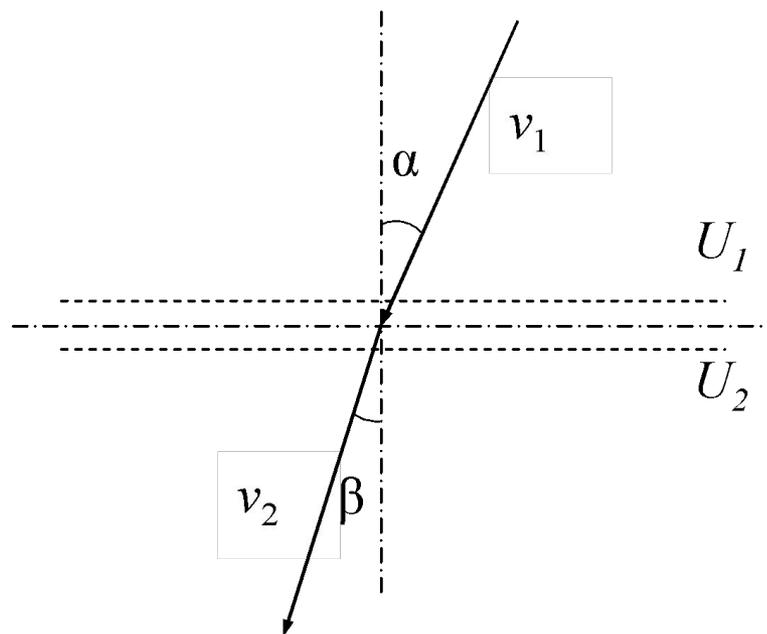


# Основы электронной оптики

# Закон преломления траектории электрона

$$v_1 = \sqrt{\frac{2e}{m} U_1},$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2e}{m} U_2}$$



