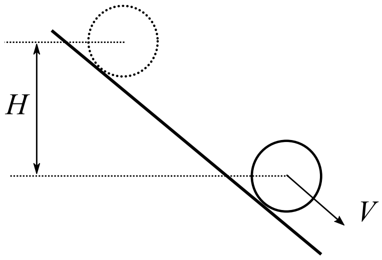
ФИЗИКА

Пример письменной части

Билет 2

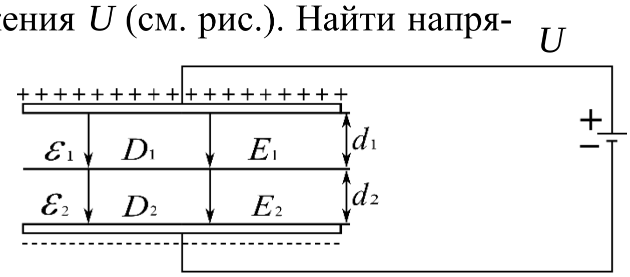
1. Найти скорость центра масс однородного шара, который скатывается с нулевой начальной скоростью с наклонной плоскости без проскальзывания с высоты H.



2. Гелий расширяется по закону PV^2 = const. Газ считать идеальным.

   а) Нагревается он или охлаждается?
   б) Как зависит его температура от объёма в этом процессе?
   в) Найти молярную теплоёмкость газа в этом процессе.

3. Плоский конденсатор с двумя диэлектрическими пластинами толщинами d_1 и d_2 и диэлектрическими проницаемостями ε_1 и ε_2 соответственно, подключен к источнику постоянного напряжения U (см. рис.). Найти напряженность электрического поля $\vec{E}_1, \vec{E}_2$ и электрическую индукцию $\vec{D}_1$ и $\vec{D}_2$ в диэлектрических пластинах.



4. Излучение протяженного квазимонохроматического источника диаметром D = 2 мм падает на дифракционную решётку. Расстояние между источником и решеткой L = 30 см. Оценить минимальную разность длин волн двух спектральных компонент, которую можно разрешить вблизи средней длины волны λ = 600 нм.

5. В одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной l с бесконечно высокими стенками находится частица массы m в состоянии, которое описывается волновой функцией $\psi = A\sin\left(\frac{\pi x}{l}\right)$. Найти вероятность обнаружить частицу в области $0 < x < l/3$.

Решение билета 2

1. ЗСЭ: $mgH = \frac{mV^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$ (1)

   $V = \omega R$ (2)

   Из (1), (2): $V^2\left(m + \frac{I}{R^2}\right) = 2mgH \Rightarrow V = \sqrt{\frac{2gH}{1+\frac{I}{mR^2}}} = \sqrt{\frac{2gH}{1+\frac{\frac{2}{5}mR^2}{mR^2}}} = \sqrt{\frac{10gH}{7}}$

2. Процесс политропический, n – показатель политропы.

   а) n=2 ⇒ Газ охлаждается при расширении.

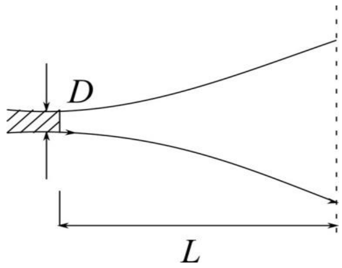
   б) $PV^2 = V\nu RT = const;\ T \sim 1/V.$

   в) $n = 1 - \frac{R}{C-C_V},\ n = 2 \Longrightarrow C = C_V - R = \frac{3}{2}R - R = \frac{R}{2}.$

3. 1) Из граничных условий: $\left.\begin{aligned} E_1 d_1 + E_2 d_2 = U \\ D_1 = D_2;\ \varepsilon_1 E_1 = \varepsilon_2 E_2 \end{aligned}\right\} \Rightarrow$ $E_1 = \frac{U}{d_1 + \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} d_2}$ (1) $E_2 = \frac{U}{d_2 + \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} d_1}$ (2)

   2) $D_1 = D_2 = \varepsilon_1 E_1 = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 d_2} U$ (СИ: $D_1 = D_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 d_2} U$)

4. Радиус пространственной когерентности:

   $\rho_{\text{ког}} = \frac{\lambda}{\psi} = \frac{\lambda}{D/L} = \frac{\lambda L}{D};$

   (ψ − угловой размер трубки)

   $\frac{\lambda}{\delta\lambda} \le m_{\max} N = \frac{d}{\lambda}\frac{\rho_{\text{êîã}}}{d} = \frac{\rho_{\text{êîã}}}{\lambda} = \frac{L}{D};\ \delta\lambda_{\min} = \frac{\lambda D}{L} = 4$ нм

5. Нормировка: $A^2 \int_0^l \sin^2\left(\frac{\pi x}{l}\right) dx = 1 \Rightarrow A^2 \frac{l}{2} = 1;\ A = \sqrt{\frac{2}{l}};\ \psi = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin\left(\frac{\pi x}{l}\right).$

$$P = \int_0^{l/3} |\psi|^2\, dx = \frac{2}{l}\int_0^{l/3} \sin^2\left(\frac{\pi x}{l}\right) dx = \frac{2}{l}\frac{1}{2}\int_0^{l/3}\left[1 - \cos\left(\frac{2\pi x}{l}\right)\right] dx =$$

$$= \frac{1}{l}\left[\frac{l}{3} - \frac{l}{2\pi}\sin\left(\frac{2\pi x}{l}\right)\Big|_0^{l/3}\right] = \frac{1}{3} - \frac{\sqrt{3}}{4\pi} \approx 0,20.$$