

Курчатов-2020. Физика

Первый тур (условия и решения)

8 класс

Задача 1/1. В море плавает бутылка, закупоренная пробкой. Давление внутри бутылки 2 атм . На какой глубине пробка сможет пролезть в бутылку, если для этого потребуется преодолеть силу трения в 20 Н , а площадь сечения горлышка 2 см^2 ? Атмосферное давление возьмите равным 10^5 Па , плотность воды $1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Ответ: 20, 41 м. (Ответы 20, 4 и 20 засчитывались как правильные.)

Решение. На глубине на пробку действует сила, связанная с давлением воды и атмосферы $(p_{\text{атм}} + \rho_{\text{в}}gh) * S$, эта сила проталкивает пробку внутрь. В противоположную сторону действует сила, связанная с давлением внутри бутылки $2 * p_{\text{атм}} * S$, и сила трения.

Отсюда: $F_{\text{тр}} + 2p_{\text{атм}}S = p_{\text{атм}}S + \rho_{\text{в}}ghS$.

Выразим h и подставим данные из условия задачи. Ответ: 20, 41 м.

□

Задача 1/2. Бутылка, закупоренную пробкой, опускают в воду и на глубине 30 м пробка пролезает в бутылку. Давление внутри бутылки 2 атм. Чему равна максимальная сила трения между пробкой и бутылкой, если площадь сечения горлышка 3 см^2 ? Атмосферное давление возьмите равным 10^5 Па , плотность воды $1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Ответ: 58, 2 Н. (Ответ 58 Н засчитывался как правильный.)

Решение. На глубине 30 м на пробку действует сила, связанная с давлением воды и атмосферы $(p_{\text{атм}} + \rho_{\text{в}}gh) * S$, эта сила проталкивает пробку внутрь. В противоположную сторону действует сила, связанная с давлением внутри бутылки $2 * p_{\text{атм}} * S$, и сила трения.

Отсюда: $F_{\text{тр}} = p_{\text{атм}} + \rho_{\text{в}}ghS - 2p_{\text{атм}}S$.

Подставим данные из условия задачи. Ответ: 58, 2 Н. □

Задача 2/1. В алюминиевой кастрюле налита вода при температуре t_0 . Если в воду опустить кипятильник мощностью 1 кВт, то за время τ из нее выкипит одна десятая часть воды. А если опустить сразу два таких кипятильника, то за то же время выкипит одна третья часть. Найдите чему равна температура t_0 , если изначально в кастрюле было 5 литров воды. Теплоемкость кастрюли равна 0,9 кДж/С, удельная теплоемкость воды 4,2 кДж/кг•С, теплота парообразования 2,3 МДж/кг. Ответ дайте в градусах Цельсия, округлите до целых.

Ответ: 30.

Решение. Тепло отданное кипятильником идет на нагревание воды и кастрюли до температуры кипения и на испарение воды: $Pt = mC(100 - t_0) + m_k C_k(100 - t_0) + qm/10$, где P – мощность кипятильника, t – время его работы. Во втором случае $2Pt = mC(100 - t_0) + m_k C_k(100 - t_0) + qm/4$. Решая эту систему получим $t_0 = 30$ С □

Задача 2/2. В алюминиевой кастрюле налита вода при температуре t_0 . Если в воду опустить кипятильник мощностью 1 кВт, то за время τ из нее выкипит одна десятая часть воды. А если опустить сразу два таких кипятильника, то за то же время выкипит одна третья часть. Найдите сколько воды было в кастрюле, если $t_0 = 30^\circ\text{C}$. Теплоемкость кастрюли равна 0,9 кДж/С, удельная теплоемкость воды 4,2 кДж/кг•С, теплота парообразования 2,3 МДж/кг. Ответ дайте в граммах, округлите до целых.

Ответ: 4974

Решение. Аналогично 2/1. □

Задача 3/1. Как быстро (т. е. сколько оборотов в секунду) надо вращать педали велосипеда, чтобы ехать со скоростью 40 км/ч, если известно, что ведущая зубчатка имеет 48 зубцов, ведомая 14, и диаметр колес велосипеда равен 60 см? Ответ округлите до десятых.

Ответ: 1,7 об/с.

