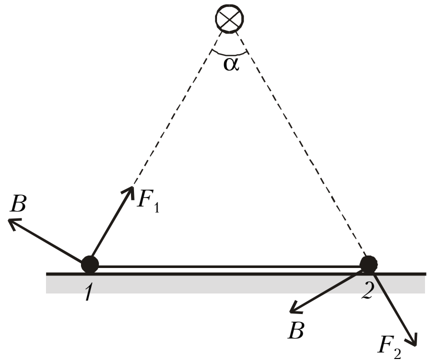

Рис. 6

$\vec{F}_2$ (рис.6), причем

$$F_1 = F_2 = IaB.$$

В общем случае при увеличении тока через рамку возможны два варианта: либо рамка начнет приподниматься относительно стороны *2*, либо она начнет скользить без отрыва от стола.

Предположим, что коэффициент трения скольжения таков, что рамка может приподниматься раньше, чем наступит скольжение. Запишем условие подъема стороны *1*:

$$F_1 a\frac{\sqrt{3}}{2} - mg\frac{a}{2} \geq 0.$$

Отсюда следует, что ток, при котором происходит подъем, подчиняется условию

$$I_{\text{п}} \geq \frac{mg}{\sqrt{3}aB}.$$

Теперь рассмотрим случай, когда раньше наступит скольжение рамки. Результирующая сила вдоль горизонтальной оси равна

$$F_2\cos\alpha + F_1\cos\alpha = IaB\cdot 2\cos\alpha.$$

Реакция опоры равна весу рамки mg. Запишем условие скольжения:

$$2IaB\cos\alpha \geq \mu mg.$$

Отсюда для тока, соответствующего скольжению, получаем

$$I_{\text{ск}} \geq \frac{\mu mg}{aB} = \frac{mg}{3aB}.$$

Сравнивая токи $I_{\text{п}}$ и $I_{\text{ск}}$, мы убеждаемся, что скольжение рамки наступит раньше при токах

$$I_{\text{ск}} \geq \frac{\mu mg}{aB}.$$

Задача 4. *В сверхпроводящем тонком кольце радиусом R, индуктивностью L и массой m течет наведенный ток I_0. Кольцо, подвешенное на тонкой неупругой нити, опускают в область горизонтального однородного магнитного поля с индукцией $\vec{B}$. В устойчивом положении равновесия угол между вектором $\vec{B}$ и его проекцией на плоскость кольца равен α.*

Определите зависимость угла α от начального тока I_0 в кольце и постройте график $\alpha = \alpha(I_0)$. Найдите также зависимость установившегося тока $I_{\text{уст}}$ в кольце от величины начального тока I_0 и постройте график $I_{\text{уст}} = I_{\text{уст}}(I_0)$.

Если кольцо находится в однородном магнитном поле $\vec{B}$ и в нем течет ток $I_{\text{уст}}$, то единственным положением устойчивого равновесия является положение, когда $\alpha = \pi/2$ и вектор индукции собственного магнитного поля кольца в его центре направлен вдоль вектора $\vec{B}$. Тогда, согласно закону сохранения магнитного потока через сверхпроводящее кольцо,

$$LI_0 = LI_{\text{уст}} + B\pi R^2.$$

Отсюда

$$I_{\text{уст}} = I_0 - \frac{B\pi R^2}{L}.$$

Из условия $I_{\text{уст}} > 0$ следует, что $I_0 > \pi R^2 B/L$, при этом $\alpha = \pi/2$. Если $I_0 < \pi R^2 B/L$, то устойчивого положения с током $I_{\text{уст}} \neq 0$ нет, поэтому устойчивое положение равновесия в этом случае будет при $I_{\text{уст}} = 0$; в этом случае $\alpha \neq \pi/2$. По закону сохранения

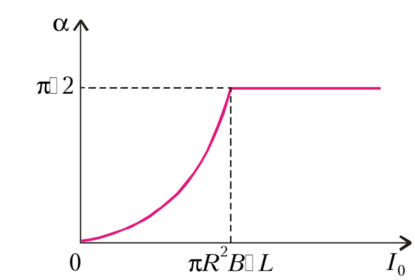

Рис. 7

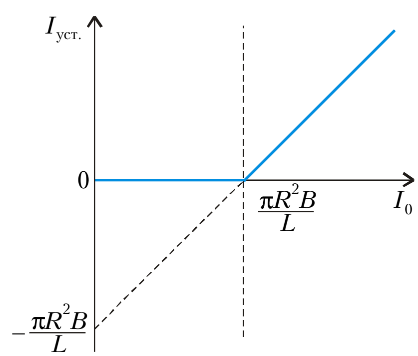

Рис. 8

магнитного потока,

$$LI_0 = \pi R^2 B\sin\alpha.$$

Отсюда

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{LI_0}{\pi R^2 B}\right).$$

Графики зависимостей $\alpha(I_0)$ и $I_{\text{уст}}(I_0)$ приведены на рисунках 7 и 8.

Задача 5*. *По оси длинного полого диэлектрического ($\varepsilon = 3$) цилиндра натянута заряженная нить, на единицу длины которой приходится заряд $q = 10^{-7}$ Кл/м (рис.9). Цилиндр вращается вокруг своей оси с угловой скоростью $\omega = 10^3$ с$^{-1}$.*

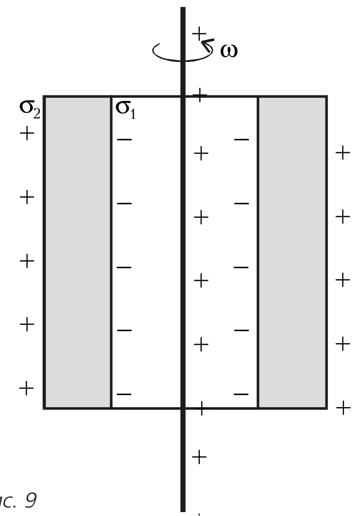

Рис. 9

Определите индукцию магнитного поля внутри диэлектрика, в полости цилиндра и во внешнем пространстве вдали от торцов цилиндра. Центробежными эффектами пренебречь.

Указание. Используйте формулу для индукции в соленоиде: $B = \mu_0 NI/L$, где N – число витков соленоида, L – длина соленоида, I – ток в соленоиде.

Под действием электрического поля зарядов нити происходит поляризация диэлектрического цилиндра: на внутренней поверхности цилиндра появляются отрицательные поляризационные заряды с поверхностной плотностью σ_1, а на внешней стороне цилиндра – положительные заряды с плотностью σ_2. Напряженность электрического поля вблизи заряженной нити в вакууме, на расстоянии много меньше длины нити, равна (см. указание к задаче 1)

$$E = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0 r}.$$

Очевидно, что внутри диэлектрика напряженность электрического поля