

# 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

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

$$T = 300 \text{ К}$$

$$V = 1 \text{ см}^3$$

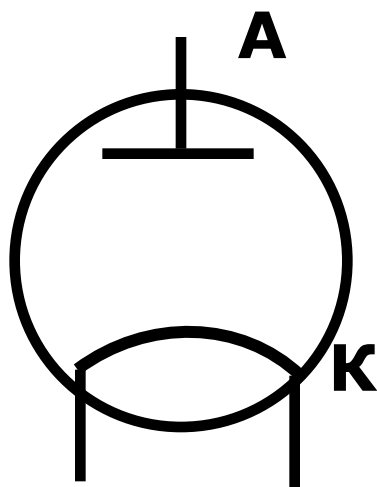
**N-?**

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

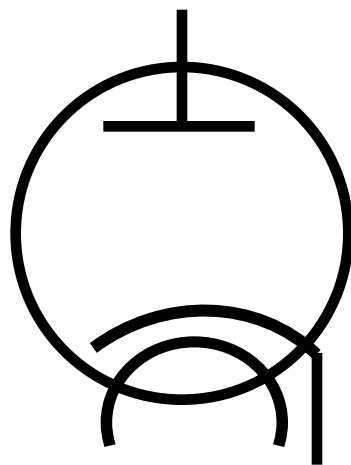
$$p = nkT = \frac{N}{V} kT$$

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

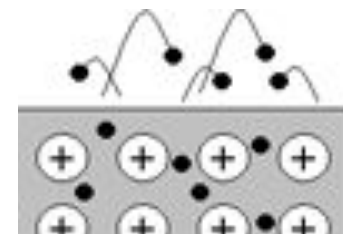
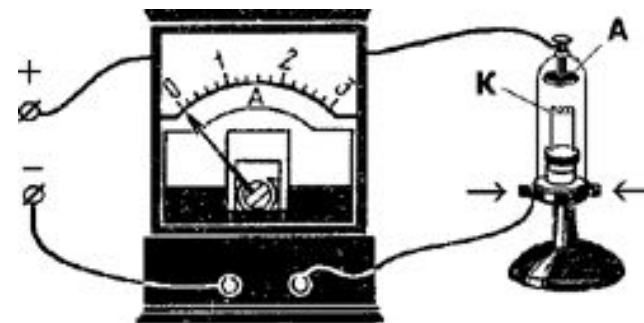
Создав в вакууме эмиссию электронов  
(термоэлектронную, фотоэлектронную, электрическую),  
построим простейший вакуумный  
прибор, проводящий ток - **ДИОД**



