

Электрический ток в вакууме

Вакуум – разряженный газ

Различают низкий, средний и
высокий вакуум.

Высокий вакуум соответствует такому разряжению, при котором средняя длина свободного пробега молекул больше размеров сосуда.

Задача

$$P_{\min} = 10^{-12} \text{ мм.рт.ст.}$$

$$T = 300 \text{ К}$$

$$V = 1 \text{ см}^3$$

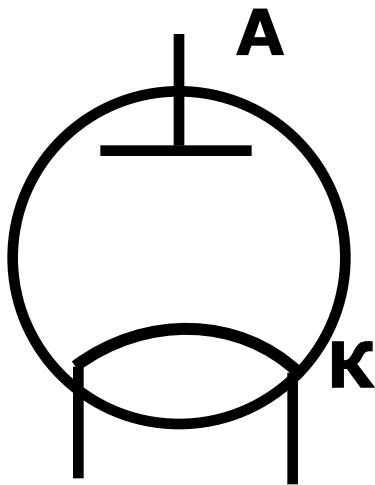
N-?

$$1 \text{ мм.рт.ст.} = 133 \text{ Па}$$

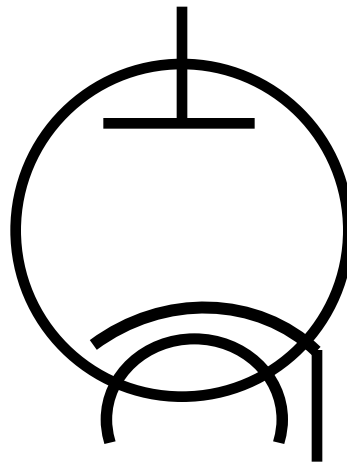
$$p = nkT = \frac{N}{V} kT$$

$$N = \frac{pV}{kT} = \frac{10^{-12} \cdot 133 \cdot 10^{-6}}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300} = 3,2 \cdot 10^4$$

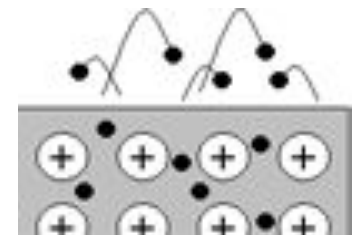
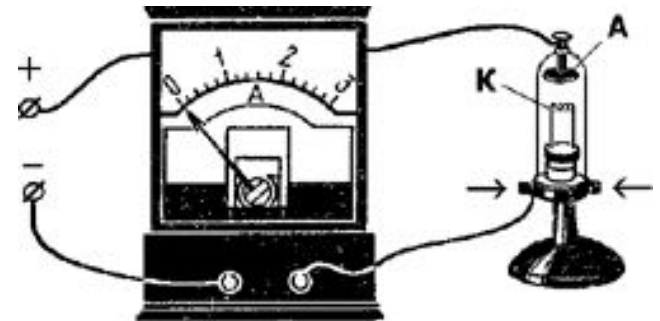
Создав в вакууме эмиссию электронов
(термоэлектронную, фотоэлектронную, электрическую),
построим простейший вакуумный
прибор, проводящий ток - **ДИОД**



