

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.

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

Задача

$$T = 300 \text{ K}$$

$$V = 1 \text{ см}^3$$

N -?

$$p = \rho gh = 13600 \cdot 9,81 \cdot 0,001 = 133 \text{ Па}$$

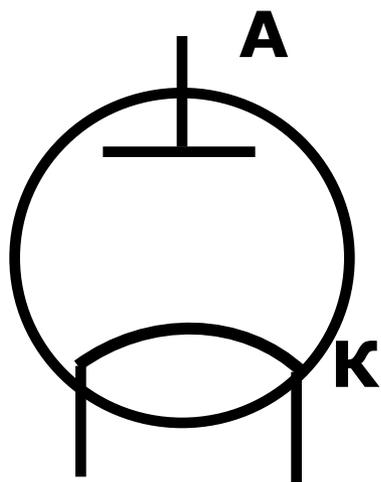
$$1 \text{ мм.рт.ст.} = 133 \text{ Па}$$

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

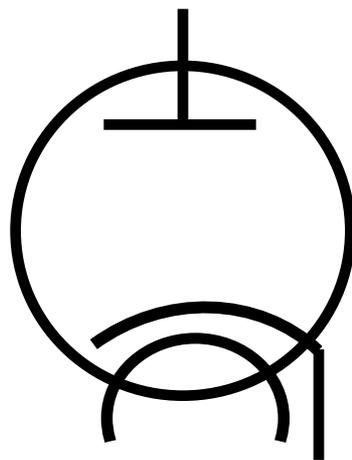
$$N = \frac{pV}{kT} = \frac{10^{-12} \cdot 133 \cdot 10^{-6}}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300} = 3,2 \cdot 10^4$$

Можно пользоваться моделью «Идеальный газ»

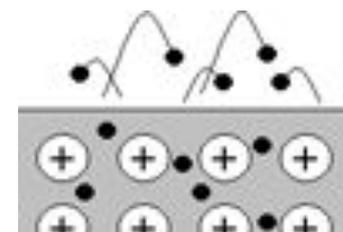
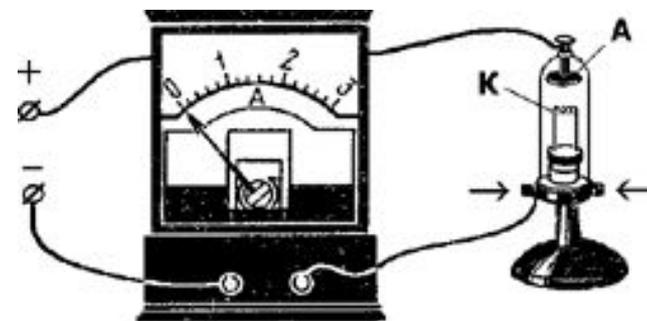
Создав в вакууме эмиссию электронов
(термоэлектронную, фотоэлектронную, электрическую),
построим простейший вакуумный
прибор, проводящий ток - **ДИОД**



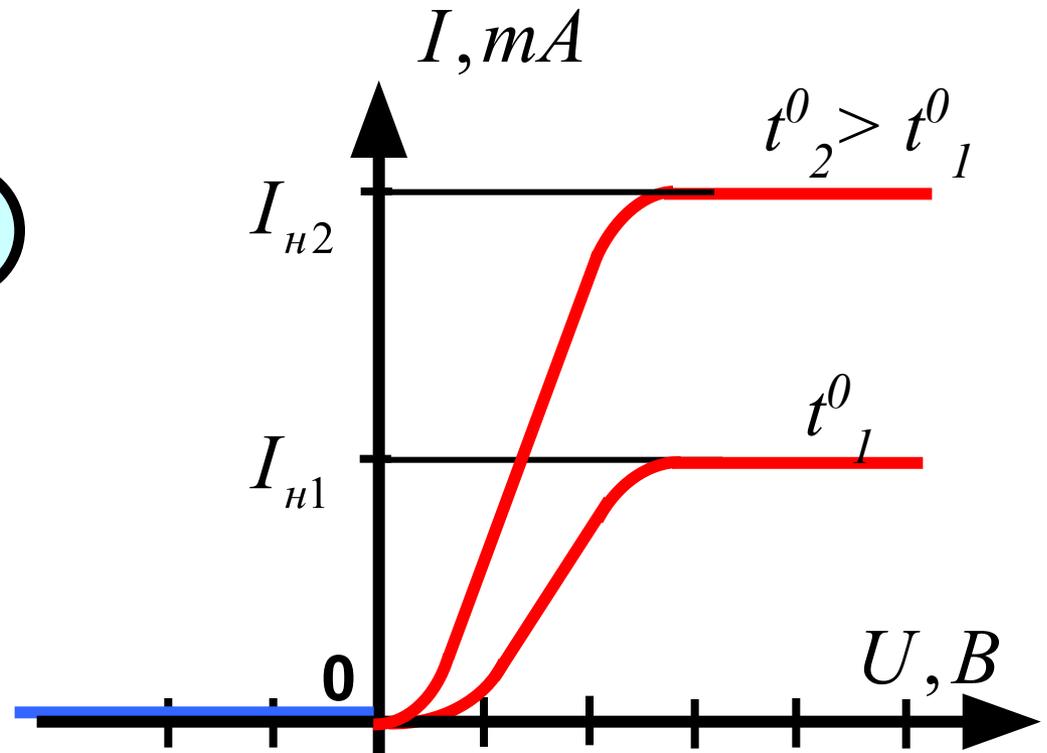
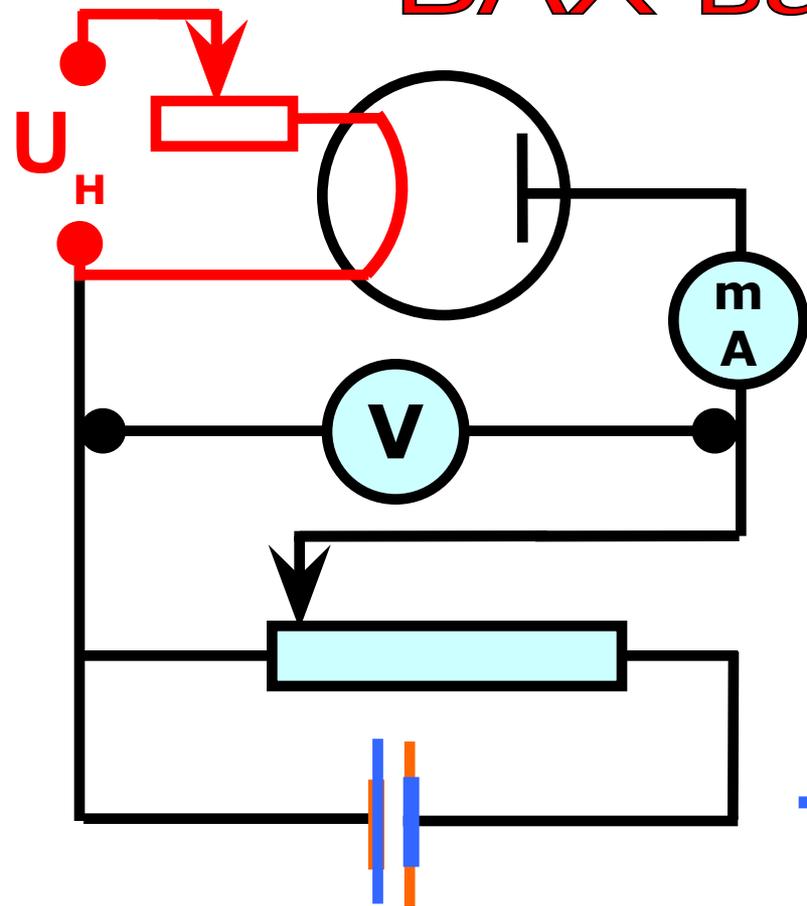
Прямой накал



