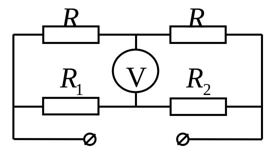
Решения и критерии оценивания
Отборочный тур олимпиады «Росатом», 2023-2024 учебный год,
Олимпиада памяти И.В.Савельева, физика, 10 класс

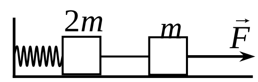
1 вариант

1. Имеются три стакана, содержащих массы m, $3m$ и $4m$ воды при температурах $2t$, $3t$ и t соответственно (температуры заданы в градусах Цельсия). После переливаний воды из стакана в стакан оказалось, что в первом стакане $3m$ воды с температурой t, во втором - $2m$ с температурой $2t$. Найти температуру воды в третьем стакане. Теплоемкостью стаканов и теплопотерями пренебречь.

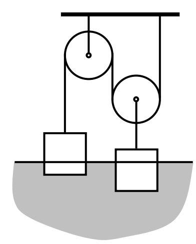
2. В электрической цепи, схема которой дана на рисунке, показания вольтметра равны нулю. Когда резистор R_1 и вольтметр поменяли местами, токи, текущие через оба резистора верхнего колена цепи, не изменились, а показания вольтметра стали равны $U_0 = 10$ В. Найти напряжение источника и сопротивления R_1 и R_2. Сопротивление вольтметра $r_V = 1$ кОм. Источник идеален.

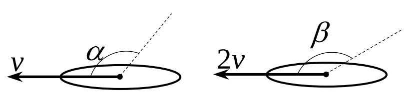


3. На горизонтальном столе лежат два тела с массой $2m$ и m, связанные невесомой нерастяжимой нитью и прикрепленные за тело с массой $2m$ к вертикальной стенке с помощью пружины. На тело массой m действует внешняя сила $\vec{F}$, а тела покоятся. В некоторый момент времени внешняя сила мгновенно уменьшается в 2 раза по величине, не изменяя направление. Найти ускорения тел сразу после этого. Трения нет.



4. Система из двух невесомых блоков и двух массивных тел находится в равновесии. Размеры тел одинаковы, но они сделаны из разных материалов. Известно, что левое тело погружено в воду на 1/4 своего объема, правое – на 3/4 своего объема. Найти плотность правого тела, если плотность левого $\rho_1 = 0,7$ г/см^3. Плотность воды $\rho_0 = 1$ г/см^3.





5. Флаг на корабле, плывущем по морю со скоростью v, развевается в направлении, составляющем угол α с курсом корабля (левый рисунок, направление флага показано пунктиром). Когда скорость корабля увеличилась вдвое (без изменения курса) угол между флагом и курсом стал равен β, $\beta > \alpha$ (правый рисунок). Найти скорость ветра.

Решения

1. Поскольку вода не терялась и не добавлялась в систему, то очевидно, что в третьем стакане находится масса воды $3m$. Далее. Сумма количеств теплоты, полученных всеми порциями воды, должна равняться нулю. Следовательно, сумма величин cmt (c - удельная теплоемкость воды) во всех стаканах не должна измениться по сравнению с ее значением в начальном состоянии. Поэтому

$$cm2t + c3m3t + c4mt = c3mt + c2m2t + c3mt_1$$

где t_1 - искомая температура воды в третьем стакане. Отсюда находим

$$t_1 = \frac{8}{3}t$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)
1. Правильная основная идея решения задачи – использование закона сохранения энергии - 1 балл
2. Правильно найдена масса воды в третьем стакане после переливаний – 1 балл
3. Правильное уравнение теплового баланса – 2 балла
4. Правильный ответ для температуры воды в третьем стакане – 1 балл.
Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

