

# Приборы вакуумной электроники:

## **Электровакуумные приборы (ЭВП)**

Клистроны, лампы бегущей волны (ЛБВ), магнетроны - генерация и усиление сигналов СВЧ (ГГц, ТГц и выше) для обеспечения работы радиолокационных систем, систем связи и навигации.

Осциллографические электронно-лучевые приборы для изучения быстропротекающих процессов при электрических разрядах, сопровождающих взрывы различного характера (в осциллографах)

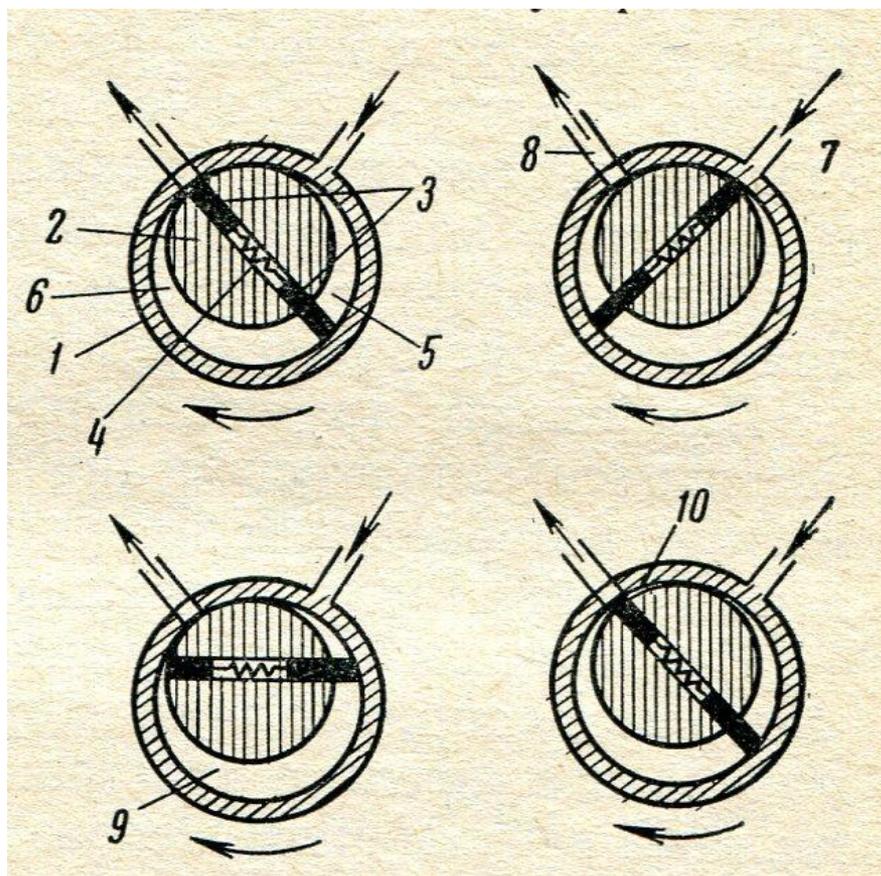
Приборы для создания мощных источников помех при радиоэлектронной борьбе

