

Решения задач по физике
олимпиады «Твой путь в настоящую науку»
II (заключительный) этап, 2024–2025 учебный год

Каждая правильно решённая задача оценивается в 10 баллов.

Физика 8 класс

1. Во время тренировки начинающий спортсмен и спортсмен-профессионал независимо бегают, многократно преодолевая расстояние между пунктами А и В в прямом и обратном направлении. После одновременного старта в пункте А они в первый раз встретились в точке, делящей расстояние между А и В в отношении 3:1. Где они встретятся во второй раз?

Решение:

Пусть v_1 и v_2 — скорости начинающего спортсмена и скорость спортсмена-профессионала, соответственно, а S — путь из пункта А в пункт В. Стартовав в пункте А, начинающий спортсмен пробежал $3S/4$ до точки встречи, а спортсмен-профессионал пробежал S до пункта В и затем ещё $S/4$ от пункта В до точки встречи, итого $S + S/4 = 5S/4$. Поскольку на преодоление этих расстояний они затратили одинаковое время:

$$\frac{\frac{3}{4}S}{v_1} = \frac{\frac{5}{4}S}{v_2} \Rightarrow v_2 = \frac{5}{3}v_1. \quad (1)$$

Пусть αS — расстояние от пункта А до второй точки встречи, тогда расстояние от точки В до второй точки встречи, равно $(1-\alpha)S$. Начинающий спортсмен пробежит от первой точки встречи до пункта В, а затем от пункта В до второй точки встречи, преодолев общий путь, равный $S/4 + (1-\alpha)S$, в то время как спортсмен-профессионал пробежит от первой точки встречи до пункта А, а затем от пункта А до второй точки встречи, преодолев общий путь, равный $3S/4 + \alpha S$. Поскольку на преодоление этих расстояний они затратили одинаковое время:

$$\frac{S/4 + (1-\alpha)S}{v_1} = \frac{3S/4 + \alpha S}{v_2}.$$

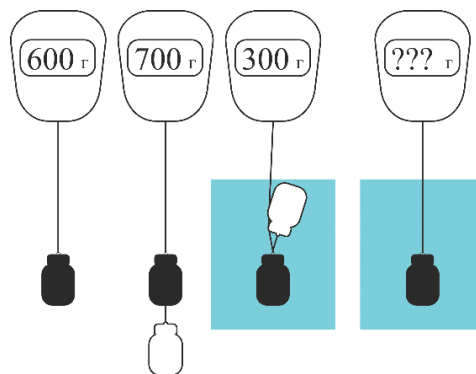
Подставив сюда (1), сократив обе части равенства на S/v_1 , и выразив отсюда α , найдём:

$$\alpha = \frac{1}{2}.$$

Таким образом, найдём

ответ: спортсмены встретятся во второй раз в точке, делящей расстояние между А и В в отношении 1:1.

2. Имеются подвесные весы и две одинаковые закрытые герметичные баночки: заполненная и пустая. Сначала к весам с помощью тонкой невесомой нити прикрепили заполненную баночку, весы показали 600 г. Затем к заполненной баночке добавили пустую, показания весов стали 700 г. А когда обе баночки погрузили в воду так, что они обе



оказались полностью погружены, весы показали 300 г. Какими будут показания весов, если, не извлекая заполненную баночку из воды, убрать пустую?

Решение:

Пусть P_1, P_2, P_3, P_4 — показания весов в четырёх описанных случаях, M — масса заполненной баночки, m — масса пустой баночки. Поскольку объёмы V баночек одинаковые, то сила Архимеда, действующая на заполненную и пустую баночку при погружении их в воду плотности ρ_0 , также одинакова. Запишем равенство сил, делённое на ускорение свободного падения, в каждом из четырёх случаев:

$$P_1 = M; \quad (1)$$

$$P_2 = M + m; \quad (2)$$

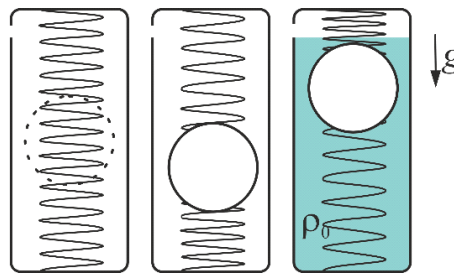
$$P_3 = M + m - 2\rho_0 V; \quad (3)$$

$$P_4 = M - \rho_0 V. \quad (4)$$

Решая систему уравнений, найдём:

$$\text{ответ: } P_4 = P_1 - \frac{P_2 - P_3}{2} = 400 \text{ г.}$$

3. Школьник придумал прибор для измерения плотности материалов. Для этого он взял сосуд, между дном и крышкой которого натянул тонкую пружинку. Он прикреплял исследуемый грузик к середине пружинки, отпускал и измерял, на какую высоту опустится грузик.



Потом повторял процедуру, заполнив сосуд водой. Определите плотность материала однородного шарика, если сначала он опустился на 1 см от середины сосуда, а затем поднялся на 2 см от середины сосуда. Плотность воды равна 1 г/см³.

Решение:

Пусть ρ — плотность материала шарика, $\rho_0 = 1$ г/см³ — плотность воды, V — объём шарика, k — жёсткость пружины, $x_1 = 1$ см — смещение шарика относительно середины сосуда в первом опыте, $x_2 = 2$ см — смещение шарика относительно середины сосуда во втором опыте, g — ускорение свободного падения.

В первом опыте сила тяжести шарика, направленная вниз, уравнивается направленной вверх силой упругости пружины, возникшей при смещении шарика:

$$\rho V g = k x_1. \quad (1)$$

Во втором опыте сила тяжести шарика и сила упругости пружины, направленные вниз, уравниваются силой Архимеда, направленной вверх:

$$\rho V g + k x_2 = \rho_0 V g. \quad (2)$$

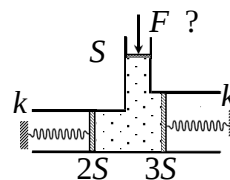
Выразив k из (1) и подставив его в (2), а затем выразив искомую ρ , найдём:

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + \frac{x_2}{x_1}}.$$

Подставив сюда численные значения, найдём

$$\text{ответ: } \rho = \frac{\rho_0}{1 + \frac{x_2}{x_1}} = 0,3 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

4. Три цилиндра сечений S , $2S$ и $3S$ соединены, как показано на рисунке. Цилиндры перекрыты подвижными поршнями, пространство между которыми заполнено несжимаемой жидкостью. К двум поршням прикреплены одинаковые пружины жесткости k (см. рис.). Какую силу надо приложить к третьему поршню площадью S , чтобы сместить его на небольшое расстояние X ? Трения нет, силой тяжести пренебречь.



Решение:

Смещение поршня на X вызывает смещения других поршней из-за несжимаемости жидкости. Общий объём жидкости должен остаться неизменным, поэтому:

$$S \cdot X = 2S \cdot x_1 + 3S \cdot x_2. \quad (1)$$

Гидростатическое давление на поршни одинаковое:

$$\frac{F}{S} = \frac{kx_1}{2S} = \frac{kx_2}{3S}. \quad (2)$$

Выразив x_2 через x_1 из (2), и подставив его в (1), найдём:

$$x_1 = \frac{2}{13} X, \quad x_2 = \frac{3}{13} X.$$

Подставив полученные смещения в (2), выразим искомую силу:

$$\text{Ответ: } F = \frac{kX}{13}.$$