

В школьной лаборатории делали опыт с сосудом сложной формы. На рисунке снизу представлена его схема (вид сбоку). Он имеет три открытых колена и состоит и из одинаковых кубических ячеек, условно выделенных пунктиром. Ширина сосуда (расстояние «вглубь») является постоянной и всюду составляет две ячейки. Сначала сосуд заполнили жидкостью, так как показано на рисунке. Затем снова открыли кран и сосуд начинает заполняться жидкостью. Через $\frac{1}{10}$ часа, после открытия крана, жидкость начинает выливаться на пол лаборатории. Сколько времени требуется на заполнение одной ячейки, если количество жидкости, вытекающей из крана в единицу времени, является неизменным? Ответ выразите в секундах, округлив до целых.

Решение.

Жидкость заполнит 72 кубические ячейки. Все время заполнения 360 секунд, значит, на заполнение одной ячейки требуется 5 секунд.

Задача 3.

В чашу поставили высокий бокал, полностью заполненный глицерином, затем в него начали медленно насыпать бисер, пока бокал не оказался засыпанный до верхнего края. В результате средняя плотность его содержимого оказалась 2,38 г/см^3. Определите вместимость бокала, если в чаше оказалось 200 мл глицерина. Ответ выразите в литрах, округлив до десятых. Считать, что каждая бисеринка имеет плотность 2,66 г/см^3, плотность глицерина 1, 26 г/см^3

Решение.

$\rho_{содержимого} V_{содержимого} = \rho_{бисера} V_{бисера} + \rho_{глицерина} V_{глицерина}$

$\rho_{содержимого} V_{содержимого} = \rho_{бисера} V_{бисера} + \rho_{глицерина} (V_{содержимого} - V_{бисера})$

$(\rho_с - \rho_г) V_с = (\rho_б - \rho_г) V_б$; $V_б$=200 мл

$V_с = \frac{(\rho б - \rho г) V б}{(\rho с - \rho г)}$

$V_с$=250 мл=0,25 л.

Задача 4.

Внимательно рассмотрите, незнакомый вам прибор, не торопитесь. Как вы думаете, что можно измерить этим прибором? Каковы цены делений всех его шкал? Снимите показания тех приборов, которые вы обнаружите, запишите их с учетом абсолютной погрешности, если абсолютная инструментальная погрешность приборов равна половине цены деления.

Решение.

Допустимо, что учащийся может не знать название прибора для измерения атмосферного давления.

1. Атмосферное давление, температуру воздуха
2. Цена деления верхней шкалы =(750-740)/10=1 мм.рт.ст.;
цена деления нижней шкалы =(1000-990)/10=1гПа;
цена деления шкалы термометра = (20-10)/10= 1˚С.
3. Показания приборов:
По верхней шкале – 740±1 мм.рт.ст.
По нижней шкале -983±1 г Па
По шкале термометра 22±1˚С

8 класс.

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
8	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение.
5-6	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
5	Найдено решение одного из двух возможных случаев.
2-3	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.
0-1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

Задача 1.

Внимательно рассмотрите прибор, не торопитесь. Как вы думаете, что можно измерить этим прибором? Напишите его название. Каковы цены делений всех его шкал? Снимите показания тех приборов, которые вы обнаружите, запишите их с учетом абсолютной погрешности, если абсолютная инструментальная погрешность приборов равна половине цены деления.

Решение.

1. Атмосферное давление/барометр-анероид, температуру воздуха/термометр
2. Цена деления верхней шкалы =(750-740)/10=1 мм.рт.ст.;
цена деления нижней шкалы =(1000-990)/10=1гПа;
цена деления шкалы термометра = (20-10)/10= 1˚С.
3. Показания приборов:
По верхней шкале – 740±1 мм.рт.ст.
По нижней шкале -983±1 г Па
По шкале термометра 22±1˚С

Задача 2.

Ученик 8 класса, идущий по движущемуся вниз эскалатору торгового центра «РИО», опускается от верхней точки до нижней точки за 3 мин, а стоящий учитель на этом эскалаторе - за 5 мин. Сколько времени потребуется ученику 8 класса, чтобы подняться по неподвижному эскалатору, если он будет идти по нему в два раза медленнее, чем он шёл по движущемуся эскалатору?