$$v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sqrt{U_2}}{\sqrt{U_1}}$$

# Цилиндрическая система координат

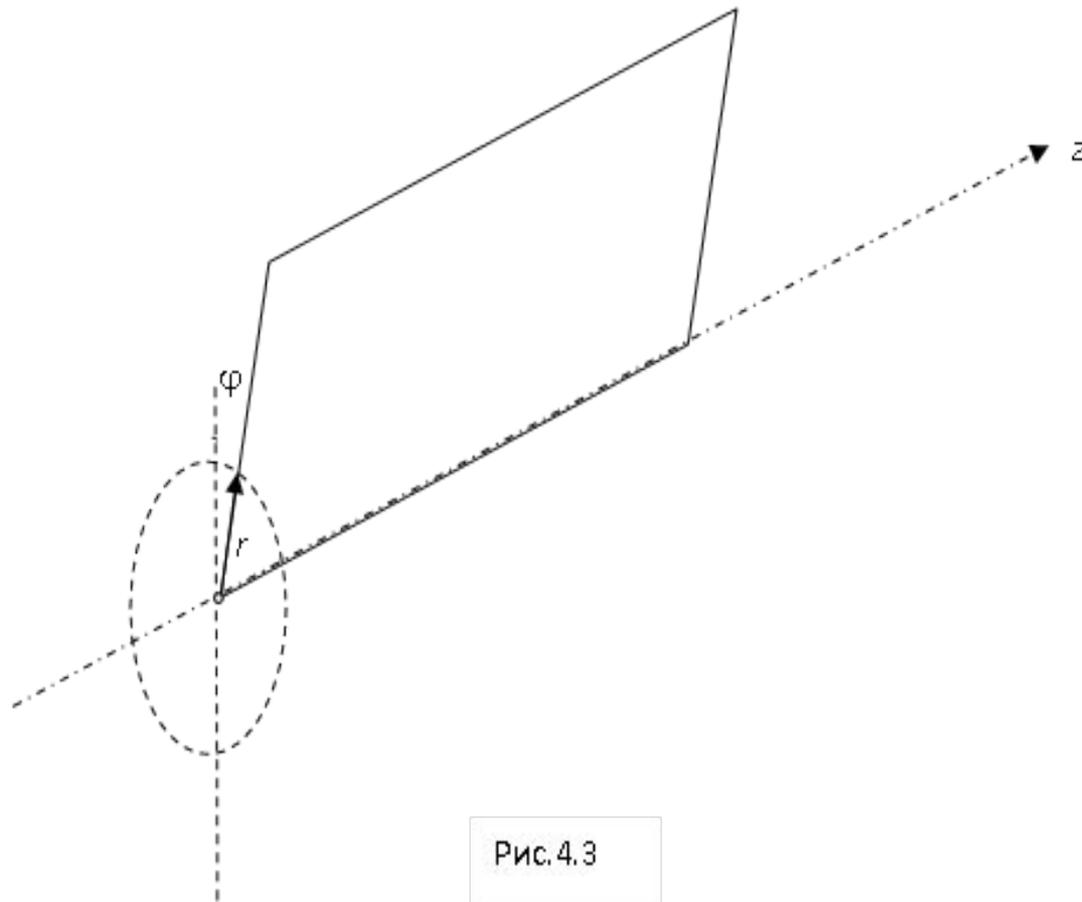


Рис. 4.3

# Линза - диафрагма

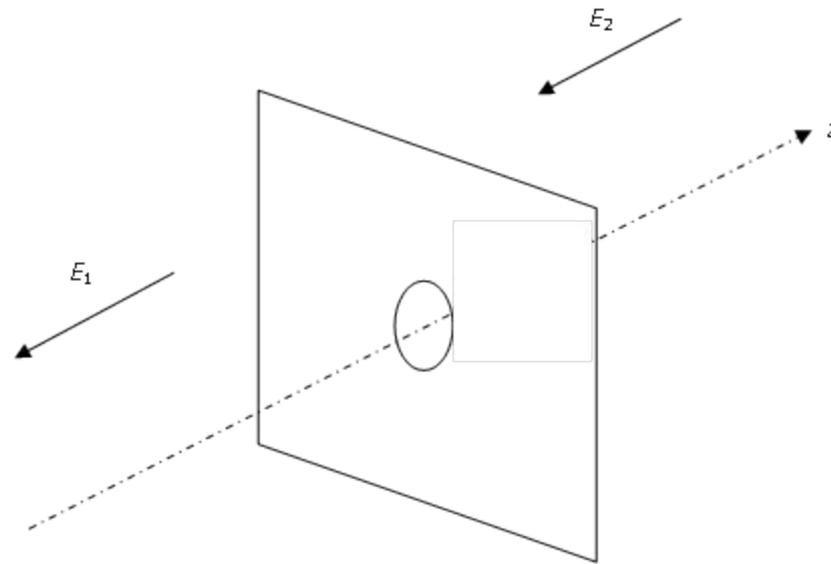
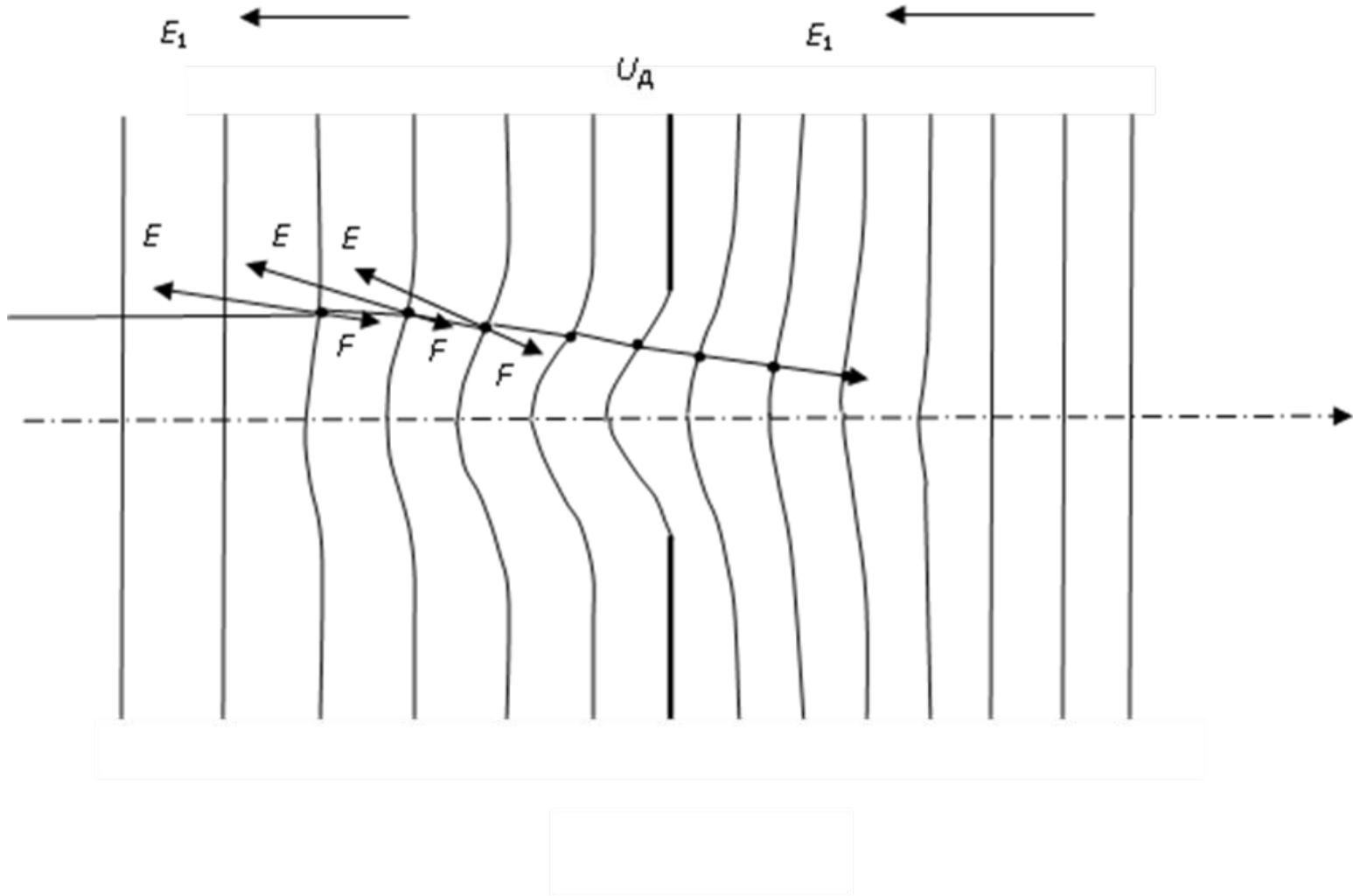


Рис.4.5

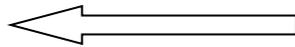
# Линза-диафрагма



# Уравнение Лапласа в цилиндрической системе координат

$$\frac{\partial^2 U}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial U}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 U}{\partial \theta^2} = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial \theta} = 0$$



**аксиально-симметричное  
электрическое поле**

$$\frac{\partial^2 U}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial r} + \frac{\partial^2 U}{\partial r^2} = 0$$

# Решение уравнения Лапласа для параксиальной области

$$U(z, r) \approx U(0, z) - \frac{1}{4} \frac{d^2 U(0, z)}{dz^2} r^2$$

$$\mathcal{E}_r = -\frac{\partial U}{\partial r} = \frac{r}{2} \frac{\partial^2 U(0, z)}{\partial z^2}$$

$$F_r = -e\mathcal{E}_r = -\frac{er}{2} \frac{\partial^2 U(0, z)}{\partial z^2}$$

Сила, действующая на электрон в радиальном направлении

# Решение уравнения Лапласа для параксиальной области

$$U(z, r) \approx U(0, z) - \frac{1}{4} \frac{d^2 U(0, z)}{dz^2} r^2$$

$$\mathcal{E}_r = -\frac{\partial U}{\partial r} = \frac{r}{2} \frac{\partial^2 U(0, z)}{\partial z^2}$$

$$F_r = -e\mathcal{E}_r = -\frac{er}{2} \frac{\partial^2 U(0, z)}{\partial z^2}$$

Сила, действующая на электрон в радиальном направлении

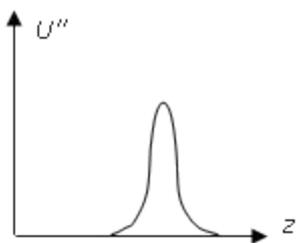
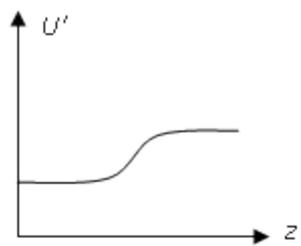
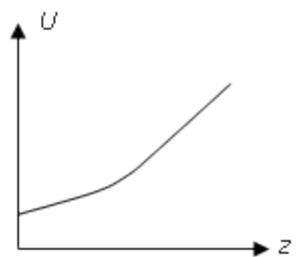