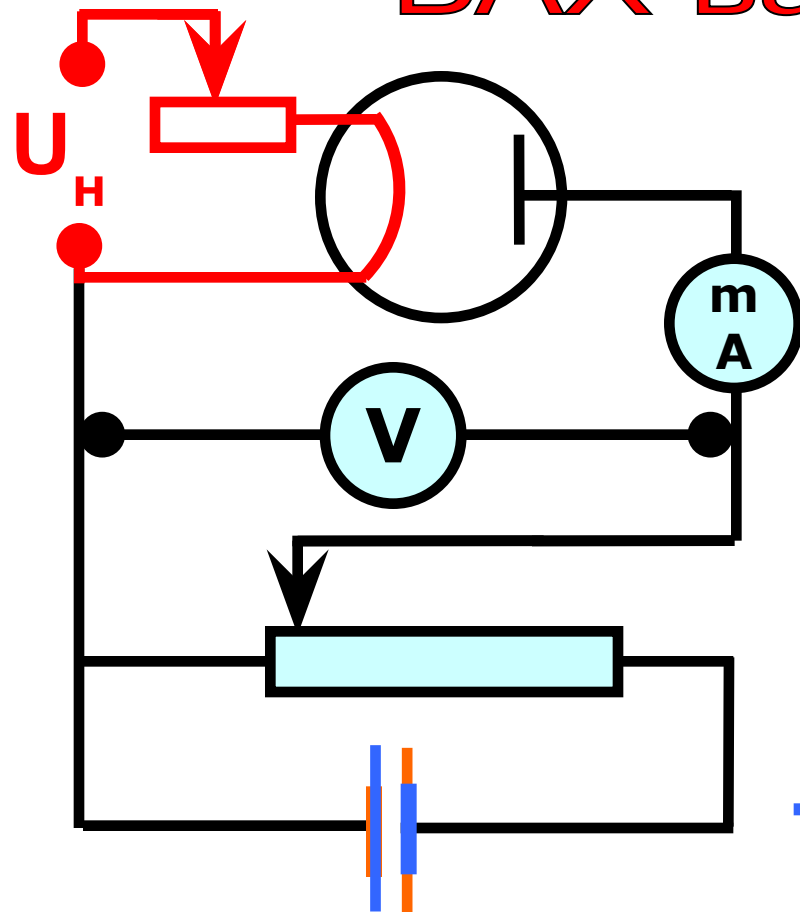
Прямой накал



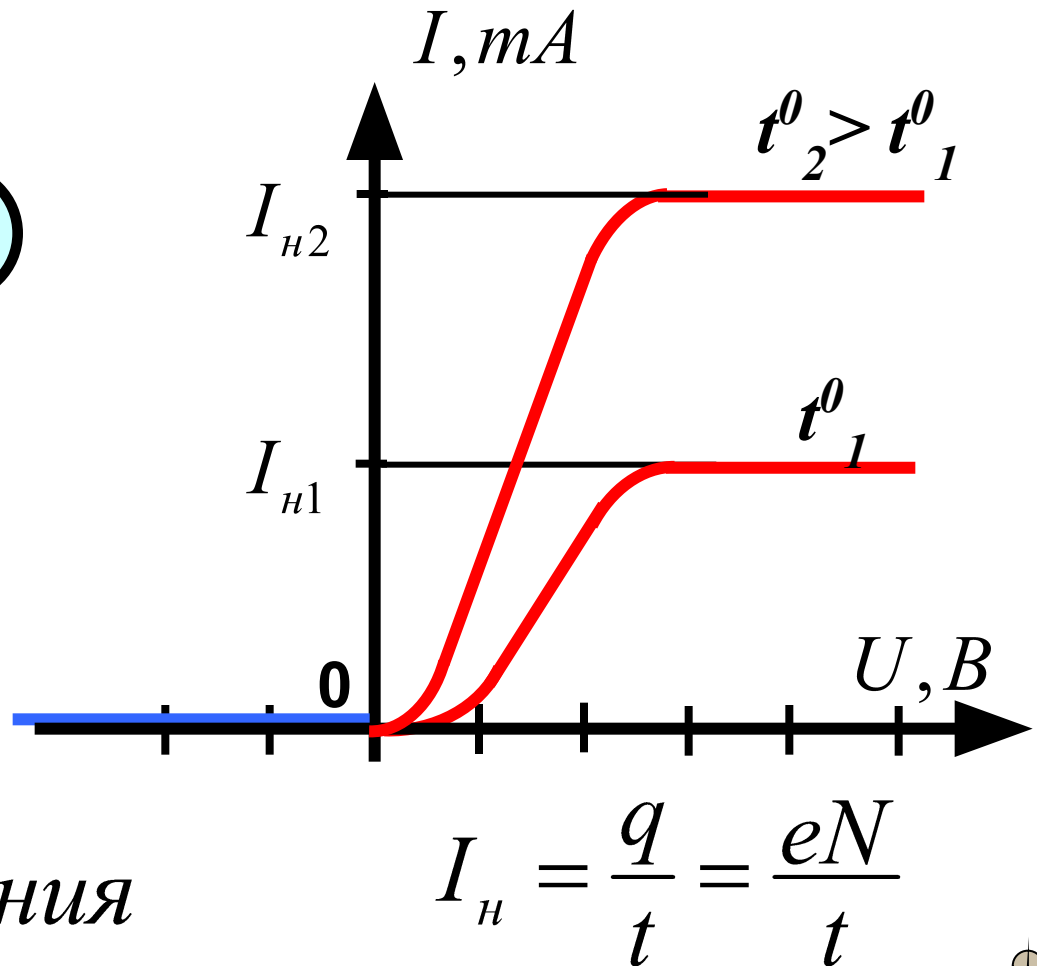
Косвенный накал



ВАХ вакуумного диода