Косвенный накал



ВАХ вакуумного диода

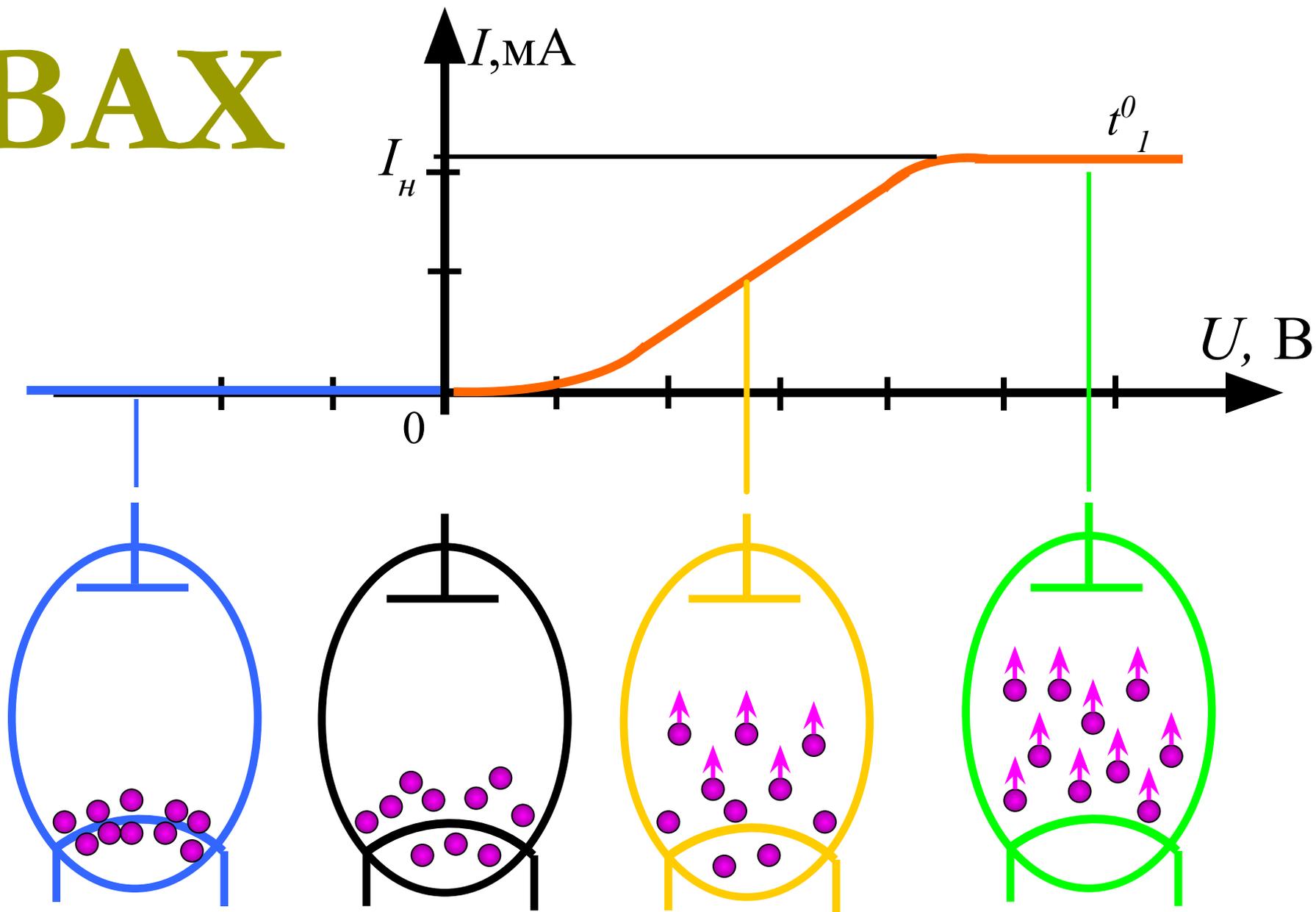


I_H – ток насыщения

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

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.