Рентгеновские трубки, служащие источниками рентгеновского излучения

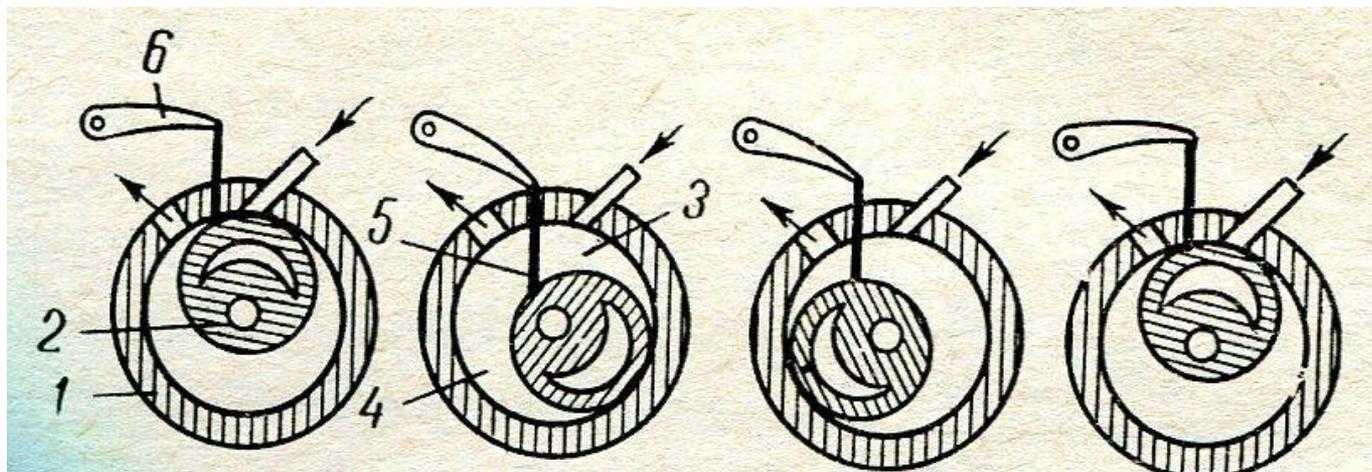
# Литература

1. **Розанов Л.Н. Вакуумная техника. – М.: Высшая школа, 2007.**
2. **Сушков А.Д. Вакуумная электроника. – СПб, изд-во «Лань», 2004**
3. **Шимони К. Физическая электроника. – М.: Энергия, 1977.**
4. **Воробьев М.Д. Полупроводниковая и вакуумная электроника. – М.: Издательский дом МЭИ, 2005..2010.**

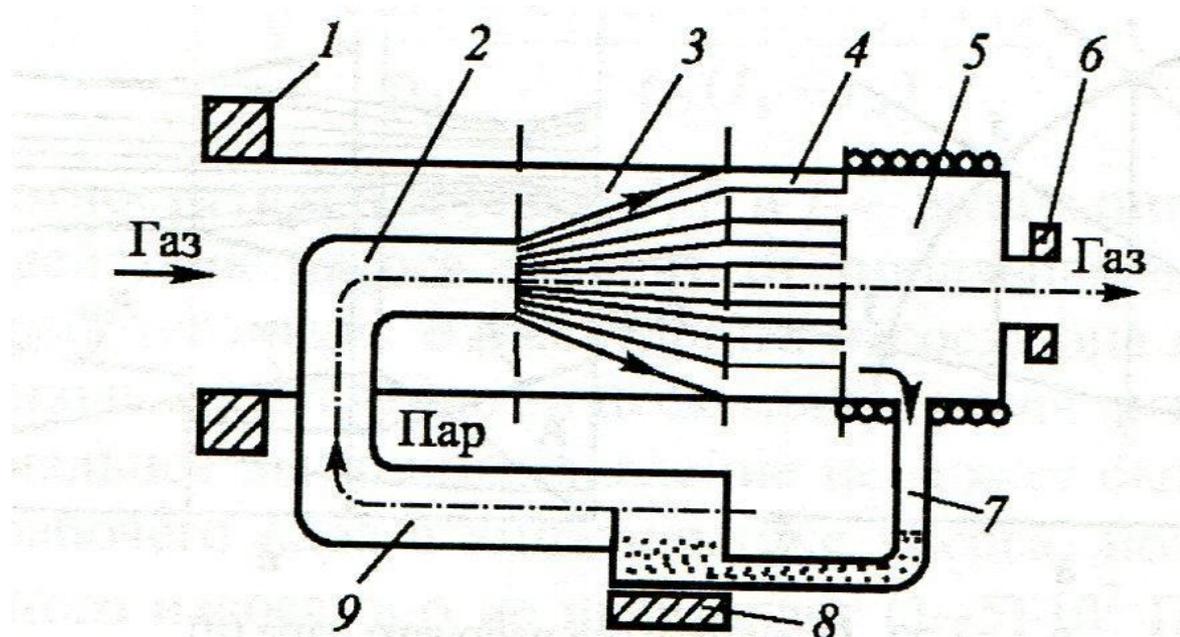
# Пластинчато-роторный форвакуумный насос