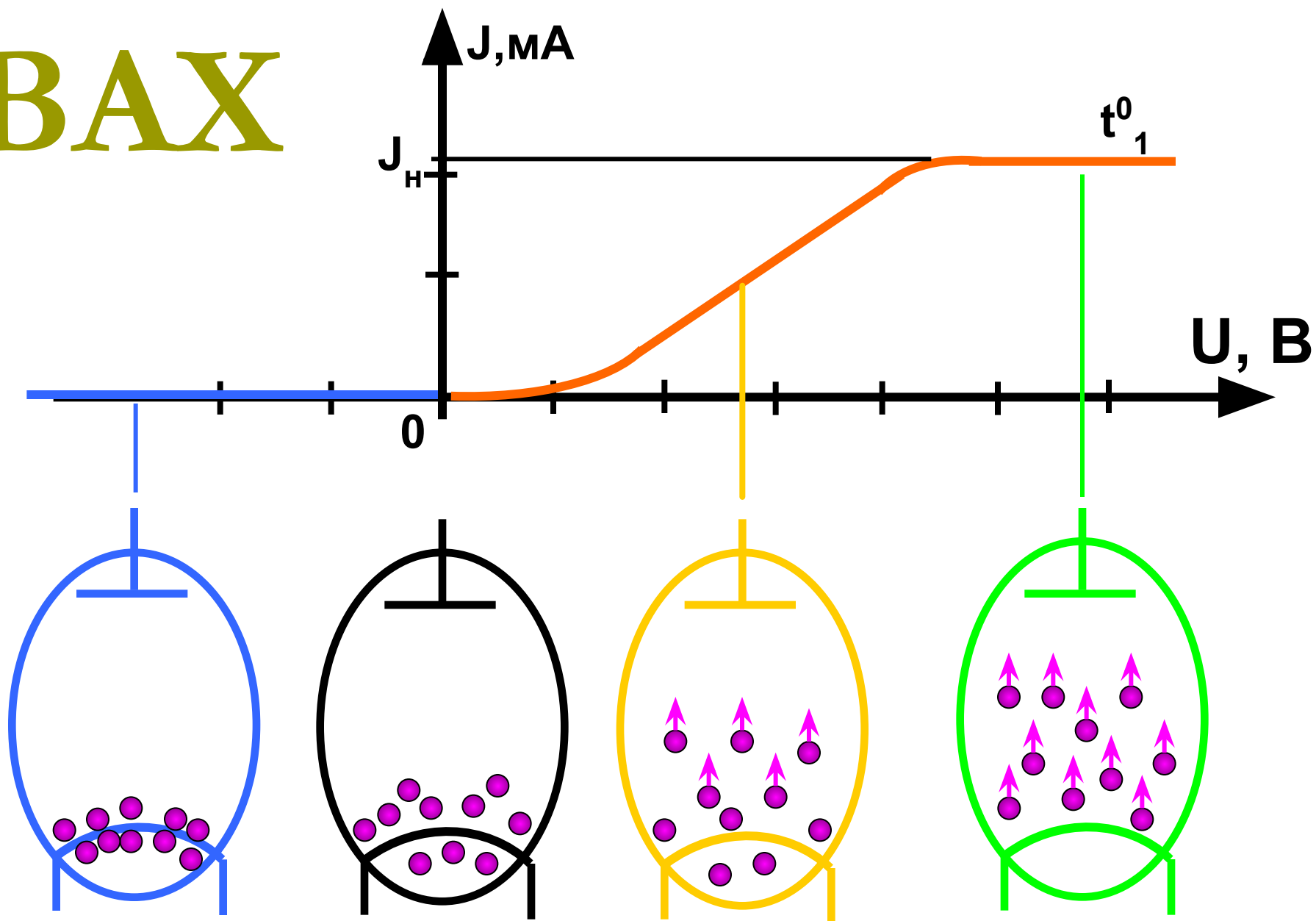


I_H – ток насыщения



Все заряды, рожденные термоэлектронной эмиссией, достигают анода.