2. Вольтметр всегда показывает электрическое напряжение на самом себе. И раз его показания (в случае подключения в мост цепи) – нулевые, ток через него не течет. Отсюда по правилу токов (сумма токов, входящих в узел равна сумме выходящих токов) заключает, что токи, текущие через верхние резисторы – одинаковы, и, следовательно, на них одинаковые напряжения, равные половине напряжения источника. Аналогично, одинаковыми являются токи через нижние резисторы. Также на них одинаковые напряжения, равные половине напряжения источника (чтобы напряжение на вольтметре было равно нулю). А это значит что сопротивления и нижних резисторов равны друг другу

$$R_1 = R_2$$

После перемены местами вольтметра и резистора R_1 токи через оба верхних резистора не изменились и остались равными друг другу. Отсюда по правилу токов заключаем, что ток через мост цепи в этом случае (резистор R_1) не течет. Следовательно, через вольтметр и резистор R_2 текут одинаковые токи и на них одинаковое напряжение, равное половине напряжения источника. Поэтому

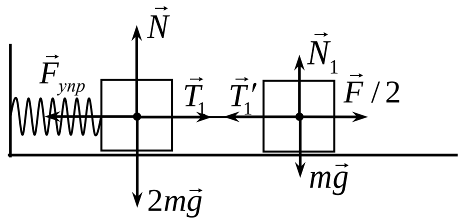
$$U_{ист} = 2U_0 = 20 \text{ В и } R_1 = R_2 = r_V = 1 \text{ кОм.}$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)
1. Правильное утверждение, что ток через вольтметр в первом случае не течет – 1 балл
2. Правильный вывод, что токи через верхние резисторы одинаковы и напряжения на верхних резисторах одинаковы (или вывод о сбалансированности мостовой цепи) – 1 балл
3. Правильное утверждение, что $R_1 = R_2$ – 1 балл
4. Правильный вывод, что при перемене местами вольтметра и резистора ток через мост не потечет, поэтому $R_1 = R_2 = r_V$ – 1 балл
5. Правильный ответ для напряжения источника – 1 балл.
Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

3. Поскольку на тела действует внешняя сила, а они покоятся, то в положении, о котором говорится в условии, пружина растянута. И силы упругости пружины и натяжения нити равны внешней силе F :

$$F_{упр} = F, \qquad T = F$$

Сразу после мгновенного уменьшения величины внешней силы тела еще не успеют переместиться, поэтому сила упругости не изменится. А вот сила натяжения нити может измениться – так как нить нерастяжима, то сила натяжения возникает и изменяется при бесконечно малых изменениях положений тел. Силы, действующие на тела, показаны на рисунке. Второй закон Ньютона для тел дает



$$2m\vec{a} = 2m\vec{g} + \vec{F}_{упр} + \vec{N} + \vec{T}_1$$
$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T}_1' + \vec{N}_1 + \vec{F}/2$$

причем ускорения тел $\vec{a}$ и модули сил натяжения $\vec{T}_1$ и $\vec{T}_1'$ одинаковы, так как нить нерастяжима и невесома. В проекциях на горизонтальную ось, направленную от тел к стенке, эти уравнения дают

$$2ma = F_{упр} - T_1$$
$$ma = T_1 - F/2$$

Подставляя в эту систему уравнений значение силы упругости $F_{упр} = F/2$ и решая ее, найдем ускорения тел

$$a = \frac{F}{6m}$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)
1. Правильное нахождение силы упругости пружины и силы натяжения нити в первом случае – 1 балл
2. Правильный вывод, что при мгновенном уменьшении внешней силы сила упругости пружины не успевает изменится, а сила натяжения нити может измениться – 1 балл
3. Правильный второй закон Ньютона для тел – 1 балл
4. Правильное условие связи для ускорений тел – 1 балл
5. Правильный ответ для ускорения тел – 1 балл.
Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.
Если участник понял и обосновал, что тела можно рассматривать как одно тело и использовал второй закон Ньютона для такого тела при условии получения правильного ответа ставится максимальный балл.