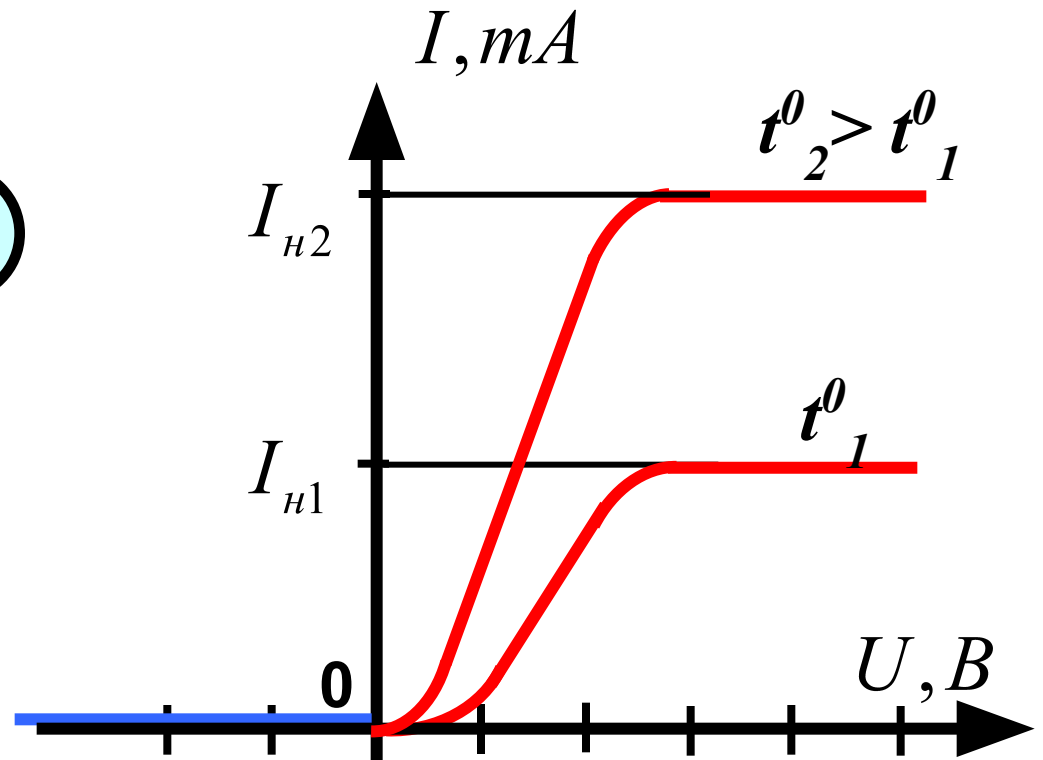
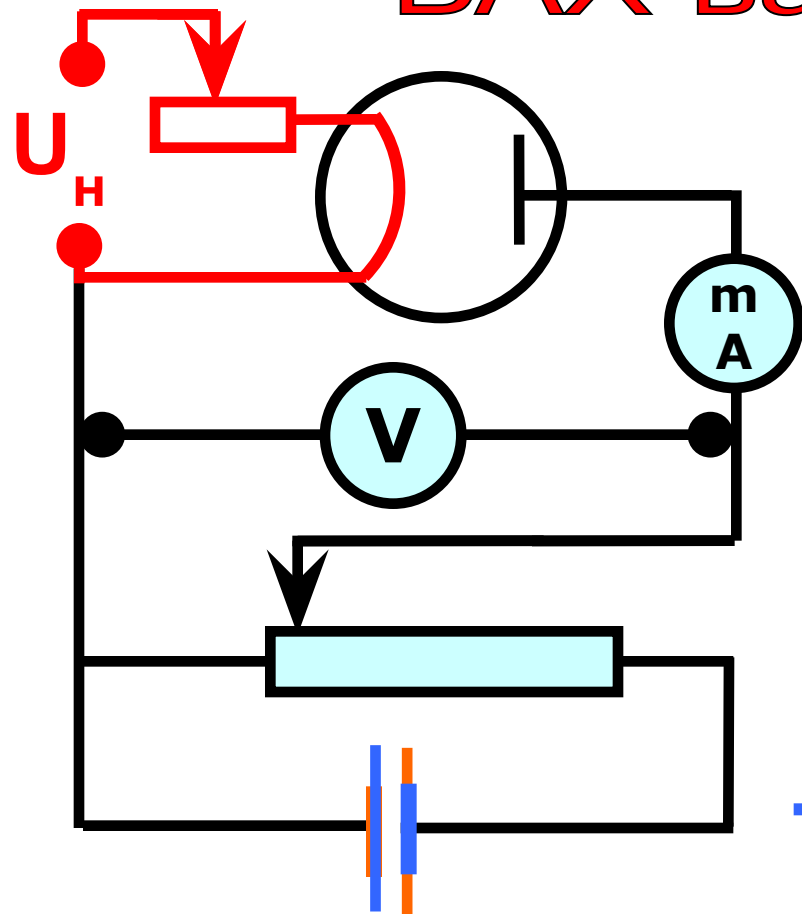
Прямой накал