Решение.

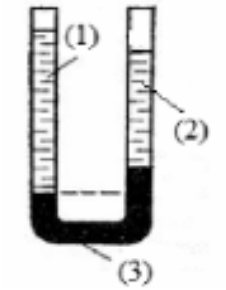
Пусть длина эскалатора L, модуль скорости движения ученика по эскалатору □, модуль скорости движения эскалатора u, искомое время t. Тогда

$L=(\square+u)t_1$, $L=ut_2$, $L=-t$

Отсюда t=——=15 мин.

Задача 3

При температуре 10°C, в вертикальные сообщающиеся сосуды поверх неизвестной жидкости (3) налиты различные жидкости. В один сосуд - столбик машинного масла (1) высотой 20 см, а в другой – столбик эфира (2) высотой 15 см (см. рис.). Определите плотность неизвестной жидкости, если разность её уровней в сосудах 5 см. ($\rho_{масла}$=900 кг/м^3, $\rho_{эфира}$=600 кг/м^3)



Решение.

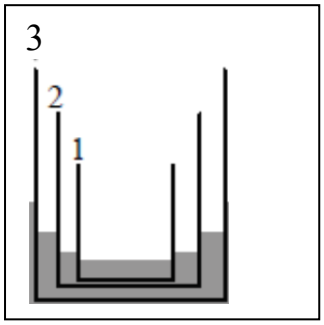
$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 + \rho_3 g \Delta h_3$

ρ_3=————

ρ_3=1800 кг/м^3

Задача 4.

Три цилиндрических стакана с массами 5 г, 10 г, 15 г и площадями сечений 10 см^2 , 20 см^2, 30см^2. Вставлены друг в друга (см. рисунок). В стаканы наливают некоторое количество жидкости так, что первый стакан плавает во втором стакане, а второй - в третьем, не касаясь его дна и стенок. Третий стакан стоит на столе. Найти, как относятся разности высот уровней жидкости между первым и вторым стаканами и между вторым и третьем стакане относительно стола. Плотность жидкости – 1г/см^3 . Стенки стаканов – очень тонкие.



Решение.

Рассмотрим условие равновесия второго стакана. Как известно, если в жидкости плавают, не касаясь дна, какие-то предметы, то если мысленно убрать эти предметы и добавить такое количество воды, чтобы ее уровень не

изменился, силы, действующие со стороны воды на дно и стенки сосуда, не изменятся. Поэтому для исследования условия равновесия стакана мысленно удалим из него все внутренние стаканы и дольем воду до прежнего уровня. Тогда силы, действующие на этот стакан, не изменяются. На стакан действуют: сила тяжести, сила со стороны налитой в него воды (ρ – плотность воды; S_2 и h_2 – площадь дна и высота уровня жидкости в этом стакане) и выталкивающая сила Архимеда $\rho g V_{п.ч} = \rho g S_2 . h_3$

Здесь $V_{п.ч}$ – объем части рассматриваемого стакана, погруженной в воду в следующем стакане; h_3 – глубина его погружения. Из условия равновесия рассматриваемого стакана имеем

$m_2 g + \rho g S_2 h_2 = \rho g S_2 h_3$

$m_2 g = \rho g S_2 \Delta h_{32}$, (1)

где Δh_{32} – разность уровней воды в рассматриваемом стакане и в том стакане, в котором рассматриваемый стакан плавает. А так как площадь дна 2-го стакана равна S_2 , то из условия (1) находим

$\Delta h_{32} = m_2/\rho S_2$. $m_2 = 2m$, $S_2 = 2 S$, то

$\Delta h_{32} = m/\rho S$ (2)

Аналогично рассматривая условие равновесия первого стакана заключаем, что разность уровней воды в двух любых соседних стаканах одинакова. Следовательно, $\Delta h_{12}/ \Delta h_{32} = 1$

9 класс.

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
8	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение.
5-6	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
5	Найдено решение одного из двух возможных случаев.
2-3	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.
0-1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

Задача 1.

Для школьников космонавты МКС (международная космическая станция) подготовили сюжет о том, как можно на станции определить массу тела с помощью рычажных весов и гирь. Но во время эфира связь прервалась. Какой сценарий опыта читал телеведущий?