4. Пусть сила натяжения нити, привязанной к левому телу, равна T. Тогда сила натяжения нити, привязанной к правому телу - $2T$. И условия равновесия системы тел дает

$$T + F_{A,1} - m_1 g = 0$$
$$2T + F_{A,2} - m_2 g = 0$$

где $F_{A,1}$ и $F_{A,2}$ - силы Архимеда, действующие на левое и правое тела соответственно, m_1 и m_2 - их массы. Используя далее формулу для силы Архимеда, действующей на тело, частично погруженное в жидкость и выражая массы тел через их плотности ρ_1 и ρ_2 и объем (который по условию одинаков у обоих тел), получим

$$T+\rho_0 g\frac{1}{4}V-\rho_1 gV=0$$

$$2T+\rho_0 g\frac{3}{4}V-\rho_2 gV=0$$

Умножая первое уравнение на 2 и вычитая уравнения друг из друга, получим

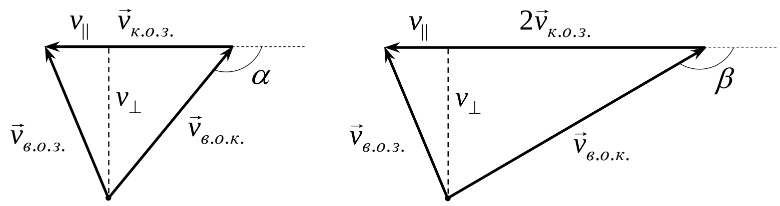
$$\rho_2=2\rho_1+\frac{1}{4}\rho_0=1{,}65\ \text{г/см}^3.$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)
1. Правильные условия равновесия тел – 1 балл
2. Правильные формулы для сил Архимеда, действующих на тела – 1 балл
3. Правильные условия связи сил натяжения нитей, действующих на тела – 1 балл
4. Правильные выражения для сил тяжести, действующих на тела – 1 балл
5. Правильный ответ для плотности второго тела – 1 балл.
Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

5. Флаг на корабле развевается в направлении скорости ветра в системе отсчета, связанной с кораблем. Найдем эту скорость. По закону сложения скоростей имеем

$$\vec{v}_{в.о.з.}=\vec{v}_{в.о.к.}+\vec{v}_{к.о.з.}$$

где $\vec{v}_{в.о.з.}$ - скорость ветра относительно земли (величину, которой нам нужно найти), $\vec{v}_{к.о.з.}=\vec{v}$ - скорость корабля относительно земли, $\vec{v}_{в.о.к.}$ - скорость ветра относительно корабля (в направлении которой развевается флаг). Треугольники, отвечающие закону сложения скоростей, показаны на рисунке, причем в этих треугольниках нам известны одна сторона (скорость корабля относительно земли и один угол (α или β) эти треугольники не определены. Тем не менее, скорость корабля из двух треугольников найти можно. Основная идея заключается в том, что в этих треугольниках одна сторона (скорость ветра относительно земли) и угол между вектором скорости ветра относительно земли и скоростью корабля – одинаков (по условию направление курса корабля не менялось). Поэтому проекции скорости ветра относительно земли на направление скорости корабля и перпендикулярное ему одинаковы и до и после увеличения скорости.



Пусть эти проекции равны $v_{\perp}$ и $v_{||}$. Тогда из треугольников сложения скоростей имеем

$$tg(\pi-\alpha)=-tg\,\alpha=\frac{v_{\perp}}{v-v_{||}}$$

$$tg(\pi-\beta)=-tg\,\beta=\frac{v_{\perp}}{2v-v_{||}}$$

Решая эту систему уравнений относительно величин $v_{\perp}$ и $v_{||}$, получаем

$$v_{\perp}=\frac{v\left(tg\,\alpha-2\,tg\,\beta\right)}{tg\,\alpha-tg\,\beta},\qquad v_{\parallel}=\frac{v\,tg\,\alpha\,tg\,\beta}{tg\,\alpha-tg\,\beta}$$

В результате из теоремы Пифагора находим скорость корабля

$$u=\sqrt{v_{\perp}^2+v_{\parallel}^2}=v\sqrt{\frac{\left(tg\,\alpha-2\,tg\,\beta\right)^2}{\left(tg\,\alpha-tg\,\beta\right)^2}+\frac{tg^2\,\alpha\,tg^2\,\beta}{\left(tg\,\alpha-tg\,\beta\right)^2}}=v\,\frac{\sqrt{\left(tg\,\alpha-2\,tg\,\beta\right)^2+tg^2\,\alpha\,tg^2\,\beta}}{\left(tg\,\alpha-tg\,\beta\right)}$$

