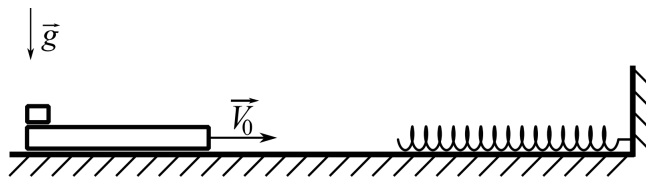


## Олимпиада «Физтех» по физике

11 класс, 2025 год, вариант 1

1. Длинная доска массой  $M = 2$  кг, на одном конце которой лежит небольшой брусок массой  $m = 1$  кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью  $V_0 = 2$  м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости  $k = 27$  Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске  $\mu = 0,3$ . Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Число «пи» в расчётах можете считать равным  $\pi \approx 3$ . Брусок и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

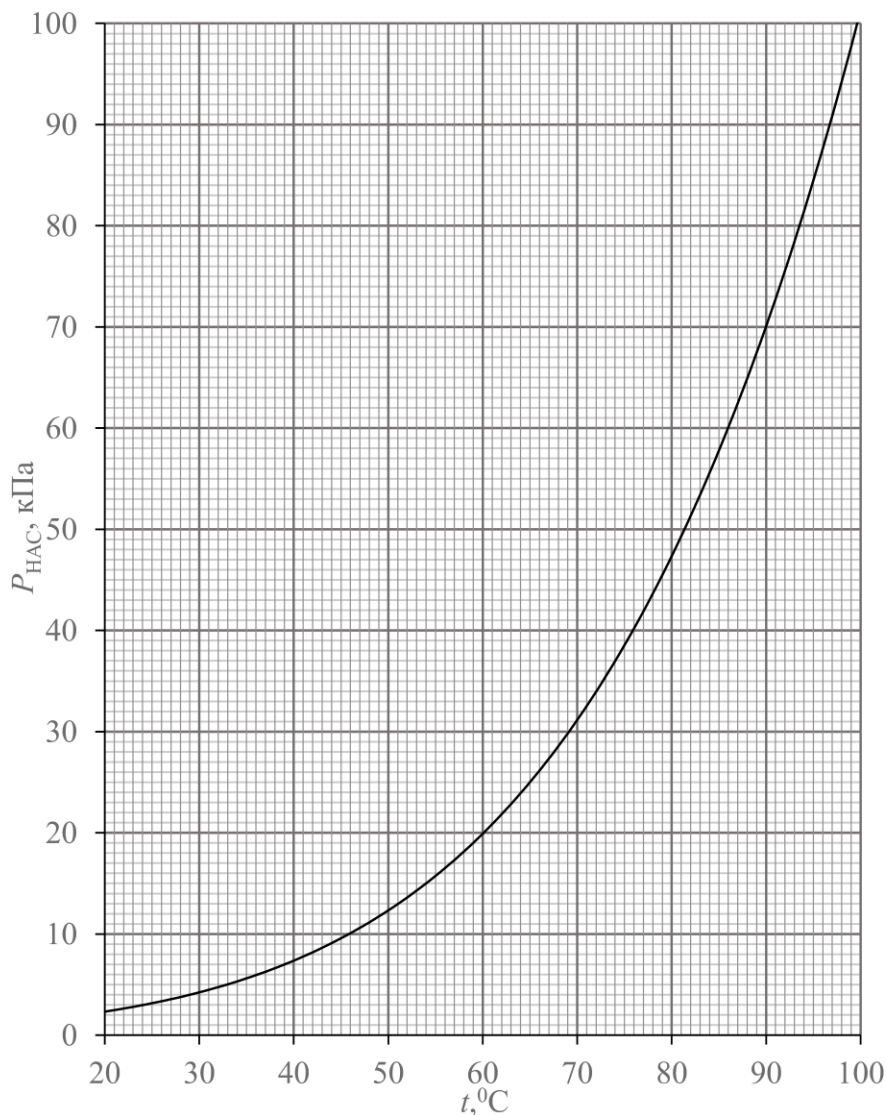


1. Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
2. Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
3. Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

$$\frac{v}{V_0} \approx \frac{v}{2} = \left( \frac{m}{m+M} \right) \frac{V_0}{2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{2}{2} = \frac{1}{3} \quad (1)$$

$$\therefore \frac{v}{V_0} \approx \left( \frac{m}{m+M} \right) \frac{V_0}{2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{2}{2} = \frac{1}{3} \quad (1)$$