Решение.

Нужно потянуть за середину коромысла весов. При этом, если массы тел и гирь различные, то коромысло будет вращаться. Если же массы тел и гирь равны, то равновесие весов не нарушится.

Задача 2.

Ученик 7 класса измерил плотность бруска, покрытого краской, и она оказалась равной $\rho_{ср}$ =700 кг/м^3. Но на самом деле брусок состоит из трех частей, масса и плотность каждой следующей части вдвое больше предыдущей. Найдите плотности каждой части бруска. Массой краски пренебречь.

Решение.

Пусть масса первой части – *m,* масса второй части - 2 *m,* масса третьей части - *4m,* плотность первой части – ρ, плотность второй части - 2 ρ, плотность третьей части - *4* ρ. Тогда части бруска имеют равные объемы, весь брусок имеет массу 7*m.*

Средняя плотность бруска

$\rho_{ср} = \frac{7m}{3V}$, т.к. $\rho = \frac{m}{V}$, $\rho_{ср} = \frac{7}{3}\rho$,

$\rho = \frac{3}{7}\rho_{ср}$= 300 кг/м^3 - плотность первой части

600 кг/м^3 - плотность второй части

1200 кг/м^3 – плотность третьей части

Задача 3.

Ученик 9 класса бежит вниз по эскалатору. В первый раз он насчитал 50 ступенек, во второй раз, двигаясь в ту же сторону со скоростью втрое большей, он насчитал 75 ступенек. Сколько ступенек он насчитает на неподвижном эскалаторе? В какую сторону движется эскалатор?

Решение.

Пусть u – скорость ученика 9 класса относительно эскалатора, □ - скорость эскалатора, l – длина эскалатора, N – число ступенек на нем. Будем считать, что человек бежит вниз. Тогда время пребывания ученика 9 класса на эскалаторе равно $\frac{l}{□+u}$, путь, пройденный по эскалатору $u\frac{l}{□+u}$, а число ступенек, которое он насчитал $n_1 = u\frac{l}{□+u}*\frac{N}{l}$. Число ступенек, которое он насчитал во втором случае, будет $n_2 = 3u\frac{l}{3□+u}*\frac{N}{l}$

Для определения N:

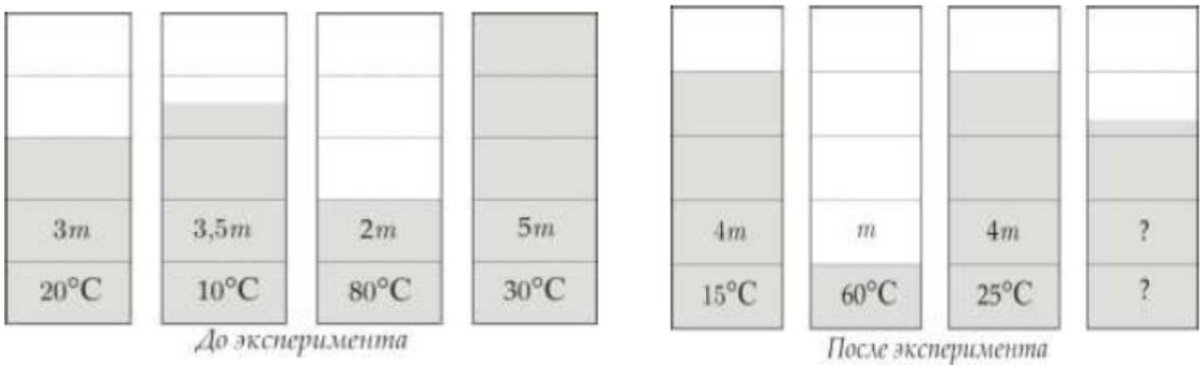
$$\begin{cases} \dfrac{ul}{v+u}\cdot\dfrac{N}{l}=50, \\ \dfrac{3ul}{3u+v}\cdot\dfrac{N}{l}=75, \end{cases} \quad \text{или} \quad \begin{cases} 1+\dfrac{v}{u}=\dfrac{N}{50}, \\ 1+\dfrac{1}{3}\cdot\dfrac{v}{u}=\dfrac{N}{75}. \end{cases}$$

Откуда находим N=100 и –=1. Так как –>0, то наше предположение, что ученик 9 класса движется в ту же сторону, что и эскалатор, верно.

