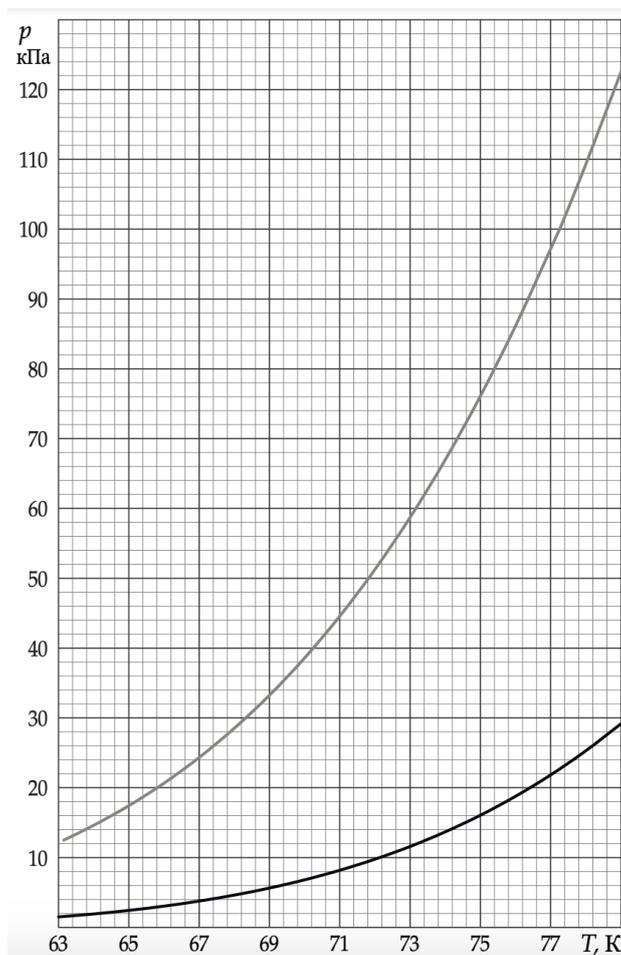


# Московская олимпиада школьников по физике

10 класс, второй тур, 2021 год

**ЗАДАЧА 1. Неправильный воздух.** Отношение количества кислорода к количеству азота в некотором объёме «неправильного воздуха» равно 1 : 5. На рисунке изображены графики зависимости давления насыщенных паров азота и кислорода от температуры, при этом линия чёрного цвета соответствует давлению паров кислорода. Температура неправильного воздуха в начальный момент равна  $t_0 = -120^\circ\text{C}$ .

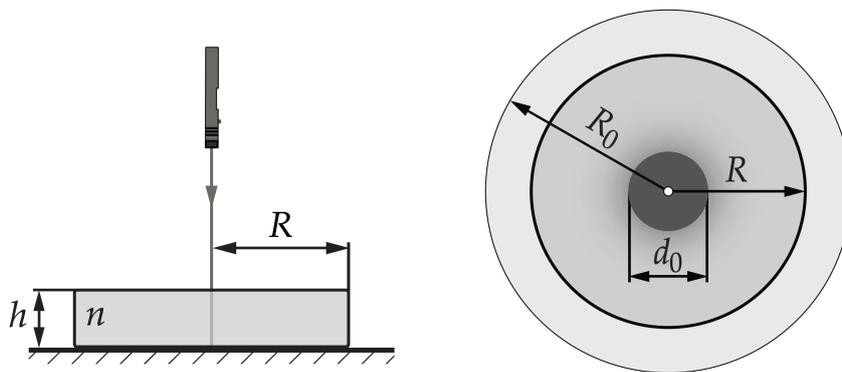


В процессе охлаждения в некоторый момент времени кислород и азот начинают конденсироваться одновременно. Используя график, определите как можно точнее, каким было начальное давление неправильного воздуха, если охлаждение производилось изобарически. А если изохорически?

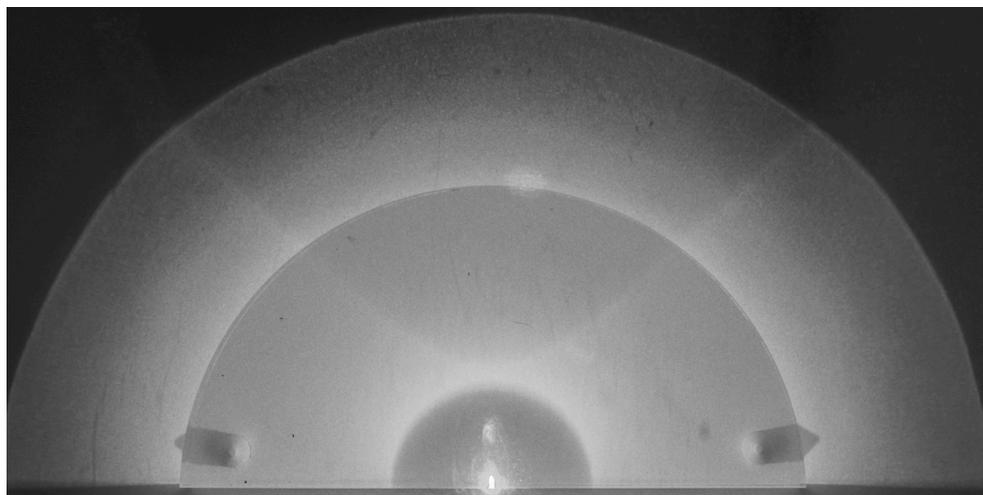
$$p_1 = 12 \text{ кПа}; p_2 = 151 \text{ кПа}; p_3 = 12 \text{ кПа}$$



**ЗАДАЧА 4. Ореол и тёмный круг.** На горизонтальной поверхности располагается диск радиусом  $R$  и толщиной  $h$ , сделанный из стекла с показателем преломления  $n = 1,5$  (рис. ниже, слева). Нижняя матовая сторона диска отражает свет диффузно (иначе говоря, равномерно в любых направлениях). Верхняя и боковая поверхности диска тщательно отшлифованы. Луч мощной лазерной указки, освещающей диск, направлен вдоль его оси. При рассматривании диска сверху (рис. ниже, справа) наблюдаются: ярко выраженный тёмный круг с нечёткой границей диаметром  $d_0$  и светлый ореол с резкой границей в виде концентрической с диском окружности радиусом  $R_0$ .