Рис. 4.7

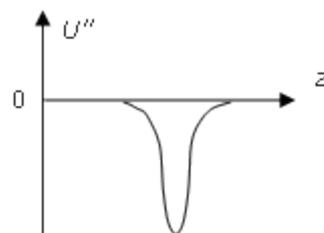
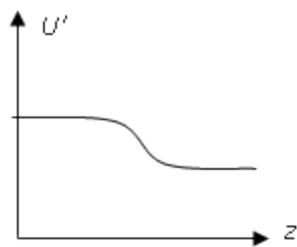
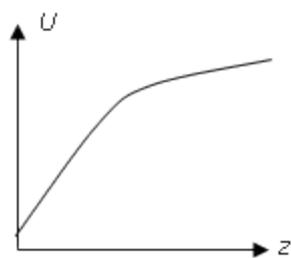
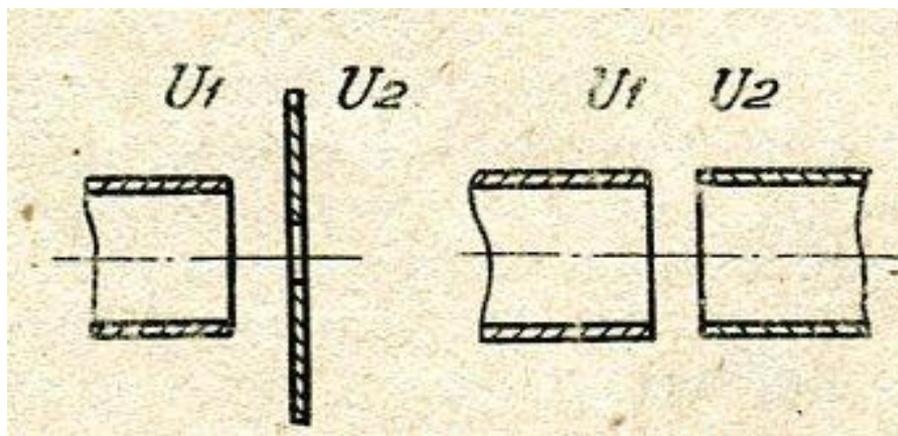
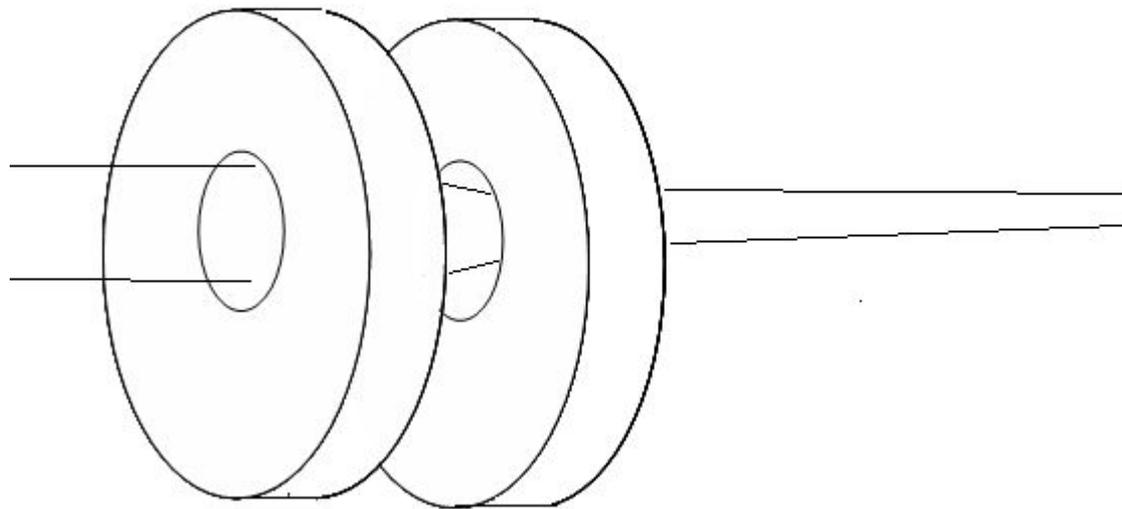


