

ОЛИМПИАДА “БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ” 2024-2025
Физика, II тур

8 класс

1. (25 баллов) Из двух металлов разной плотности изготовили две пары тел: в одной паре равны массы тел, в другой – объемы тел. В каждой паре тело, изготовленное из металла большей плотности, нагрели до 300° , менее плотное тело – до 100° и привели тела в тепловой контакт. После установления теплового равновесия конечные температуры в парах оказались равными 225° и 250° . Чему равно отношение плотностей металлов?

Ответ. Отношение плотностей равно $9/5 = 1,8$.

Решение. Запишем условие теплового баланса для пары тел равной массы в виде

$$C_1 m (300^\circ - 225^\circ) = C_2 m (225^\circ - 100^\circ),$$

где через C_1 и C_2 обозначены удельные теплоемкости металлов большей и меньшей плотности соответственно, а через m – массы тел. Отсюда находим, что

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{125}{75} = \frac{5}{3}.$$

Запишем теперь уравнение теплового баланса для пары тел равного объема:

$$C_1 \rho_1 V (300^\circ - 250^\circ) = C_2 \rho_2 V (250^\circ - 100^\circ),$$

где через ρ_1 и ρ_2 обозначены плотности металлов ($\rho_1 > \rho_2$), а через V равные объемы тел. С учетом соотношения $C_1/C_2 = 5/3$ находим, что

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{9}{5} = 1,8.$$

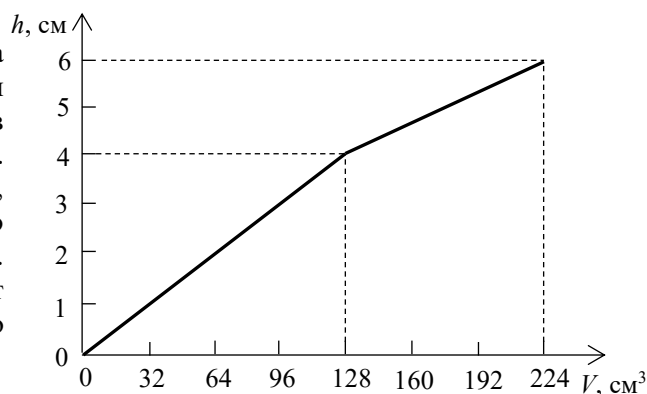
Заметим, что приписывание конечной температуры 225° паре тел равного объема, а 250° паре тел равной массы приводит к противоречию $\rho_1 < \rho_2$.

Разбалловка. Найдено отношение удельных теплоемкостей – 10 баллов.

Записано уравнение для тел равного объема – 10 баллов.

Найдено отношение плотностей – 5 баллов.

2. (25 баллов) На дно пустого цилиндрического сосуда поставили пластилиновый куб с длиной ребра 4 см и стали наливать воду. График зависимости уровня воды в сосуде h от объема налитой воды V приведен на рисунке. Затем из куба сделали кубики с длиной ребра 2 см, используя весь материал куба, положили их на дно того же (пустого) сосуда и снова стали наливать воду. Нарисовать график зависимости уровня воды в сосуде от объема налитой воды, считая, что воды налили столько же, что и в первом случае.



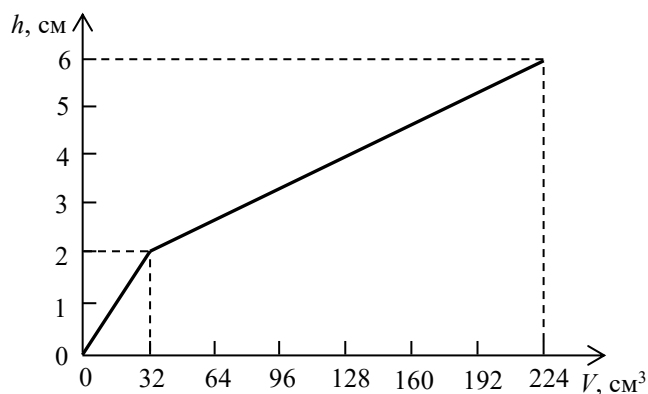
Ответ. См. рисунок.

Решение. Поскольку при изготовлении кубиков был использован весь материал куба, суммарный объем кубиков должен быть равен объему куба. Отсюда следует, что число кубиков равно 8. (Это можно понять также, мысленно разрезая куб на кубики.)

Из приведенного в условии графика найдем площадь дна сосуда. Для этого проще всего использовать участок 128–224 см³, который описывает заполнение сосуда, после того, как вода достигла уровня верхней грани куба. Поделив налитый после этого момента объем воды $224 - 128 = 96$ см³ на толщину слоя воды над кубом $6 - 4 = 2$ см, находим площадь дна $96 : 2 = 48$ см². Тот же результат можно получить, используя участок графика 0–128 см³. Поделив объем воды 128 см³ на толщину слоя воды 4 см, находим площадь основания водяного слоя $128 : 4 = 32$ см². Прибавив к этому значению площадь основания куба 16 см², находим площадь дна $32 + 16 = 48$ см².