BAX

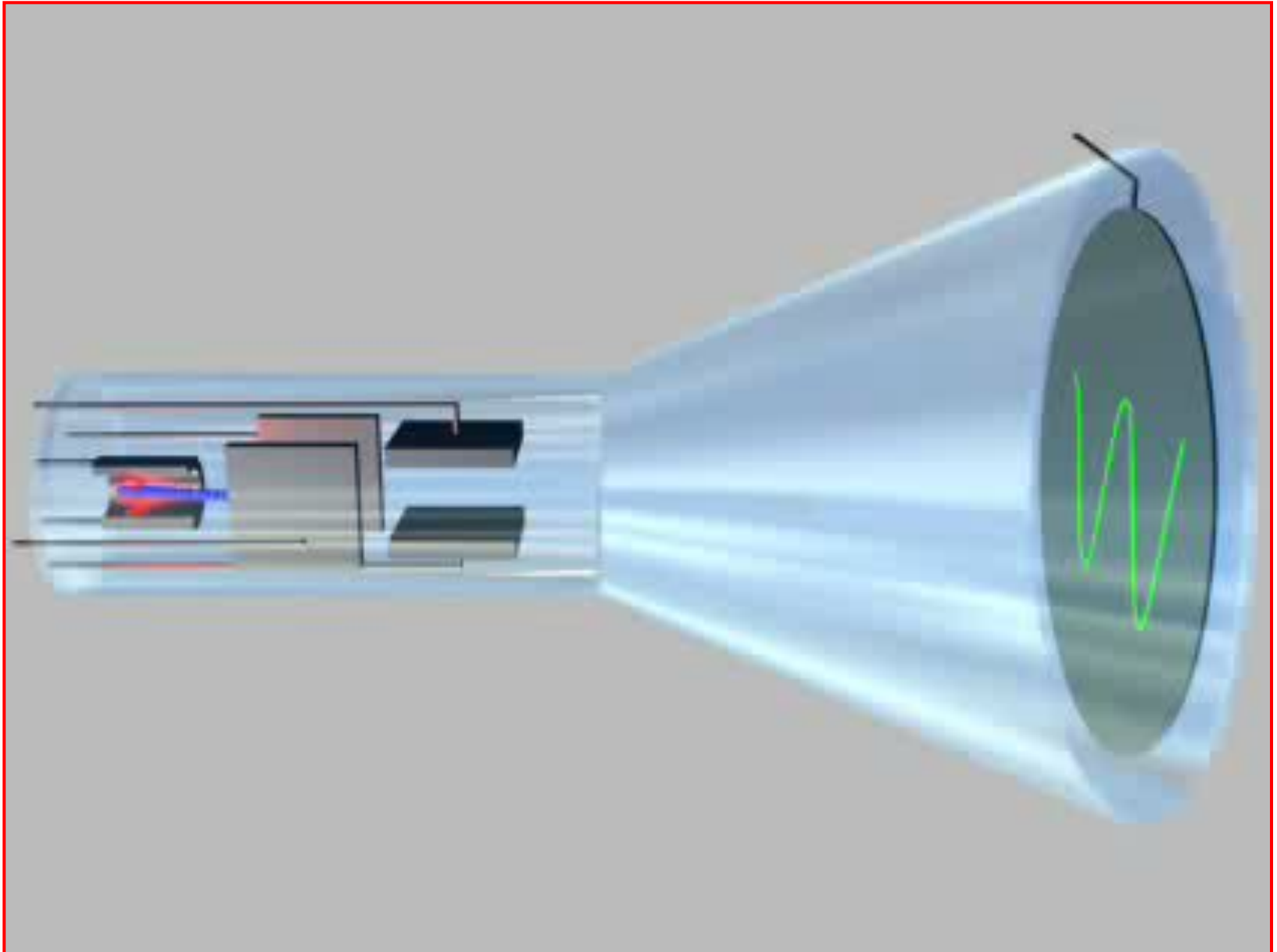


Ток насыщения

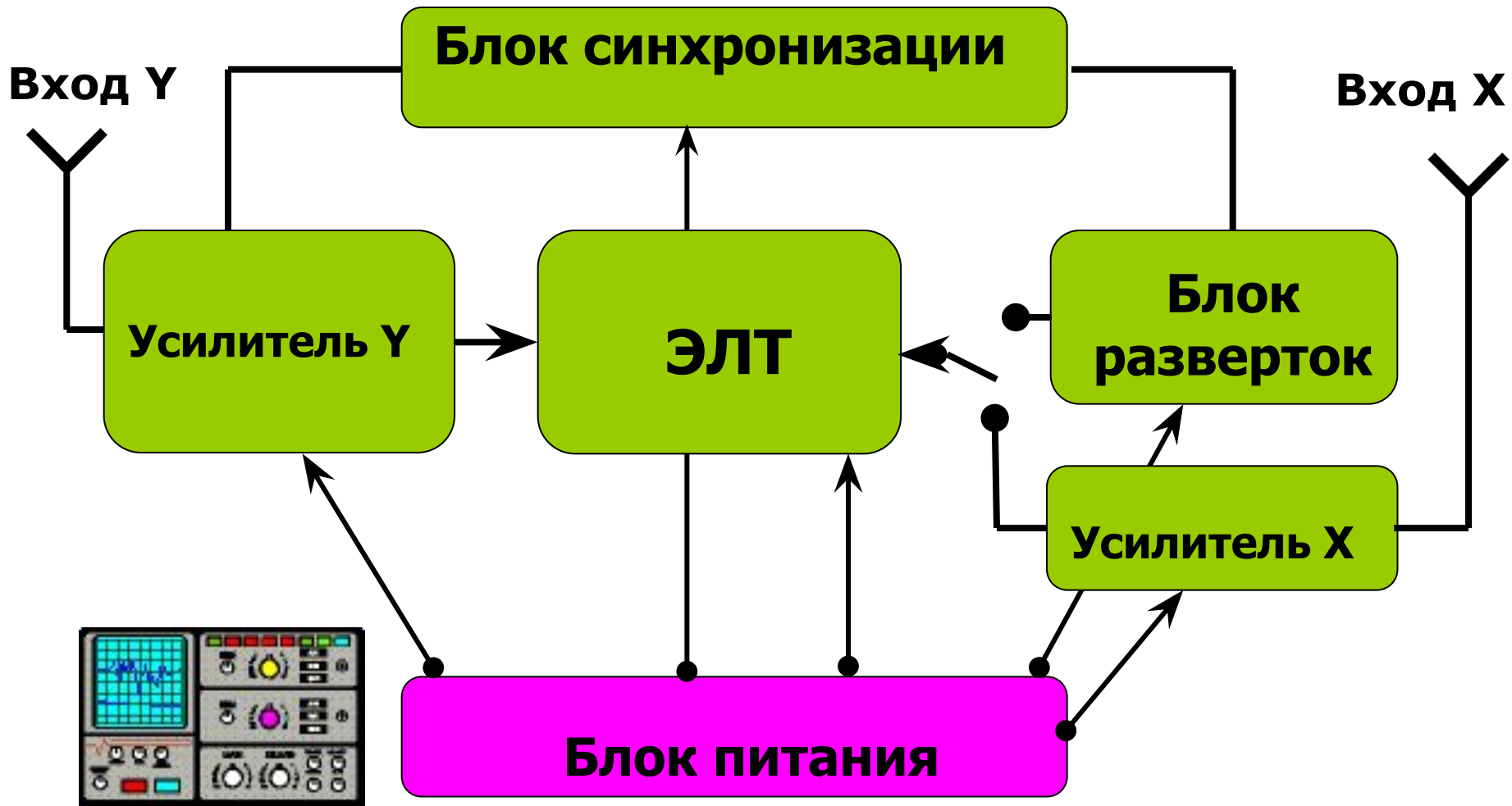
$$I_n = \frac{q}{t} = \frac{eN}{t}$$

Все заряды, рожденные термоэлектронной эмиссией, достигают анода.

Электронно-лучевая трубка



Блок-схема электронного осциллографа



В электронно-лучевой трубке поток электронов с кинетической энергией $8 \cdot 10^3$ эВ движется между пластинами плоского конденсатора длиной $4 \cdot 10^{-2}$ м. Расстояние между пластинами $2 \cdot 10^{-2}$ м. Какое напряжение нужно подать на пластины конденсатора, чтобы смещение электронного пучка на выходе оказалось $8 \cdot 10^{-3}$ м.

