

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников
по физике 2020-2021 г.
9 Класс**

Задача 1

В тумане корабли, чтобы не столкнуться, подают сигнал другим кораблям гудком. Два корабля идут навстречу друг другу в проливе. Первый идёт со скоростью $v_1 = 18$ км/ч, а второй со скоростью $v_2 = 36$ км/ч. В какой-то момент времени первый корабль издаёт гудок. В это время между кораблями по радару было расстояние равное 4262 м. Капитан второго корабля услышав сигнал тут же ответил своим сигналом. Капитан первого корабля услышал ответный гудок второго корабля через t сек. Скорость звука $v_{зв} = 340$ м/с, и не зависит от скорости источника, посылающего сигнал. Найти расстояние между кораблями в момент приема ответного сигнала первым кораблем и полное время сигнала t . **(10 баллов)**

Решение:

Обозначим расстояние между кораблями в момент подачи сигнала ($t = 0$) через L и используем систему отсчета, в которой скорости кораблей равны v_1 и v_2 соответственно. Тогда встреча звукового сигнала и второго корабля состоится в момент времени: $t_1 = L / (v_2 + v_{зв})$. (2 балла)

В этот момент времени расстояние между кораблями будет равно:

$$S = L - (v_1 + v_2) t_1 = L \left(1 - \frac{v_1 + v_2}{v_2 + v_{зв}} \right) = L \cdot \frac{v_{зв} - v_1}{v_2 + v_{зв}} \quad (2 \text{ балла})$$

После подачи ответного сигнала вторым кораблём звук идет навстречу первому кораблю и через время t_2 его услышат на первом корабле:

$$t_2 = S / (v_1 + v_{зв}). \quad (2 \text{ балла})$$

Полное время будет равно:

$$t = t_1 + t_2 = \frac{L}{v_2 + v_{зв}} + \frac{L \left(\frac{v_{зв} - v_1}{v_2 + v_{зв}} \right)}{v_1 + v_{зв}} = 24 \text{ сек} \quad (2 \text{ балла})$$

Тогда получаем, что расстояние L_1 между кораблями в момент принятия ответного сигнала первым капитаном равно:

$$L_1 = L - (v_1 + v_2)t = 3902 \text{ м}. \quad (2 \text{ балла})$$

Задача 2

Архитектор, распечатал на 3D-принтере макет бетонной дамбы небольшой гидроэлектростанции из ABS пластика. Высота дамбы составляет $H = 22,4$ м, а высота макета всего $h = 21$ см. Плотность бетона $\rho_{бет} = 2,20$ г/см³, а плотность пластика $\rho_{пл} = 1,05$ г/см³. Во сколько раз дамба тяжелее макета?

(10 баллов)

Возможное решение:

Высота дамбы в $k=N/h=106,66$ раза больше макета. Значит, объём дамбы будет в k^3 раз больше объёма макета.

Отношение масс дамбы и макета тогда будет равно:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\rho_{бет}}{\rho_{пл}} k^3 = \frac{2,20}{1,05} \cdot 106,66^3 = 2542843,03 \approx 2,543 \text{ млн. раз.} \quad (10 \text{ баллов})$$

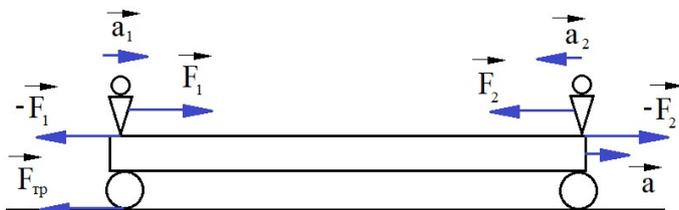
Задача 3

На горизонтальных рельсах стоит длинная тележка массой M . Коэффициент трения её колёс о рельсы равен μ . Два человека с массами m_1 и m_2 находятся на противоположных концах тележки. В некий момент времени они побежали навстречу друг другу с ускорениями a_1 и a_2 относительно земли

С каким ускорением будет двигаться при этом тележка?

(10 баллов)

Решение:



Пусть тележка движется в сторону движения первого человека ($F_2 > F_1$). Очевидно, что на каждого человека действует, кроме силы тяжести mg и нормальной реакции тележки, еще и сила трения F со стороны тележки, направленная в сторону движения человека.