Косвенный накал



# ВАХ вакуумного диода

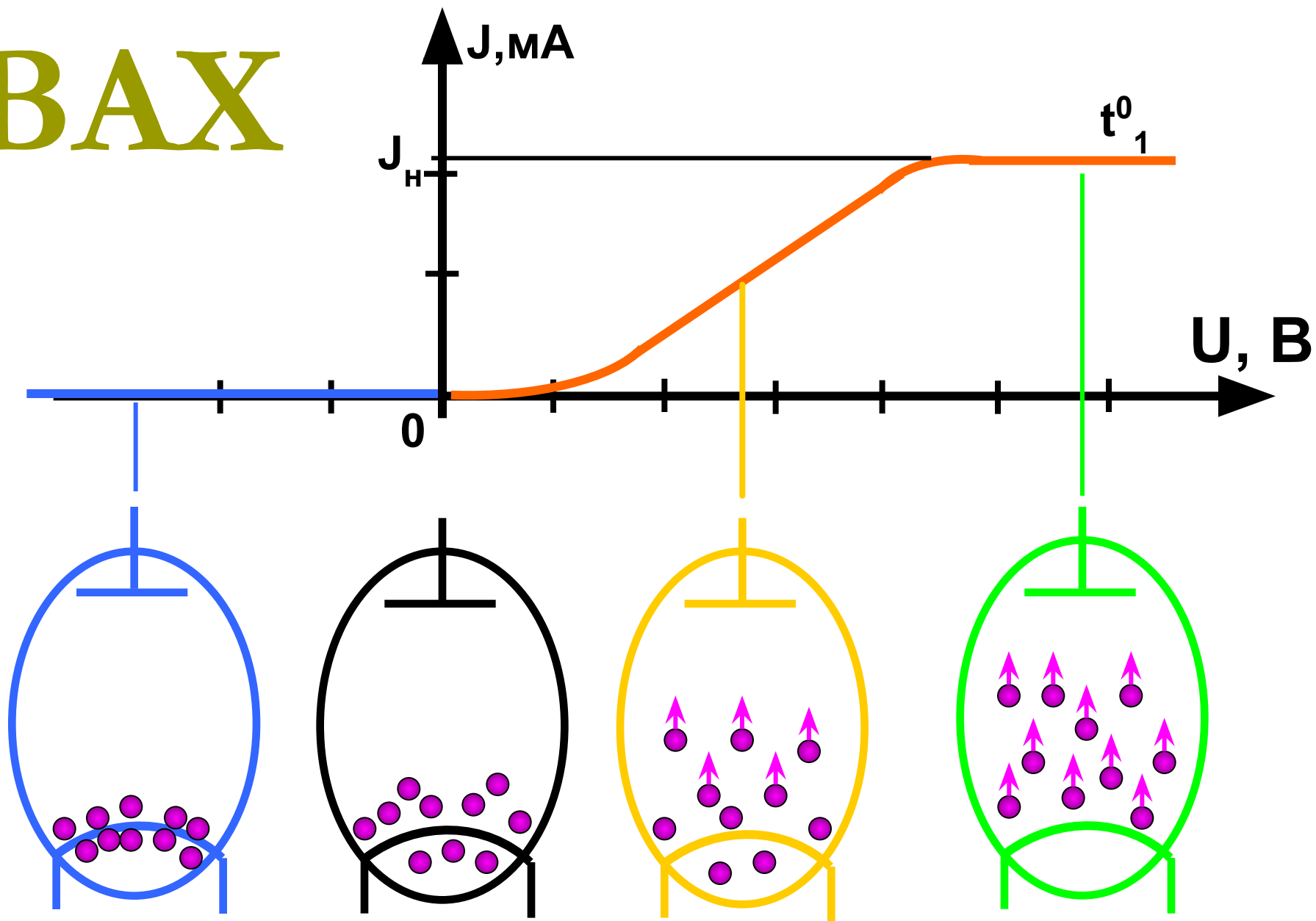


$I_H$  – ток насыщения

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

Все заряды, рожденные термоэлектронной эмиссией, достигают анода.

