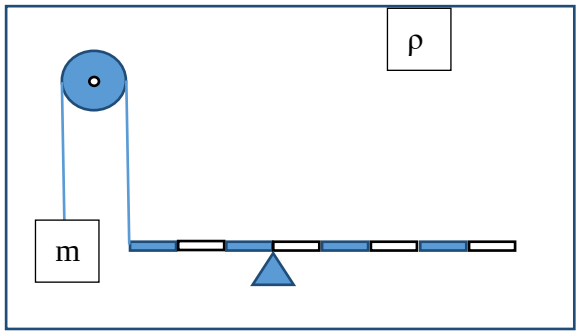
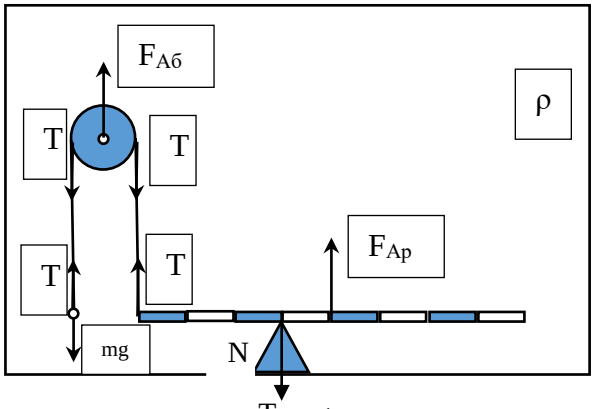
Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2024 – 2025 учебный год
9 класс

1. Рычаг, тонкая нить, подвижный блок и точечный груз m находятся в жидкости плотностью ρ в равновесии. Массами рычага, нити и блока – пренебречь. Нарисовать рисунок с указанием всех сил, действующих на все тела системы. Найти объёмы блока и рычага.



Возможное решение:
Рисунок с указанием сил:



Условие равновесия для массы точечного груза: T=mg.

Условие равновесия для блока: $F_{Аб}=2T=2mg$.

Условия равновесия для рычага: $\begin{cases} T+F_{Ap}=N \\ 3lT= lF_{Ap}, \text{ где } l \text{ – длина одной секции рычага.} \end{cases}$

Из этого получаем силы Архимеда: $\begin{cases} F_{Аб}=2mg \\ F_{Ap}=3mg \end{cases}$

Находи объёмы блока и рычага: $\begin{cases} \rho g V_б=2mg \\ \rho g V_р=3mg \end{cases}$ следовательно, получим: $\begin{cases} V_б=2m/\rho \\ V_р=3m/\rho \end{cases}$

Критерии оценивания:
Изобразили рисунок с правильной расстановкой сил – 4 балла (каждая правильно изображённая сила 0,5 балла).
Записаны все три условия равновесия – 3 балла (по 1 баллу за каждое).
Найдены силы Архимеда – 1 балл.
Выведены правильные конечные формулы – 2 балла.

2. Для регистрирования малого постоянного тока в цепи с резистора R = 0,1 МОм снимают показание напряжения при помощи параллельно подключенного вольтметра. Первичное измерение дало значение напряжения в 10 В. Для проверки этого значения аналогичным образом дополнительно к первому подключили второй вольтметр, идентичный первому. Оба прибора во время второго измерения показали одинаковое значение напряжения, однако отличающееся в меньшую сторону от первого измерения на 0,19 В. Найдите внутреннее сопротивление

вольтметра. Ответ приведите в мегаомах, округлив до ближайшего целого. Суммарный ток в цепи не изменялся.

Возможное решение:

Когда подключен только один вольтметр, то имеем схему из двух параллельно соединённых сопротивлений:

$$I = \frac{U_1}{R_{\Sigma 1}} = U_1\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_\upsilon}\right).$$

Когда два вольтметра:

$$I = \frac{U_2}{R_{\Sigma 2}} = U_2\left(\frac{1}{R} + \frac{2}{R_\upsilon}\right) = (U_1 - dU)\left(\frac{1}{R} + \frac{2}{R_\upsilon}\right).$$

Так как ток один и тот же, приравниваем:

$$U_1\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_\upsilon}\right) = (U_1 - dU)\left(\frac{1}{R} + \frac{2}{R_\upsilon}\right) \Rightarrow 1 - \frac{dU}{U} = \frac{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_\upsilon}}{\frac{1}{R} + \frac{2}{R_\upsilon}} = \frac{R_\upsilon + R}{R_\upsilon + 2R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left(1 - \frac{dU}{U}\right)R_V + 2R\left(1 - \frac{dU}{U}\right) = R_\upsilon + R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{dU}{U}R_V = R\left(1 - \frac{2dU}{U}\right) \Rightarrow R_\upsilon = R\left(\frac{U}{dU} - 2\right) \approx 5 \text{ МОм}.$$

Ответ: 5 МОм.

Критерии оценивания:

Правильно записано уравнение для 1 вольтметра – 3 балла.
Правильно записано уравнение для двух вольтметров – 3 балла.
Правильно сделан вывод об одинаковом токе в обоих случаях – 1 балл.
Произведены верные преобразования, получен правильный ответ – 3 балла.