Задача 4.

В лаборатории в четырех стаканах находилась разное количество одинаковой жидкости при разных температурах (рис. 1). После проведения эксперимента связанного с переливанием и смешиванием, в трех стаканах оказалось другое количество жидкости при новых температурах (рис. 2). Сколько и при какой температуре осталось жидкости в четвертом стакане? Теплоемкостью стаканов, потерями жидкости и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

Рис.1 Рис.2



Решение.

Решение масса жидкости должна оставаться неизменной:

$3m+3{,}5m+2m+5m=4m+m+4m+m_x$

Отсюда $m_x=4{,}5m$

Для нахождения температуры содержимого четвертого стакана удобно рассмотреть эксперимент эквивалентный данному и состоящий из трех этапов:

1) Все жидкости охлаждают до некоторой одинаковой температуры, при этом запасая выделившуюся теплоту Q в тепловом резервуаре;

2) Жидкости при этой температуре переливают;

3) Теплоту Q возвращают сосудам, причём каждый из них нагревается до конечной температуры.

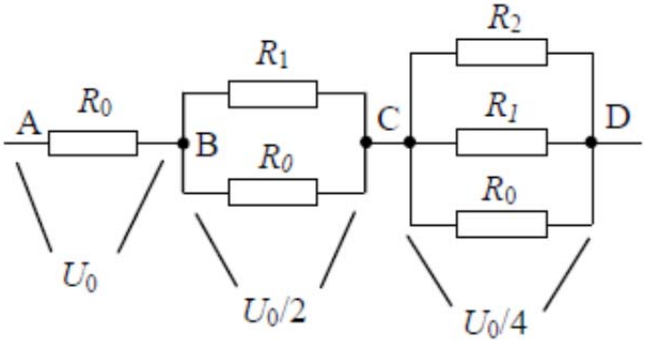
Отсюда понятно, что сумма величин $c_im_it_i$ остаётся постоянной в этом эксперименте.

$$3mc\cdot 20°C+3{,}5mc\cdot 10°C+2mc\cdot 80°C+5mc\cdot 30°C=Q=$$
$$=4mc\cdot 15°C+mc\cdot 60°C+4mc\cdot 25°C+m_xct_x.$$

С учетом $m_x=4{,}5m$, получим $t_x=41{,}1°C$.

Задача 5.

В схеме, приведенной на рисунке, известны сопротивление R_0 и напряжения U_0, $U_0/2$ и $U_0/4$ на участках AB, BC и CD (см. рис.). Найти токи через резистор R_1 на участке BC и через резистор R_2.



Решение.

Из указанных на схеме напряжений следует, что $R_1 = R_0$ и $R_2 = R_0/2$. Отсюда нетрудно понять, как полный ток U_0/R_0 делится между резисторами на каждом участке цепи. Ток через резистор R_1 на участке BC равен $U_0/(2R_0)$. Такой же ток проходит и через резистор R_2.

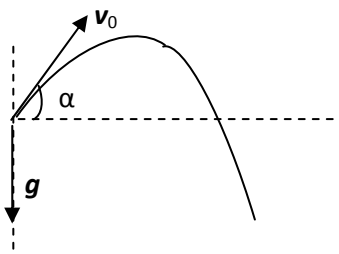
10 класс

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
8	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение.
5-6	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
5	Найдено решение одного из двух возможных случаев.
2-3	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.
0-1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

Задача 1.

Тело брошено с достаточно большой высоты со скоростью v_0 под углом α к горизонту. Через какое время вектор скорости тела повернется на угол 90^0 по отношению к первоначальному направлению?