# BAX

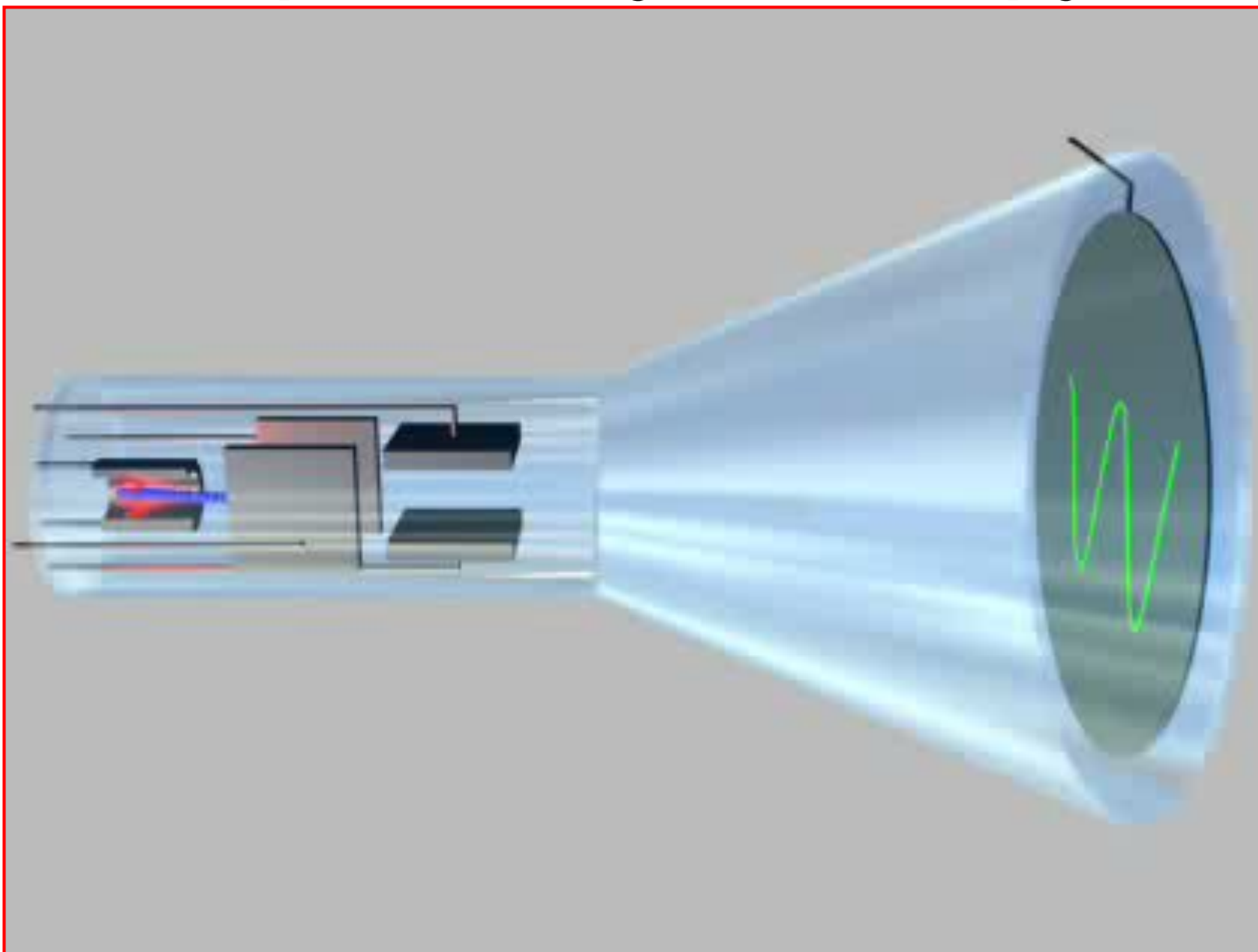


# Ток насыщения

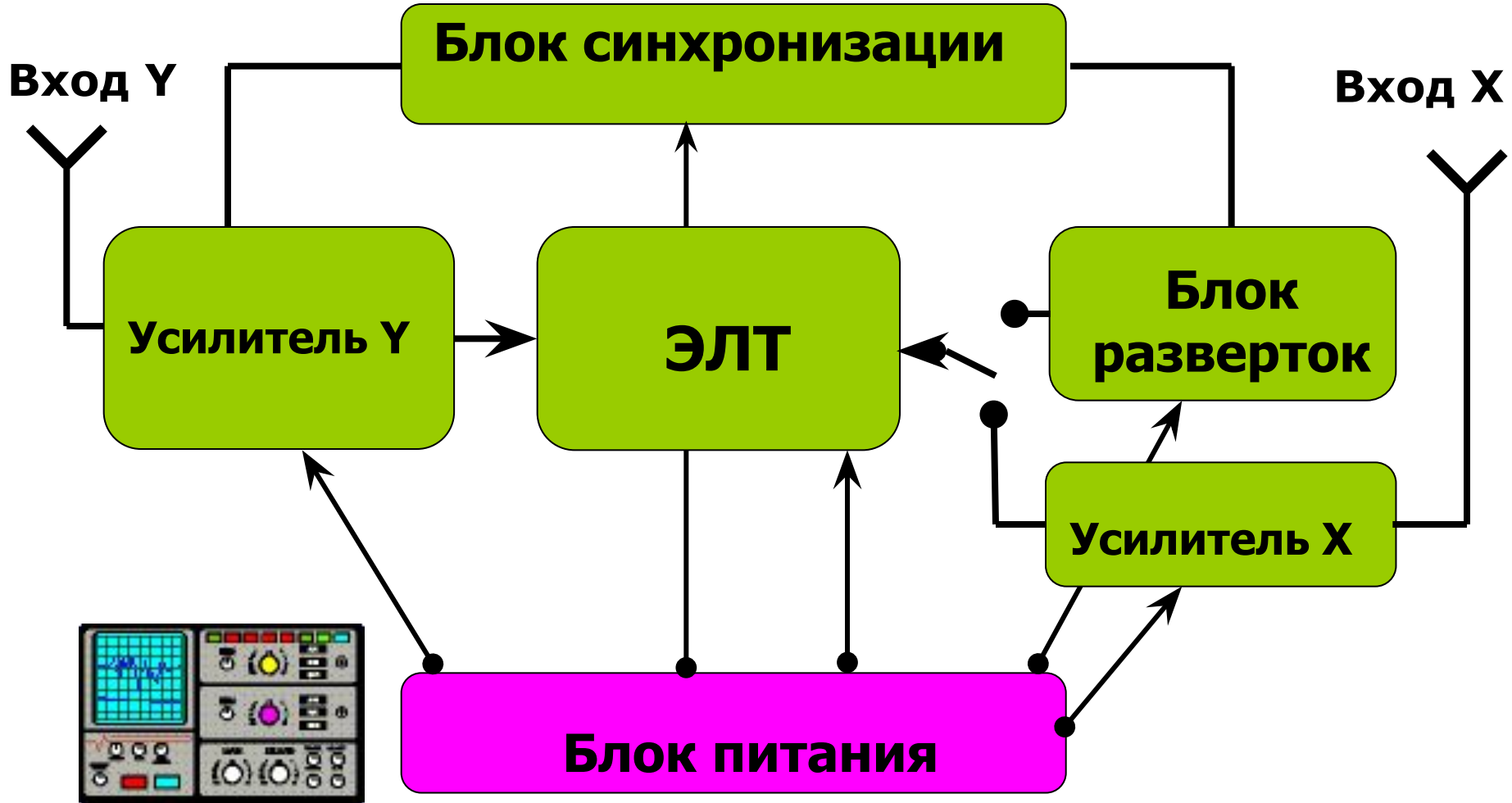
$$I_{\text{н}} = \frac{q}{t} = \frac{eN}{t}$$

**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:*