Ниже вы видите фотографию, полученную при проведении опыта, похожего на описанный выше. Мощной лазерной указкой освещалась нижняя точка середины половинки стеклянного диска. Можно различить тёмный полукруг с размытой границей и светлый ореол с резкой границей.



**А.** Известно, что толщина диска равна  $h = 14$  мм, а отношение радиусов диска и границы ореола равно  $\frac{R_0}{R} \approx 1,65$  (это значение получается при измерениях по фотографиям опытов). Найдите радиус диска  $R$ .

**В.** Чем может быть обусловлено возникновение тёмного круга? Оцените его радиус  $r_0$ , считая показатель преломления и толщину диска известными.

*Примечание.* Можно считать, что в условиях данной задачи для лучей, выходящих из стекла в воздух, от границы раздела отражается не более 10% энергии падающего излучения, если величина угла падения меньше  $37^\circ$ .

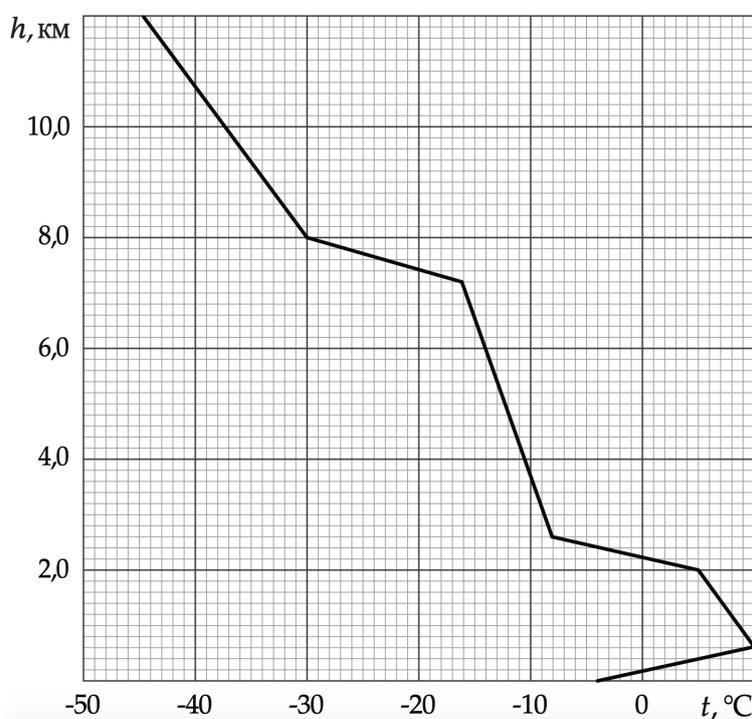
$$\boxed{\text{А) } R = h \sqrt{\frac{n^2 - 1}{n^2 - 2}} \approx 30 \text{ мм; В) } r_0 = 2h \operatorname{tg} \beta \approx 23 \pm 2 \text{ мм}}$$

**ЗАДАЧА 5. Устойчивость атмосферы. А.** *Сухой адиабатой* называется такое распределение температуры  $T_a(h)$  в атмосфере Земли, что при увеличении высоты малой порции (в метеорологии их называют частицами) сухого воздуха на небольшую величину  $\Delta h$  без теплообмена с окружающими частицами её температура изменяется на малую величину  $\Delta T_a$ . Найдите  $\Delta T_a$ , считая  $\Delta h$  известным. Ускорение свободного падения равно  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Средние молярные масса и теплоёмкость воздуха при постоянном объёме равны:  $\mu = 29 \text{ г/моль}$  и  $c_V = 2,5R$  ( $R = 8,3 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ ) соответственно. Движением воздушных масс можно пренебречь.

*Указание.* Для малых изменений параметров идеального газа  $(T, p, V)$  или  $(T, \rho, p)$ , где  $\rho$  — плотность, из уравнения состояния следуют формулы:

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta p}{p} + \frac{\Delta V}{V}; \quad \frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta p}{p} - \frac{\Delta \rho}{\rho}.$$

**В.** В естественных условиях равновесное распределение температуры воздуха по высоте имеет сложный вид. Линия на графике ниже моделирует зависимость  $t(h)$ , возникшую в воздухе над городом  $X$  в день  $Y$ . В физике атмосферы принято откладывать температуру по горизонтальной оси.



Устойчивым является такое равновесное состояние воздуха в атмосфере, что при *адиабатическом* смещении частицы воздуха из положения равновесия по вертикали на небольшую величину  $\Delta h$ , действующие на неё силы стремятся вернуть эту частицу в положение равновесия. Укажите на графике границы (по высоте) участков устойчивой атмосферы. Воздух предлагается считать сухим, наличием паров воды и движением воздушных масс пренебречь, значения, заданные в части **А** задачи, можно считать известными.

атмосфера устойчивая на высоте: от 0 до 600 м, от 2000 м до 2600 м, от 7200 м до 8000 м