Рис. 4.8

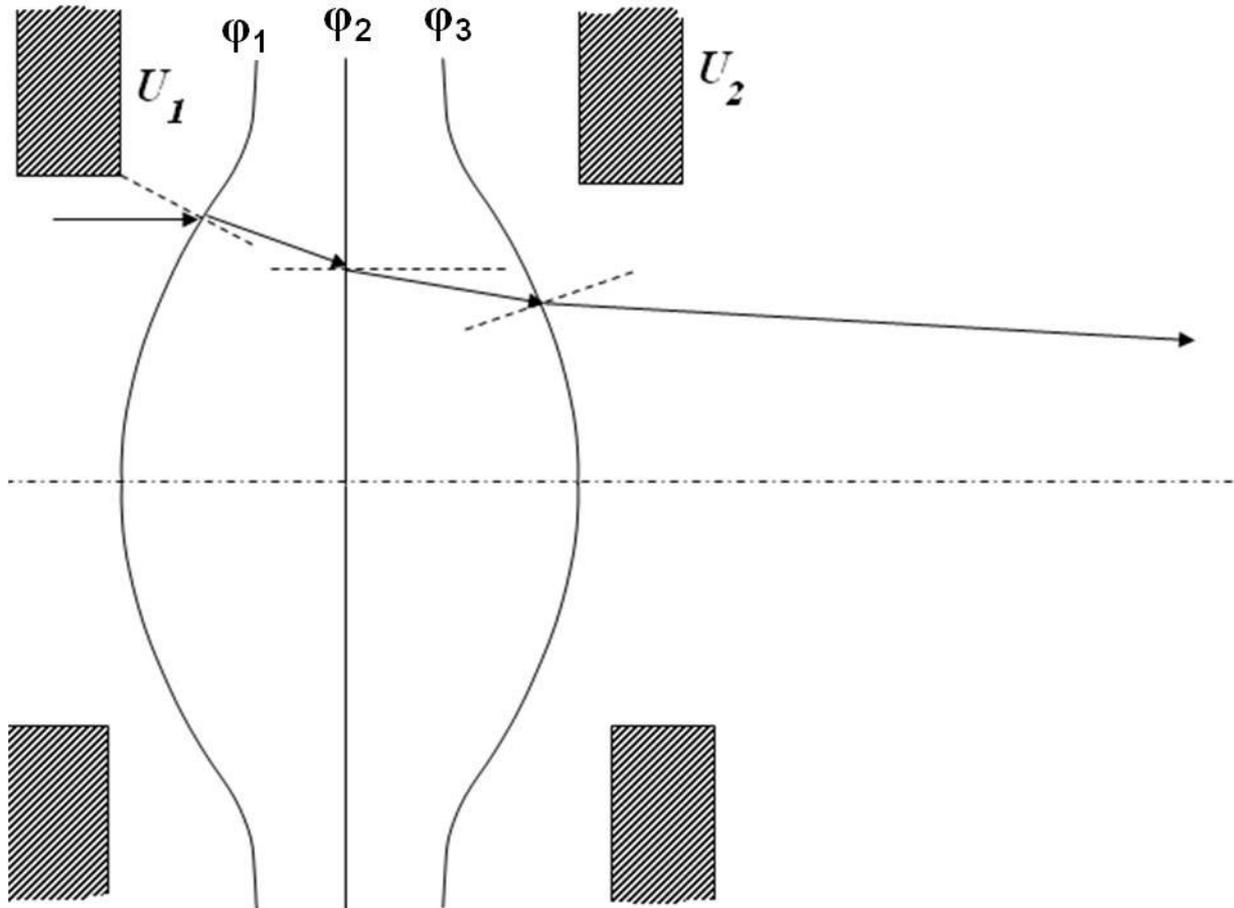
# Иммерсионные линзы



# Электронная линза

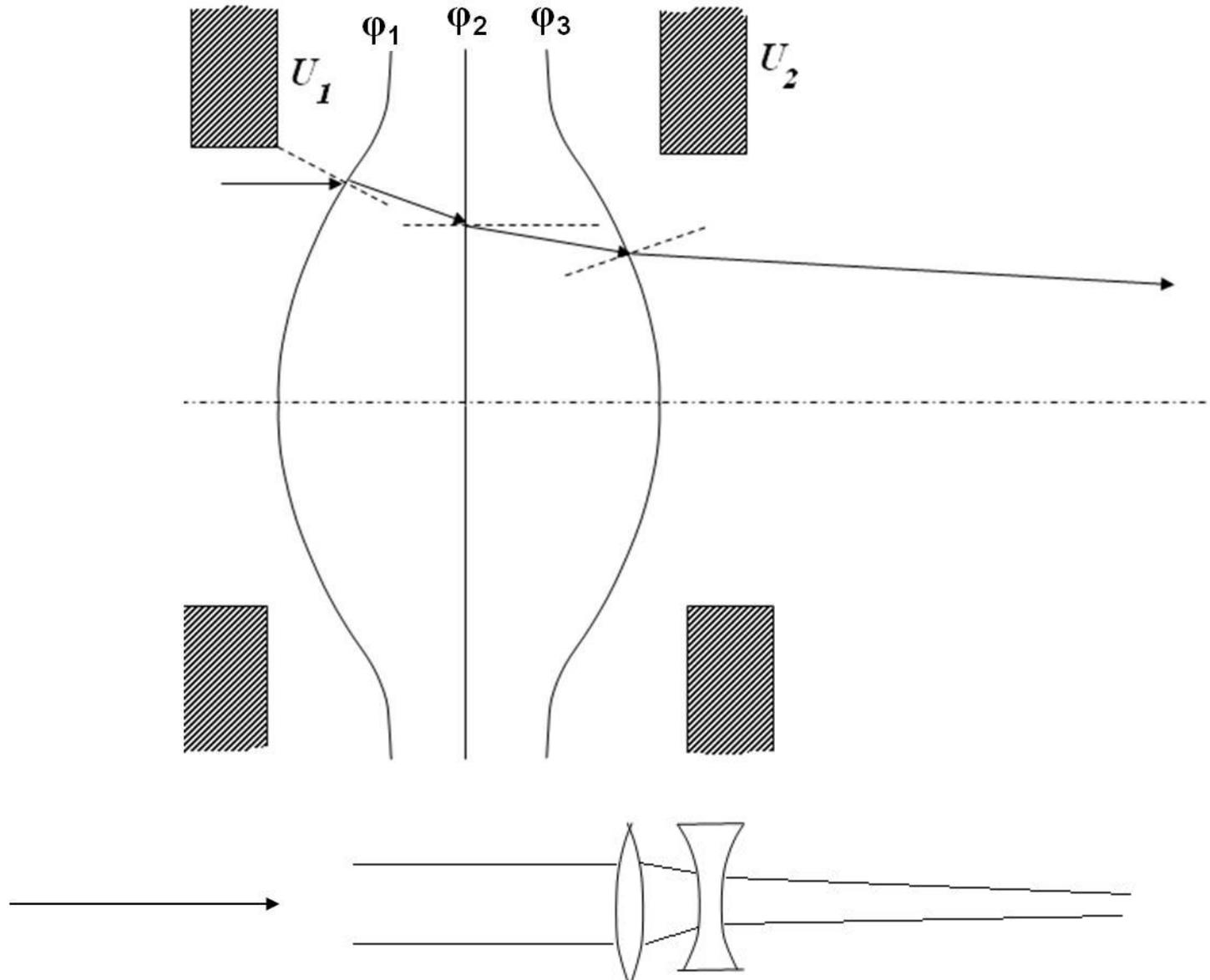


# Траектория электрона в электронной линзе

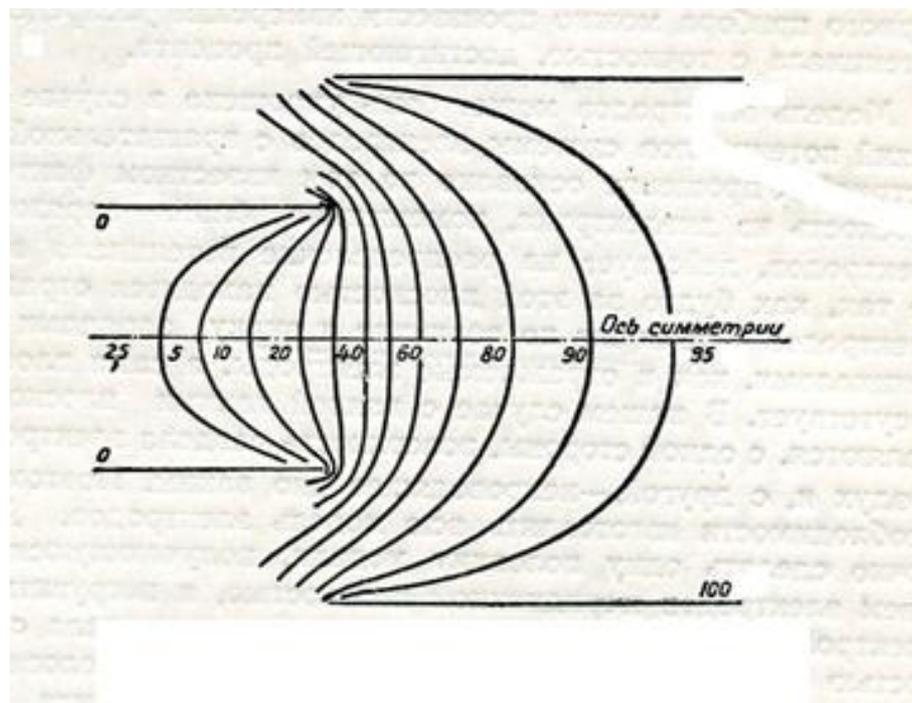


$$U_1 < \varphi_1 < \varphi_2 < \varphi_3 < U_2$$

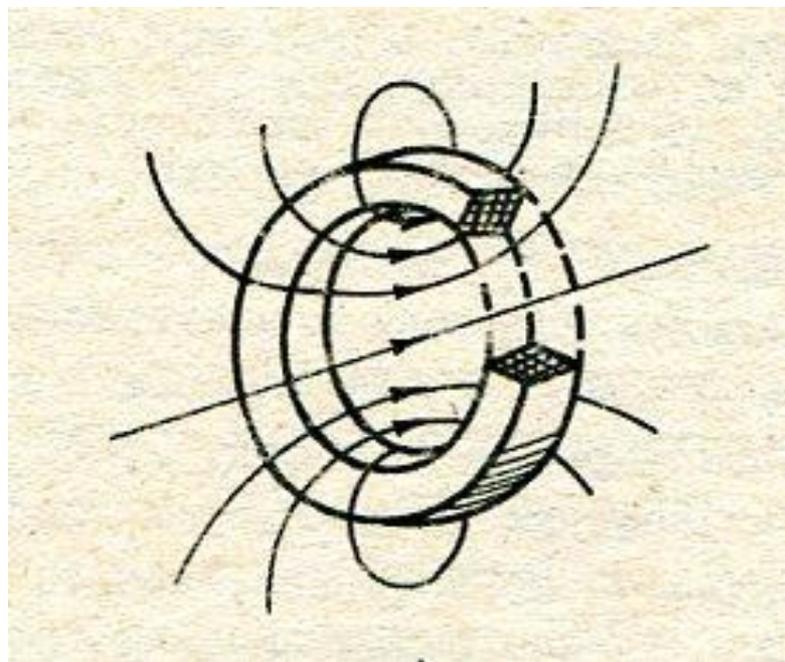
# Электронная линза и её оптический анализ