Решение:



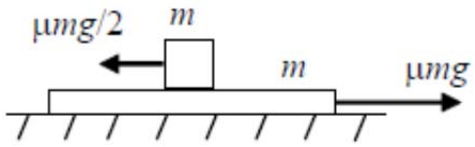
В данном случае имеет место равноускоренное движение тела с ускорением свободного падения $\boldsymbol{g}$. Поэтому скорость тела меняется по закону $\boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}_0 + \boldsymbol{g}t$. Когда вектор $\boldsymbol{v}$ станет перпендикулярен вектору $\boldsymbol{v}_0$, их скалярное произведение должно равняться нулю:

$(\boldsymbol{v},\boldsymbol{v}_0) = (\boldsymbol{v}_0 + \boldsymbol{g}t,\boldsymbol{v}_0) = (\boldsymbol{v}_0,\boldsymbol{v}_0) + (\boldsymbol{g}t,\boldsymbol{v}_0) = v_0^2 + gtv_0\cos(\frac{\pi}{2} + \alpha) = v_0^2 - gtv_0\sin\alpha = 0.$

Откуда $t = \dfrac{v_0}{g\sin\alpha}$.

Задача 2.

На гладком горизонтальном столе находится дощечка массы m, на которую положен брусок той же массы. Коэффициент трения бруска о дощечку равен μ. В момент t=0 к бруску и дощечке прикладывают противоположно направленные силы μmg/2 и μmg. Найти работу силы μmg/2 и силы μmg за время t.



Решение.

Предположим, что проскальзывание бруска по дощечке отсутствует. Тогда брусок и дощечку можно рассматривать как одно тело массы $2m$. Запишем для этого тела 2-й закон Ньютона в проекции на направленную вправо ось x

$$2ma = \mu mg - \frac{\mu mg}{2}.$$

Отсюда находим ускорение

$$a = \frac{\mu g}{4}.$$

Теперь проверим правильность предположения о совместном движении бруска и дощечки. Для этого из уравнения 2-го закона Ньютона для бруска (или дощечки) необходимо найти силу трения Fтр и проверить, не превосходит ли она максимально возможное значение μmg. Если значение Fтр, которая обеспечивает совместность движения бруска и дощечки, окажется меньше максимального значения μmg, то брусок и дощечка действительно движутся вместе, и ускорение тел найдено верно. В противном случае, сделанное предположение неверно. Из 2-го закона Ньютона, например, для бруска в проекции ось x имеем

$$ma = F_{\text{тр}} - \frac{\mu mg}{2},$$

где, как найдено выше, ускорение равно $\mu g/4$. Отсюда получаем, что $F_{тр} = 3\mu mg/4 < \mu mg$, что свидетельствует о справедливости сделанного предположения об отсутствии проскальзывания. Значит, правильно и найденное значение ускорения. Таким образом, дощечка и брусок движутся вместе вправо с ускорением $\mu g/4$. За время t каждое из тел пройдет путь, равный $\mu gt^2/8$.

Работа силы μmg, которая сонаправлена с перемещением, будет равна $\mu(mgt)^2/8$, а работа силы $\mu mg/2$, которая противоположна перемещению, окажется отрицательной и равной $-\mu(mgt)^2/16$.

Задача 3.

Три тела одинаковой массы и одинаковой удельной теплоемкости нагреты до разных температур. Если первое тело привести в тепловой контакт со вторым телом, то устанавливается температура T_1. Если первое тело привести в контакт не со вторым, а с третьим телом, то установится температура T_2. Если же в контакт привести второе и третье тела с их первоначальными температурами, то устанавливается температура T_3. Какой будет установившаяся температура, если в тепловой контакт привести все три тела с их первоначальными температурами?

Решение.

Обозначим начальные температуры первого, второго и третьего тел как T_{10}, T_{20} и T_{30}. Тогда уравнения теплового баланса для трех указанных в условии опытов можно записать в виде

$$cm(T_{10} - T_1) + cm(T_{20} - T_1) = 0,$$
$$cm(T_{10} - T_2) + cm(T_{30} - T_2) = 0,$$
$$cm(T_{20} - T_3) + cm(T_{30} - T_3) = 0.$$

Здесь c и m – удельная теплоемкость и масса любого из тел. Уравнения теплового баланса записаны в общем виде, не требующем предварительной информации о том, какое из приведенных в контакт тел отдает тепло, а какое получает. Складывая три уравнения, приходим к соотношению

$$T_{10} + T_{20} + T_{30} = T_1 + T_2 + T_3.$$

Уравнение теплового баланса для случая, когда в тепловой контакт приводят все три тела, можно записать в виде

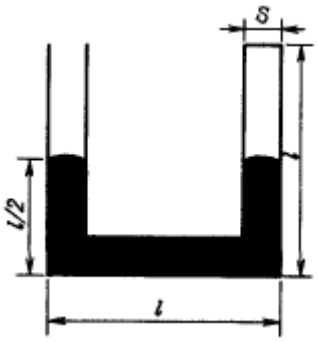
$$cm(T_{10} - \Theta) + cm(T_{20} - \Theta) + cm(T_{30} - \Theta) = 0,$$

где Θ – искомая установившаяся температура. Из этого уравнения находим, что

$$\Theta = \frac{T_{10} + T_{20} + T_{30}}{3} = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3}.$$

Задача 4.

