

Решения
Отборочный тур олимпиады «Росатом», 2022-2023 учебный год,
физика, 9 класс

1. Имеются два мотка медной проволоки массой m и $2m$. Диаметр проволоки из первого мотка в три раза больше диаметра проволоки из второго. Найти отношение сопротивления первого мотка проволоки к сопротивлению второго.
2. С поверхности земли вертикально вверх бросили тело. Через некоторое время Δt с поверхности земли вертикально вверх бросили второе тело, начальная скорость которого составляет $2/3$ от начальной скорости первого. Найти время задержки броска второго тела Δt , если известно, что тела упали на землю одновременно, а время движения первого тела равно t .
3. Имеется полностью заполненный сосуд с тяжелой жидкостью, в котором плавает кусочек водяного льда массой m . Лед тает. Что произойдет при этом с жидкостью в сосуде – ее уровень понизится, останется неизменным, часть выльется через край? Если уровень понизится, найти объем сосуда, свободный от жидкости. Если жидкость будет переливаться через край, найти объем вылившейся жидкости. Плотность воды ρ , плотность тяжелой жидкости 10ρ .
4. В теплоизолированный калориметр с водой комнатной температуры $t = 20^\circ \text{C}$ опускают два тела из одного и того же вещества с массами m и $2m$. Известно, что температура первого тела больше температуры второго тела на $\Delta t = 60^\circ \text{C}$, и что при установлении теплового равновесия температура воды не изменилась. Найти начальные температуры тел.
5. На поверхности стола лежит кусок однородной веревки массой m . На один из концов веревки действует сила $\vec{F}$, в результате чего $1/4$ часть длины веревки поднято над столом, $3/4$ длины лежит на столе. Считая, что все точки веревки находятся в одной вертикальной плоскости, найдите значения коэффициента трения между веревкой и столом, при которых возможно такое равновесие.



Решения

1. Исходим из формулы сопротивления R цилиндрического проводника длиной l с площадью поперечного сечения проводника S :

$$R = \frac{\rho_0 l}{S} \quad (1)$$

здесь ρ_0 - удельное сопротивление проводника. С другой стороны, длина и площадь поперечного сечения связаны с массой проводника m

$$m = \rho l S \quad (2)$$

где ρ - плотность вещества проводника. Выражая из формулы (2) длину проводника и подставляя ее в (1), получим

$$R = \frac{\rho_0 m}{\rho S^2} \quad (3)$$

Отсюда находим сопротивления первого и второго мотка проволоки. Для первого мотка

$$R_1 = \frac{\rho_0 m}{\rho S^2} \quad (4)$$

Для второго

$$R_2 = \frac{\rho_0 2m}{\rho (S^2 / 81)} = 162 R_1 \quad (4)$$

Отсюда

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{162}$$

Критерии оценки задачи (максимальная оценка за задачу – 2 балла)

1. Правильная формула для сопротивления проводника через его длину и площадь поперечного сечения – 0,5 балла
2. Правильное соотношение плотности-массы и объема – 0,5 балла
3. Правильные соотношения для сопротивления проводника через массу плотность и удельное сопротивление – 0,5 балла
4. Правильный ответ для соотношения сопротивлений – 0,5 балла

2. Время падения тела, брошенного вертикально вверх с начальной скоростью v_0 определяется соотношением

$$t = \frac{2v_0}{g}$$

Поскольку время движения второго тела на Δt меньше, чем первого, а его скорость составляет две трети от скорости первого, для времени падения второго тела имеем

$$t - \Delta t = \frac{2(2v_0 / 3)}{g}$$

Подставляя время t из первой формулы во вторую, получим

$$\frac{2v_0}{g} - \Delta t = \frac{2(2v_0/3)}{g}$$

Отсюда находим

$$\Delta t = \frac{2v_0}{3g} = \frac{1}{3}t$$

Критерии оценки задачи (максимальная оценка за задачу – 2 балла)

- 1. Правильное использование законов равноускоренного движения – 0,5 балла**
- 2. Использование правильной формулы для времени движения – 0,5 балла**
- 3. Правильное уравнение для времени задержки – 0,5 балла**
- 4. Правильный ответ – 0,5 балла**

3. Мысленно зафиксируем жидкость в сосуде, найдем объем льдинки погруженный в тяжелую жидкость и объем воды получившийся при таянии льда. Если эти объемы будут одинаковы, уровень жидкости не изменится, жидкость из сосуда не выливается. Если объем получившейся воды больше объема погруженной в тяжелую жидкость части льдинки, вода выльется через край сосуда. Если объем воды меньше объема погруженной в тяжелую жидкость части льдинки, уровень жидкости в сосуде понизится.

Условие плавания льдинки дает

$$mg = 10\rho g V_{н.ч.} \quad \Rightarrow \quad V_{н.ч.} = \frac{m}{10\rho}$$

где $V_{н.ч.}$ - объем погруженной в тяжелую жидкость части льдинки.