$$\ell = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

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

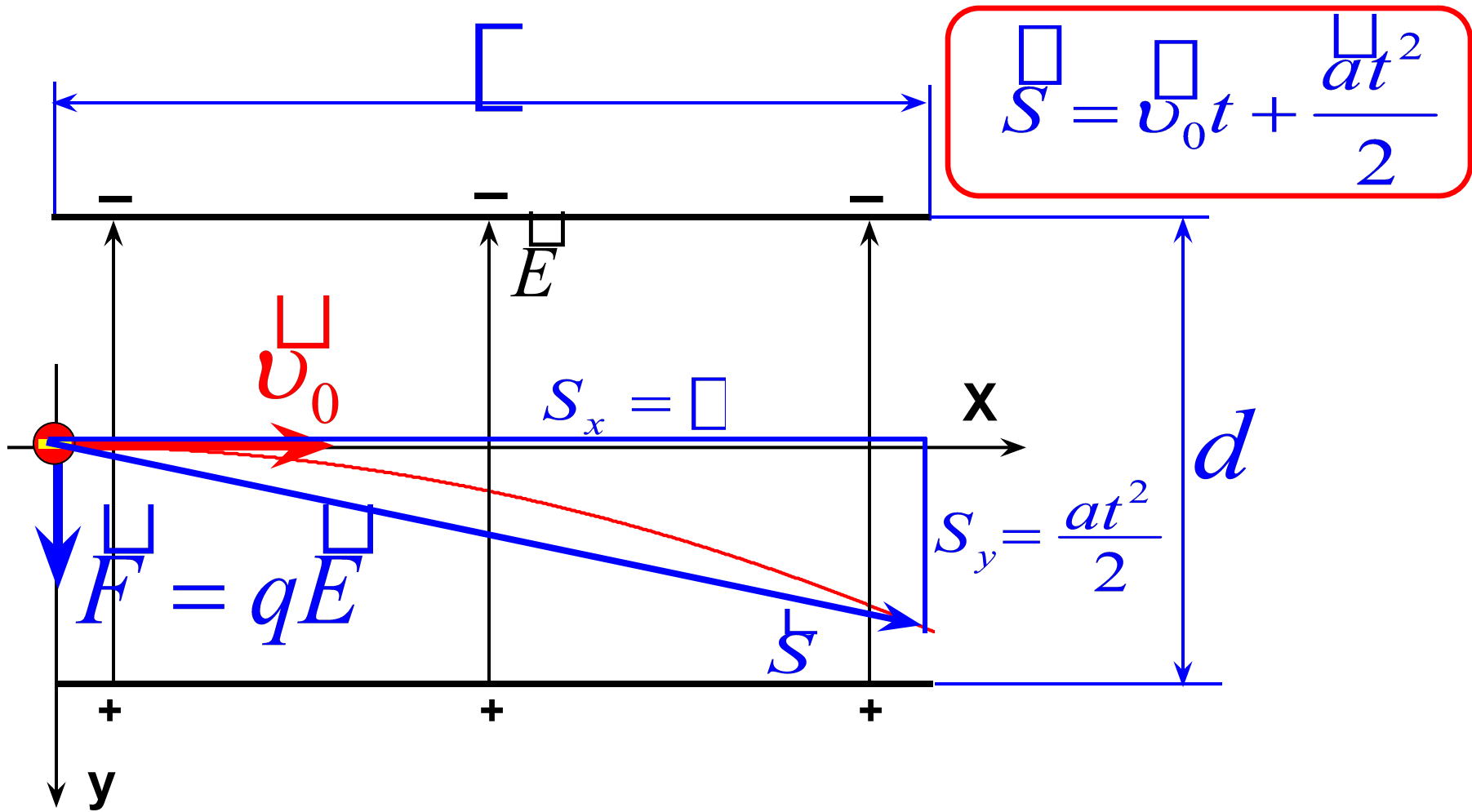
$$d = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