Решение. Приведем скорость велосипеда и диаметр колес к одной системе единиц измерения и разделим скорость на длину окружности колеса, получив при этом необходимую частоту вращения колес. Для данных в задаче:

$$\frac{40000(\text{м})}{3600(\text{с}) * 0.6(\text{м}) * \pi} \quad (1)$$

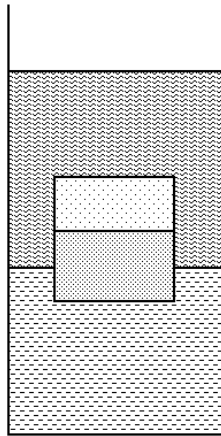
На один полный оборот колеса приходится 14/48 оборота педалей, поэтому для расчета необходимой частоты вращения педалей выражение (1) нужно умножить на $\frac{14}{48}$. □

Задача 3/2. Как быстро (т. е. сколько оборотов в секунду) надо вращать педали велосипеда, чтобы ехать со скоростью 30 км/ч, если известно, что ведущая зубчатка имеет 40 зубцов, ведомая 15, и диаметр колес велосипеда равен 60 см? Ответ округлите до десятых.

Ответ: 1,7 об/с.

Решение. Аналогично 3/1. □

Задача 4/1. В стакан с водой сверху долили масло. После того, как в стакан опустили твердый куб со стороной 9 см, уровень воды в стакане поднялся на 5 см, а куб остался плавать в стакане. Учитывая, что куб состоит из двух склеенных параллелепипедов, сделанных из двух видов пластика плотностью 900 кг/м³ и 1050 кг/м³ соответственно (см. рисунок), определите высоту параллелепипеда, сделанного из более легкого пластика. Плотность воды 1000 кг/м³, плотность масла 925 кг/м³. Стакан имеет квадратное сечение со стороной 10 см. Ответ укажите в сантиметрах и округлите до сотых.



Ответ: 4,41 см.

Решение. Пусть b - сторона квадрата в сечении стакана (в данной задаче - 10 см), a - сторона пластикового куба, а Δh - изменение уровня воды. На куб действует сила тяжести F_m , направленная вниз, сила Архимеда со стороны масла F_1 и сила Архимеда со стороны воды F_2 , направленные вверх. Уровень воды в стакане поднялся на $\Delta h = 5$ см, следовательно куб плавает на границе между маслом и водой. Объем части, погруженной в воду, равен $h_e a^2 = b^2 \Delta h$, где h_e - глубина погружения куба в воду. Отсюда $h_e = 6,1728$ Тогда

$$F_1 = g \rho_{\text{масла}} a^2 (a - h_e)$$

$$F_2 = g\rho_{\text{вода}}a^2h_в$$

. Сила тяжести куба складывается из сил тяжести двух кусков пластика:

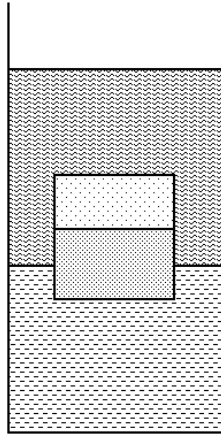
$$F_m = \rho_1 a^2 x g + \rho_2 a^2 (a - x) g,$$

где x - высота параллелепипеда из более легкого пластика с плотностью ρ_1 . Из условия плавания $F_m = F_1 + F_2$ находим

$$x = \frac{a(\rho_{\text{масла}} - \rho_2) + \Delta h \frac{b^2}{a^2}(\rho_в - \rho_{\text{масла}})}{\rho_1 - \rho_2}$$

Подставим значения и получим 4,41 см. □

Задача 4/2. В стакан с водой сверху долили масло. После того, как в стакан опустили куб со стороной 9 см, уровень воды в стакане поднялся, а куб остался плавать в стакане. Учитывая, что куб состоит из двух склеенных параллелепипедов, сделанных из двух видов пластика плотностью 900 кг/м^3 и 1050 кг/м^3 соответственно (см. рисунок), найдите на сколько сантиметров поднялся уровень воды в стакане. Плотность воды 1000 кг/м^3 , плотность масла 925 кг/м^3 . Стакан имеет квадратное сечение со стороной 10 см. Высота параллелепипеда, сделанного из более легкого пластика, равна 7 см. Ответ округлите до сотых.



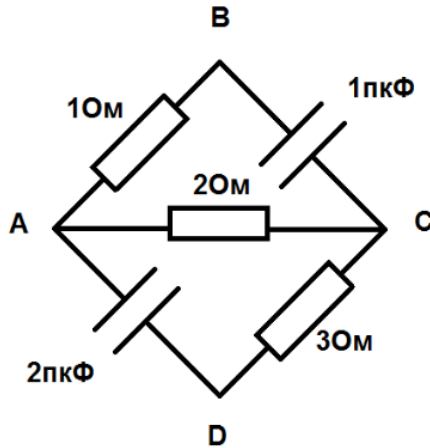
Ответ: 0,81 см.