3. Воду из колодца глубиной 10 м качают при помощи электрического насоса, питаемого от дизельного генератора. Какой объём воды можно извлечь из колодца, израсходовав 200 миллилитров топлива, если КПД всей установки составляет 0,2? Удельная теплота сгорания дизельного топлива q = 42,7 МДж/кг, плотность воды $\rho_в = 1000$ кг/м^3, плотность топлива $\rho_д = 860$ кг/м^3. Ускорение свободного падения считать равным 10 Н/кг. Ответ выразите в кубических метрах, округлив до ближайшего целого числа.

Возможное решение:

При сгорании топлива выделяется энергия: $E = m_д\, q = \rho_д\, V_д\, q$, а полезная работа $W = \eta E$. С другой стороны, совершённая работа $A = m_в g H = \rho_в V_в g H$. Приравнивая, получаем

$$V_в = \frac{\eta \rho_д V_д q}{\rho_в g H} \approx 15 \text{ м}^3.$$

Ответ: 15 м^3.

Критерии оценивания:

Правильно выведено уравнение энергии сгорания топлива через плотность и объём – 3 балла.
Верное использования коэффициента КПД – 2 балла.
Выведено уравнение работы через плотность и объём – 3 балла.
Решена система уравнений, получен правильный ответ – 2 балла.

4. Данные, представленные в таблице, соответствуют процессу нагревания свинца в тигельной печи. Определить, какова масса исследуемого свинца и чему равна его начальная температура.

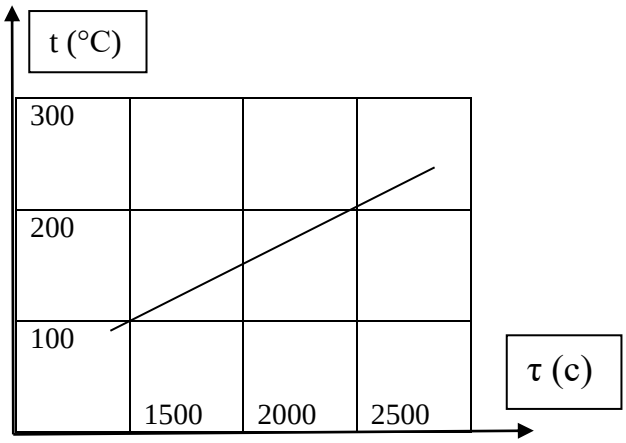
τ, (с)	1500	2000	2500
t (ºС)	100	150	200

Свинец получает 105 Дж теплоты каждые 5 с. Удельная теплоёмкость свинца 140 Дж/кгºС.

Возможное решение:

Находим массу свинца из формулы Q=c*m*Δt. Подставляем значения и получаем:
105*100=140*m*50. Откуда m=1,5 кг.

Строим график, исходя из табличных данных. Продлеваем прямую до пересечения с осью τ, где определяем начальную температуру: -50°С.



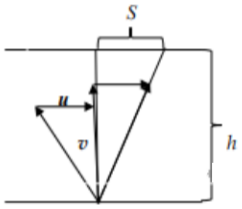
Критерии оценивания:
Построен график – 3 балла
Определена масса свинца – 2 балла
Реализована идея с продолжением графика – 3 балла.
Получена правильная начальная температура – 2 балла.

5.

Во время летних каникул девятиклассники Петя и Катя пришли на речку и решили переплыть на другой берег к дереву, которое росло прямо напротив того места, где они стояли. Петя, борясь с течением, поплыл прямо на дерево, и доплыл до него за время $t_п = 50$ с. Катя же гребла перпендикулярно течению, и доплыла до противоположного берега всего за $t_к = 30$ с, но её снесло вниз по течению. Известно, что Петя и Катя плыли (относительно воды) с одной и той же скоростью. На какое расстояние от дерева снесло Катю, если ширина реки $h = 30$ м?

Возможное решение:

Пусть u — скорость течения, υ — скорость плавания



$$\begin{cases} ut_К = S, \\ \upsilon t_К = h, \\ \sqrt{\upsilon^2 - u^2}\cdot t_П = h, \end{cases}$$

откуда

$$\left(\frac{h}{t_К}\right)^2 - \left(\frac{s}{t_К}\right)^2 = \left(\frac{h}{t_П}\right)^2,\ h^2\left(\frac{1}{t_К^2} - \frac{1}{t_П^2}\right) = \frac{s^2}{t_К^2}.$$

Следовательно,

$$S = h\cdot\sqrt{1-\left(\frac{t_К}{t_П}\right)^2} = 30\cdot\sqrt{1-\frac{9}{25}} = 30\cdot\frac{4}{5} = 24 \text{ м}.$$

Ответ: $S = h\cdot\sqrt{1-\left(\frac{t_К}{t_П}\right)^2} = 24$ м.

Критерии оценивания:
Правильно построены схемы сложения векторов скоростей – 3 балла.
Расстояние h правильно выражено через скорости реки и пловцов – 3 балла.
Верно проведены математические преобразования – 3 балла.
Получен правильный ответ – 1 балл.