Решение задач: Р.879, 880, 881

Таблица 11 стр. 167

Две частицы с отношением зарядов $\frac{q_2}{q_1} = 2$ и отношением масс $\frac{m_2}{m_1} = 4$ движутся в однородном электрическом поле. Начальная скорость у обеих частиц равна нулю. Определите отношение кинетических энергий $\frac{W_2}{W_1}$ этих частиц спустя одно и тоже время после начала движения.

Дано:

$$\frac{q_2}{q_1} = 2$$

$$\frac{m_2}{m_1} = 4$$

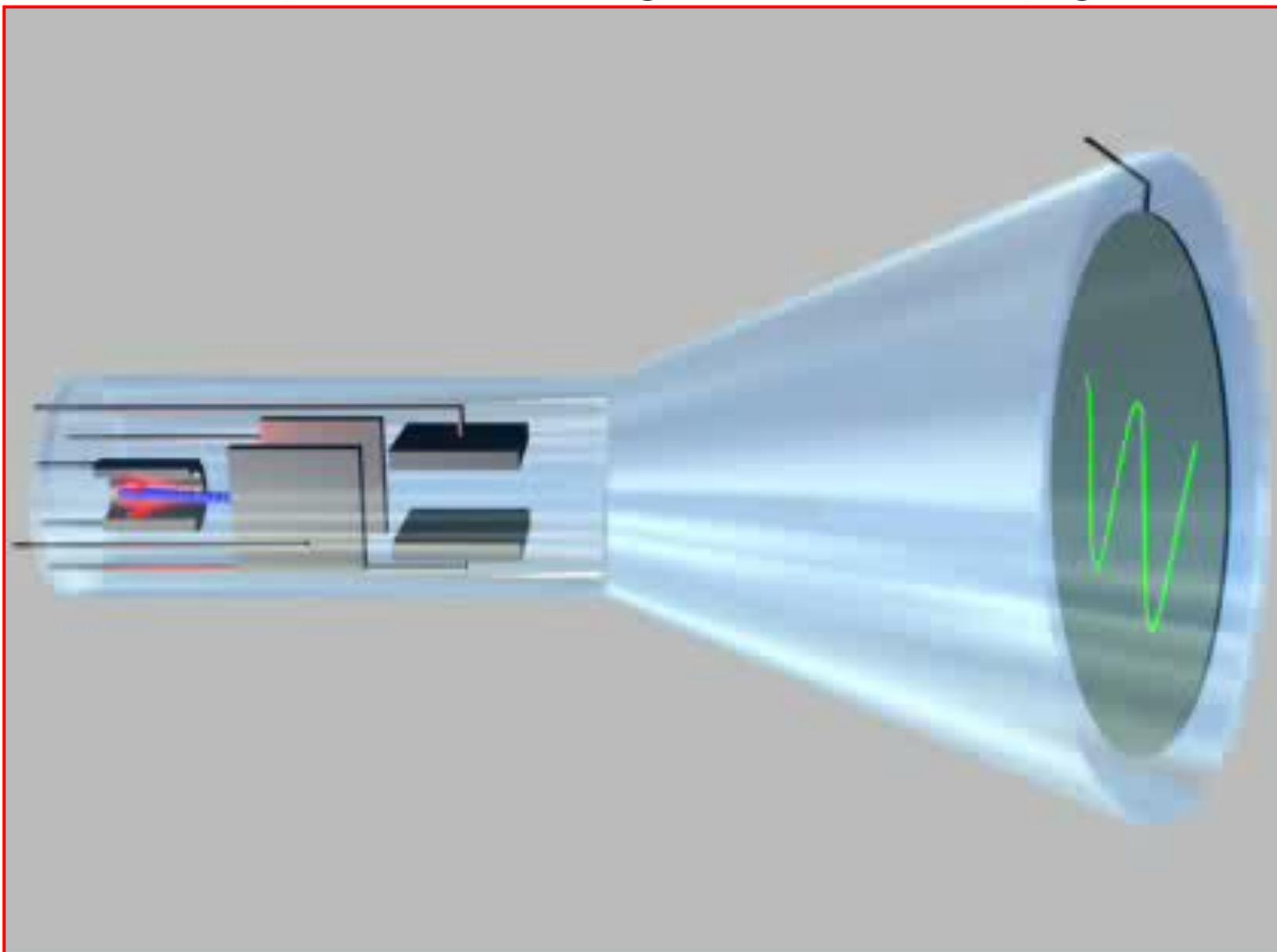
$$v_{01} = v_{02} = 0$$

$$t_1 = t_2 = t$$

$$E_1 = E_2 = E$$

$$\frac{W_2}{W_1} = ?$$

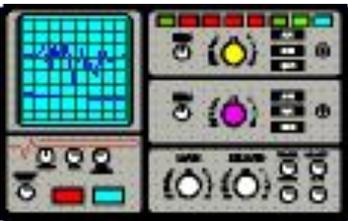
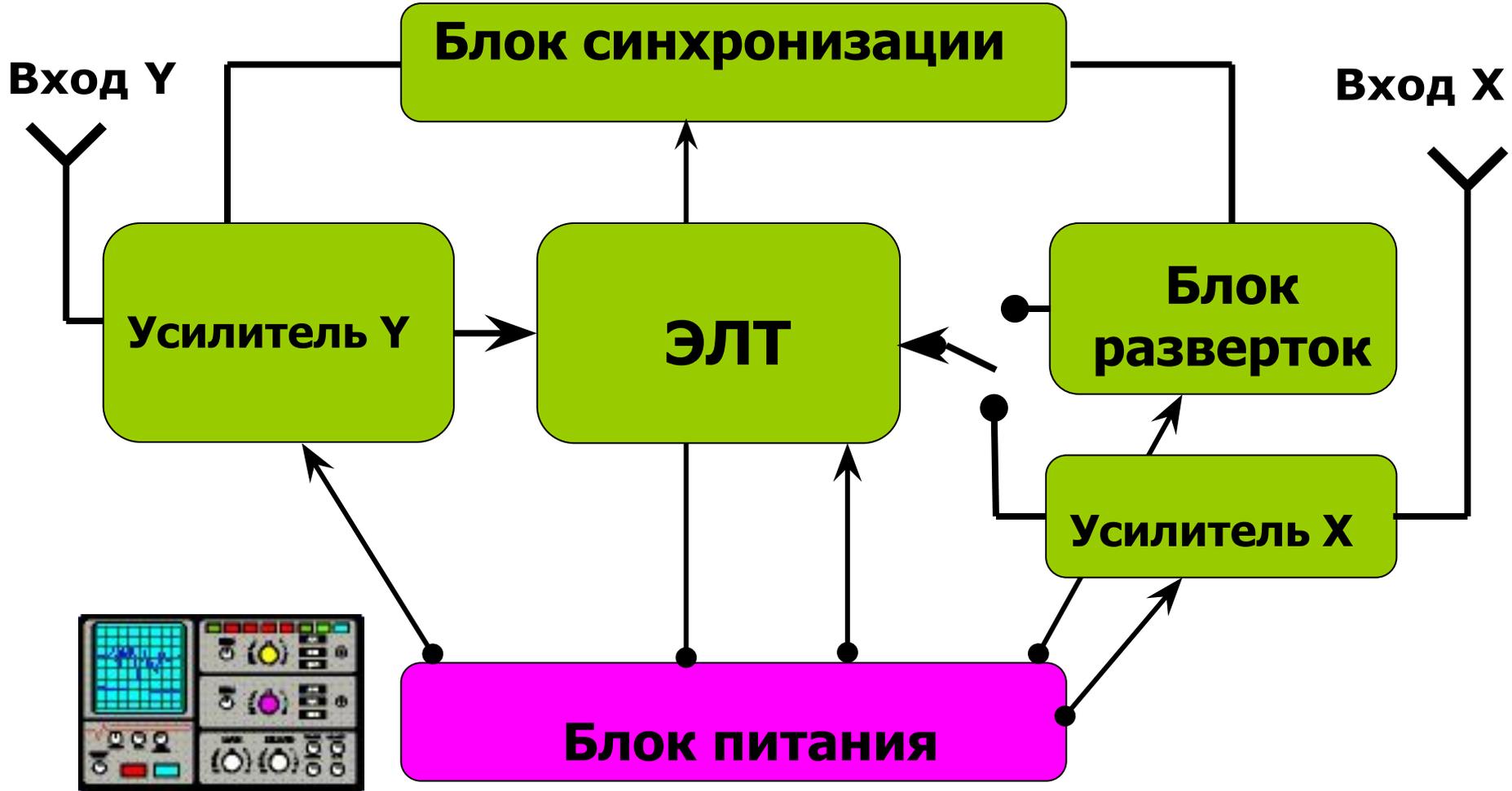
Электронно-лучевая трубка