Дано:

$$\ell = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$E_k = 8 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$d = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$h = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$U = ?$

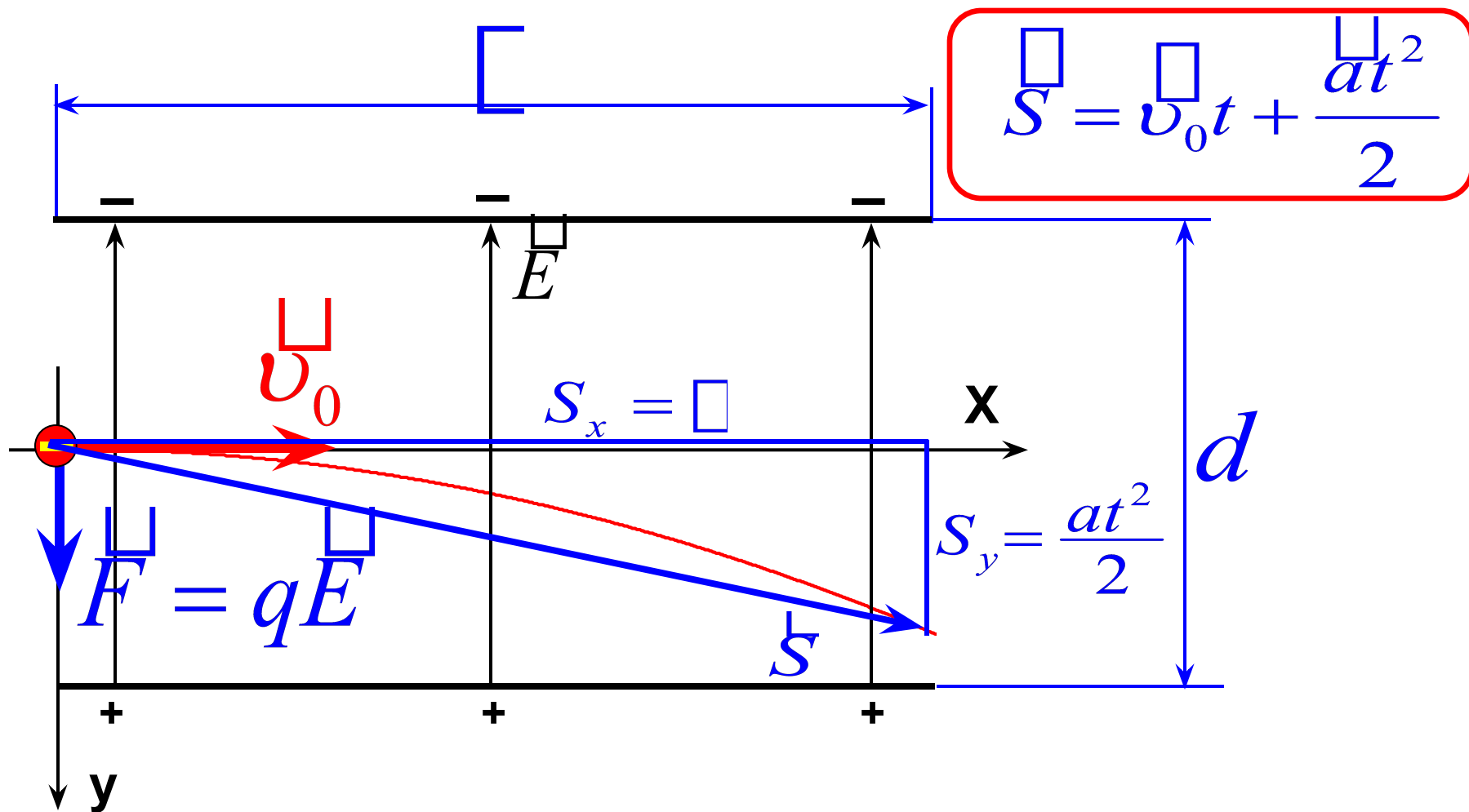


Diagram illustrating the motion of a charged particle (electron) in a uniform electric field E between two parallel plates separated by distance d .

The particle starts at point (1) on the left plate and moves to point (2) on the right plate. The initial velocity is v_0 (red vector). The displacement components are S_x and S_y (blue vectors).

The equations for the displacement components are:

$$S_x = v_0 t \Rightarrow t = \frac{S_x}{v_0}$$

$$S_y = \frac{a t^2}{2}$$

The electric field E is directed upwards, and the force $F = qE$ acts on the particle. The acceleration is $a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{qU}{md}$.

