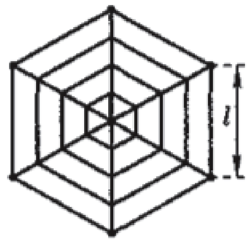
# Всероссийская олимпиада школьников по физике

## 11 класс, федеральный окружной этап, 2005/06 год

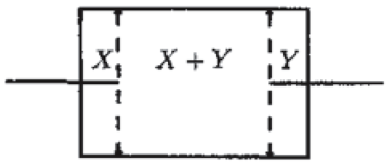



Задача 1. Паук сплёл паутинку в виде правильного шестиугольника со стороной $l = 45$ см (рис.) и закрепил крайние точки радиальных нитей радиусом $r = 0{,}01$ мм так, что сила их натяжения оказалась равна $F_0 = 6$ мН. Считайте деформации паутины упругими, а её модуль Юнга $E = 2 \cdot 10^8$ Па. При относительном удлинении, превышающем $\varepsilon_{\max} = 0{,}2$, нить паутины рвётся.

1) Найдите максимальную массу $M$ мухи, которая, попав в паутину, не порвёт её, если скорость мухи $v = 2$ м/с. Считайте, что муха попадает в центр паутины перпендикулярно её плоскости.

2) В центр паутины попалась муха массой $m = 0{,}1$ г. Найдите период $T$ малых колебаний мухи вдоль перпендикуляра к плоскости паутины. Попав в паутину, махать крыльями муха не может.

1) $M = \frac{6\pi r^2 El}{v^2}\left(\varepsilon^2_{\max} - \left(\frac{F_0}{\pi r^2 E}\right)^2\right) \approx 1{,}3$ г; 2) $T = 2\pi\sqrt{\frac{ml}{6F_0}} \approx 0{,}22$ с




Задача 2. В цилиндре, температура $T$ которого поддерживается постоянной, находятся $\nu_X$ молей идеального газа $X$ и $\nu_Y$ молей идеального газа $Y$. В цилиндр вдвинуты два полупроницаемых поршня (рис.), первый из которых пропускает только молекулы газа $X$, а второй — только молекулы газа $Y$. В начальный момент времени поршни расположены так, что они касаются друг друга и чистые вещества $X$ и $Y$ занимают объёмы $V_{X0}$ и $V_{Y0}$. Поршни начинают медленно раздвигать, и в конце процесса образуется смесь газов $X$ и $Y$ объёма $V_{X0} + V_{Y0}$. Какая суммарная работа $A$ совершается газами в данном процессе?

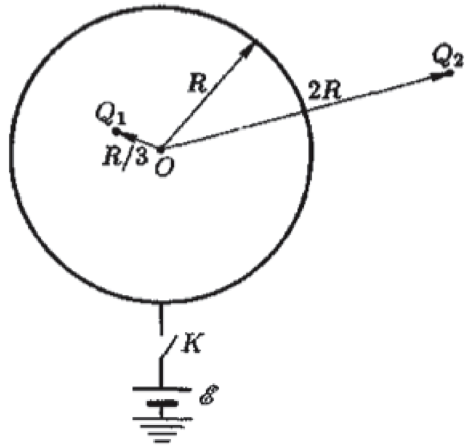
*Примечание.* Площадь криволинейной трапеции, ограниченной графиком функции $y = 1/x$ и прямыми $y = 0$, $x = x_1$ и $x = x_2$, составляет $S(x_1, x_2) = \ln \frac{x_2}{x_1}$.

$A = \nu_X RT \ln \frac{V_{X0}+V_{Y0}}{V_{X0}} + \nu_Y RT \ln \frac{V_{X0}+V_{Y0}}{V_{Y0}}$

Задача 3. Найдите скорость $u$ уменьшения радиуса $R$ мыльного пузыря при его сдувании через трубку радиусом $r \ll R$. Объём трубки пренебрежимо мал по сравнению с объёмом пузыря, воздух в пузыре можно считать неподвижным. Коэффициент поверхностного натяжения мыльного раствора $\sigma$. Считайте, что при истечении из пузыря воздух ведёт себя как идеальная невязкая несжимаемая жидкость плотностью $\rho$.

$u = \frac{r^2}{R^{5/2}}\sqrt{\frac{\sigma}{2\rho}}$

Задача 4. Внутри тонкостенной незаряженной проводящей сферы радиусом $R$ находится точечный заряд $Q_1$ на расстоянии $R/3$ от центра сферы $O$ (рис.). Снаружи сферы находится точечный заряд $Q_2$ на расстоянии $2R$ от центра сферы. Сфера расположена на расстоянии от Земли значительно большем $R$ и соединена с Землёй через источник с ЭДС $\mathscr{E}$ и ключ $K$. Потенциал Земли примите равным нулю.

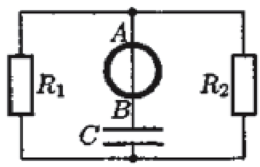



1) Найдите потенциал $\varphi$ в центре сферы при разомкнутом ключе $K$.

2) Найдите заряд $Q$ сферы после замыкания ключа $K$ и наступления равновесия.

$\boxed{1)\ \varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 R}\left(3Q_1 + \frac{Q_2}{2}\right);\ 2)\ Q = 4\pi\varepsilon_0 R\mathscr{E} - Q_1 - \frac{Q_2}{2}}$

Задача 5. Электрическая цепь состоит из двух резисторов сопротивлениями $R_1$ и $R_2$ и конденсатора ёмкостью $C$ (рис.). Участок $AB$ провода проходит вдоль диаметра одного из витков длинного соленоида, сила тока в котором линейно растёт со временем. Найдите заряд $q$ конденсатора в установившемся режиме, если ток в резисторе $R_1$ при этом равен $I_1$.




$\boxed{q = \frac{1}{2}CI_1|R_1 - R_2|}$