Электронно-лучевая трубка



Блок-схема электронного осциллографа



Генератор пилообразного напряжения

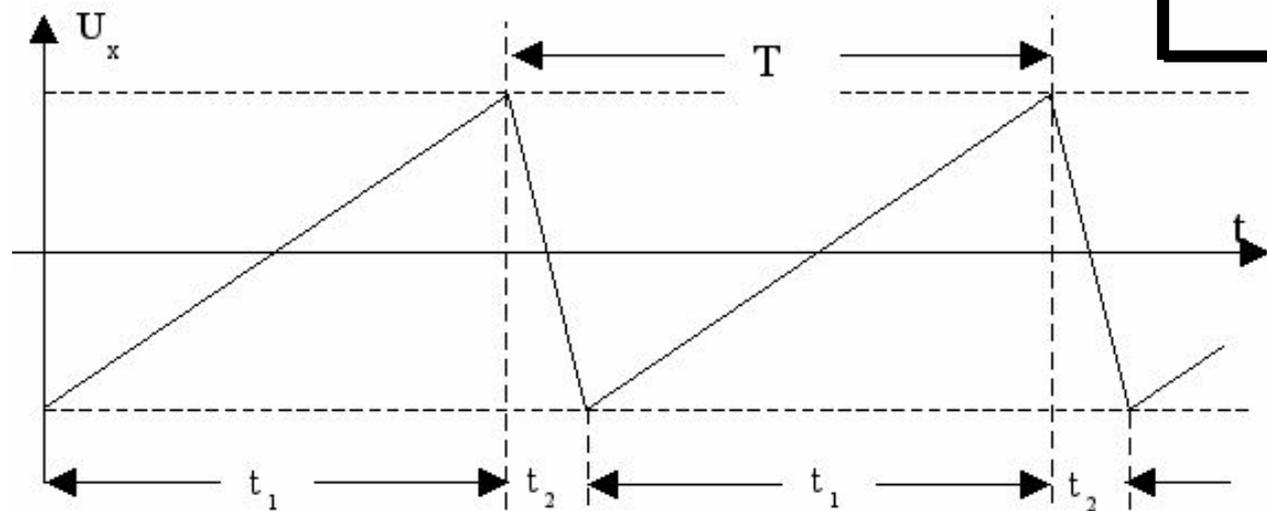
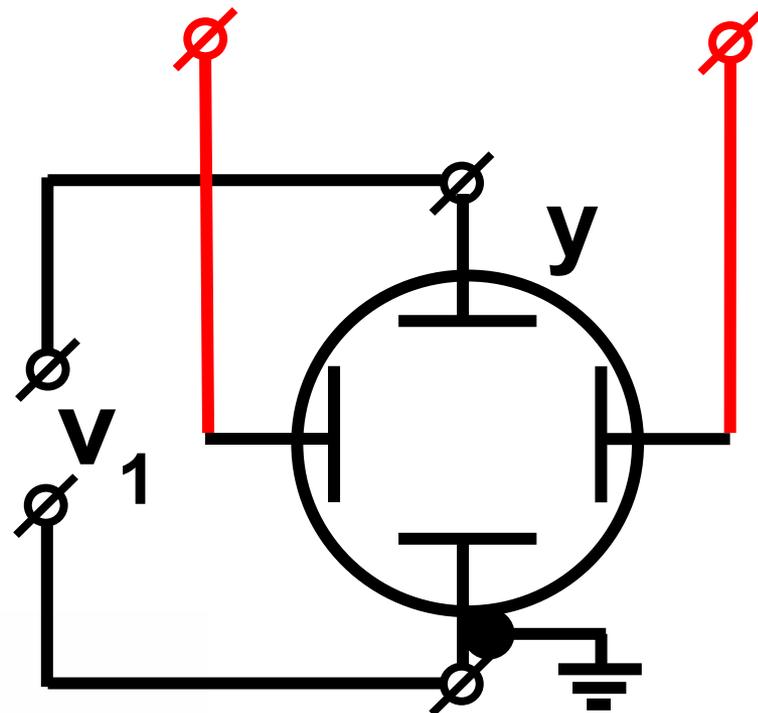
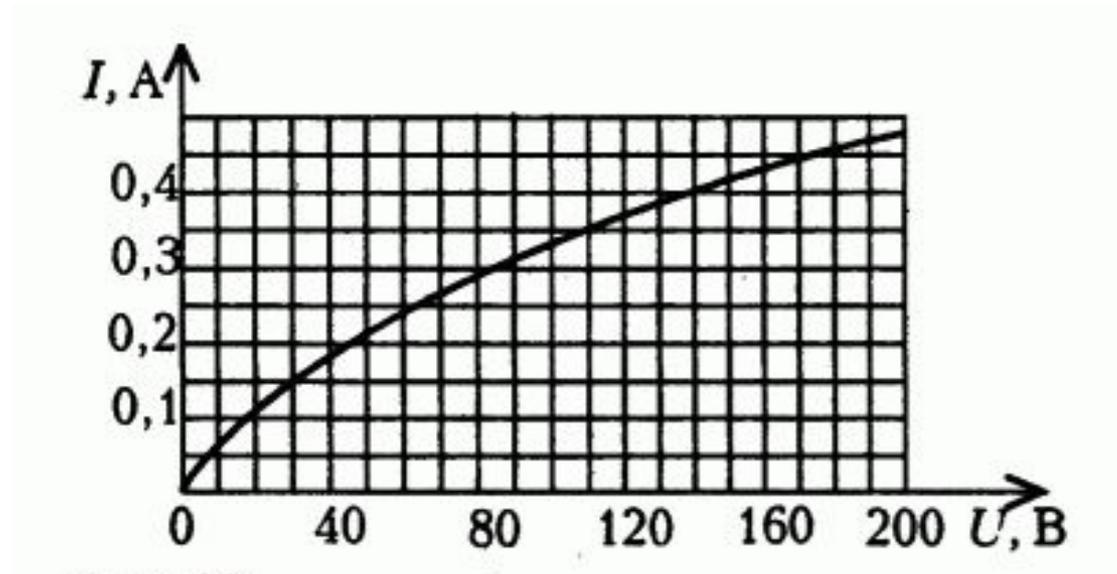


Рис. 2. Пилообразное напряжение развертки

ВАХ лампы накаливания