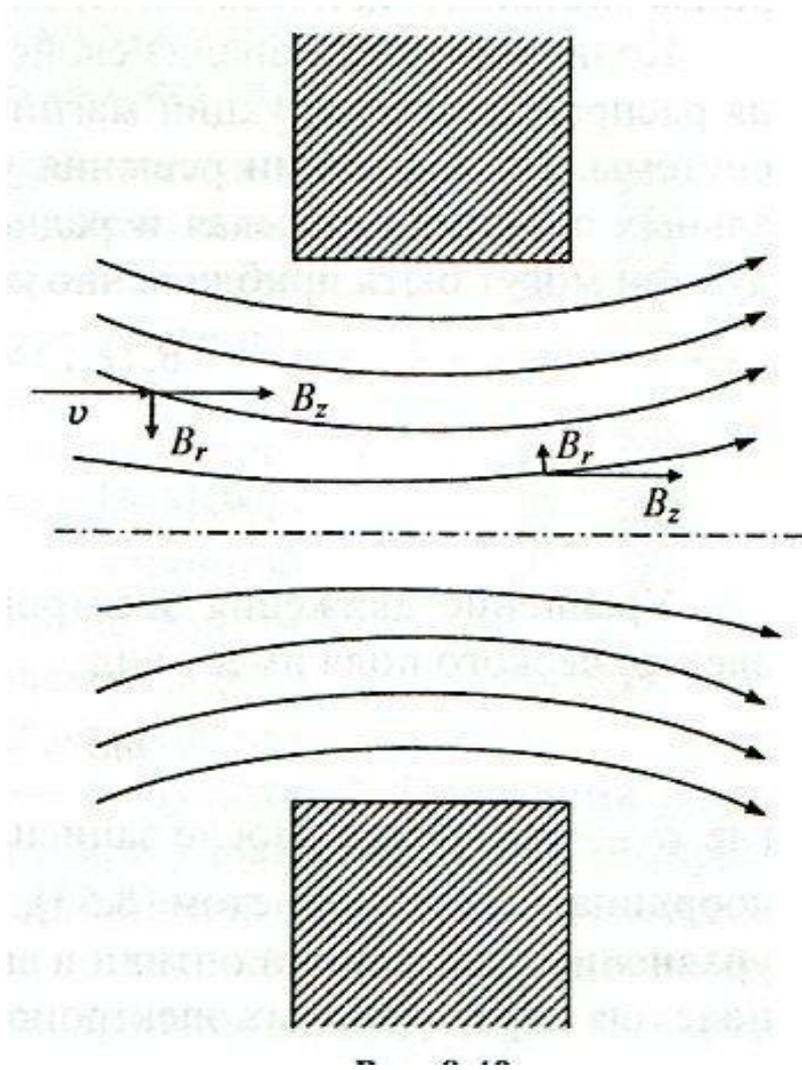
# Электростатическая линза



# Магнитное поле катушки, образующее короткую магнитную линзу



# Короткая магнитная линза

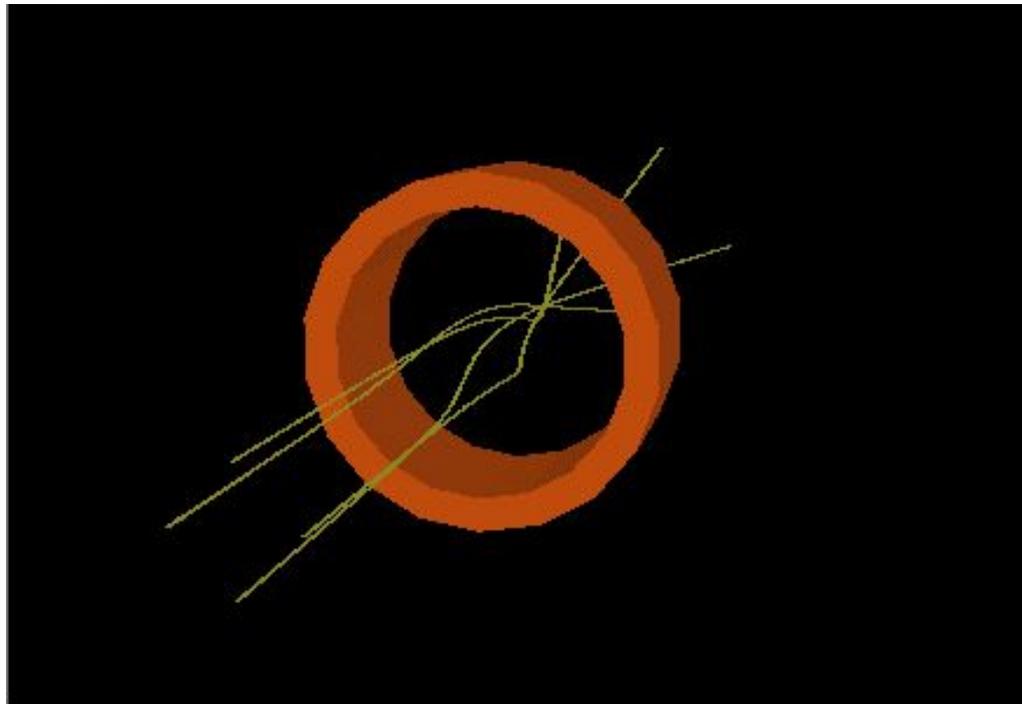


Магнитное поле в параксиальной области

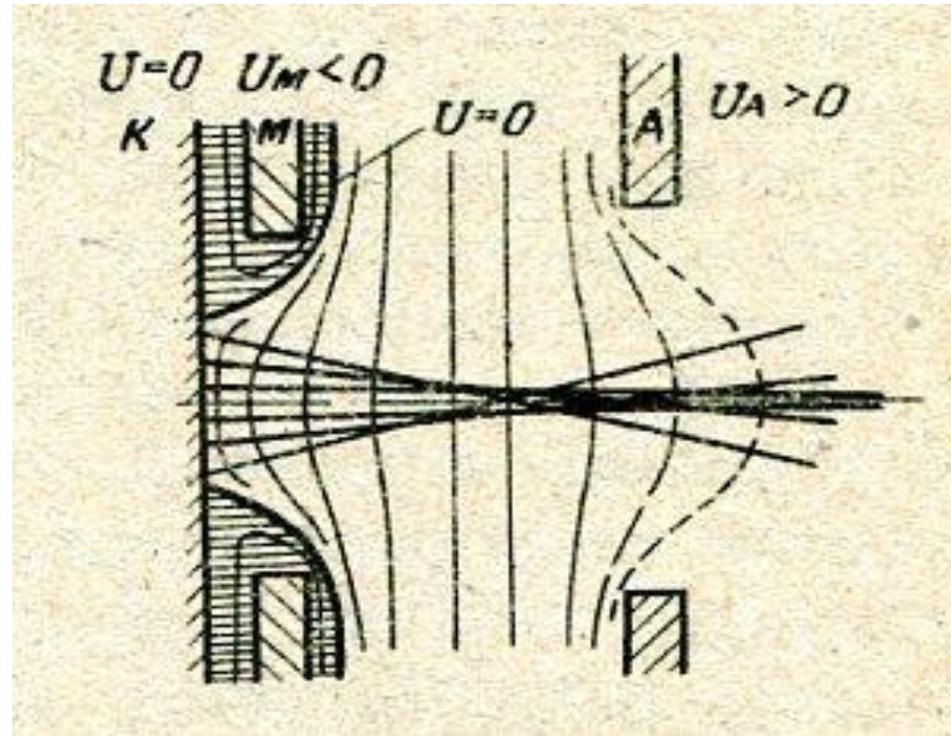
$$B_z(r, z) \approx B_z(0, z)$$

