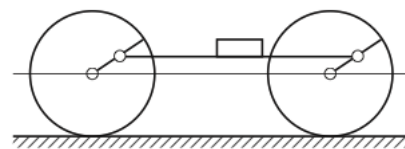


Всероссийская олимпиада школьников по физике

10 класс, заключительный этап, 2003/04 год

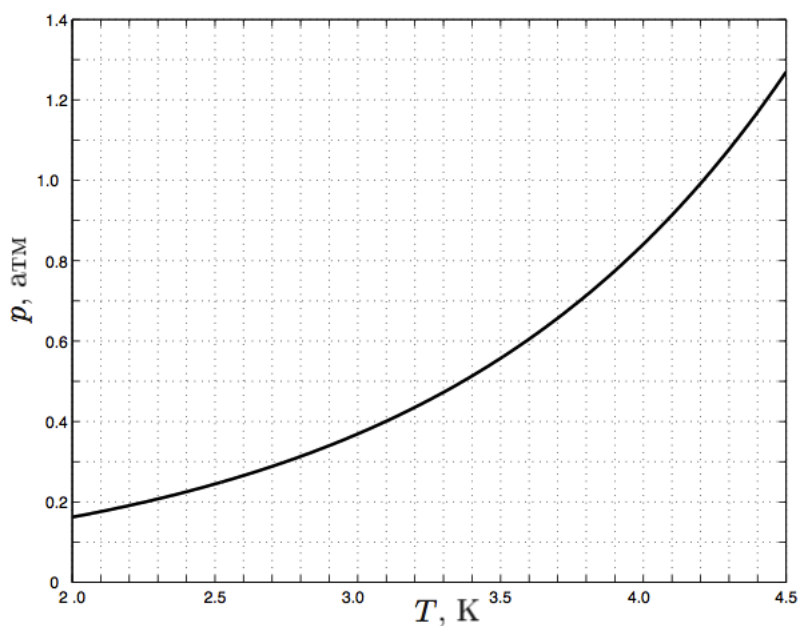
ЗАДАЧА 1. Ведущие колёса паровоза соединены реечной передачей, одно звено которой представляет собой плоскую горизонтальную штангу, шарнирно прикреплённую к спицам соседних колёс на расстоянии от оси, равном половине радиуса R колеса (рис.). При осмотре паровоза механик поставил на эту штангу ящик с инструментами и по рассеянности забыл его там. Паровоз трогается с места и начинает медленно набирать скорость. При какой скорости v_1 паровоза ящик начнёт проскальзывать относительно штанги? При какой скорости v_2 паровоза ящик начнет подпрыгивать? Коэффициент трения между ящиком и штангой равен μ . Числовой расчёт проведите для значений $R = 1$ м, $\mu = 0,5$.



$$v_1 = \sqrt{\frac{2gR}{\mu}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 1}{0,5}} = 6,26 \text{ м/с} \approx 22,5 \text{ км/ч}$$

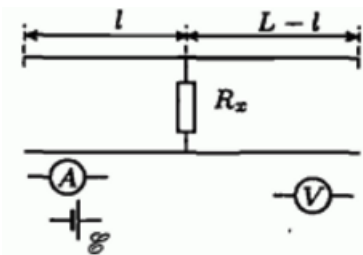
ЗАДАЧА 2. Для хранения жидкого гелия применяется двойной сосуд Дьюара, состоящий из внешнего сосуда Дьюара, заполненного жидким азотом при температуре $T_a = 77$ К, и внутреннего сосуда Дьюара, заполненного жидким гелием. Передача теплоты от азота к гелию через вакуумный промежуток приводит к испарению гелия. Для поддержания постоянной температуры гелия производится непрерывная откачка его насыщенных паров из внутреннего сосуда. При некоторой скорости откачки в стационарном режиме температура гелия равна $T_0 = 4,0$ К. Скорость откачки увеличивают в полтора раза (по объёму). Определите установившуюся температуру T гелия. Зависимость давления насыщенных паров гелия от температуры приведена на рисунке.

Примечание. Сосудом Дьюара называют сосуд с двойными стенками, из пространства между которыми откачан воздух для уменьшения теплопередачи.



