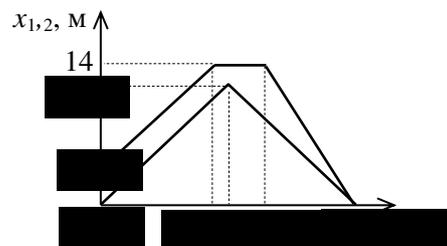


ОЛИМПИАДА “БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ” 2023-2024
Физика, II тур

ОТВЕТЫ, РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКИ

8 класс

1. (25 баллов) График зависимости от времени координат x_1 и x_2 двух тел, совершающих движение вдоль оси x , приведен на рисунке. На какое максимальное расстояние тела удаляются друг от друга? Чему равна максимальная скорость сближения тел?



Ответ. Максимальное расстояние равно 6 м. Максимальная скорость сближения тел равна 1 м/с.

Решение. Тела удаляются друг от друга со скоростью 1 м/с на интервале времени от 12 до 16 с. Максимальное расстояние достигается в момент $t = 16$ с и равно 6 м. Тела сближаются на участках от 10 до 12 с и от 16 до 24 с. Скорость сближения равна 1 м/с на участке $10 < t < 12$ с и $\frac{3}{4}$ м/с на участке $16 < t < 24$. Таким образом, наибольшая скорость сближения равна 1 м/с.

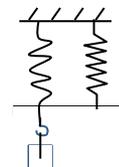
Разбалловка. Понято, на каком участке тела удаляются и найдена скорость удаления – 5 баллов.

Найдено максимальное расстояние – 5 баллов.

Понято, на каких участках тела сближаются и найдены скорости сближения – по 5 баллов за участок.

Найдена максимальная скорость сближения – 5 баллов.

2. (25 баллов) Проволоку навили на прут, выдерживая расстояния между витками одинаковыми, и разрезали на две части разной длины, получив две пружины. Пружины подвесили к потолку, прикрепили к ним снизу легкую планку с крючком под более короткой пружиной и повесили на крючок гирию массой 1 кг. При этом пружины оказались равной длины 10 см, а планка горизонтальной. Найти длины пружин в недеформированном состоянии, если жесткость более короткой пружины равна 500 Н/м. Найти жесткость более длинной пружины. Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с^2 .



Ответ. Длина более длинной пружины равна 10 см, более короткой 8 см. Жесткость более длинной пружины равна 400 Н/м.

Решение. Поскольку планка легкая, то момент действующей на нее силы тяжести относительно точки прикрепления более короткой пружины (гири) пренебрежимо мал. Следовательно, для

равновесия планки не должно быть момента силы со стороны более длинной пружины, т.е. эта пружина недеформирована. Отсюда получаем, что длина более длинной пружины в недеформированном состоянии равна 10 см. Растяжение более короткой пружины находим по закону Гука как $\Delta x = mg/k$, где $mg = 10$ Н – приложенная со стороны гири сила, а $k = 500$ Н/м² – жесткость пружины. Получаем $\Delta x = 2$ см. Таким образом, длина более короткой пружины в недеформированном состоянии равна $10 - 2 = 8$ см. Поскольку жесткости пружин обратно пропорциональны их длинам, находим жесткость более длинной пружины как $500 \cdot 8 : 10 = 400$ Н/м.

Разбалловка. Найдена длина более длинной пружины – 5 баллов.
 Найдена длина более короткой пружины – 10 баллов.
 Найдена жесткость более длинной пружины – 10 баллов.

3. (25 баллов) В откачанном от воздуха помещении стоит расширяющийся кверху сосуд (см. рис.). В первом случае в сосуд заливают 1 л масла с плотностью 0,8 плотности воды, а во втором – 0,5 л масла и 400 г воды. Как соотносятся давления жидкостей на дно сосуда в двух случаях: равны, больше в первом случае, во втором?

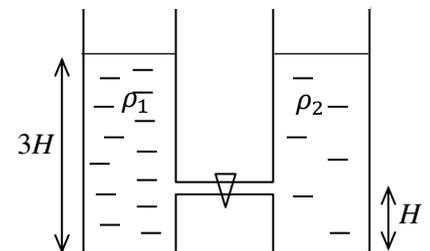


Ответ. Давление на дно будет больше во втором случае.