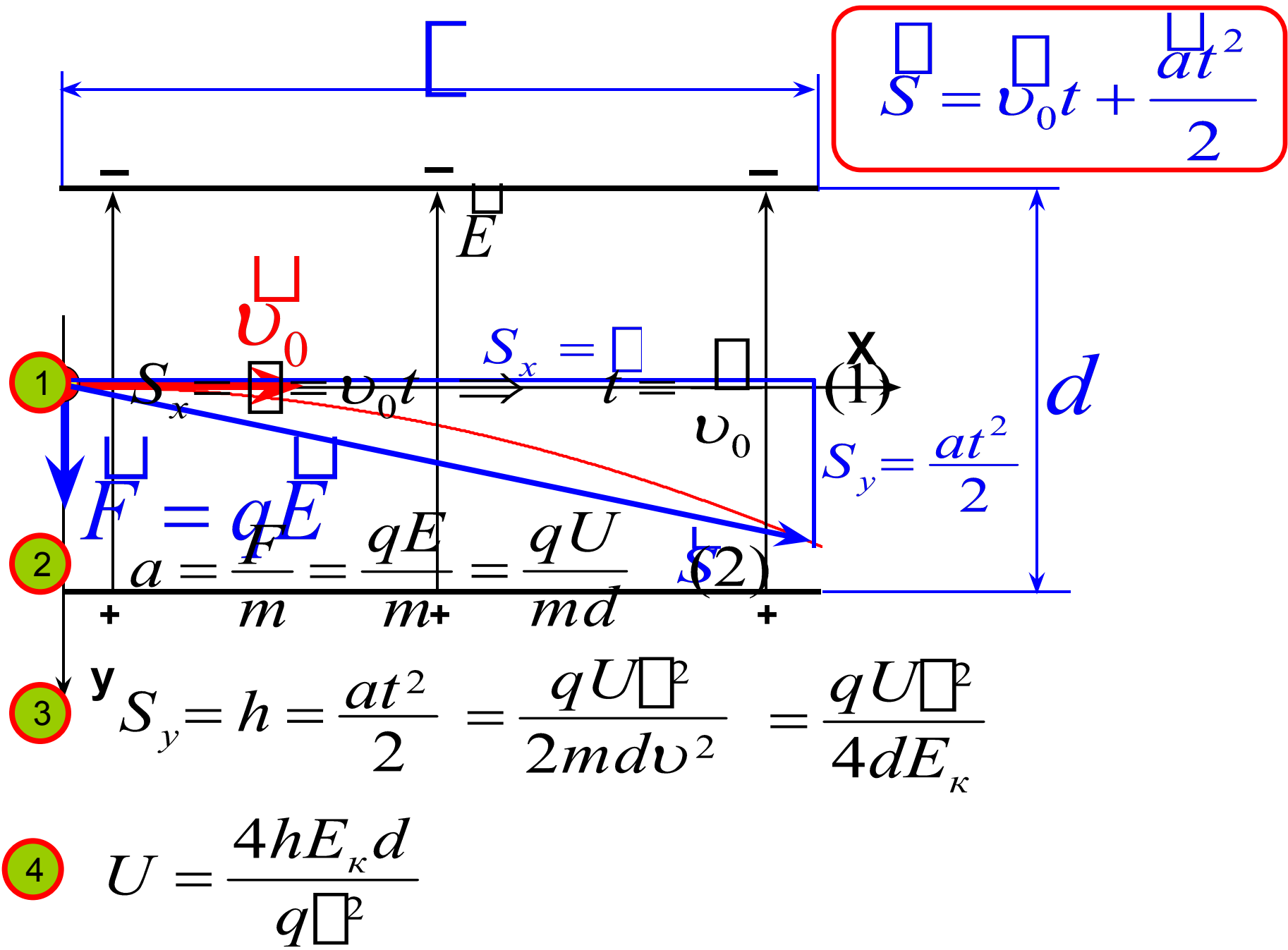
$$h = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

