

Всероссийская олимпиада школьников по физике

2019-2020 учебный год

Школьный этап

9 класс (120 минут)

Решения

1. «Тайна рождения Буратино». Последние исследования историков показали, что Буратино был изготовлен не из одного, а из двух поленьев. Его голову Папа Карло выточил из дуба, а остальные части тела выстругал из сосны. Известно, что плотность дуба 690 кг/м^3 , вес изготовленной из него части тела составляет треть от веса Буратино, а объём – только четверть. Найдите плотность соснового полена.

Решение

Обозначим m – масса Буратино; V – объём Буратино; ρ_d – плотность дуба; ρ_c – плотность сосны.

Тогда $\frac{1}{3}m = \rho_d \frac{1}{4}V$ и $\frac{2}{3}m = \rho_c \frac{3}{4}V$. Поделив первое уравнение на второе, получим $\frac{2}{3}m = \rho_c = \frac{2}{3}\rho_d = 460 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Критерии оценивания

-Запись формулы для нахождения веса дуба – 2 балла

-Запись формулы для нахождения веса сосны – 2 балла

Составление и решение системы уравнений – 4 балла

Расчеты и запись ответа – 2 балла

2. Турист первую треть всего времени движения шёл по лесу на юг со скоростью $v_1=3 \text{ км/ч}$, затем треть всего пути перемещался по полю на восток со скоростью v_2 , и, наконец, по кратчайшему пути по просеке вернулся в исходную точку. Вычислите среднюю (путевую) скорость v_0 туриста.

Решение

Пусть a – расстояние, пройденное туристом по лесу, b – по полю (рис. 1). Тогда по теореме Пифагора турист проходит по просеке расстояние $c = \sqrt{a^2 + b^2}$. По условию задачи полный путь, пройденный

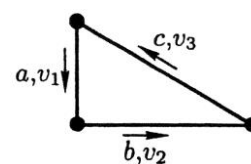


Рис. 1

туристом, $S=a+b+c=3b$, откуда $c=2b-a$: $a^2+b^2=4b^2-4ba+a^2$ и $b=\frac{4}{3}a$, $c=\frac{5}{3}a$.

Время, в течение которого турист идёт по лесу $t_1=a/v_1$. Обозначим полное время движения T . По условию $T=3t_1$. Тогда средняя (путевая) скорость туриста:

$$v_0 = \frac{a+b+c}{T} = \frac{a+\frac{4}{3}a+\frac{5}{3}a}{3t_1} = \frac{4}{3} \cdot \frac{a}{t_1} = \frac{4}{3}v_1 = 4 \text{ км/ч.}$$

При этом время, которое турист идёт по полю, $t_2 < T - t_1 = 2t_1$. Поскольку $t_2=b/v_2$, то

$$v_2 = \frac{b}{t_2} = \frac{4}{3} \cdot \frac{a}{t_2} > \frac{4}{3} \cdot \frac{a}{2t_1} = \frac{2}{3}v_1 = 2 \text{ км/ч.}$$

Критерии оценивания

- Найдено расстояние, пройденное туристом по полю – 2 балла, по лесу – 2 балла
- Найден полный путь – 2 балла
- Найдено время движения по лесу – 1 балл, по полю – 1 балл, полное время движения – 1 балл
- Расчеты средней путевой скорости – 1 балл

3. В калориметр с водой, температура которой t_0 , бросили кусочек льда, имевшего температуру 0°C . После установления теплового равновесия оказалось, что четверть льда не растаяло. Считая известными массу воды M , ее удельную теплоемкость c , удельную теплоту плавления льда λ , найдите начальную массу кусочка льда m .

Решение

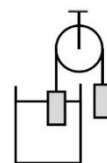
1. Поскольку не весь лед растаял, то после установления теплового равновесия в калориметре находится и вода, и лед.
2. Это возможно только при температуре плавления льда, значит конечная температура системы равна 0°C .
3. Четверть льда не растаяло, значит, растаяло (расплавилось) три четверти льда.
4. Вода, охладившись до нуля градусов Цельсия, отдает количество теплоты $Q_1 = cMt_0$.
5. Теплоту, необходимую для плавления, лед получил от воды $Q_2 = \frac{3}{4}m\lambda$.
6. Согласно уравнению теплового баланса $Q_1 = Q_2$, то есть $cMt_0 = \frac{3}{4}m\lambda$.
7. Следовательно, $m = \frac{4cMt_0}{3\lambda}$.

Критерии оценивания

- Составление уравнения количества теплоты, отданного холодной водой – 2 балла

- Составление уравнения количества теплоты, необходимого для плавления льда – 3 балла
- Запись уравнения теплового баланса – 2 балла
- Решение уравнения теплового баланса (запись формулы в общем виде, без промежуточных вычислений) – 3 балла

4. Два однородных груза массами m и $2m$, соединённые переброшенной через неподвижный блок идеальной нитью, висят, как показано на рисунке. Найдите плотность материала, из которого сделан левый груз, если он погружён в воду на две трети своего объёма. Плотность воды равна 1 г/см^3 .



Решение

Легко заметить, что груз, частично погруженный в воду, имеет массу $2m$, а правый груз – массу m .

Раз система находится в равновесии, значит, сумма сил, действующих на правое тело, равна нулю. На это тело действует сила тяжести mg , направленная вертикально вниз, и сила натяжения нити T , направленная вертикально вверх. Таким образом, $T=mg$.

Груз, частично погружённый в воду, тоже находится в равновесии, а значит, сумма сил, действующих на него, равна нулю. На это тело действуют сила натяжения нити T , сила Архимеда $F_{\text{Арх}}$, направленные вертикально вверх, и сила тяжести $2mg$, направленная вертикально вниз. Таким образом

$$2mg = F_{\text{Арх}} + T,$$

$$2mg = \rho_{\text{воды}} g \frac{2}{3}V + mg.$$

Здесь $V = \frac{2m}{\rho_{\text{груза}}}$. Отсюда

$$\rho_{\text{груза}} = \frac{2m}{V} = \frac{4}{3} \rho_{\text{воды}} \gg 1,33 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Критерии оценивания

- Указано, что груз массой $2m$ находится слева – 2 балла
- Записано условие равновесия для правого груза – 2 балла
- Записано условие равновесия для левого груза – 3 балла
- Записано выражение для плотности левого груза – 2 балла
- Получено значение плотности левого груза – 1 балл