The displacement S_y is related to the de Broglie wavelength λ and the kinetic energy E_K of the electron:

$$S_y = h = \frac{a t^2}{2} = \frac{qU \lambda^2}{2m d v^2} = \frac{qU \lambda^2}{4d E_K}$$

The final equation for the potential U is:

$$U = \frac{4h E_K d}{q \lambda^2}$$

Дано:

$$\ell = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$E_k = 8 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$d = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$h = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$U = \frac{4hE_k d}{ql^2}$$

$U = ?$

$$U = \frac{4 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 10^3 \cdot \cancel{1,6 \cdot 10^{-19}} \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{\cancel{1,6 \cdot 10^{-19}} \cdot 16 \cdot 10^{-4}} = 3200 \text{ В.}$$

Ответ: $U = 3200 \text{ В}$

Электрон влетает в плоский конденсатор с длиной пластин 10 см и напряженностью электрического поля 40 кВ/м под углом 15° к пластинам. Какова первоначальная энергия электрона, если он вылетел из конденсатора так же под углом 15° к пластинам?

Дано :

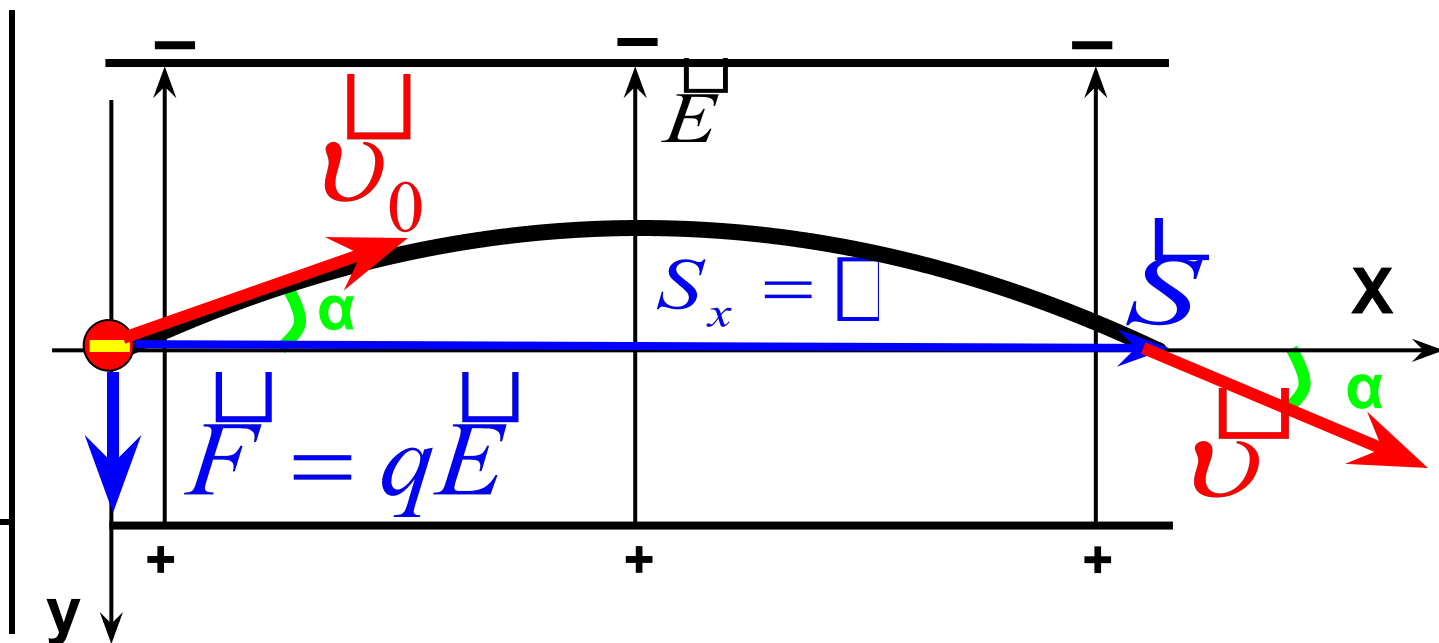
$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