---

$U - ?$





$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

1

2

3

4

$$S_x = v_0 t \quad (1)$$

$$F = qE$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{qU}{md} \quad (2)$$

$$S_y = h = \frac{at^2}{2} = \frac{qU\lambda^2}{2mdv^2} = \frac{qU\lambda^2}{4dE_\kappa}$$

$$U = \frac{4hE_\kappa d}{q\lambda^2}$$

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  $15^\circ$  к пластинам. Какова первоначальная энергия электрона, если он вылетел из конденсатора так же под углом  $15^\circ$  к пластинам?

Дано :

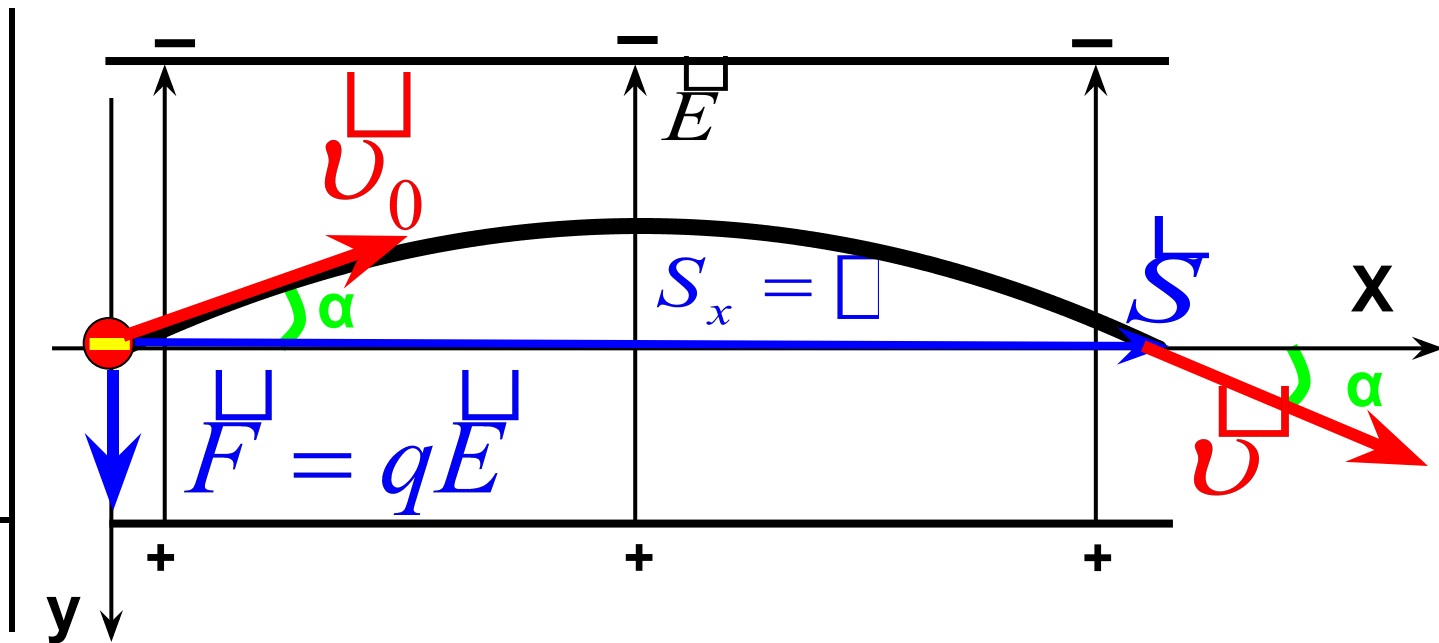
$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