$$B_r(r, z) \approx -\frac{r}{2} \cdot \frac{dB_z(0, z)}{dz}$$

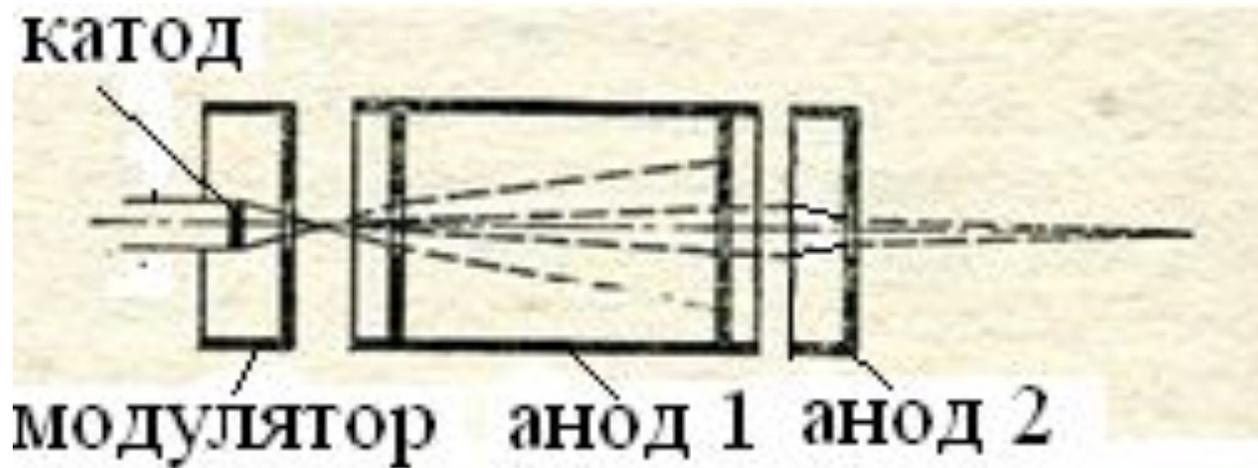
# Короткая магнитная линза



# Иммерсионный объектив



# Электронный прожектор



Иммерсионный  
объектив

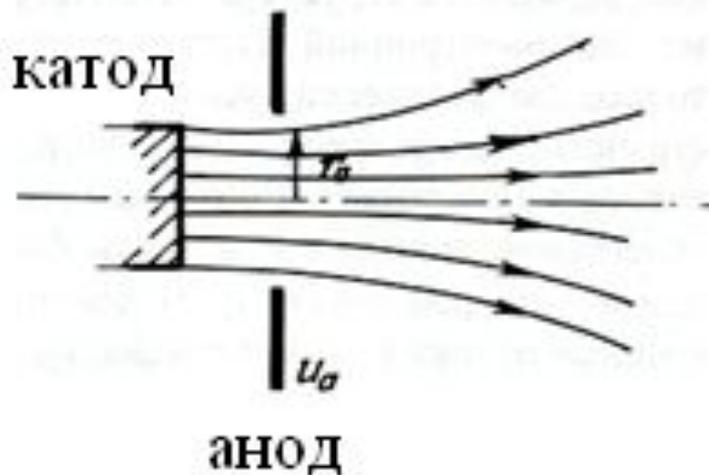


линза

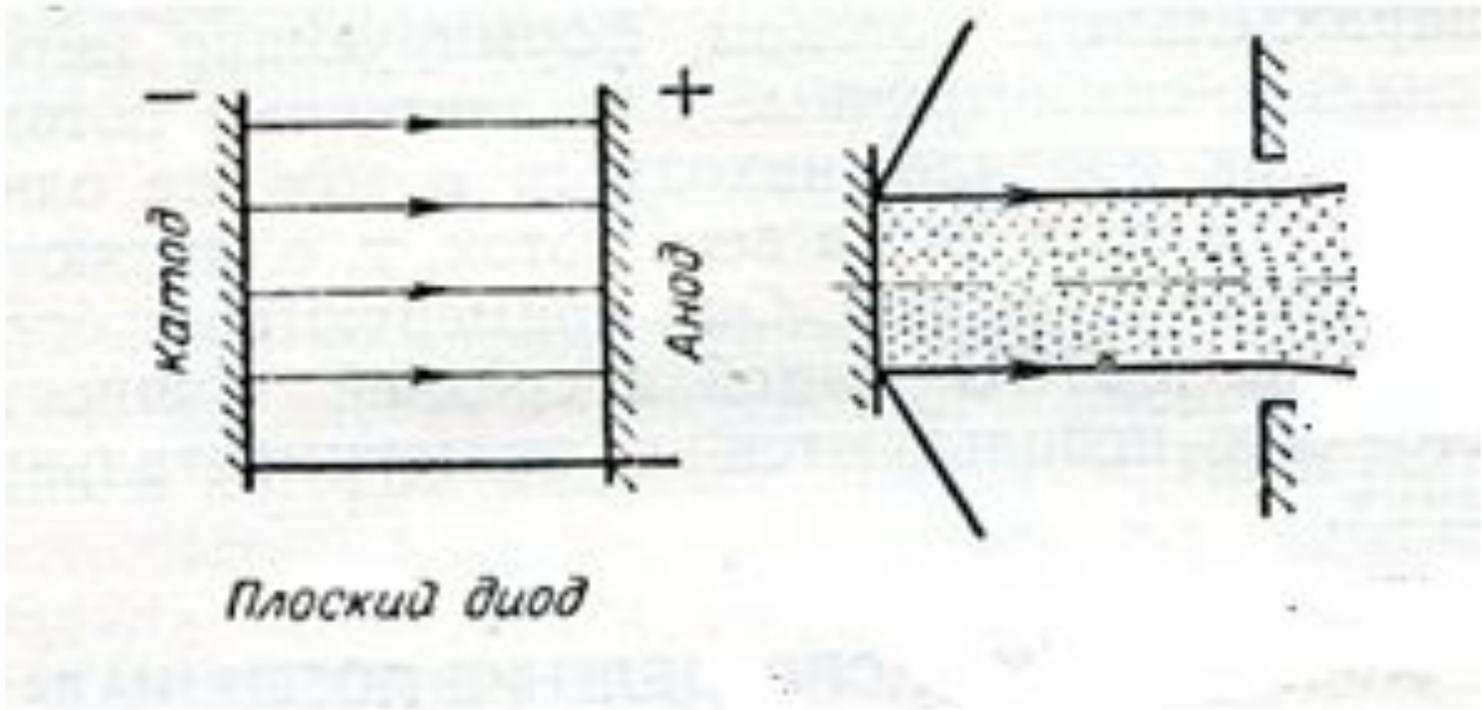
# Оптическая схема электронного прожектора