$$R_2 = R_0(1 + \alpha t_2^0)$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U}{R_0(1 + \alpha t_2^0)}$$



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:

$$l = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

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

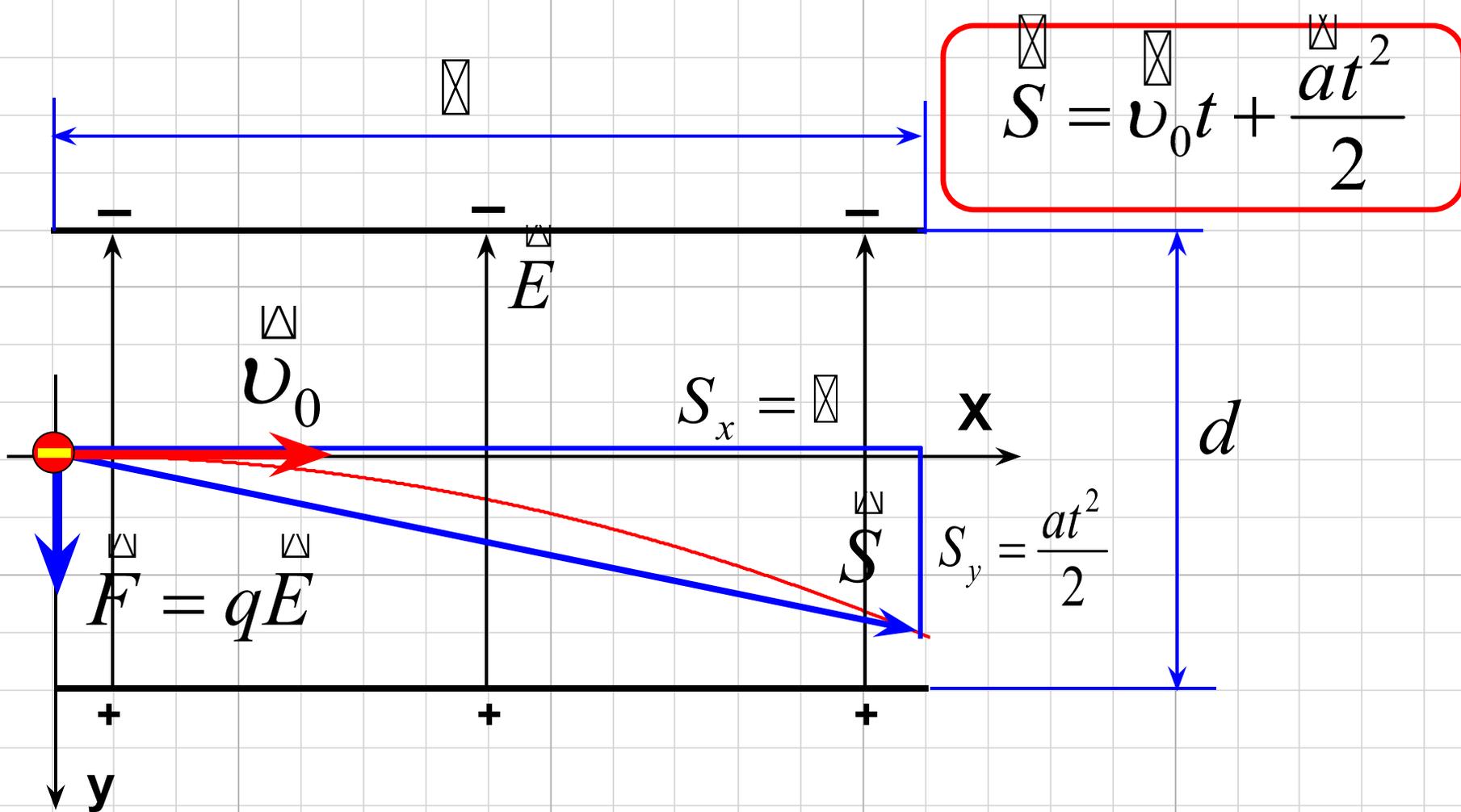
$$d = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