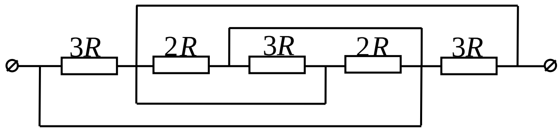
Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)
1. Использование векторного закона сложения скоростей – 1 балл
2. Нарисованы правильные треугольники сложения скоростей для первого и второго случаев – 1 балл
3. Правильные уравнения для углов в треугольниках через проекции вектора скорости ветра относительно земли на продольное и перпендикулярное направления – 1 балл
4. Правильно найдены проекции вектора скорости верта относительно земли – 1 балл
5. Правильный ответ – 1 балл.
Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.
При использовании другого метода анализа треугольников скоростей (при условии получения правильного ответа) участник получает полный балл.

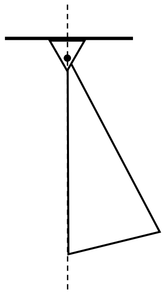
Оценка работы
Оценка работы складывается из оценки задач. Максимальная оценка – 25 баллов. Допустимыми являются все целые оценки от 0 до 25.

Решения и критерии оценивания
Отборочный тур олимпиады «Росатом» и Инженерной олимпиады школьников на региональных площадках, комплект 1
2023-2024 учебный год,
физика, 10 класс

1. Горизонтальный цилиндрический сосуд с идеальным газом разделен подвижным поршнем на две части. Газ в левой части имеет температуру T_1, в правом - температуру T_2. При этом отношение объемов оказывается равным $V_1/V_2 = 3/2$. После того как температуры выровнялись, соотношение объемов изменилось: $V_1'/V_2' = 2/3$. Найти отношение температур T_1/T_2.

2. Найти сопротивление электрической цепи, схема которой показана на рисунке. Известно, что $R = 10$ Ом. Сопротивлением соединительных проводов пренебречь.

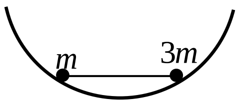




3. Из листа фанеры вырезан плоский равнобедренный треугольник, стороны которого относятся как 1:2. Треугольник шарнирно прикреплен за вершину к горизонтальному потолку. Какой минимальной силой нужно действовать на треугольник, чтобы одна из его боковых сторон была вертикальна (см. рисунок)?

4. Искусственный спутник некоторой планеты движется с включенным двигателем на очень малой высоте над ее поверхностью со скоростью, которая вдвое меньше первой космической скорости для данной планеты. Чему равна и куда направлена сила тяги, которую развивают двигатели спутника? Масса спутника m, ускорение свободного падения на поверхности планеты равно g.

5. К концам жесткого невесомого стержня прикреплены два точечных тела с массами m и $3m$. Стержень удерживают в горизонтальном положении в сферической лунке, радиус которой равен длине стержня (см. рисунок). В некоторый момент времени стержень отпускают. Найти ускорение центра стержня и силу его натяжения сразу после освобождения. Трение отсутствует.



Решения и критерии оценивания решений задач

1. Условие равновесия перегородки в начальном положении дает

$$\frac{\nu_1 RT_1}{V_1} = \frac{\nu_2 RT_2}{V_2} \qquad \Rightarrow \qquad \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{V_1 T_2}{V_2 T_1}$$

где ν_1 и ν_2 - количество вещества газа в левой и правой частях сосуда. После выравнивания температур (неважно, с потерей энергии, или нет) условие равновесия перегородки дает

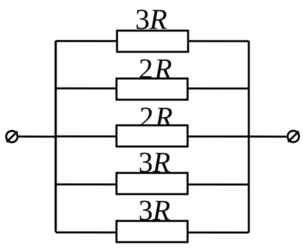
$$\frac{\nu_1 RT}{V_1'} = \frac{\nu_2 RT}{V_2'} \qquad \Rightarrow \qquad \frac{V_1'}{V_2'} = \frac{\nu_1}{\nu_2}$$

Откуда, используя отношение количеств вещества газа в левой и правой частях сосуда, получим

