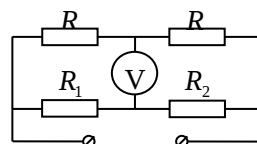


Решения и критерии оценивания
Отборочный тур олимпиады «Росатом», 2023-2024 учебный год,
Олимпиада памяти И.В.Савельева, физика, 10 класс

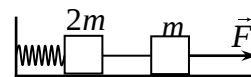
1 вариант

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.

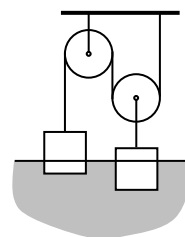
2. В электрической цепи, схема которой дана на рисунке, показания вольтметра равны нулю. Когда резистор R_1 и вольтметр поменяли местами, токи, текущие через оба резистора верхнего колена цепи, не изменились, а показания вольтметра стали равны $U_0 = 10$ В. Найти напряжение источника и сопротивления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



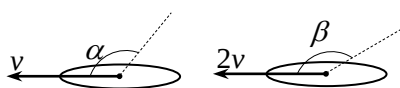
3. На горизонтальном столе лежат два тела с массой $2m$ и m , связанные невесомой нерастяжимой нитью и прикрепленные за тело с массой $2m$ к вертикальной стенке с помощью пружины. На тело массой m действует внешняя сила $\vec{F}$, а тела покоятся. В некоторый момент времени внешняя сила мгновенно уменьшается 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/см³. Плотность воды $\rho_0 = 1$ г/см³.



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

$$cm_2t + c3m_3t + c4mt = c3mt + c2m_2t + c3mt_1$$

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) заключаем, 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

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

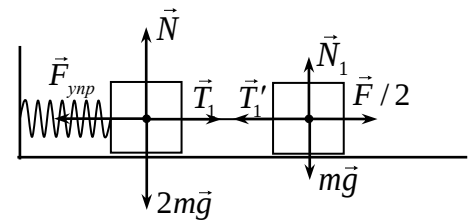
Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

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 :

$$F_{\text{упр}} = F, \quad T = F$$

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



$$2m\vec{a} = 2m\vec{g} + \vec{F}_{\text{упр}} + \vec{N} + \vec{T}_1$$

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

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

$$2ma = F_{\text{упр}} - T_1$$

$$ma = T_1 - F/2$$

Подставляя в эту систему уравнений значение силы упругости $F_{\text{упр}} = F/2$ 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 измениться, 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

$$T + F_{A,1} - m_1g = 0$$

$$2T + F_{A,2} - m_2g = 0$$

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

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

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

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

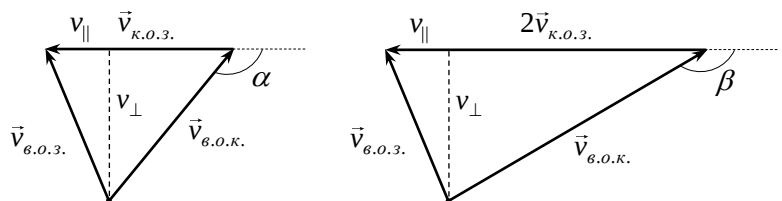
корабля и перпендикулярное ему одинаковы и до и после увеличения скорости.

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

$$\operatorname{tg}(\pi - \alpha) = -\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_{\perp}}{v - v_{\parallel}}$$

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

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



$$v_{\perp} = \frac{v(\operatorname{tg} \alpha - 2 \operatorname{tg} \beta)}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}, \quad v_{\parallel} = \frac{v \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}$$

В результате из теоремы Пифагора находим скорость корабля

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

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.