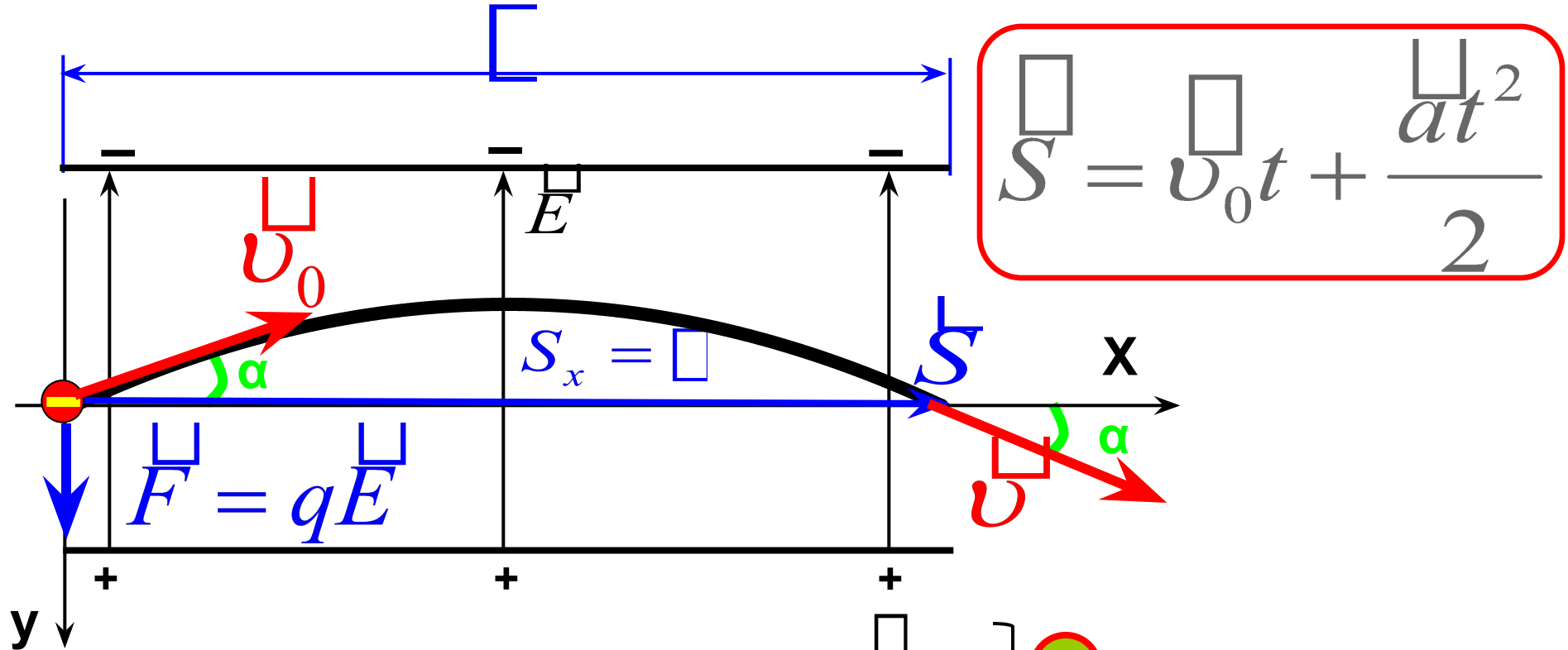
$$l = 10 \text{ см}$$

$$E = 40 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$$

$$\alpha = 15^\circ$$

$$W - ?$$





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

$$\textcircled{3} \quad a = \frac{2v_0 \sin \alpha \cdot v_0 \cos \alpha}{l} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{l} = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m}$$

Дано:

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$l = 10 \text{ см}$$

$$E = 40 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$$

$$\alpha = 15^\circ$$

$$W - ?$$

4

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

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

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

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

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