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{V_1 V_2'}{V_2 V_1'} = \frac{9}{4}$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)
1. Использован правильный закон Клапейрона-Менделеева - 1 балл
2. Правильное условие равновесия перегородки в начальном положении – 1 балл
3. Правильное условие равновесия перегородки после выравнивания температур - 1 балла
4. Правильно найдено отношение количеств вещества газов в отсеках сосуда – 1 балл
5. Правильный ответ – 1 балл
Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

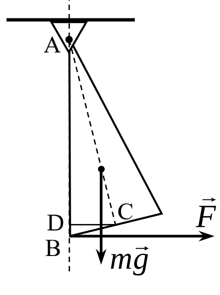
2. С помощью деформации соединительных проводов (что не меняет сопротивления исходной цепи) данную в условии электрическую цепь можно привести к такому виду, из которого очевидно, что резисторы соединены параллельно (см. рисунок). Поэтому общее сопротивление $R_{об}$ этой цепи можно найти как



$$\frac{1}{R_{об}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} + \frac{1}{3R} + \frac{1}{3R} + \frac{1}{3R} \qquad \Rightarrow \qquad R_{об} = \frac{R}{2}$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)
1. Правильные формулы для сложения сопротивлений – 1 балл
2. Правильная эквивалентная схема цепи – все резисторы соединены параллельно - 2 балла
3. Правильный ответ (формула) для эквивалентного сопротивления – 1 балл
4. Правильный ответ (число) для эквивалентного сопротивления – 1 балл
Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

3. Поскольку треугольник находится в равновесии, то сумма сил, действующих на треугольник, и сумма моментов этих сил относительно любой точки равны нулю. Воспользуемся уравнением моментов относительно шарнира. Ненулевые моменты имеют сила тяжести и внешняя сила $\vec{F}$, удерживающая треугольник в рассматриваемом положении (эти силы показаны на рисунке). Чтобы сила F была минимальна, она должна иметь максимальное плечо относительно шарнира, т.е. точка ее приложения должна быть максимально удалена от шарнира, а вектор $\vec{F}$ должен быть перпендикулярен отрезку, связывающему это точку и шарнир (см. рисунок. Эту силу можно было бы приложить и к другой вершине, перпендикулярно другой стороне; ответ для минимальной силы не



изменился бы). Сила тяжести приложена к центру тяжести тела, который делит медиану AC в отношении 2:1. Поэтому ее плечо равно двум третьим отрезка CD, который можно найти как

$$CD = BC\sin(\measuredangle ACB)$$

А поскольку основание треугольника вдвое меньше его боковой стороны, то

$$\cos(\measuredangle ACB) = \frac{1}{4}.$$

Находя далее $\sin(\measuredangle ACB)$ с помощью основного тригонометрического тождества, найдем момент силы тяжести относительно шарнира

$$M_{mg} = mg\frac{2}{3}CD = \frac{\sqrt{15}}{12}mga$$

где a - длина основания треугольника из фанеры. Поэтому условие моментов относительно шарнира дает

$$\frac{\sqrt{15}}{12}mga = F2a$$

Отсюда находим

$$F = \frac{\sqrt{15}}{24}mg$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)
1. Правильная идея решения – использование уравнения моментов относительно шарнира – 1 балл
2. Правильно определена точка приложения и направление минимальной силы, удерживающей треугольник в рассматриваемом положении - 1 балл
3. Правильно найдено плечо силы тяжести относительно шарнира – 1 балл
4. Правильное уравнение моментов относительно шарнира – 1 балл
5. Правильный ответ – 1 балл
Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

