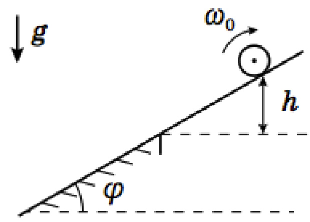
Всероссийская олимпиада школьников по физике

11 класс, заключительный этап, 2017/18 год



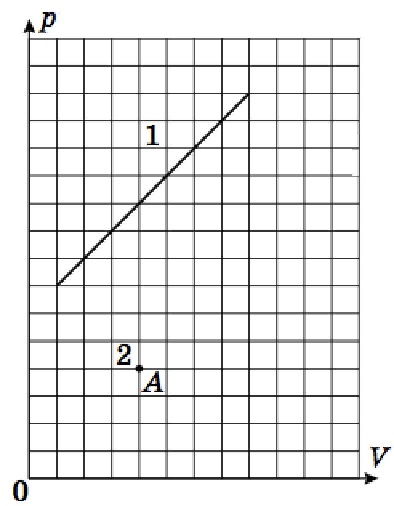
Задача 1. Верхняя часть наклонной плоскости гладкая, нижняя — шероховатая. На верхнюю часть кладут тонкостенную цилиндрическую трубу, вращающуюся вокруг своей оси с угловой скоростью ω_0, и отпускают. В начальный момент ось цилиндра неподвижна, а линия касания трубы с плоскостью находится на высоте $h = 10$ см над границей раздела гладкого и шероховатого участков. Коэффициент трения между трубой и шероховатой поверхностью $\mu = 0{,}1$. Радиус цилинда равен $R = 5$ см. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2.

1) Считайте, что ω_0 велико. При каком угле $\varphi = \varphi_m$ труба вернётся в начальное положение за минимальное время?

2) Найдите это минимальное время $t_{\min}$.

3) Пусть $\varphi = \varphi_m$. При каких ω_0 труба вернётся в начальное положение?

1) $\varphi_m = 0{,}05$; 2) $t_{\min} = 11{,}3$ с; 3) $\omega_0 \geqslant \frac{5\sqrt{2gh}}{R} = 140$ рад/с

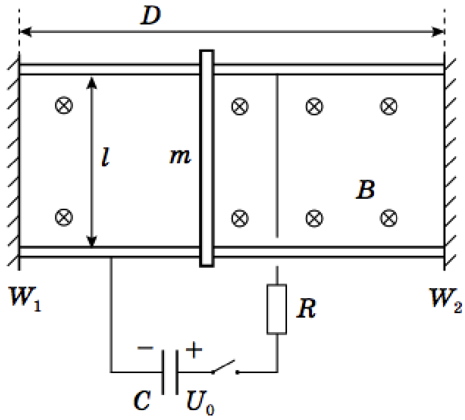


Задача 2. В архиве лорда Кельвина нашли цилиндр с одним молем идеального одноатомного газа. Лорд Кельвин проводил с ним два процесса и изобразил их на pV-диаграмме. Чернила, разумеется, выцвели. От первого процесса уцелела часть графика — отрезок прямой, а от графика второго процесса, как обычно, сохранилась единственная точка A. Из поясняющих записей следовало, что в этих процессах при равных температурах теплоёмкости совпадали. Восстановите график зависимости давления p от объёма V для второго процесса.

отрезок из точки $(2;3{,}5)$ в точку $(16;7)$

Задача 3. В далёком космосе есть планета, состоящая полностью из воды. Известно,что глубоководные обитатели изнутри могут обозревать всё пространство вокруг тогда и только тогда, когда находятся на расстоянии не более чем $x = 3000$ км от центра планеты. Местные жители решили запустить спутник. С какой скоростью он должен двигаться на самой низкой возможной орбите? Показатель преломления воды $n = 4/3$, плотность воды $\rho = 1000$ кг/м^3, гравитационная постоянная $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ Н $\cdot$ м^2/кг^2. Планета не вращается вокруг своей оси, волн на её поверхности не бывает, воду можно считать несжимаемой.

$v = nx\sqrt{\frac{4}{3}\pi G\rho} = 2{,}1$ км/с

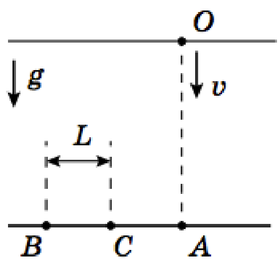


Задача 4. По двум горизонтальным проводящим рельсам может скользить без трения металлическая перемычка массой m (см. рис.). Расстояние между рельсами l. Движение перемычки ограничено двумя непроводящими жёсткими вертикальными стенками W_1 и W_2, находящимися на расстоянии D друг от друга. К рельсам через ключ K последовательно подключены заряженный до напряжения U_0 конденсатор ёмкости C и резистор сопротивления R. Перпендикулярно плоскости рельсов включено вертикальное однородное магнитное поле с индукцией B, такое, что $m > B^2l^2C$ и $DBl \gg RCU_0$. В момент, когда ключ замкнули, перемычка покоилась посередине между стенками. Определите:

1) с какой стенкой произойдёт первое столкновение перемычки;
2) скорость v_1 перед первым столкновением;
3) скорость v_n перед n-м столкновением.

Все столкновения перемычки со стенками абсолютно упругие.

$\boxed{v_1 = \frac{CU_0Bl}{m+B^2l^2C};\ v_n = v_1\left(\frac{m-B^2l^2C}{m+B^2l^2C}\right)^n}$



Задача 5. Из точки O на поверхности воды в реку бросают одинаковые маленькие металлические шарики (см. рис.). Отпущенный без начальной скорости шарик упал на дно в точке B, а шарик, запущенный вертикально вниз с известной скоростью v — в точку C. Расстояние $BC = L$. Найдите горизонтальную составляющую u_x скорости второго шарика при ударе о дно. Считайте, что при движении на шарик со стороны воды действует сила, прямо пропорциональная скорости движения шарика относительно воды и направленная против этой скорости. Скорость течения не зависит от глубины, а дно горизонтально. Силу Архимеда не учитывать.

$\boxed{u_x = \frac{gL}{v}}$