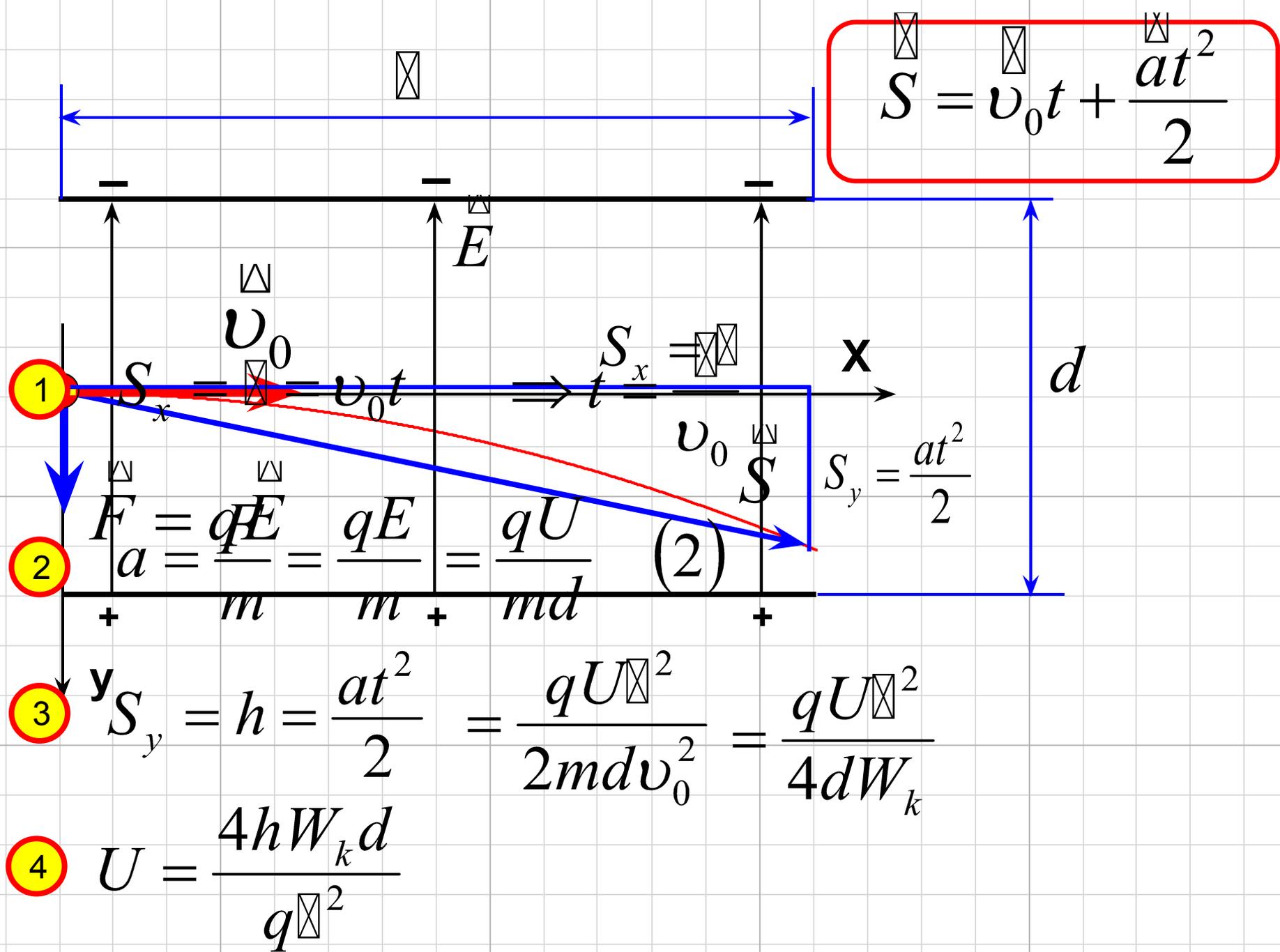
$$h = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$U - ?$







Дано:

$$\lambda = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

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

$$d = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$h = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