Суммарная площадь оснований 8 кубиков равна $4 \cdot 8 = 32$ см², а оставшаяся свободной площадь дна сосуда равна $48 - 32 = 16$ см². Следовательно, для того, чтобы уровень воды в сосуде с 8 кубиками достиг высоты кубика (2 см), в сосуд нужно налить объем воды, равный $16 \cdot 2 = 32$ см³. Ставим соответствующую точку (32 см³, 2 см) на графике и соединяем ее прямой с началом координат (см. рис.).

Поскольку занимаемый 8 кубиками объем равен объему исходного куба, после наливания в сосуд всего объема воды (224 см³) уровень воды окажется на том же уровне 6 см, что и в случае с кубом. Ставим соответствующую точку (224 см³, 6 см) на графике и соединяем ее прямой с точкой (32 см³, 2 см).



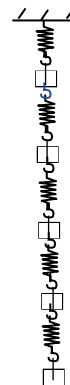
Разбалловка. Найдено число кубиков – 5 баллов.

Найдена площадь дна сосуда – 5 баллов.

Построен участок графика 0-32 см³ – 5 баллов.

Построен участок графика 32-224 см³ – 10 баллов.

3. (25 баллов) К штативу подвесили «гирлянду» из пяти одинаковых пружин и пяти одинаковых грузов (см. рис.). На сколько удлинилась гирлянда после подвешивания, если один груз при подвешивании на отдельной пружине растягивает ее на 1 см? Как нужно перераспределить грузы, чтобы растяжение гирлянды стало равным 10 см? Грузы можно прикреплять друг к другу и концам пружин. Нельзя прикреплять грузы непосредственно к штативу и промежуточным виткам пружин. Все грузы должны быть подвешены и все пружины растянуты.



Ответ. Гирлянда удлинилась на 15 см. К верхней пружине нужно подвесить 3 груза, к следующей сверху пружине – 1 груз и к нижней – 1 груз.

Решение. Самая верхняя пружина будет растягиваться весом пяти грузов, и ее удлинение составит 5 см, следующая – весом четырех грузов, ее удлинение составит 4 см и т.д. Удлинение все гирлянды находим как $5 + 4 + 3 + 2 + 1 = 15$ см.

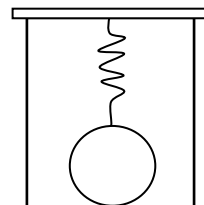
Если к нижней пружине подвесить два груза, то удлинение гирлянды составит предельные 10 см даже без подвешивания остальных грузов. Следовательно, к нижней пружине нужно подвесить только один груз. Растяжение верхней пружины при любом расположении грузов будет равно 5 см. Рассуждая подобным образом, находим, что к верхней пружине нужно подвесить 3 груза, к следующей сверху пружине – 1 груз и к нижней – 1 груз.

Разбалловка. Записан закон Гука в общем виде – 5 баллов.

Найдено удлинение гирлянды – 5 баллов.

Найдено новое распределение грузов – 15 баллов.

4. (25 баллов) Шар объемом 1 дм³ лежит на дне пустого цилиндра, не касаясь его стенок. Верхняя точка шара соединена растянутой пружиной с перекладкой сверху цилиндра (см. рис.). В сосуд начали наливать воду. Когда уровень воды достиг середины шара, длина пружины начала меняться. Когда растяжение пружины уменьшилось вдвое, ее длина перестала меняться при дальнейшем доливе воды. С какой силой шар давил на дно пустого сосуда? Чему равна масса шара? Плотность воды равна 1000 кг/м³, ускорение свободного падения считать равным 10 м/с².



Ответ. Шар давил на дно с силой 5 Н. Масса шара равна 1,5 кг.

Решение. Тот факт, что длина пружины начала меняться после достижения водой уровня середины шара означает, что шар перестал давить на дно в этот момент. При этом силу реакции, действующую на шар со стороны дна, заменила сила Архимеда, равная

$$F_{A1} = \rho_v \frac{V}{2} g = 5 \text{ Н}$$

(ρ_v – плотность воды, V – объем шара, g – ускорение свободного падения). Этому значению и была, очевидно, равна сила давления шара на дно.

Запишем условие равновесия шара в тот момент, когда вода достигла уровня середины шара, в виде

$$mg = F_{A1} + F_{\text{упр1}},$$

где m – масса шара, а $F_{\text{упр1}}$ – сила упругости, действующая на шар со стороны пружины. Запишем также условие равновесия шара в тот момент, когда растяжение пружины уменьшилось вдвое, в виде

$$mg = F_{A2} + F_{\text{упр2}},$$

где

$$F_{\text{упр2}} = \frac{1}{2} F_{\text{упр1}}$$

(вдвое меньшему растяжению пружины соответствует вдвое меньшая сила упругости). Из условия, что длина пружины перестает меняться следует, что в данный момент шар оказался погруженным в воду полностью, а значит,

$$F_{A2} = 2F_{A1}.$$

Из записанных четырех уравнений находим, что

$$m = \frac{3F_{A1}}{g} = 1,5 \text{ кг.}$$

Разбалловка. Найдена сила давления на дно – 5 баллов.

Записаны уравнения равновесия шара для двух моментов – по 5 баллов за уравнение.

Понято, что $F_{A2} = 2F_{A1}$ – 5 баллов.

Найдена масса шара – 5 баллов.