

11 класс

**Задача 1. Колебания спицы**

На концах лёгкой спицы длины  $L$  закреплены два одинаковых маленьких металлических шарика (рис. 10). Спицу поставили на подставку ширины  $l \ll L$  так, что её середина оказалась над серединой подставки, и отклонили на небольшой угол  $\varphi_0 \ll 1$ . Определите период малых колебаний спицы, если при переходе спицы с одного ребра на другое потери энергии пренебрежимо малы, а спица от подставки не отрывается и не проскальзывает.

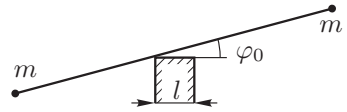


Рис. 10

**Задача 2. Трое в поле, не считая конденсатора**

Из одного куска проволоки спаяна плоская фигура (рис. 11), состоящая из трёх квадратов со стороной  $a$ . В один из отрезков проволоки впаян небольшой по размерам конденсатор ёмкости  $C$ . Конструкция находится в однородном магнитном поле  $\vec{B}$ , которое перпендикулярно плоскости фигуры и увеличивается с постоянной скоростью  $dB/dt = k > 0$ . Сопротивление куска проволоки длины  $a$  равно  $r$ . Для установившегося режима определите:

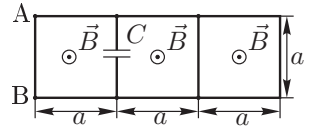


Рис. 11

1. силу и направление тока в отрезке АВ;
2. заряд на конденсаторе  $Q$  и знак зарядов на обкладках;
3. количество теплоты  $W$ , выделяющееся в цепи за время  $\tau$ .

**Задача 3. Восстановление линзы**

Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли оптическую схему, на которой были изображены идеальная тонкая линза, предмет и его изображение. Из текста следует, что предмет представляет собой стержень длины  $l$  с двумя точечными источниками на концах. Стержень и главная оптическая ось находились в плоскости рисунка, а также стержень не пересекал плоскость линзы. От времени чернила выцвели и на рисунке остались видны лишь сами источники и их изображения, причём неизвестно, какая из четырёх точек чему соответствует. Интересно, что эти точки располагаются в вершинах и в центре равностороннего треугольника (рис. 12).

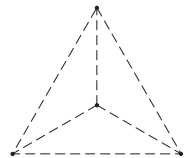


Рис. 12

1. Определите, самому предмету или его изображению принадлежит точка в центре треугольника.
2. Восстановите оптическую схему (предмет, изображение, линзу, её главную оптическую ось, фокусы) с точностью до поворота рисунка на  $120^\circ$  и отражения.
3. Найдите фокусное расстояние линзы.

*Примечание.* Линза называется идеальной, если любой пучок параллельных лучей фокусируется в фокальной плоскости.

**Задача 4. Давление газировки**

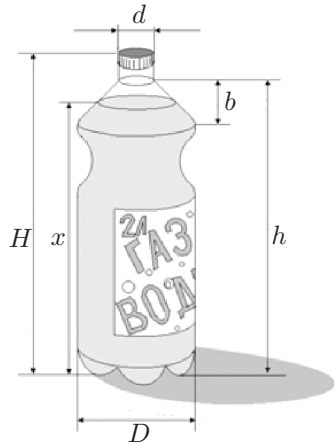


Рис. 13

На заводе воду в бутылках (рис. 13) обезгаживают (извлекают растворённый воздух), газуют углекислым газом до насыщения при температуре  $t_1 = 4^\circ\text{C}$  и давлении  $p_1 = 150$  кПа, а затем герметично закрывают и отправляют на склад, где температура воздуха согласно условиям хранения не превышает  $t_2 = 35^\circ\text{C}$ . Пренебрегая изменением объёма жидкости и бутылки, определите:

1. минимальный объём надводной части  $V_0$ , если максимальное давление в бутылке при хранении  $p_2 = 370$  кПа;
2. уровень  $x$ , до которого на заводе наливают воду, соответствующий этому объёму.

Масса воды в бутылке  $m_v = 2$  кг, молярная масса углекислого газа  $\mu = 44$  г/моль.

*Геометрические размеры бутылки:*  $d = 3$  см,  $b = 10$  см,  $h = 27$  см,  $H = 30$  см,  $D = 13$  см.

