

# Всероссийская олимпиада школьников по физике

9 класс, заключительный этап, 2016/17 год

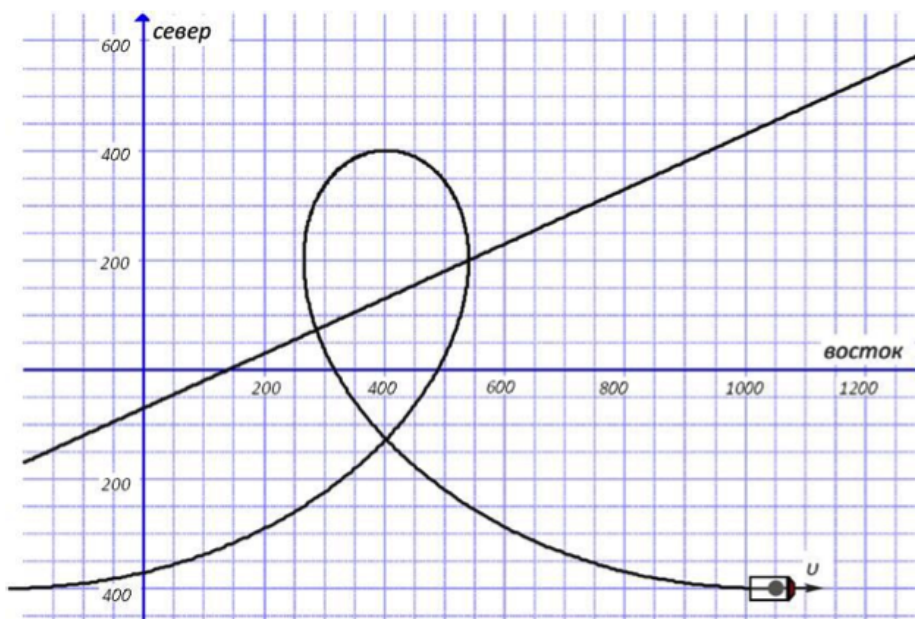
ЗАДАЧА 1. В безветренную погоду на озере была проведена серия испытаний радиоуправляемой модели катера с бензиновым двигателем, в ходе которых выяснилось, что при скорости  $v_1 = 5,00$  км/ч путевой расход топлива составляет  $\lambda_1 = 20,0$  г/км, а при скорости  $v_2 = 15,0$  км/ч расход равен  $\lambda_2 = 40,0$  г/км. Запас топлива на борту модели  $M = 100$  г.

- Выведите зависимость путевого расхода топлива  $\lambda$  от скорости  $v$ .
- Какое максимальное время  $\tau_x$  может работать двигатель у неподвижной модели?
- При какой скорости модели  $v_0$  путевой расход топлива минимален и каково его значение  $\lambda_0$ ? Полученные результаты должны быть найдены с погрешностью, не превышающей 1%.
- На какое максимальное расстояние  $L_0$  и за какое время  $\tau_0$  сможет уплыть модель?
- Какого значения  $\tau_1$  может принимать время прохождения моделью расстояния  $L_1 = 3$  км?

*Примечание.* Считайте, что при работе двигателя массовый расход топлива  $\mu$  (г/с) **линейно** зависит от мощности силы сопротивления, а сила сопротивления **пропорциональна** скорости модели относительно воды. Модель движется равномерно, и при любой скорости её осадка не меняется.

См. конспект

ЗАДАЧА 2. При проведении аэрофотосъёмки была получена фотография, на которой видны два шлейфа дыма от паровозов (рис.). Одной клетке на фотографии соответствует 50 м на местности.



Известно, что один паровоз двигался равномерно по кольцевой ветке железной дороги, а другой — с такой же скоростью по прямой. Определите:

- направление скорости ветра;
- радиус  $R$  кольцевой железной дороги;
- отношение скорости паровоза  $v$  к скорости ветра  $u$ ;
- направление прямой железнодорожной ветки (выполнить построения с помощью циркуля и линейки).

На заводе:  $R = 400 \text{ м}; v/u = 2$

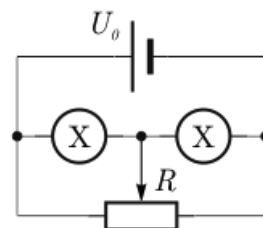
**ЗАДАЧА 3.** Сопротивление  $R$  спирали зависит от температуры по закону  $R = R_0 + \alpha(t - t_0)$ , где  $t$  — температура спирали,  $R_0 = 10 \text{ Ом}$ ,  $\alpha = 40,0 \cdot 10^{-3} \text{ Ом/}^\circ\text{C}$ ,  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ . На спираль подаётся напряжение  $U = 220 \text{ В}$ , и за время  $\tau_1 = 100 \text{ мкс}$  она нагревается от  $t_0$  до  $t_1 = 80^\circ\text{C}$ .