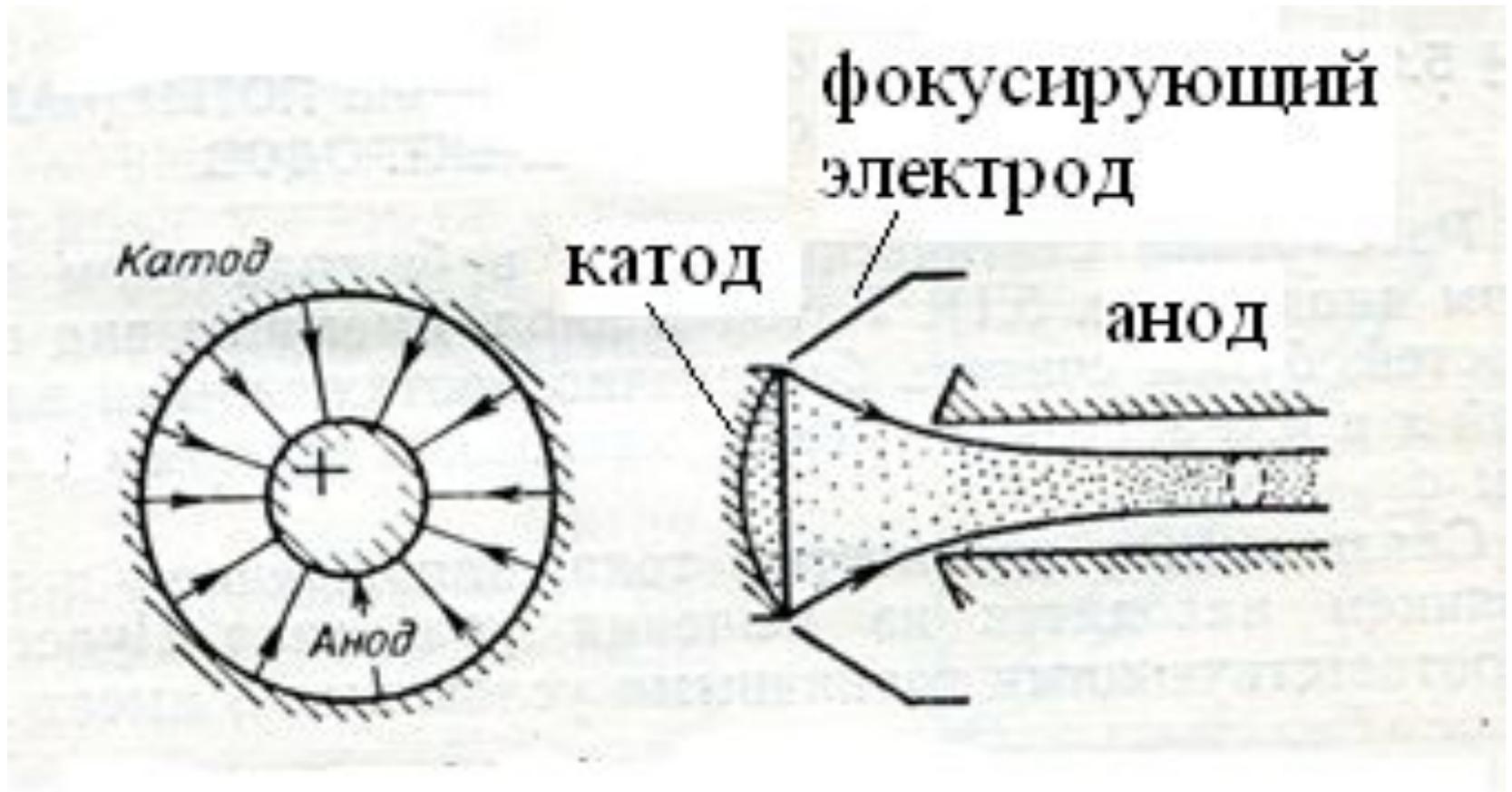
# Влияние пространственного заряда на электронный поток