4. Если бы спутник имел первую космическую скорость для данной планеты, то функцию центростремительной силы выполняла бы сила тяжести, и второй закон Ньютона имел бы для спутника вид

$$\frac{mv_1^2}{R} = mg$$

где m - масса спутника, v_1 - первая космическая скорость для планеты, R - ее радиус, g - ускорение свободного падения на поверхности. Поэтому, если скорость спутника меньше первой космической, то необходимо уменьшить центростремительную силу. А это может сделать двигатель, который, следовательно, должен развивать силу, направленную от центра планеты. Найдем ее величину. Пусть двигатель развивает силу F, направленную от центра планеты. Тогда второй закон Ньютона для спутника в проекциях на ось, направленную к центру планеты, имеет вид

$$\frac{mv^2}{R} = mg - F$$

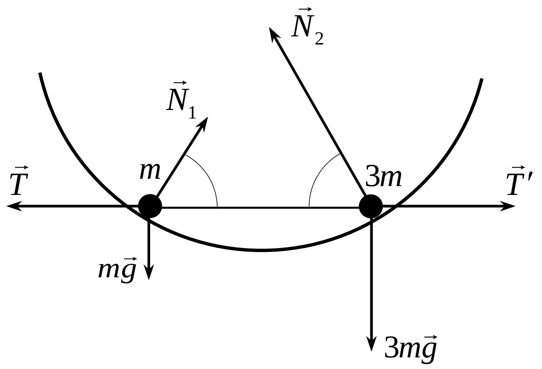
А поскольку скорость спутника v равна половине первой космической скорости, то

$$\frac{mv_1^2}{4R} = mg - F$$

Учитывая предыдущую формулу, найдем

$$F = \frac{3}{4}mg$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)
1. Правильное уравнение для первой космической скорости для спутника, летящего на малой высоте над планетой – 1 балл
2. Правильный второй закон Ньютона для спутника, летящего со скоростью, меньшей первой космической скорости для данной орбиты - 1 балл
3. Правильное уравнение для силы тяги двигателя в случае, когда скорость спутника составляет половину первой космической для данной орбиты – 1 балл
4. Правильный ответ для направления силы тяги двигателя – 1 балл
5. Правильный ответ для величины силы тяги двигателя – 1 балл
Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.



5. На тела действуют силы тяжести, силы реакции стенок лунки и силы натяжения стержня. А так как стержень не имеет массы, то сумма сил и моментов сил, действующих на стержень со стороны тел, должны равняться нулю. Поэтому эти силы могут быть направлены только вдоль стержня. Силы, действующие на тела, показаны на рисунке, причем величины сил $\vec{T}$ и $\vec{T}'$ равны. Так как в первый момент после отпускания скорости тел равны нулю, то ускорения тел сонаправлены скоростям. Поэтому ускорения тел направлены параллельно поверхности лунки – вверх для тела массой m и вниз для тела массой $3m$. Далее. Поскольку длина стержня равна радиусу лунки, то углы, отмеченные дугами на рисунке, равны $60°$. Поэтому проекция второго закона Ньютона на оси, направленные вдоль поверхности лунки (вверх для первого тела, вниз для второго) дает

$$ma_1 = T\cos(30°) - mg\cos(60°)$$
$$3ma_2 = 3mg\cos(60°) - T\cos(30°)$$

где a_1 - ускорение тела массой m, a_2 - ускорение тела массой $3m$. Поскольку стержень нерастяжим, то проекции скоростей (и ускорений) его концов на направление стержня одинаковы

$$a_1\cos(30°) = a_2\cos(30°) \qquad \Rightarrow \qquad a_1 = a_2$$

В результате из второго закона Ньютона получаем

$$a_1 = a_2 = \frac{1}{4}g, \qquad T = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$$

Очевидно, ускорение a_c центра стержня следующим образом связано с ускорениями его концов

$$\vec{a}_c = \frac{\vec{a}_1 + \vec{a}_2}{2}$$

А так как перпендикулярные проекции векторов ускорений имеют разные знаки, то вектор ускорения центра стержня направлен вдоль стержня в сторону легкого тела и имеет величину

$$a_c = a_1 \cos(30°) = a_2 \cos(30°) = \frac{\sqrt{3}}{8} g$$

В результате имеем окончательно

$a_c = \dfrac{\sqrt{3}}{8} g$, направлено горизонтально в сторону легкого тела, $T = \dfrac{\sqrt{3}}{2} mg$, стержень сжат.