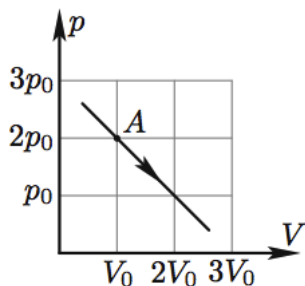
$$T = 3,25 \pm 0,05 \text{ К}$$

ЗАДАЧА 3. В некоторой точке двухпроводной телефонной линии неизвестной длины L произошло повреждение, в результате которого между проводниками появилось сопротивление утечки R_x (рис.). К обоим концам линии прибыли операторы, причем оператор на левом конце имел в своем распоряжении только источник постоянного тока с ЭДС $\mathcal{E} = 12$ В и амперметр, а на правом — только вольтметр. Для связи операторы использовали мобильные телефоны. Погонные сопротивления линии, то есть сопротивления единицы длины каждого проводника линии, $\rho = 5,0 \cdot 10^{-4}$ Ом/м. Используя возможные схемы подключений к концам линии, операторы получили два значения тока $I_1 = 6$ А и $I_2 = 9$ А и одно значение напряжения $V = 9$ В. Помогите оператору на левом конце линии по этим данным определить сопротивление утечки R_x , расстояние l до места повреждения и общую длину линии L . Нарисуйте схемы измерений, которые использовали операторы. Измерительные приборы и источники постоянного тока, которые были в распоряжении операторов, можно считать идеальными.



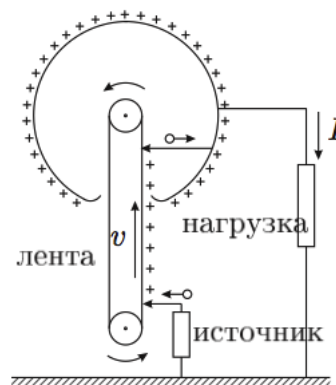
$$R_x = \frac{V}{I_1 - I_2} = \frac{9}{6 - 9} = -3 \text{ Ом}; \quad l = \frac{I_1 L}{\rho} = \frac{6L}{5 \cdot 10^{-4}} = 12000L \text{ м}; \quad L = \frac{l}{12000} = \frac{12000 \cdot 3}{12000} = 3 \text{ км}$$

ЗАДАЧА 4. С одним моле идеального одноатомного газа проводят процесс (рис.). Найдите теплоёмкость газа в точке A. В какой точке процесса теплоёмкость газа максимальна?



$$C_V = \frac{5}{2} R; \quad \text{в точке } \infty \text{ теплоёмкость } C_V = \frac{5}{2} R$$

ЗАДАЧА 5. Для ускорения «тяжёлых» заряженных частиц (протоны, ионы) используют высоковольтный электростатический генератор Ван-де-Граафа (рис.). Заряды переносятся диэлектрической лентой и заряжают высоковольтный сферический электрод. Поверхностные заряды передаются ленте от источника вблизи нижнего шкива. Заряды стекают со сферического электрода через камеру, в которой ускоряются заряженные частицы (на рисунке она условно изображена в виде некоторого нагрузочного сопротивления). Предположим, что радиус высоковольтного электрода $R = 1$ м, скорость движения ленты $v = 10$ м/с, а ширина ленты $l = 60$ см. Всё устройство находится в воздухе, в котором электрический пробой наступает при напряженности электрического поля $E_{пр} = 30$ кВ/см. Найдите:



- 1) максимальный ток, который может протекать через нагрузку;
- 2) максимальный потенциал высоковольтного электрода;
- 3) минимальную (без учета трения) мощность электродвигателя, вращающего шкив ленты, при которой могут быть достигнуты максимальные значения тока и потенциала.

Электрическая постоянная $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$.

$$I_{\max} = 2\varepsilon_0 E_{\text{нп}} l v \approx 0,32 \text{ мА}; \varphi_{\max} = E_{\text{нп}} R = 3000 \text{ кВ}; R_{\min} = I_{\max} U_{\max} = 960 \text{ Вт}$$