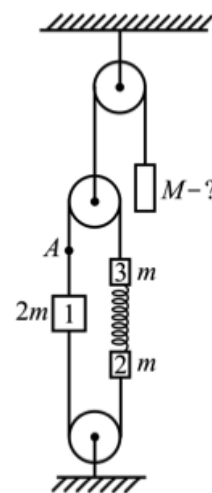


## Московская олимпиада школьников по физике

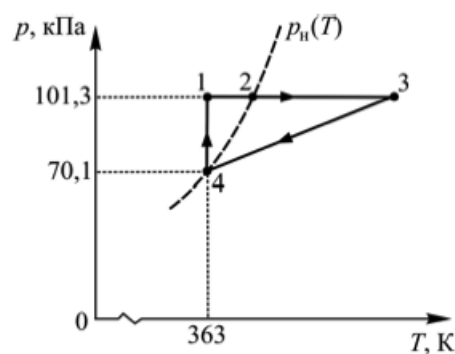
11 класс, второй тур, 2011 год

ЗАДАЧА 1. В системе, изображённой на рисунке, все блоки — невесомые и вращаются без трения, все нити — невесомые и нерастяжимые (их жёсткость велика по сравнению с жёсткостью пружины). Пружина также невесома. Система находится в покое. При какой массе груза  $M$  груз 1 сразу после пережигания нити в точке  $A$  будет иметь ускорение большее, чем  $g$ ?

$$m_9 < N$$



ЗАДАЧА 2. Рабочим телом тепловой машины служит некоторое количество воды. Цикл, по которому работает машина, показан на рисунке в  $pT$ -координатах (пунктиром изображена зависимость давления насыщенных паров воды от температуры). Он состоит из изобарического (1–2–3), изохорического (3–4) и изотермического (4–1) участков. Найдите КПД этого цикла, считая воду практически несжимаемой жидкостью.



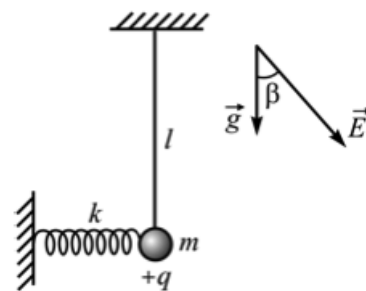
Напоминания:  $p_1 = 101,3$  кПа — нормальное атмосферное давление, удельная теплота парообразования воды (при  $100^\circ\text{C}$ )  $L \approx 2,26 \cdot 10^6$  Дж/кг, молярная масса воды  $\mu = 18$  г/моль, удельная теплоёмкость воды  $c \approx 4,19 \cdot 10^3$  Дж/(кг · К), универсальная газовая постоянная  $R \approx 8,31$  Дж/(моль · К), теплоёмкость одного моля водяного пара при постоянном давлении равна  $4R$ .

$$670'0 \approx \mu$$

ЗАДАЧА 3. Тонкий жёсткий непроводящий стержень длиной  $L$  несёт на себе электрический заряд  $Q$ , который равномерно распределён по длине стержня. Маленький шарик имеет электрический заряд  $q$  и прикреплен к одному из концов стержня тонкой непроводящей и незаряженной нитью длиной  $R$ . Какова сила натяжения нити, если система находится в равновесии? Считать, что  $Q/q > 0$ . Силу тяжести не учитывать.

$$\frac{(T+Y)Y}{bDy} = L$$

ЗАДАЧА 4. На тонкой непроводящей нити длиной  $l$  подвешен маленький шарик массой  $m$ , который заряжен зарядом  $+q$ . Слева к шарiku прикреплена непроводящая пружинка жёсткостью  $k$ , расположенная горизонтально. Шарик находится в однородном электрическом поле  $E$ , направленном так, как показано на рисунке. В состоянии равновесия нить с шариком висит вертикально. Найти период малых колебаний шарика в плоскости рисунка.

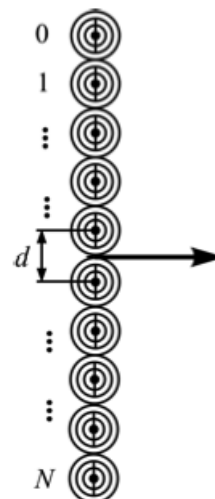


$$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g \cos \beta + \frac{qE}{m}}{g \cos \beta + \frac{qE}{m}}} = T$$

ЗАДАЧА 5. СВЧ-антенна радиолокатора устроена следующим образом: вдоль прямой линии на равных расстояниях  $d = 2,5$  см друг от друга расположены  $N = 100$  излучателей электромагнитных волн длиной  $\lambda = 2d$  (см. рисунок). Каждый из них излучает сферическую волну, причём модуль напряжённости поля  $n$ -го излучателя ( $0 \leq n \leq N$ ) изменяется по закону

$$E(t) = A \sin \left( \omega t - kr_n + \frac{n\pi}{2} \cos \Omega t \right),$$

где  $r_n$  — расстояние от данного излучателя,  $k = 2\pi/\lambda$  — волновое число, а  $\Omega \ll \omega$ . Найдите, как зависит от времени угол между лучом, излучаемым радиолокатором в плоскости рисунка, и нормалью к цепочке излучателей. Оцените угловую ширину луча и его угловую скорость.



См. конец листка

### Ответ к задаче 5

Антенна испускает узкий луч, угол  $\varphi$  отклонения которого (от нормали к цепочке излучателей) меняется по закону

$$\varphi(t) = \arcsin \left( \frac{1}{2} \cos \Omega t \right),$$

причём угол максимального отклонения  $\varphi_{\max} = 30^\circ$ . При  $\varphi = 0$  максимальная угловая скорость качания луча  $\dot{\varphi}_{\max} = \Omega/2$ , а угловая ширина луча  $\Delta\varphi_{\min} = 2/N = 0,02$  рад.