- До какой температуры  $t_2$  нагреется спираль за время  $\tau_2 = 334 \text{ мкс}$  от момента включения?
- Определите теплоёмкость спирали.

При данных температурах и временах излучением и теплоотдачей можно пренебречь.

$\tau_2 = 881 \text{ с}; C = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/}^\circ\text{C}$

**ЗАДАЧА 4.** Электрическая цепь состоит из двух одинаковых нелинейных элементов  $X$ , потенциометра, сопротивление между неподвижными контактами которого  $R = 100 \text{ Ом}$ , и идеальной батарейки с напряжением  $U_0 = 10 \text{ В}$  (верхний рисунок). Вольт-амперная характеристика элемента  $X$  приведена на нижнем рисунке.



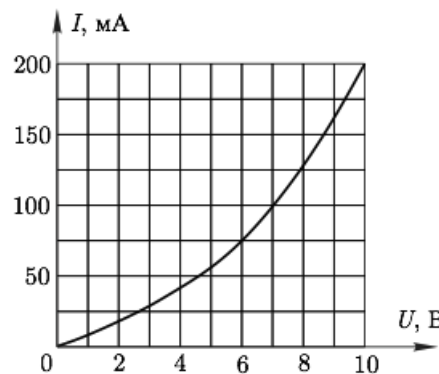
Определите:

1) Суммарную мощность, выделяющуюся на двух нелинейных элементах, при крайних положениях движка потенциометра.

2) Суммарную мощность, выделяющуюся на двух нелинейных элементах, при положении движка потенциометра в центре.

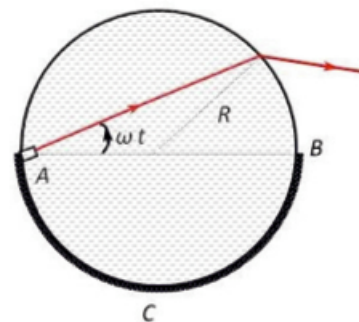
3) Минимальную суммарную мощность, выделяющуюся на двух нелинейных элементах. При каких положениях движка потенциометра эта мощность достигается? Ответ обоснуйте.

4) Суммарную мощность, выделяющуюся на двух нелинейных элементах, при положении движка потенциометра, в котором сопротивление его левого плеча равно  $25 \text{ Ом}$ .



1)  $P_1 = 2,00 \pm 0,02 \text{ Вт}; 2) P_2 = 0,60 \pm 0,03 \text{ Вт}; 3) P_{\text{min}} = 0,7 \pm 0,1 \text{ Вт}; 4) P = 0,7 \pm 0,1 \text{ Вт}$

ЗАДАЧА 5. Внутри стеклянного тонкостенного цилиндрического сосуда радиуса  $R$  вблизи его стенки в точке  $A$  расположен микролазер, размеры которого гораздо меньше  $R$ . Сосуд заполнен водой, а снаружи находится воздух. Половина внутренней поверхности сосуда, соответствующая дуге  $ACB$ , зачернена и поглощает свет. Изначально луч лазера направлен в точку  $B$ .



Лазер начинает вращаться с постоянной угловой скоростью  $\omega$  против часовой стрелки в плоскости рисунка вокруг оси, проходящей через точку  $A$  (рис.). Показатель преломления воды  $n = 4/3$ .

- Через какое время  $\tau$  луч перестанет выходить из сосуда?
- Чему будет равна скорость «зайчика» на зачернённой поверхности цилиндра в момент времени  $1,5\tau$  от начала движения?

*Примечание.* Вам может потребоваться закон Снелла:  $n_1 \sin \varphi_1 = n_2 \sin \varphi_2$ , где  $n_1$  и  $n_2$  — показатели преломления в первой и второй среде,  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  — углы падения и преломления.

$$\tau = \frac{R}{\omega} \arcsin \frac{\omega}{n} = \tau$$

### Ответ к задаче 1

- $\lambda = \alpha v + \frac{\mu_0}{v}$ , где  $\alpha = \frac{\lambda_1 v_1 - \lambda_2 v_2}{v_1^2 - v_2^2} = 2,5 \frac{\text{Г}\cdot\text{ч}}{\text{км}^2}$ ,  $\mu_0 = \frac{v_1 v_2 (v_1 \lambda_2 - v_2 \lambda_1)}{v_1^2 - v_2^2} = 37,5 \frac{\text{Г}}{\text{ч}}$ ;
- $\tau_x = \frac{M}{\mu_0} = 160$  мин;
- $v_0 = 3,87$  км/ч,  $\lambda_0 = 19,4$  Г/км;
- $L_0 = \frac{M}{\lambda_0} = 5,2$  км,  $\tau_0 = \frac{L_0}{v_0} = 80$  мин;
- $15 \text{ мин} \leq \tau_1 \leq 145 \text{ мин}$ .