Трубка запаяна с одного конца (см.рис) состоит из трех одинаковых по длине колен, согнутых под прямыми углами. Вертикальные части трубки заполнены ртутью до половины. Медленно нагревая в запаянной трубке газ, отделенный ртутью от атмосферы, можно вытеснить всю ртуть из трубки. Определите, какую работу совершит при этом газ в трубке, полностью вытеснив ртуть. Атмосферное давление 10^5 Па, плотность ртути $13{,}6*10^3$ кг/м^3, длина каждого колена 250 мм, площадь сечения трубки 1 см^2.



Решение.

Работа газа складывается из работы A_1 против атмосферного давления и работы A_2 – против силы тяжести.

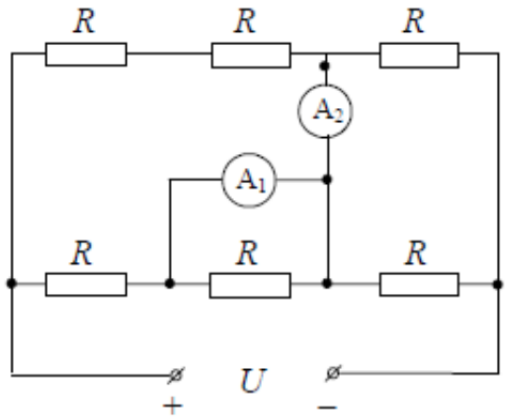
Граница раздела газ-ртуть до полного вытеснения ртути перемещается на $2l+l/2=(5/2)l$, поэтому $A_1= p_aS(5/2)l$.

Работа A_2 равна изменению потенциальной энергии ртути при ее вытеснении. Начальное положение центра масс ртути $h_0=l/8$. Конечная высота центра масс ртути l. Поэтому $A_2=Mg(l-l/8)= (7/8)Mgl$, $M=2lS\rho$ – масса ртути.

$A= A_1+ A_2= p_aS(5/2)l+(7/8)Mgl= p_aS(5/2)l+(7/4)\, l^2\, S\rho g= 7{,}7$ Дж

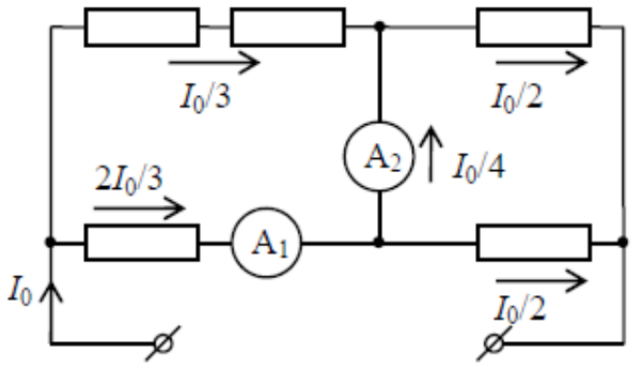
Задача 5

В цепи, представленной на рисунке, сопротивления R одинаковы и равны 1 кОм, сопротивления амперметров пренебрежимо малы, напряжение U на зажимах 140 В. Найти показания амперметров.



Решение.

Найдем токи через резисторы. При расчете этих токов амперметры можно заменить проводниками с нулевым сопротивлением. Средний резистор нижней ветви шунтируется амперметром A_1, т.е. ток через него не идет. Поэтому электрическую схему удобно перерисовать так, как показано на рисунке.