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении  $p_0 = 150$  кПа, температуре  $t_0 = 86^\circ\text{C}$  и относительной влажности  $\varphi_0 = 2/3$  (66,7%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры  $t = 46^\circ\text{C}$ . Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

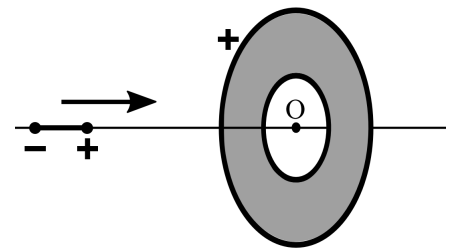


1. Найти парциальное давление пара  $P_1$  при  $86^\circ\text{C}$ .
2. Найти температуру  $t^*$ , при которой начнётся конденсация пара.
3. Найти отношение объёмов содержимого цилиндра  $V/V_0$  в конце и в начале остывания.

Объёмом жидкости по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.

$$1) P_1 = \varphi_0 P_{\text{нас}} = 40 \text{ кПа}; 2) t^* = 76^\circ\text{C}; 3) \frac{V}{V_0} \approx 0,7$$

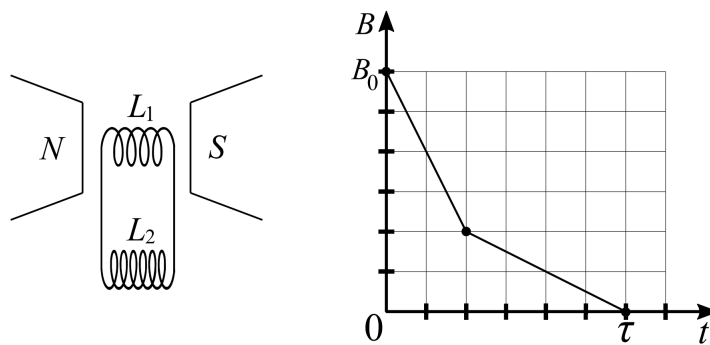
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке  $O$ . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется с некоторой начальной скоростью из бесконечно удаленной точки вдоль оси симметрии диска и пролетает через отверстие. Заряды диполя находятся на маленьких шариках, на диполь действуют только силы электрического поля диска, диск закреплен, при пролете диполь не отклоняется от оси диска. Минимальная начальная скорость диполя, необходимая для пролета, равна  $V_0$ . Диполью сообщают начальную скорость  $2V_0$ .



1. Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
2. Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

$$\frac{v}{v_0} = \sqrt{1 - \frac{2}{3} \left( \frac{v_0}{c} \right)^2}$$

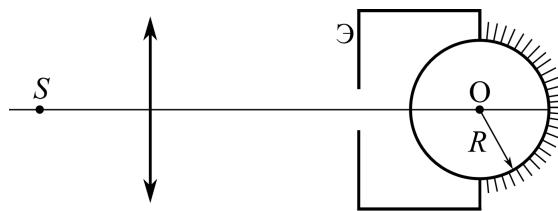
4. Катушка индуктивностью  $L_1 = L$  с числом витков  $n$  и площадью каждого витка  $S_1$  находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией  $B_0$ . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью  $L_2 = 4L$  находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени  $\tau$ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



1. Найти ток  $I_0$  через катушку  $L_1$  в конце выключения внешнего поля.
2. Найти заряд, протекший через катушку  $L_1$  за время выключения внешнего поля.

$$I_0 = \frac{B_0 n S_1}{L_1} \left( 1 - \frac{L_1}{L_1 + L_2} \right) = \frac{B_0 n S_1}{L_1} \left( 1 - \frac{1}{5} \right) = \frac{4}{5} \frac{B_0 n S_1}{L_1}$$

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F$  расположены центр  $O$  прозрачного шара и точечный источник  $S$ , удалённый от линзы на расстояние  $a = 1,5F$  (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран  $\mathcal{E}$  с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно  $b = 8F/3$ , то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



1. Найти радиус  $R$  шара.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от шара до центра линзы увеличилось на  $\Delta = 2F$ , изображение источника снова совпало с самим источником.

2. Найти показатель преломления вещества шара.

Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран  $\mathcal{E}$  обеспечивает малость углов  $\alpha$  лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения  $\sin \alpha \approx \alpha$ .

1) $R = F/3$ ; 2) $n = 2,4$
-----------------------------