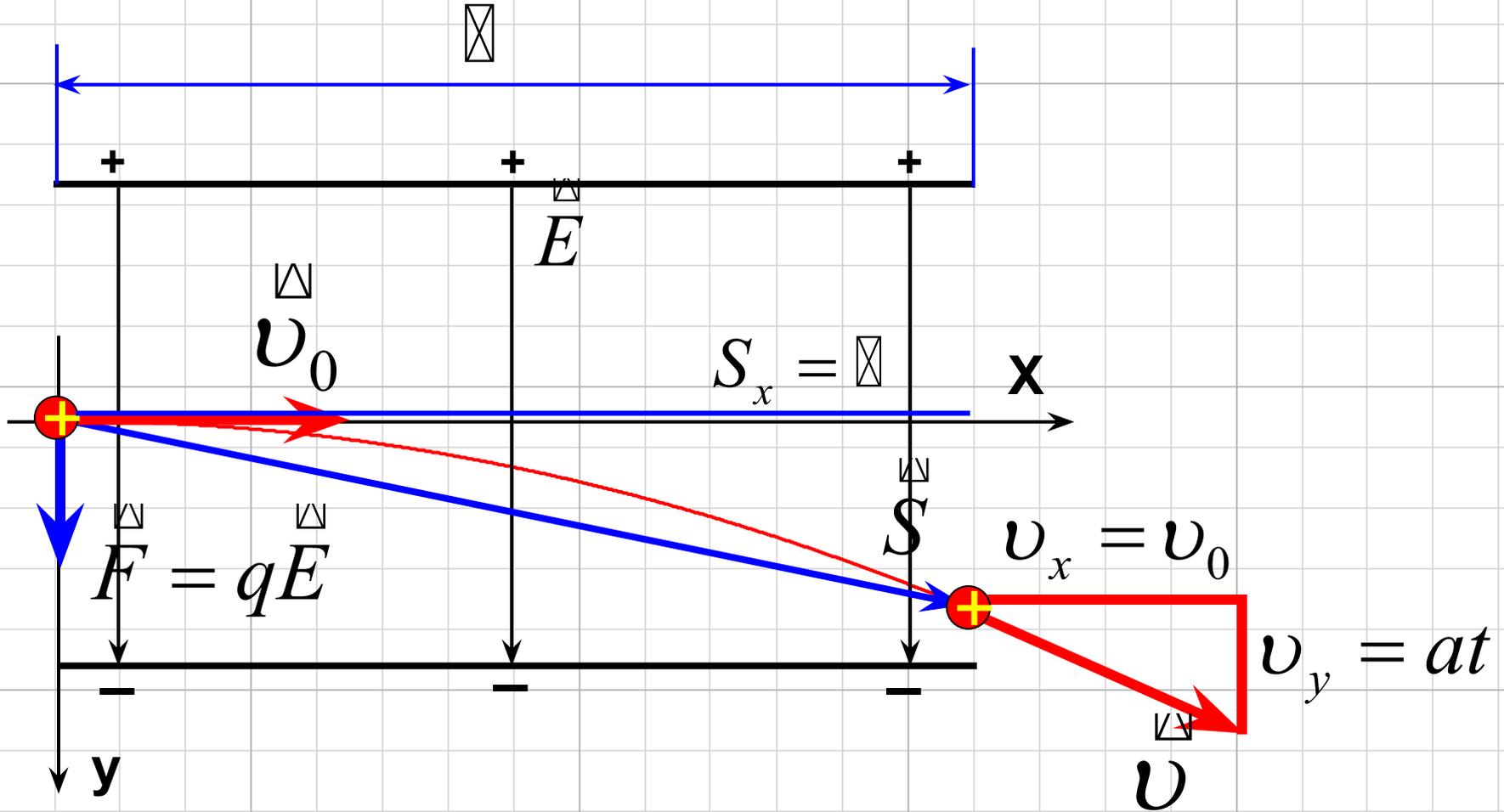
$U = ?$

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

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

Ответ: $U = 3200 \text{ В}$

Протон влетает в плоский горизонтальный конденсатор параллельно его пластинам со скоростью 120 км/с. Напряженность поля внутри конденсатора 20 В/см, длина пластин конденсатора 10 см. С какой скоростью протон вылетает из конденсатора? Сделайте рисунок.



Дано:

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$\ell = 10 \text{ см}$$

$$E = 20 \frac{\text{В}}{\text{см}}$$

$$m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$v_0 = 150 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$$v = ?$$

$$\alpha = ?$$

5

$$\text{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x}$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{1,28}{1,5} = 0,85$$

$$\alpha = 40,5^\circ$$

1

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

2

$$a = \frac{F S_x}{m} = \frac{q E \ell}{m}$$

3

$$v_y = at = \frac{q E \ell}{m} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2000 \cdot 0,1}{1,67 \cdot 10^{-27}} = 1,28 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

4

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{1,5^2 + 1,28^2} \cdot 10^5 = 1,97 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $v = 1,97 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \alpha = 40,5^\circ$

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:

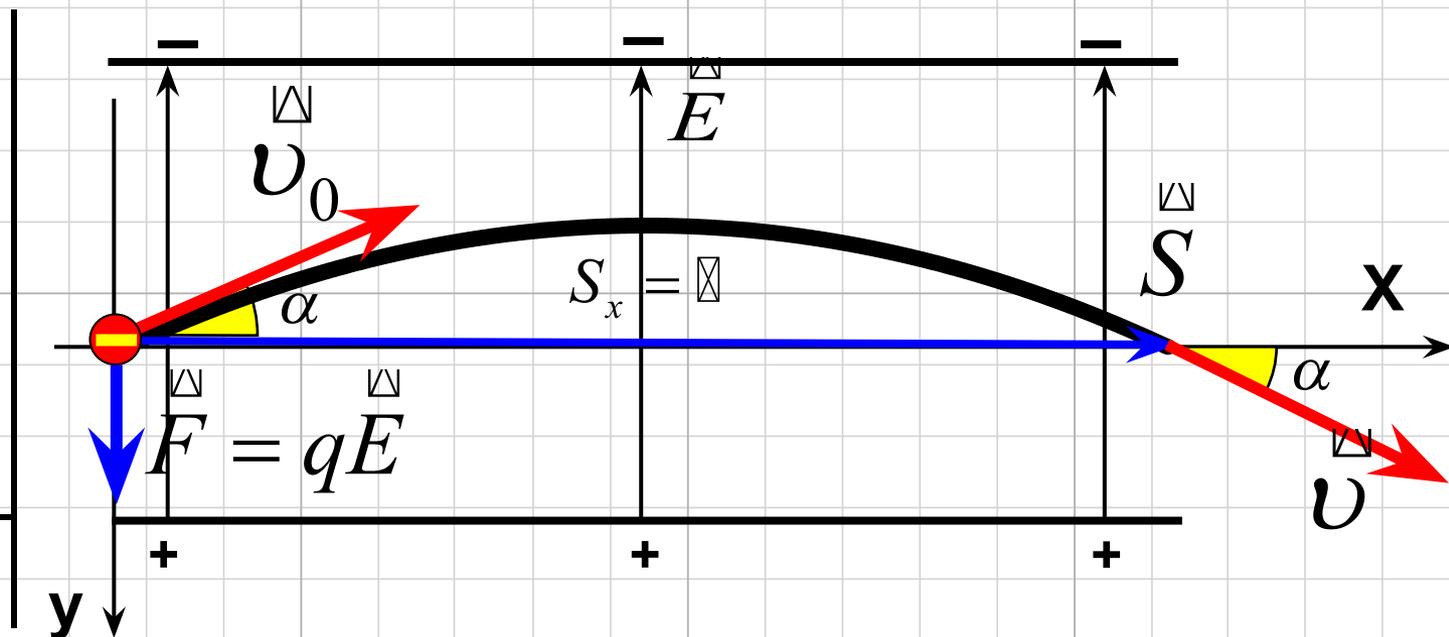
$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

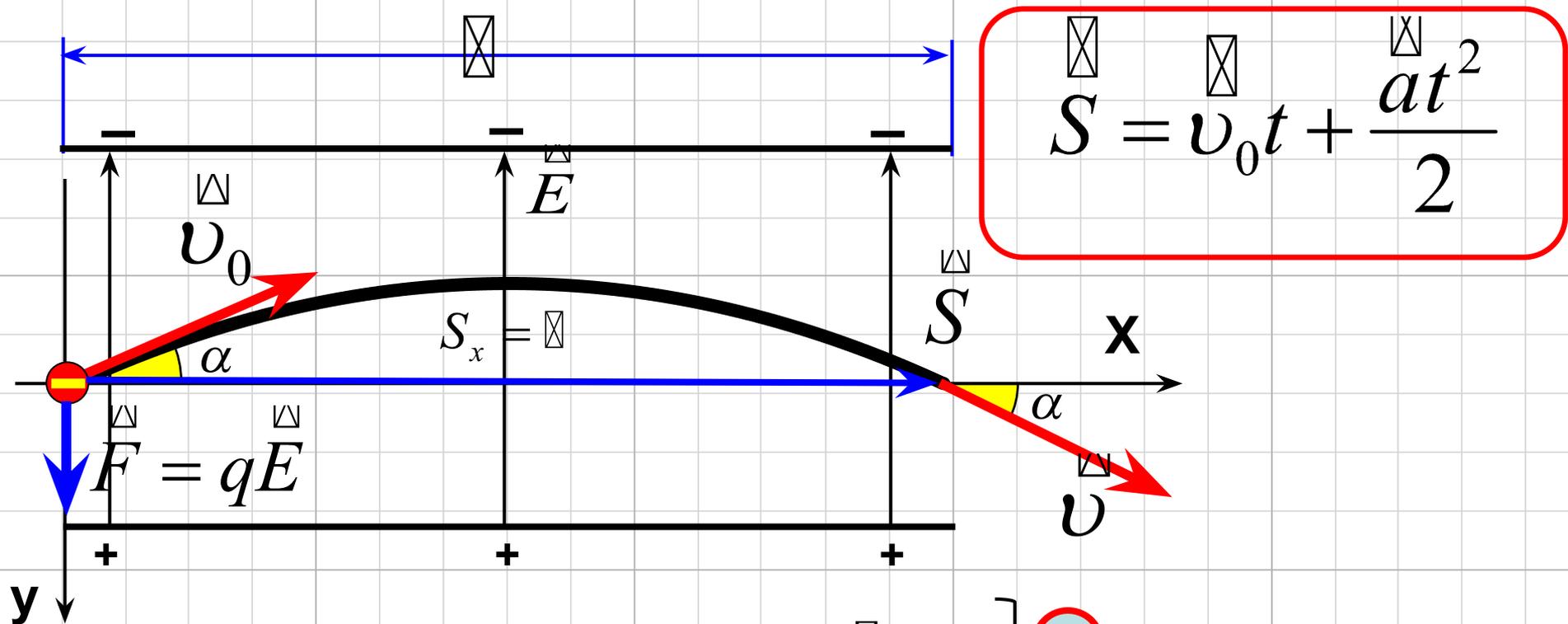
$$l = 10 \text{ см}$$

$$E = 40 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$$

$$\alpha = 15^\circ$$

$W - ?$





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

① $S_x = \square = v_0 \cos \alpha \cdot t \quad t = \frac{\square}{v_0 \cos \alpha}$

$S_y = 0 = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{a t^2}{2} \quad t = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{a}$

② $\frac{\square}{v_0 \cos \alpha} = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{a}$

③ $a = \frac{2 v_0 \sin \alpha \cdot v_0 \cos \alpha}{\square} = \frac{v_0^2 \sin 2 \alpha}{\square} = \frac{F}{m} = \frac{q E}{m}$

Дано:

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$\ell = 10 \text{ см}$$

$$E = 40 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$$

$$\alpha = 15^\circ$$

$$W - ?$$

4

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

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

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

$$\text{Ответ: } W = \frac{qE\ell}{2 \sin 2\alpha} = 6,4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

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 ?