Выразим токи через резисторы через ток I_0, идущий от источника. Поскольку напряжения на двух резисторах в левом верхнем участке цепи и на левом нижнем резисторе одинаковы, ток через нижний левый резистор составит $2I_0/3$, а через левые верхние резисторы будет $I_0/3$. Рассуждая аналогично для правой части цепи, находим, что ток через правый верхний и правый нижний резисторы равны I0/2. Подводимое напряжение U = 140 В можно представить как сумму напряжений, например, на двух последовательных верхних участках

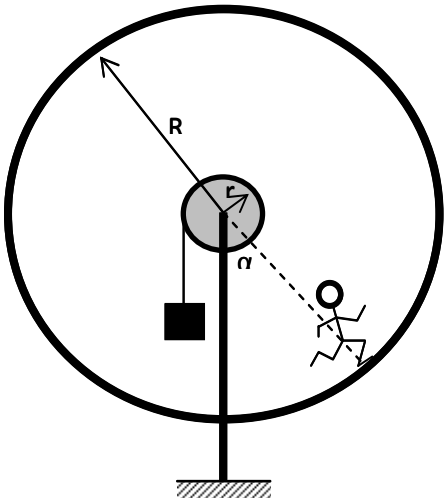
$$140 = \frac{I_0}{3} \cdot 2R + \frac{I_0}{2} \cdot R,$$

откуда I_0 = 120 мА и, следовательно, определяются токи через все резисторы. Рассматривая баланс токов для узлов цепи, находим теперь токи через амперметры. Как ясно из рисунка, амперметр A_1 покажет ток $2I_0/3$ = 80 мА, а амперметр A_2 покажет ток $2I_0/3 - I_0/2$ = 20 мА.

11 класс.

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
8	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение.
5-6	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
5	Найдено решение одного из двух возможных случаев.
2-3	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.
0-1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

Задача 1.



В средние века для поднятия грузов применялся механизм, схематически изображённый на рисунке. Механизм представлял из себя большое колесо радиусом R, внутри которого двигался чедовек, заставляя колесо вращаться. На одной оси с большим колесом был жестко закреплён барабан радиусом r, на который наматывалась верёвка с грузом.

Вам известны: радиусы колеса R и барабана r, масса человека $m_ч$, коэффициент трения между ногами человека и внутренней поверхностью колеса μ.

1) Найдите какой выигрыш в силе давала эта конструкция.

2) Груз какой массы поднимает человек, при условии, что во время подъёма груза он отклоняется от вертикали на угол α?

Решение.

Сила, которая заставляет колесо поворачиваться – сила трения покоя между подошвами человека и внутренней поверхностью колеса.

Данный механизм, представляет из себя простой механизм, в котором силы направлены перпендикулярно плечам. Сила тяжести груза перпендикулярно радиусу r, сила трения перпендикулярно радиусу R. Из правила моментов видно, что выигрыш в силе равен отношению радиусов: $N = \frac{R}{r}$.

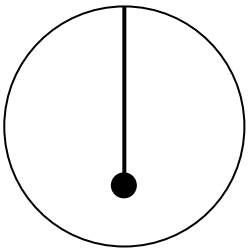
Из равенства моментов сил можно выразить массу груза: $m_{гр} = \frac{F_{тр} \cdot R}{g \cdot r}$.

Теперь необходимо выразить силу трения. Из условия следует, что человек все-таки может бежать с отклонением от вертикали на угол α, следовательно сила трения достаточна для обеспечения такого движения.

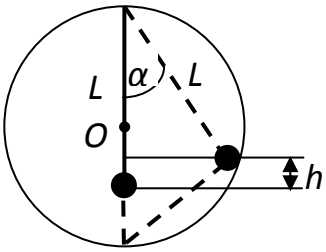
Если записать второй закон Ньютона для человека в проекции на ось, параллельную силе трения, то мы получим $F_{тр}=mg\cdot\sin\alpha$. Подставляем в формулу для массы груза и получаем: $\frac{m_ч \cdot \sin\alpha \cdot R}{r}$

Задача 2.

Шар массой *m* подвешен на невесомой нерастяжимой нити в верхней точке внутри сферы радиусом *R*. Чему может быть равна максимальная энергия колебаний шара при условии, что он не должен касаться поверхности сферы?