*Примечание.* Считайте, что растворимость газов  $\sigma$  при постоянной температуре пропорциональна их парциальному давлению над жидкостью (закон Генри), а график зависимости растворимости углекислого газа в воде от температуры при его парциальном давлении  $p_0 = 100$  кПа дан на рисунке 14. Парциальным давлением паров воды в данном диапазоне температур можно пренебречь. Растворимость  $\sigma$  — масса газа (в граммах), растворённого в 1 кг жидкости.

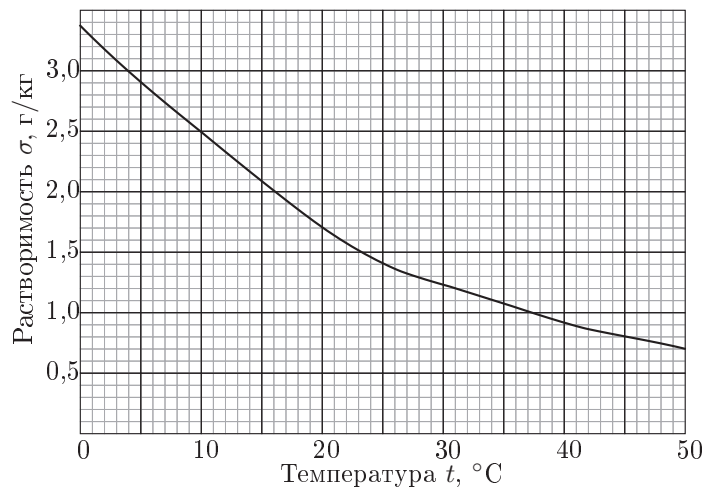


Рис. 14

**Задача 5. Неисправная ракета**

Лейтенант-экспериментатор Глюк проводил свои исследования на военном полигоне с новыми сигнальными ракетами, которые во время полёта с постоянной скоростью  $v$  издают звук постоянной частоты  $f_0$ , при помощи датчиков частоты. Скорость звука на полигоне  $c = 330$  м/с.

1. Какой частоты звук будет принимать датчик, если ракета летит строго на него?
2. Какой частоты звук будет принимать датчик, расположенный на большом удалении от летящей ракеты, если угол между скоростью ракеты и направлением на датчик равен  $\varphi$ .
3. Проводя исследования лейтенант-экспериментатор Глюк случайно выпустил неисправную сигнальную ракету, которая стала летать вдоль поверхности полигона на малой высоте с той же постоянной скоростью  $v$  по кругу радиуса  $r$ . Ракету успешно нейтрализовали, а лейтенант-экспериментатор обратил внимание на графики самописца, который записывал зависимость частоты звука от времени у двух датчиков 1 и 2, расположенных на полигоне. Используя полученные графики (рис. 15), помогите лейтенант-экспериментатору Глюку определить расстояние  $L$  между этими датчиками.

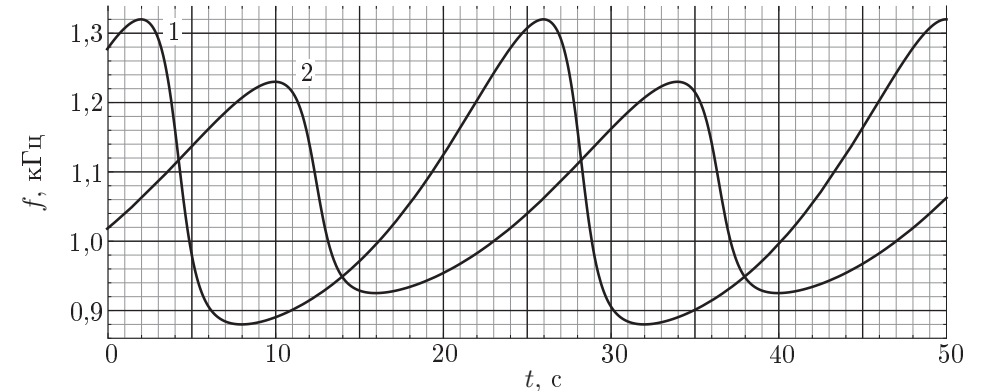


Рис. 15