Тогда имеем:

$$\begin{aligned} F_1 &= m_1 a_1 \\ F_2 &= m_2 a_2 \\ -F_1 + F_2 - \mu N &= Ma \end{aligned} \quad (3 \text{ балла})$$

$F_{тр} = \mu N$ – сила трения между рельсами и колёсами.

Поскольку $N = Mg + m_1 g + m_2 g$, то получаем:

$$Ma + m_1 a_1 - m_2 a_2 = -\mu(M + m_1 + m_2)g \quad (1) \quad (2 \text{ балла})$$

Из формулы (1) находим **модуль** ускорения:

$$a = \frac{m_2 a_2 - m_1 a_1 - \mu(M + m_1 + m_2)g}{M} \quad (2 \text{ балла})$$

Аналогично для случая $F_2 < F_1$. В формуле поменяются знаки перед $m_1 a_1$.

Эта формула верна, если

$$|m_2 a_2 - m_1 a_1| > \mu(M + m_1 + m_2)g$$

В противоположном случае $a = 0$ и $F_{тр} \leq \mu N$ – трение покоя. (3 балла)

Задача 4

В калориметре находится металл галлий **Ga** массой $m=100$ г при температуре его плавления $t_{пл}=29,8$ °С. Медленным охлаждением без внешних воздействий его охладили на 10 °С, при этом галлий удалось оставить жидким. Когда такой переохлаждённый металл стали перемешивать палочкой, то он частично перешёл в твердое состояние. Найти массу отвердевшего галлия и

установившуюся в калориметре температуру, если удельная теплота плавления галлия $\lambda=80$ кДж/кг, удельная теплоемкость жидкого галлия $c=410$ Дж/(кг·°С). Теплоёмкостью калориметра и палочки можно пренебречь.

(10 баллов)

Решение:

При переходе в твёрдое состояние будет выделяется теплота кристаллизации, что повышает температуру галлия вплоть до его температуры плавления $t_{пл}=29,8$ °С, так как только при этой температуре жидкий и твёрдый галлий находятся в равновесии.

(5 балла)

Количество теплоты кристаллизации массы m_1 галлия равно λm_1 . Эта теплота идёт на нагревание всего металла до температуры плавления:

$$Q = c \cdot m_1 (t_{пл} - t). \quad (2 \text{ балла})$$

$$\text{Т.е. получаем: } m_1 = c \cdot m (t_{пл} - t) / \lambda \approx 5,1 \text{ гр.} \quad (3 \text{ балла})$$

Задача 5

Два одинаковых разноименно заряженных металлических шара расположены на небольшом расстоянии друг от друга. Как изменится сила их взаимодействия, если изменить знак заряда одного из шаров? Поясните ответ.

(10 баллов)

Решение:

Мы имеем дело с металлическими шарами (проводниками), поэтому если бы шарики были точечными зарядами или $R \gg r$, где R - расстояние между телами, а r - размеры шаров то при любом знаке зарядов по закону Кулона $F_{кул} = k \cdot q_1 \cdot q_2 / R^2$.

(2 балла)

Однако, если учитывать размеры шаров, (т.е. заряды не точечные), то при разноимённых зарядах заряды на этих шарах будут перераспределены на ближние поверхности из-за взаимного притяжения. Фактически расстояние между зарядами уменьшается, и кулоновская сила будет больше, чем если бы это были два точечных заряда. Т.е. $F_1 > F_{кул}$.

(2 балла)

При одноимённых зарядах заряды на этих шарах будут перераспределены на дальние поверхности из-за взаимного отталкивания. Фактически расстояние между зарядами увеличивается, и кулоновская сила будет меньше, чем если бы это были два точечных заряда. Т.е. $F_2 < F_{кул}$.

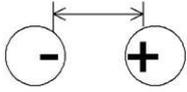
(2 балла)

Таким образом из-за того что $R_1 < R_2$ и так как $F \sim 1/R^2$ отсюда следует, что:

$$F_2 < F_1. \quad (2 \text{ балла})$$

В итоге, сила притяжения станет силой отталкивания, и станет меньше по величине. (2 балла)

Рисунок



Примечание: если в решении указано, что сила просто меняет направление, то оценка не более 2-3 баллов.