Решение:



Обозначим длину нити *L*. Для того, чтобы энергия колебаний шара была максимальна, он должен подниматься при колебаниях на наибольшую высоту *h* от положения равновесия, т.е. практически касаться поверхности шара, причем $h = L(1-\cos\alpha)$. Легко заметить, что $L = 2R\cos\alpha$. Тогда $h = L\left(1-\frac{L}{2R}\right) = L - \frac{L^2}{2R}$. Это выражение имеет максимум при *L* =*R*. Поэтому $h_{\max} = \frac{R}{2}$ и $E_{\max} = E_{p\max} = mgh_{\max} = \frac{1}{2}mgR$.

Задача3.

В сосуде находятся разреженный воздух и небольшое количество воды, которая постепенно испаряется. Одновременно измеряются влажность и давление в сосуде. Оказалось, что, начиная с некоторого момента, при увеличении влажности на 20% давление в сосуде возросло на 2%. На сколько процентов еще возрастет давление в сосуде при увеличении влажности еще на 20%? Температура в процессе испарения остается постоянной.

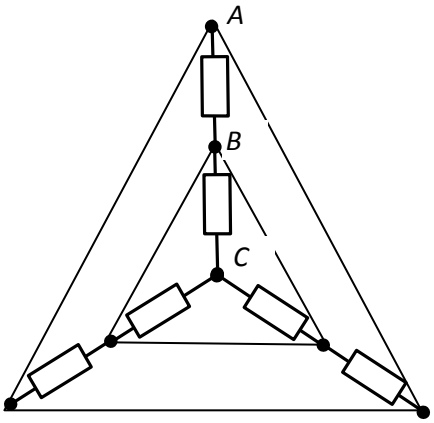
Решение:

Пусть в некоторый момент времени парциальное давление водяных паров равно p_1, а давление сухого воздуха равно *p*. Общее давление в сосуде составляет $p_{общ1} = p_1 + p$. При увеличении влажности на 20% парциальное давление водяных паров станет $p_2 = 1{,}2p_1$, а общее давление в сосуде $p_{общ2} = 1{,}2p_1 + p$. По условию оно равно 1,02 $p_{общ1}$. Из равенства $1{,}02p_1 + 1{,}02p = 1{,}2p_1 + p$ следует $p = 9p_1$, $p_{общ1} = 10p_1$, $p_{общ2} = 10{,}2p_1$. При увеличении влажности еще на 20% парциальное давление водяных паров станет $p_3 = 1{,}44p_1$, а общее давление в сосуде $p_{общ3} = 1{,}44p_1 + p = 10{,}44p_1$. Таким

образом общее давление в сосуде увеличится еще на $\frac{p_{общ3} - p_{общ2}}{p_{общ2}} = \frac{10{,}44 - 10{,}2}{10{,}2} \cdot 100\% \approx 2{,}4\%$.

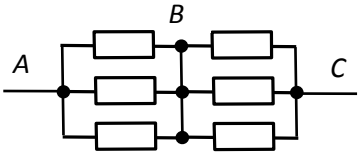
Задача 4.

Чему равно сопротивление между узлами *A* и *B*, *A* и *C* схемы, изображенной на рисунке? Сопротивление каждого резистора *R*.



Решение:

Данную схему можно преобразовать к следующему виду:



Теперь непосредственно видно, что $R_{AB} = \frac{1}{3}R$, а $R_{AC} = \frac{2}{3}R$.

Задача 5.

Поток одинаковых частиц, движущихся со скоростью *v* и абсолютно неупруго ударяющихся о стенку, действует на нее с силой *F*. Какое количество теплоты выделяется при этом за единицу времени? ($Q_{ед} = \frac{Fv}{2}$)

Решение:

Пусть *n* – концентрация частиц в потоке, *S* – площадь стенки, а *m* – масса одной частицы. За время *t* на стенку падает $N = nSvt$ частиц, каждая из которых обладает импульсом $p = mv$. Модуль силы, действующей на стенку равен:

$$|\boldsymbol{F}| = \frac{|\Delta \boldsymbol{p}|}{\Delta t} = \frac{Nmv}{t} = nSmv^2 .$$

Количество теплоты, выделяющейся при этом за время *t*, равно $Q_t = N \cdot \frac{mv^2}{2} = \frac{nSmv^3 t}{2}$, а за единицу времени $Q_{ед} = \frac{nSmv^3}{2} = \frac{Fv}{2}$.