

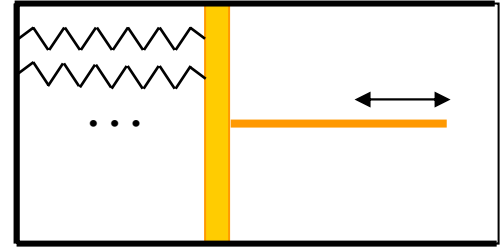
**ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
«ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ – 2011!»**

**Заочный тур.**

**ФИЗИКА. 11 класс**

1. («Эксперимент с линзой») Один любознательный школьник решил определить высоту расположения над полом нити тонкостенной лампы, подвешенной под потолком. В его распоряжении были: тонкая линза неизвестной оптической силы, закрепленная подвижным соединением на полуметровой штанге с сантиметровыми делениями, и клочок миллиметровой бумаги. Школьник закрепил штангу вертикально таким образом, чтобы линза оказалась точно под лампой (плоскость линзы при этом была горизонтальна), а под линзой постелил на пол миллиметровую бумагу. Далее он нашел положение линзы, при котором на бумаге наблюдалось четкое изображение нити лампы размером  $l_1 = 9 \text{ мм}$ . Подвинув линзу по штанге вверх, школьник нашел еще одно положение линзы, на расстоянии  $h = 35 \text{ см}$  выше первого, при котором на бумаге также было видно изображение нити размером  $l_2 = 16 \text{ мм}$ . На какой высоте над полом находится нить лампы? Каков реальный размер нити лампы? Чему равна оптическая сила линзы?
2. («Случай на крыше») Строители оставили на скате крыши дома небольшой брусок. Брусок лежал на расстоянии  $a = 4 \text{ м}$  как от правого, так и от нижнего края крыши. Скат крыши имеет форму прямоугольника и наклонен под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Когда слева подул горизонтальный ветер, брусок пришел в движение и плавно соскользнул с крыши, оставив на ней едва заметный прямолинейный след длиной  $s = 5 \text{ м}$ . Чему может быть равен коэффициент трения бруска о скат крыши? Силу давления ветра на брусок считать постоянной.
3. («Магнитный удар») Из верхней точки закрепленного вертикально проводящего кольца радиуса  $R$  падает без начальной скорости маленькое тело. В момент пролета телом центра кольца через кольцо пропускают заряд величиной  $Q$  (время прохождения заряда много меньше времени падения тела). В результате тело отклонилось от вертикали и его соударение с кольцом произошло не в нижней точке кольца, а на высоте  $h \ll R$ . Найти удельный заряд тела (то есть отношение заряда к массе).
4. («Летний скоростной спуск») В некотором городе решили соорудить оригинальный тренажер для скоростного спуска на лыжах летом. Он представляет собой очень длинную плоскость, составляющую угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом, вымощенную одинаковыми роликами. Каждый ролик – это тонкостенный цилиндр длиной от края до края плоскости и радиуса  $r = 5 \text{ см}$ , вращающийся без трения вокруг своей оси, расположенной горизонтально. Расстояния между роликами малы, но они не касаются друг друга. Массы втулки и спиц ролика пренебрежимо малы. Масса лыжника с лыжами в  $n = 800$  раз больше массы одного ролика, а длина лыж очень велика по сравнению с  $r$ . Допустим, что лыжник будет съезжать по роликовому склону без начальной скорости строго вниз, удерживая лыжи параллельно. До какой максимальной скорости он может разогнаться? Считать, что поверхности лыж плоские и не проскальзывают по роликам.
5. («Играй, гармонь!») Некий талантливый молодой изобретатель создал тепловую машину,

в которой рабочим телом является система из  $N \gg 1$  одинаковых невесомых пружин, закрепленных между жесткой стенкой цилиндрического сосуда и жестким поршнем, скользящим без трения в сосуде (см. рисунок). Цилиндр располагается горизонтально, справа и слева от поршня – вакуум. Коэффициент жесткости пружин при  $l \gg l_0$  зависит от их



длины и температуры ( $l_0$  - длина пружин в недеформированном состоянии):

$$k(l, T) = k_0 \sqrt{\frac{T}{T_0}} \cdot \frac{l_0}{l}. \text{ Цикл машины состоит из следующих процессов:}$$

1. пружины растягиваются постоянной силой от  $l_1 \gg l_0$  до  $l_2 = 2l_1$ ,
2. растяжение продолжается до  $l_3 = 4l_1$  без теплообмена пружин с внешними телами,
3. пружины сжимаются при неизменной температуре до  $l_2$ ,
4. сжатие пружин без теплообмена с внешними телами до первоначальной длины  $l_1$ .

Запишите «уравнение состояния» рабочего тела (то есть уравнение, связывающее давление, создаваемое пружинами, с объемом и температурой) и выражение для внутренней энергии рабочего тела через объем и давление. Изобразите цикл рабочего тела в координатах  $p - V$ . Вычислите КПД этого цикла.