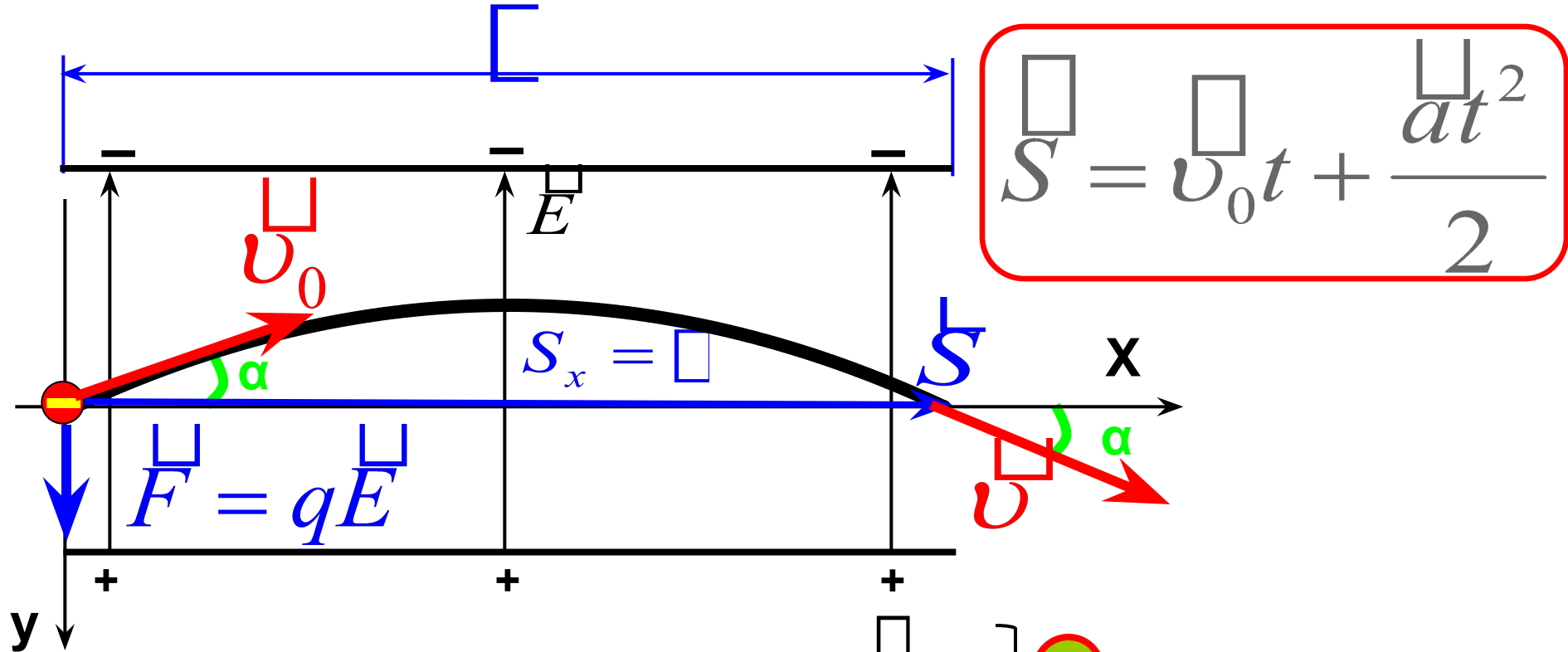
$$l = 10 \text{ см}$$

$$E = 40 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$$

$$\alpha = 15^\circ$$

$$W - ?$$





$$\begin{aligned}
 \textcircled{1} \quad S_x = l &= v_0 \cos \alpha \cdot t & t &= \frac{l}{v_0 \cos \alpha} & \textcircled{2} \\
 S_y = 0 &= v_0 \sin \alpha \cdot \cancel{t} - \frac{a t^2}{2} & t &= \frac{2 v_0 \sin \alpha}{a} \\
 a &= \frac{2 v_0 \sin \alpha \cdot v_0 \cos \alpha}{l} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{l} = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m}
 \end{aligned}$$

Дано:

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$\square = 10 \text{ см}$$

$$E = 40 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$$

$$\alpha = 15^\circ$$

$$W = ?$$

4

$$\frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{\square} = \frac{qE}{m}$$

$$W = \frac{mv_0^2}{2} = \frac{qE\square}{2 \sin 2\alpha}$$

$$W = \frac{qE\square}{2 \sin 2\alpha} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 40 \cdot 10^3 \cdot 0,1}{2 \cdot 0,5} = 6,4 \cdot 10^{-16} \text{ Дж}$$

$$\text{Ответ: } W = \frac{qE\square}{2 \sin 2\alpha} = 6,4 \cdot 10^{-16} \text{ Дж}$$

На две параллельные сетки, между которыми приложена задерживающая разность потенциалов U , под углом α падает пучок отрицательных ионов. При каких энергиях частицы смогут пройти через сетки, если заряд иона q ?