Решение. Аналогично задаче 4/1.

$$\Delta h = \frac{a^2 x (\rho_1 - \rho_2) - a^3 (\rho_{\text{масла}} - \rho_2)}{b^2 (\rho_в - \rho_{\text{масла}})}$$

При подстановке значений получаем 0,81 см. □

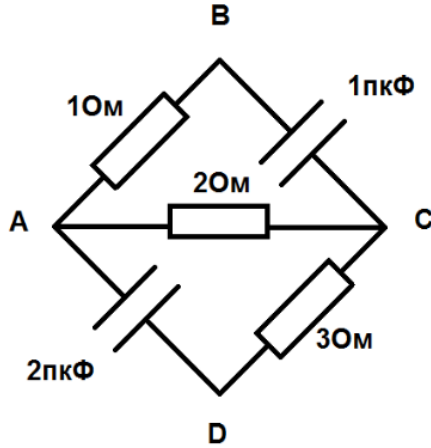
Задача 5/1. Как изменится заряд, запасенный в конденсаторах, если центральный резистор отсоединить от точек A и C и подсоединить к точкам B и D ? Напряжение приложенное к точкам A и C составляет 5 В. Ответ выразите в пкКл и округлите до сотых.



Ответ: $-5,83$ пкКл ($5,83$ засчитывался как правильный).

Решение. Когда центральный резистор подключен к точкам A и C , напряжение приложенное к конденсаторам одинаково и составляет 5 В. Поэтому запасенный заряд $Q_1 = 15$ пкКл. Когда центральный резистор подключен к точкам B и D , напряжение на правом конденсаторе равно $\frac{25}{6}$ В, на левом $\frac{15}{6}$ В. Тогда их суммарный заряд $Q_2 = \frac{55}{6}$ пкКл. Получаем, что заряд уменьшился на величину $5,83$ пкКл \square

Задача 5/2. К точкам A и C схемы на рисунке подключено напряжение 10 В. Как изменится абсолютное значение заряда, запасенного в конденсаторах, если переключить это к напряжению к точкам B и D ? Ответ выразите в пкКл и округлите до сотых.



Ответ: 8,33 пкКл.

Решение. Задача решается аналогично 5/1. □

Задача 6/1. Ко дну высокого аквариума с водой прикреплена невесомая пружина с жесткостью $k = 10 \text{ Н/м}$ и длиной 30 см (длина пружины дана в недеформированном состоянии). Сначала сверху к пружине прикрепляют алюминиевый шарик объемом 5 см^3 . Затем алюминиевый шарик меняют на другой алюминиевый шарик того же объема, в котором есть воздушная полость, занимающая 70% объема шарика. Определите разницу установившихся высот двух шариков над дном аквариума. Плотность алюминия 2700 кг/м^3 , плотность воды 1000 кг/м^3 , плотность воздуха $1,2 \text{ кг/м}^3$, ускорение свободного падения $g = 10 \text{ Н/кг}$. Ответ выразите в сантиметрах и округлите до сотых.

Ответ: 0,94 см. (0,95 см засчитывался)

Решение. На шарик действуют сила тяжести, сила Архимеда и сила упругости:

$$mg = \rho_{\text{воды}}gV_{\text{шарика}} + k(L_0 - L),$$

где L_0 - длина недеформированной пружины. Два шарика отличаются средней плотностью, поэтому силы тяжести для них различаются. Для первого шарика: $m_1g = \rho_{Al}V_{\text{шарика}}g$ Для второго шарика: $m_2g = (\rho_{\text{воздуха}}\alpha + (1 - \alpha)\rho_{Al})gV_{\text{шарика}}$, где α - доля воздуха в объеме шарика. Разница по высоте между двумя шариками:

$$L_2 - L_1 = \alpha g \frac{V_{\text{шарика}}}{k} (\rho_{Al} - \rho_{\text{воздуха}})$$

□

Задача 6/2. Ко дну высокого аквариума с водой прикреплена невесомая пружина с жесткостью $k = 10$ Н/м. Сначала сверху к пружине прикрепляют алюминиевый шарик объемом 125 см³. Затем алюминиевый шарик меняют на другой алюминиевый шарик того же объема, в котором есть воздушная полость. Известно, что разница установившихся высот двух шариков над дном аквариума равна 20 см. Определите, какую долю объема второго шарика занимает воздушная полость. Плотность алюминия 2700 кг/м³, плотность воды 1000 кг/м³, плотность воздуха $1,2$ кг/м³, ускорение свободного падения $g = 10$ Н/кг. Ответ выразите в процентах и округлите до десятых.

Ответ: 59,3 %

Решение. Задача решается аналогично 6/1. □