Олимпиада «Покори Воробьёвы горы!» по физике

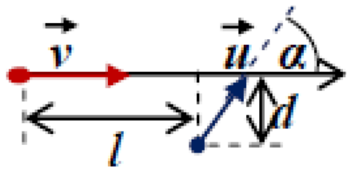
7–9 классы, 2024 год

Задание 1

Вопрос. Чему равна относительная скорость двух шариков, летящих со скоростями 5 м/с и 3 м/с, если угол между направлениями их движения равен 60°?

$\boxed{4{,}36 \text{ м/с}}$

Задача. Пилот космического корабля, летевшего прямолинейно со скоростью $v = 50$ км/с (в системе отсчета, связанной с Солнцем), заметил впереди крупный болид, летевший со скоростью $u = 25$ км/с, движущийся под углом $\alpha = 60°$ к курсу корабля. В момент обнаружения болид находился на расстоянии $d = 200$ км от ближайшей к нему точки курса корабля, а эта точка находилась на расстоянии $l = 350$ км от корабля (см. рисунок). На каком минимальном расстоянии друг от друга пройдут корабль и болид, если корабль не будет изменять свою скорость?



$\boxed{l_{\min} = \frac{l - d\sqrt{3}}{2} \approx 1795 \text{ м}}$

Задание 2

Вопрос. Что такое «насыщенный пар»? От чего зависит плотность насыщенного водяного пара?

Задача. В теплоизолирующем вертикальном цилиндре с гладкими стенками под теплоизолирующим поршнем находился насыщенный водяной пар с температурой 100 °C. С помощью специального приспособления в цилиндр, не нарушая теплоизоляции, добавили маленький кусочек льда с температурой 0 °C. На какое расстояние опустится поршень в процессе установления равновесия?

Известно, что, если бы этот кусочек льда растаял в этом цилиндре без поршня при нормальной температуре, то он создал бы на дне цилиндра слой воды толщиной $h = 0{,}2$ мм, и что давление над поршнем не изменялось. Используйте следующие данные: удельная теплота плавления льда при 0 °C $\lambda \approx 340$ кДж/кг, удельная теплоемкость воды $c_в = 4200$ Дж/(кг · °C), удельная теплота парообразования воды при 100 °C $r \approx 2260$ кДж/кг, плотность насыщенного водяного пара при 100 °C $\rho \approx 0{,}59$ кг/м^3, плотность жидкой воды $\rho_0 = 1000$ кг/м^3. Давление насыщенного водяного пара зависит только от его температуры и при 100 °C равно $p_0 \approx 101$ кПа.

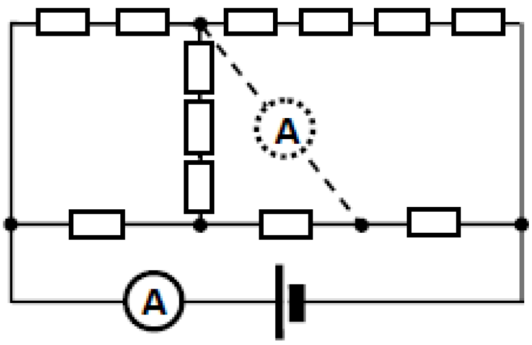
$\boxed{\Delta H \approx \frac{(\lambda + c\cdot\Delta t)\cdot\rho_0}{r\cdot\rho} h \approx 11 \text{ см}}$

Задание 3

Вопрос. Известно, что ЭДС источника постоянного тока равна $\mathscr{E} = (4{,}50 \pm 0{,}02)$ В, а его внутреннее сопротивление равно $r = (0{,}50 \pm 0{,}05)$ Ом. К этому источнику подключили амперметр, и он показал величину силы тока $I = (5{,}0 \pm 0{,}2)$ А. Определите внутреннее сопротивление амперметра и оцените ошибку Вашего результата.

$R_A \approx (0{,}40 \pm 0{,}09)$ Ом

Задача. Из 12 одинаковых резисторов и аккумулятора собрана схема, показанная на рисунке. У нас есть практически идеальный амперметр. Если подключить его непосредственно к аккумулятору, то он покажет силу тока $I_0 = 11$ А. Если включить его в схему так, как показано на рисунке, то его показания изменятся на $I = 1{,}1$ А. Определите показания амперметра после переноса его в положение, показанное пунктиром (ветвь с источником при этом не разрывается). Сопротивление соединительных проводов пренебрежимо мало.



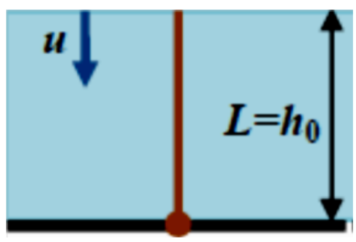
$I_A = \frac{1}{22} I_0 = 0{,}5$ А

Задание 4

Вопрос. Прочный (практически недеформируемый) стакан, находившийся в воздухе, перевернули вверх дном и опустили целиком в воду. Оказалось, что сила Архимеда больше силы тяжести, действующей на стакан с воздухом. Может ли быть, что при опускании на некоторую глубину сила Архимеда станет меньше этой силы тяжести? Ответ объяснить.

Может

Задача. В широкий сосуд с водой помещен тонкий стержень постоянного сечения из очень легкого материала — его плотность в $n = 9$ раз меньше плотности воды. Стержень шарнирно закреплен на дне сосуда (то есть он может без трения вращаться вокруг горизонтальной оси шарнира). Первоначально уровень воды в сосуде равнялся длине стержня, и стержень располагался вертикально. Затем уровень воды начали плавно (с постоянной скоростью u, которая значительно меньше скорости, которую набрал бы стержень, падая в отсутствие воды) понижать. Найдите закон изменения с течением времени угла отклонения стержня от вертикали $\alpha(t)$.



$$\alpha(t) = \begin{cases} 0, & t < \frac{2}{3}\frac{h_0}{u}; \\ \arccos\left[3\left(1 - \frac{ut}{h_0}\right)\right], & \frac{2}{3}\frac{h_0}{u} \leqslant t \leqslant \frac{h_0}{u}; \\ 90^\circ, & t > \frac{h_0}{u} \end{cases}$$