Решения задач по физике
открытой межвузовской олимпиады школьников СФО «Будущее Сибири»
II (заключительный) этап, 2014–2015 учебный год

Каждая правильно решенная задача оценивается в 10 баллов.

Физика 8 класс

1. Маршрутное такси и автобус ходят по одному маршруту между конечными остановками А и Б. Расписание движения составлено таким образом, что в начале смены они одновременно выезжают с конечной остановки А и в конце смены одновременно возвращаются на неё. После начала смены автобус первый раз встречается с маршрутным такси, проехав 2/3 пути от остановки А до остановки Б. Сколько поездок туда-обратно совершает такси за смену, если автобус совершает на 4 таких поездки меньше? Движение транспорта считать равномерным, временем стоянок пренебречь.

Решение.

Пусть скорости движения автобуса и маршрутного такси равны соответственно $v_а$ и $v_т$. По условию задачи, к моменту первой встречи маршрутное такси преодолевает 1 + 1 – 2/3 = 4/3 пути от А до Б, а автобус — 2/3. Поэтому

$$\frac{v_т}{v_а} = \frac{\frac{4}{3}}{\frac{2}{3}} = 2. \qquad (1) \qquad \textbf{(4 б.)}$$

Пусть к концу смены такси совершает N поездок, тогда автобус совершит $N – 4$ поездки. Поскольку к концу смены они одновременно возвращаются на остановку А, то

$$\frac{v_т}{v_а} = \frac{N}{N-4}. \qquad (2) \qquad \textbf{(4 б.)}$$

Приравняв правые части (1) и (2), найдём

ответ: $N = 8$. **(2 б.)**

2. В термосе оставалось M =100 г горячего чая при температуре T = 80 °С. Кубики льда массой m = 20 г имеют температуру $T_к$ = –43 °С. В термос бросили N = 50 таких кубиков льда, и весь чай превратился в лёд. Чему равна температура $T_л$ получившегося льда? Теплоёмкость воды (чая) $c_в$ = 4 200 Дж/(кг·°С), льда — $c_л$ = 2 100 Дж/(кг·°С), теплота плавления льда λ = 336 кДж/кг. Теплоёмкостью термоса пренебречь.

Решение.

Сначала чай охлаждается до 0 °С, выделяя теплоту $c_в M\left(T - 0\,°\mathrm{C}\right)$, затем превращается в лёд, выделяя теплоту λM , и потом охлаждается до искомой температуры $T_л$, выделяя теплоту $c_л M\left(0\,°C - T_л\right)$, при этом вся выделившаяся теплота идёт на нагрев кусков льда до искомой температуры $T_л$, для чего потребуется теплота $c_л Nm\left(T_л - T_к\right)$.

Запишем уравнение теплового баланса

$$c_в M\left(T - 0\,°C\right) + \lambda M + c_л M\left(0\,°C - T_л\right) = c_л Nm\left(T_л - T_к\right) \qquad \textbf{(6 б.)*}$$

и выразим отсюда $T_л$:

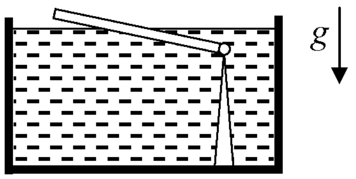
$$T_л = \frac{c_в MT + \lambda M + c_л NmT_к}{c_л\left(M + Nm\right)}. \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Подставив численные значения, получим

$$\textbf{ответ: } T_л = -10\,°C. \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Примечание:
*За каждое упущенное или неверно записанное (без учёта знака) слагаемое в уравнении теплового баланса вычитается 1 балл. За неверно расставленные знаки вычитаются 2 балла. Пропуск «0 °C» не считается ошибкой.

3. Тонкая палочка шарнирно прикреплена к вертикальной стойке в бассейне с водой, так что уровень воды немного выше шарнира. При этом палочка погружена в воду на 3/5 длины. На какую часть длины будет погружена палочка, если слить часть воды, так что уровень воды станет немного ниже шарнира?



Решение.

Пусть ρ_0 — плотность воды, ρ — плотность палочки, S — площадь её поперечного сечения, а l — её длина. Равенство моментов сил относительно шарнира в случае, когда уровень воды выше шарнира и палочка погружена на x = 3/5 длины, имеет вид:

$$\rho Slg \cdot \frac{l}{2}\cos\alpha = \rho_0 Sxlg \cdot \frac{xl}{2}\cos\alpha,$$

где α — угол наклона палочки к горизонту. Сокращая одинаковые множители, получаем:

$$\frac{\rho}{\rho_0} = x^2. \qquad (1) \qquad \textbf{(3 б.)}$$

В случае, когда уровень воды станет ниже шарнира, равенство моментов сил относительно шарнира примет вид:

$$\rho Slg \cdot \frac{l}{2}\cos\beta = \rho_0 Sylg \cdot l\left(1 - \frac{y}{2}\right)\cos\beta,$$

где β — угол наклона палочки к горизонту, y — искомая погруженная часть палочки.

Сокращая одинаковые множители, получаем:

$$\frac{\rho}{\rho_0} = y\cdot(2-y). \qquad (2) \qquad \textbf{(3 б.)}$$

Приравняв правые части (1) и (2), получим квадратное уравнение

$$y^2 - 2y + x^2 = 0, \qquad \textbf{(2 б.)}$$

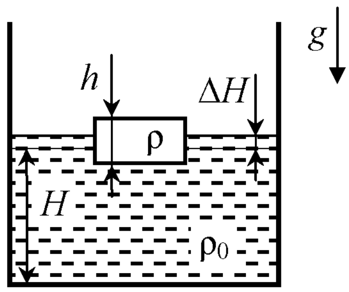
которое имеет два действительных корня

$$y = 1 \pm \sqrt{1-x^2}.$$

Исключив один из корней, не удовлетворяющий условию $y < 1$, и подставив $x = 3/5$, получим

ответ: $$y = 1 - \sqrt{1-x^2} = \frac{1}{5}. \qquad \textbf{(2 б.)}$$

4. Цилиндрический стакан до высоты H наполнен водой плотности ρ_0. Когда в него положили брусок плотностью ρ высотой h, уровень воды в стакане поднялся на ΔH. Каким будет уровень воды, если в стакан друг на друга поставить стопку таких брусков такой высоты, чтобы нижний коснулся дна?



Решение.

На плавающий брусок действуют сила тяжести $\rho S_б hg$ и сила Архимеда $\rho_0 S_с \Delta H g$, где $S_б$ и $S_с$ — площади поперечного сечения бруска и сосуда. Поскольку брусок находится в равновесии, эти силы должны уравновесить друг друга:

$$\rho S_б hg = \rho_0 S_с \Delta H g. \qquad (1) \qquad \textbf{(4 б.)}$$

Объём воды в сосуде равен $S_с H$. После того, как поставили стопку брусков, вся вода занимает пространство между брусками и стенками стакана, которое имеет сечение $(S_с - S_б)$ и искомую высоту H_x. Так как объём воды не изменился,

$$S_с H = (S_с - S_б) H_x. \qquad (2) \qquad \textbf{(4 б.)}$$

Решая систему уравнений (1) и (2) относительно неизвестной H_x, найдём:

ответ: $$H_x = \frac{H}{1 - \dfrac{\rho_0 \Delta H}{\rho h}}. \qquad \textbf{(2 б.)}$$