Решение. Если бы сосуд был цилиндрическим, то давление на дно было бы одним и тем же в обоих случаях, поскольку массы содержимого равны (по 800 г в каждом случае). Для сравнения двух случаев разделим условно масло в первом случае на два слоя (верхний и нижний) по 0,5 л каждый. Переход ко второму случаю означает, что нижний слой масла заменяют водой. Поскольку вода займет меньший объем (0,4 л), чем занимало масло, то уровень воды будет ниже уровня нижнего слоя масла. Однако в сужающемся книзу сосуде это понижение уровня будет меньше, чем было бы в цилиндрическом сосуде. Используя формулу $p = \rho gh$ для зависимости давления p в жидкости от глубины h (g – ускорение свободного падения), можно заключить, что вода будет оказывать большее давление на дно, чем оказывал нижний слой масла. Кроме того, из-за понижения уровня нижнего слоя жидкости при замене масла на воду верхний слой масла также опустится и попадет в более узкую часть сосуда. При этом толщина верхнего слоя возрастет, и следовательно, возрастет давление на его нижней границе. Оба указанных выше фактора приведут к повышению давления жидкости на дно сосуда.

Разбалловка. Указано, что массы содержимого одинаковы в двух случаях – 5 баллов.
 Записана общая формула $p = \rho gh$ – 5 баллов.
 Обосновано, что при замене нижнего слоя масла водой давление на дно
 возрастает – 5 баллов.
 Обосновано, что давление верхнего слоя масла на его нижней границе
 тоже возрастает – 5 баллов.
 Получен обоснованный ответ – 5 баллов.

4. (25 баллов) Два одинаковых цилиндрических сосуда стоят рядом на горизонтальном столе и соединены тонкой трубкой на высоте H (см. рис.). В начальном состоянии трубка перекрыта краном, а сосуды заполнены жидкостями с плотностями ρ_1 и ρ_2 ($\rho_1 > \rho_2$) до высоты $3H$. Какими станут уровни заполнения сосудов после открытия крана? Считать, что жидкости из сосудов не выливаются.



Ответ. При $\rho_2 < \rho_1 < 3\rho_2$ сосуд с более плотной жидкостью будет заполнен до уровня $H \frac{\rho_1 + 5\rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$, другой сосуд – до уровня $H \frac{5\rho_1 + \rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$. При $\rho_1 > 3\rho_2$ сосуд с более плотной жидкостью будет заполнен до уровня $\frac{3}{2} \left(1 + \frac{\rho_2}{\rho_1}\right) H$, другой сосуд – до уровня $\frac{3}{2} \left(3 - \frac{\rho_2}{\rho_1}\right) H$.

Решение. После открытия крана более плотная жидкость начнет перетекать в соседний сосуд и опускаться на его дно, вытесняя менее плотную жидкость вверх. Процесс будет продолжаться до тех пор, пока давления в сосудах на уровне соединительной трубки не выровняются. Обозначим высоту столба перетекшей жидкости через h . Возможны два случая: когда $h < H$ и $h > H$. В случае $h < H$ условие равенства давлений запишем в виде

$$\rho_1(2H - h) = \rho_2(2H + h),$$

откуда получаем

$$h = 2H \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$$

и находим уровни заполнения сосудов

$$3H - h = H \frac{\rho_1 + 5\rho_2}{\rho_1 + \rho_2}, \quad 3H + h = H \frac{5\rho_1 + \rho_2}{\rho_1 + \rho_2}.$$

Используя найденную формулу для h , из неравенства $h < H$ получаем условие применимости полученного решения $\rho_2 < \rho_1 < 3\rho_2$.

В случае $h > H$ условие равенства давлений запишем в виде

$$\rho_1(2H - h) = \rho_2 3H + \rho_1(h - H),$$

откуда получаем

$$h = \frac{3}{2} \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_1}\right) H$$

и находим уровни заполнения сосудов

$$3H - h = \frac{3}{2} \left(1 + \frac{\rho_2}{\rho_1}\right) H, \quad 3H + h = \frac{3}{2} \left(3 - \frac{\rho_2}{\rho_1}\right) H.$$

Данное решение справедливо при $\rho_1 > 3\rho_2$.

Разбалловка. Найденны уровни жидкостей при $\rho_1 < 3\rho_2$ – по 5 баллов за сосуд.
Найденны уровни жидкостей при $\rho_1 > 3\rho_2$ – по 5 баллов за сосуд.
Указано одно из условий $\rho_1 < 3\rho_2$ или $\rho_1 > 3\rho_2$ – 5 баллов.