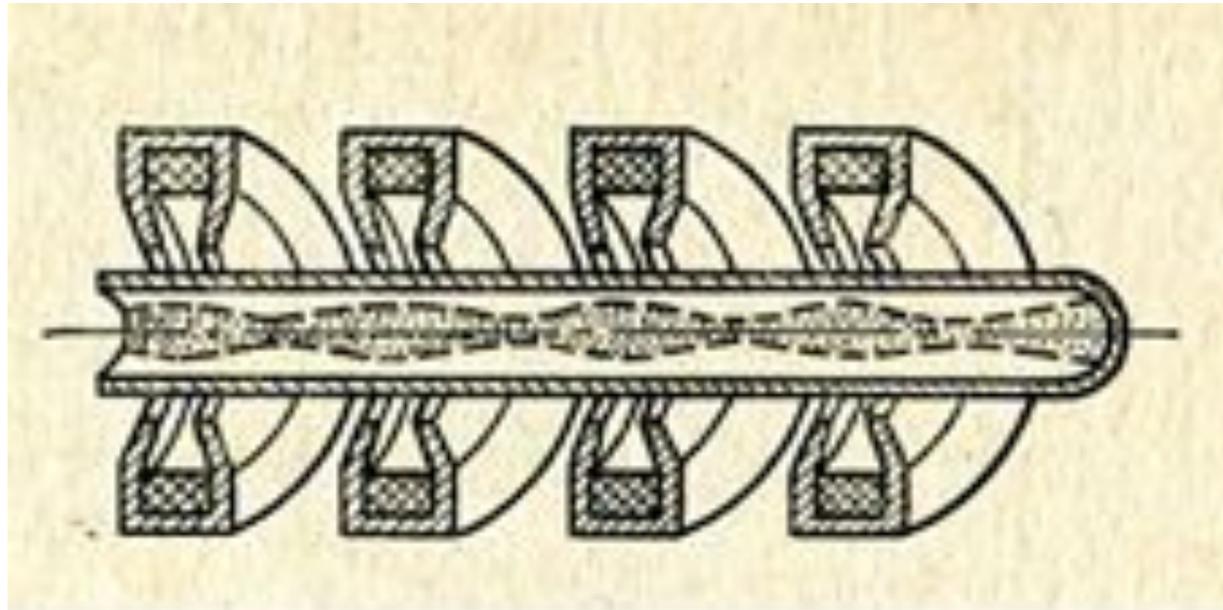
# Плоский диод и пушка Пирса



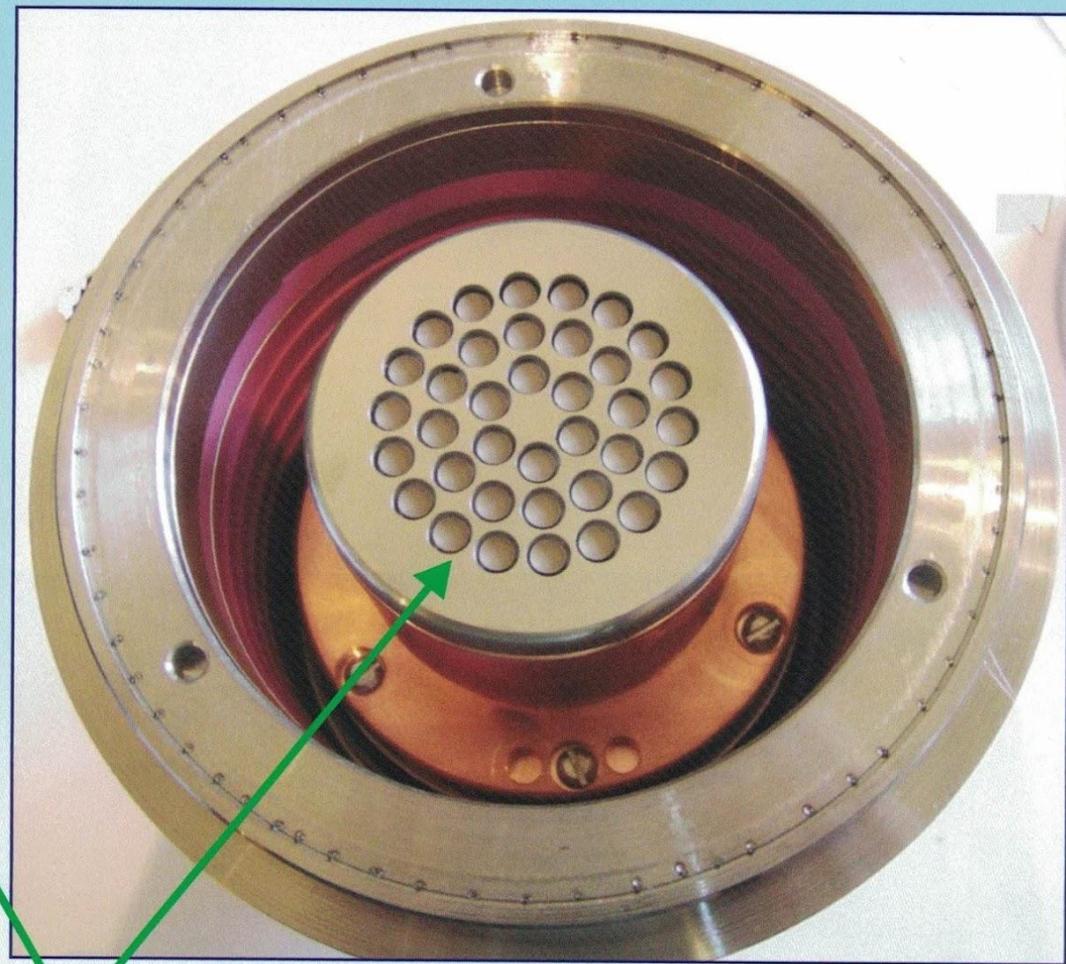
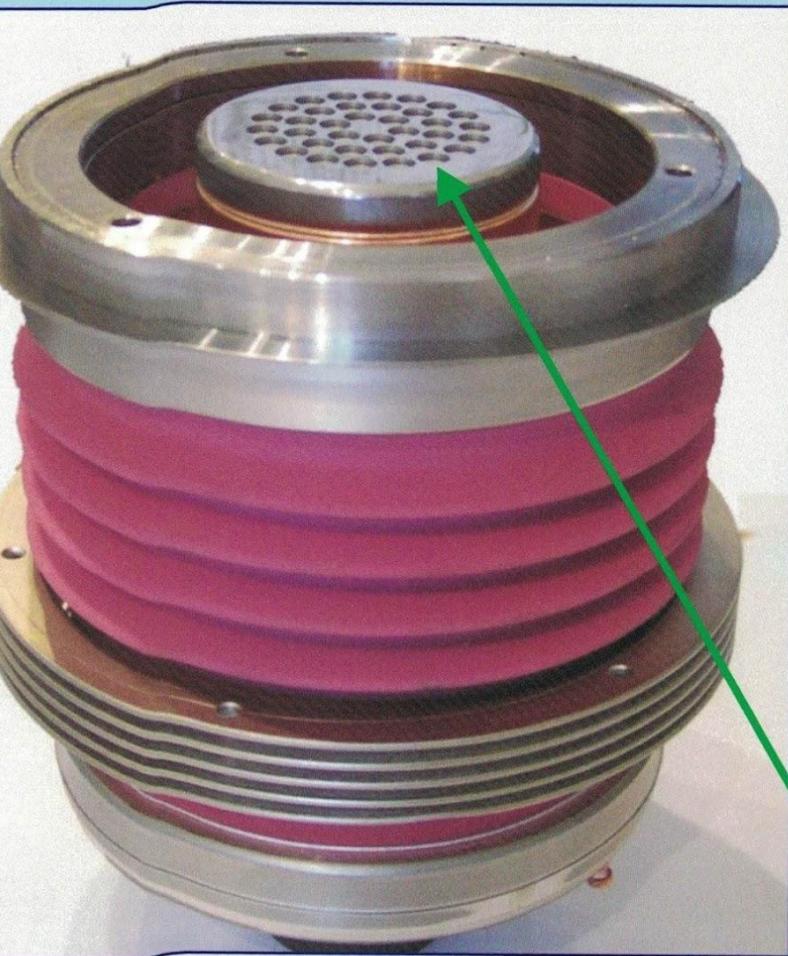
# Пушка Пирса



# Магнитная фокусирующая система



# ЭЛЕКТРОННАЯ ПУШКА МЛК «А100-Астрал» (36 лучей)



УПРАВЛЯЮЩИЙ ЭЛЕКТРОД