При таянии льда массой m получится вода объемом V , который находится из следующего очевидного соотношения

$$V_в = \frac{m}{\rho}$$

Сравнивая эти два объема, видим, что

$$V_в > V_{н.ч.},$$

поэтому часть жидкости объемом

$$\Delta V = V_в - V_{н.ч.}$$

выльется из сосуда. Отсюда находим

$$\Delta V = \frac{m}{\rho} - \frac{m}{10\rho} = \frac{9m}{10\rho}$$

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 2 балла)

- 1. Правильное условие плавания льдинки из водяного льда в тяжелой жидкости – 0,5 балла**
 - 2. Правильная идея решения – сравнение объема вытесненной жидкости с объемом воды, которая образуется при таянии водяного льда – 0,5 балла**
 - 3. Вывод о вытекании части жидкости из сосуда при таянии льда – 0,5 балла**
 - 4. Правильный ответ для вытекшего объема жидкости – 0,5 балла**
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.**

4. Поскольку температура воды не изменилась, не изменилась и ее внутренняя энергия. Следовательно, вода в калориметре и не получала энергию от тел, и не отдавала им свою внутреннюю энергию. Поэтому установление теплового равновесия тел в рассматриваемой ситуации происходит так же, как будто бы воды не было, но конечная температура тел равна температуре воды. Поэтому уравнение теплового баланса имеет вид

$$cm(t_1 - t) + c2m(t_1 - \Delta t - t) = 0$$

где c - удельная теплоемкость вещества тел, t_1 - температура первого тела, $t_1 - \Delta t$ - температура второго тела. Отсюда находим

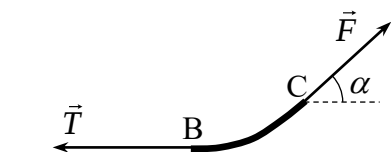
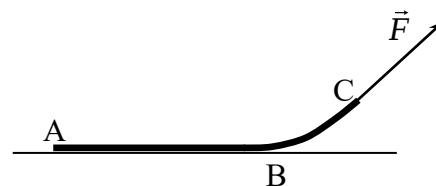
$$t_1 = t + \frac{2}{3}\Delta t = 60^\circ \text{C}, \quad t_2 = t_1 - \Delta t = t - \frac{1}{3}\Delta t = 0^\circ \text{C}$$

Критерии оценки задачи (максимальная оценка за задачу – 2 балла)

1. Правильная идея решения – исключение из теплового баланса калориметра с водой, поскольку температура воды не изменилась – 0,5 балла
2. Правильное уравнение теплового баланса с конечной температурой равной температуре воды в калориметре – 0,5 балла
3. Правильный ответ для начальной температуры тела с массой m – 0,5 балла
4. Правильный ответ для начальной температуры тела с массой $2m$ – 0,5 балла

5. Условие равновесия участка веревки, который не лежит на столе (BC; см. рисунок), имеет вид

$$\frac{1}{4}m\vec{g} + \vec{F} + \vec{T} = 0$$



где $(1/4)m$ - его масса, $\vec{T}$ - сила натяжения веревки в точке B, действующая на участок BC со стороны участка AB и направленная горизонтально (см. рисунок). В проекциях на горизонтальную и вертикальную оси это условие дает

$$F \cos \alpha = T$$

$$F \sin \alpha = (1/4)mg$$

где α - угол между горизонтом и концом веревки (см. рисунок). Выражая из первого уравнения $\cos \alpha$ и используя основное тригонометрическое тождество, получим из второго уравнения

$$\sqrt{F^2 - T^2} = \frac{1}{4}mg \quad \Rightarrow \quad T = \sqrt{F^2 - \frac{1}{16}m^2g^2} \quad (1)$$

Поскольку такая же по величине сила T действует со стороны участка веревки BC на лежащий на столе участок веревки AB, условие равновесия участка AB дает

$$T \leq F_{mp}^{\max} = \mu N = \frac{3}{4}\mu mg$$

Подставляя в эту формулу силу натяжения веревки (1), получим

$$\mu \geq \frac{1}{3} \sqrt{16 \left(\frac{F}{mg} \right)^2 - 1}$$

Критерии оценки задачи (максимальная оценка за задачу – 2 балла)

- 1. Правильная идея решения – рассмотрение равновесия поднятого участка веревки – 0,5 балла**
- 2. Правильное нахождение силы натяжения веревки в точке касания поднятого участка и земли – 0,5 балла**
- 3. Правильное условие равновесия участка веревки, лежащего на земле – 0,5 балла**
- 4. Правильный ответ для коэффициента трения между веревкой и столом – 0,5 балла**

Оценка работы

Оценка работы складывается из оценки задач. Максимальная оценка – 10 баллов. Допустимыми являются все целые или «полуцелые» оценки от 0 до 10.