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)
1. Правильно определены (и обоснованы) направления сил натяжения стержня, действующих на шарики – 1 балл
2. Правильный второй закон Ньютона для шариков - 1 балл
3. Правильная связь ускорений шариков сразу после отпускания стержня – 1 балл
4. Правильно найдены ускорения шариков и сила натяжения стержня – 1 балл
5. Правильный ответ для ускорения центра стержня – 1 балл
Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

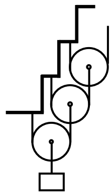
Оценка работы
Оценка работы складывается из оценок всех задач. Максимальная оценка – 25 баллов. Допустимыми являются все целые оценки от 0 до 25.

Решения и критерии оценивания
Отборочный тур олимпиады «Росатом» и Инженерной олимпиады школьников на региональных площадках,
2023-2024 учебный год,
физика, 10 класс

1 вариант

1. Человек первую треть полного времени движения прошел по лесной дороге со скоростью $v=1$ км/ч. Вторую треть полного времени движения человек шел по шоссе со скоростью $3v$. Оставшейся участок, длина которого равна трети всего пути, человек прошел со скоростью v_1. Найти v_1.

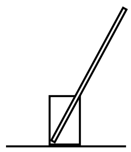
2. 2024 одинаковых блока массой m каждый подвешены с помощью невесомых нитей так, как показаны на рисунке. Найти силу натяжения нити, удерживающей 2024 блок. Масса груза равна массе блока.



3. Имеется кусок провода с сопротивлением $R=1000$ Ом. Из провода изготавливают нагреватель, рассчитанный на работу в бытовой электрической сети с напряжением $U=220$ В. Нагреватель какой максимальной мощности можно изготовить, если максимальный ток через провод – $I=1$ А. Напряжение сети не зависит от нагрузки. При изготовлении нагревателя необходимо использовать весь провод без остатка.

4. Горизонтальный сосуд длиной l разделен на две части подвижной перегородкой. С одной стороны от перегородки содержится v моль водорода, с другой – v моль аргона и v моль кислорода, а перегородка находится в равновесии. В некоторый момент времени перегородка становится проницаемой для аргона и остается непроницаемой для других газов. Найти перемещение перегородки. Температуры газов одинаковы и не меняются в течение процесса.

5. На столе стоит в цилиндрический стакан массой M. В стакан ставят стержень так, как показано на рисунке, причем в стакане оказывается пятая часть длины стержня. При какой массе стержня стакан будет находиться в равновесии?



Решения и критерии оценивания решений задач

1. Пусть полный путь, пройденный человеком, равен S, затраченное время - t. Тогда из соотношений, связывающих расстояние, время и скорость для первого и второго этапа движения имеем

$$v\frac{t}{3}+3v\frac{t}{3}=\frac{2S}{3} \qquad (1)$$

С другой стороны

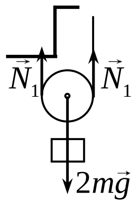
$$v_1=\frac{S/3}{t/3}$$

Поэтому из (1) находим

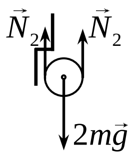
$$v_1=2v=2 \text{ км/ч}$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)
1. Правильное использование формулы «расстояние-время-скорость» – 1 балл
2. Правильные соотношения для первого и второго этапов движения – 1 балл
3. Правильное соотношение (формула) для v_1 – 1 балл
4. Правильный ответ – 2 балла.

2. На первый блок действуют: сила тяжести $m\vec{g}$ и сила натяжения нижней нити, равная $m\vec{g}$ (направлены вниз), две силы натяжения охватывающей его нити $\vec{N}_1$, направленные вверх (см. рисунок). Отсюда следует, что сила натяжения нити, охватывающей нижний блок, равна



$$N_1=mg$$



На второй блок действует сила тяжести $m\vec{g}$ и сила натяжения первой нити, равная $m\vec{g}$ (направлены вниз), две силы натяжения охватывающей его нити $\vec{N}_2$, направленные вверх (см. рисунок). Отсюда следует, что сила натяжения нити, охватывающей нижний блок, равна

$$N_2=mg$$

Продолжая рассуждения дальше, найдем, что силы натяжения всех нитей и, в том числе, нити, охватывающей 2024 блок, равны

$$N_{2024}=mg$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)
1. Правильные условия равновесия блоков– 1 балл
2. Правильные «цепочки», связывающих силы натяжения разных нитей – 1 балл
3. Правильный ответ – 3 балла.

3. Поскольку напряжение сети не зависит от нагрузки, из закона Джоуля-Ленца

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

Заключаем, что мощность нагревателя будет максимальной при условии максимального количества соединений полюсов сети проволоками с минимальным сопротивлением. Но сопротивление каждой проволоки нельзя сделать меньше, чем $r = 220$ Ом, поскольку ток через проволоку не должен превосходить 1 А. Поэтому можно разрезать проволоку на 4 части, три с сопротивлением $r = 220$ Ом; останется кусок с сопротивлением $r_1 = 120$ Ом. По условию этот кусок нельзя выбросить, но из него можно сделать проводник с сопротивлением, практически равным нулю (разрезав его на множество маленьких участков и соединить их параллельно), и включить последовательно любому из участков. Поэтому максимальная мощность нагревателя определяется соотношением

$$P_{\max} = 4\frac{U^2}{r} = 880 \text{ Вт}$$

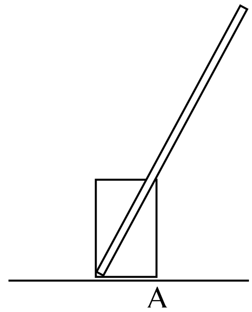
Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)
1. Правильное использование закона Джоуля-Ленца – 1 балл
2. Правильная идея получения нагревателя максимальной мощности – параллельное соединение проводов, выдерживающих заданную максимальную силу тока - 1 балл
3. Правильный способ «исключения» лишнего провода – 2 балла
4. Правильный ответ – 1 балл.

4. Поскольку перегородка подвижна, давление газов слева и справа от перегородки одинаково. Первоначально справа содержится вдвое большее количество вещества, поэтому и объем правой части сосуда должен быть вдвое больше объема левой части. Поэтому перегородка находится на расстоянии $l/3$ от левого конца сосуда. После того, как перегородка станет прозрачной для аргона, он будет оказывать на нее одинаковое воздействие, где бы перегородка не находилась. Поэтому аргон в балансе давлений можно не учитывать. А поскольку слева и справа от перегородки находится по одному молю газов, то в конечном состоянии перегородка будет располагаться посередине. Это значит, что перемещение перегородки можно найти так

$$\Delta x = \frac{l}{2} - \frac{l}{3} = \frac{l}{6}$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)
1. Правильное использование формулы «расстояние-время-скорость» – 1 балл
2. Правильные соотношения для первого и второго этапов движения – 1 балл
3. Правильное соотношение (формула) для v_1 – 1 балл
4. Правильный ответ – 2 балла.

5. Если проекция центра тяжести стакана со стержнем на горизонтальную плоскость попадает внутрь дна стакана, то он будет стоять. Если нет, опрокинется. Найдем положение центра тяжести стакана со стержнем.



Поскольку стержень и стакан однородны, то центры тяжести этих тел находятся в их геометрических центрах (посередине). Поэтому проекция центра тяжести стакана со стержнем на горизонтальную плоскость будет находиться слева от точки А (и стакан будет в равновесии), если

$$MR > m\left(\frac{l}{2}\cos\alpha - 2R\right) \qquad (1)$$

где R - радиус стакана, l - длина стержня, α - угол наклона стержня к горизонту. С другой стороны, поскольку внутри стакана находится пятая часть длины стержня, то

$$\cos\alpha = \frac{2R}{l/5} = \frac{10R}{l}$$

Отсюда и формулы (1) получаем условие равновесия стакана

$$MR > 3mR \qquad \text{или} \qquad m < \frac{M}{3}$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)
1. Правильная идея решения – попадание проекции центра тяжести стакана со стержнем в основание стакана – 1 балл
2. Правильная геометрия задачи (угол между стержнем и горизонтом) – 1 балл
3. Правильное нахождение центра тяжести стакана со стержнем – 1 балл
4. Правильный ответ – 2 балла.

Оценка работы
Оценка работы складывается из оценок всех задач. Максимальная оценка – 25 баллов. Допустимыми являются все целые оценки от 0 до 25.