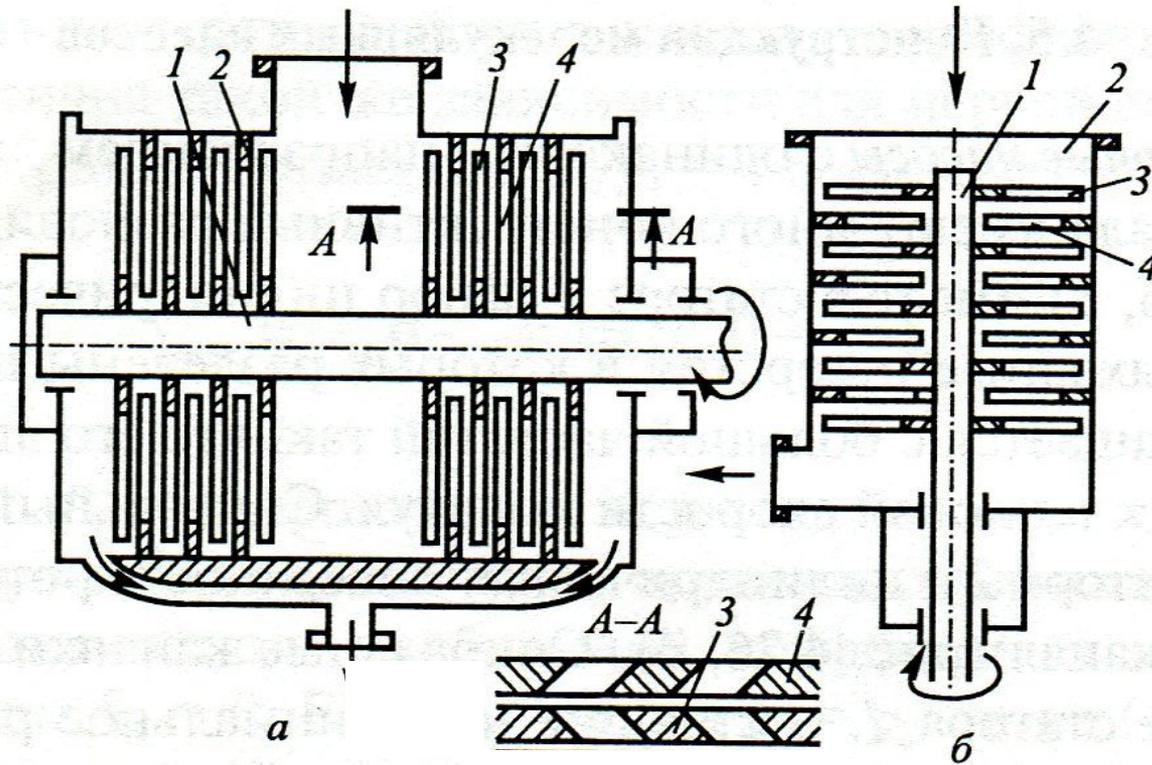
# Пластинчато-статорный форвакуумный насос



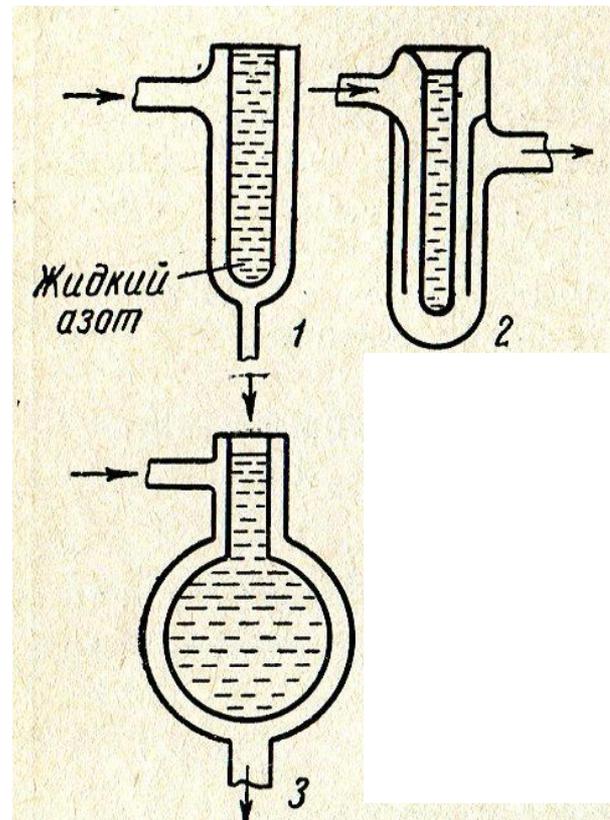
# Схема пароструйной откачки



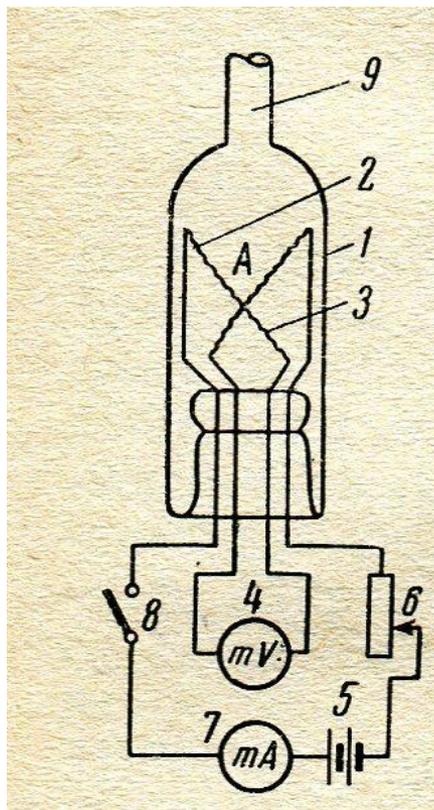
# Турбомолекулярный насос



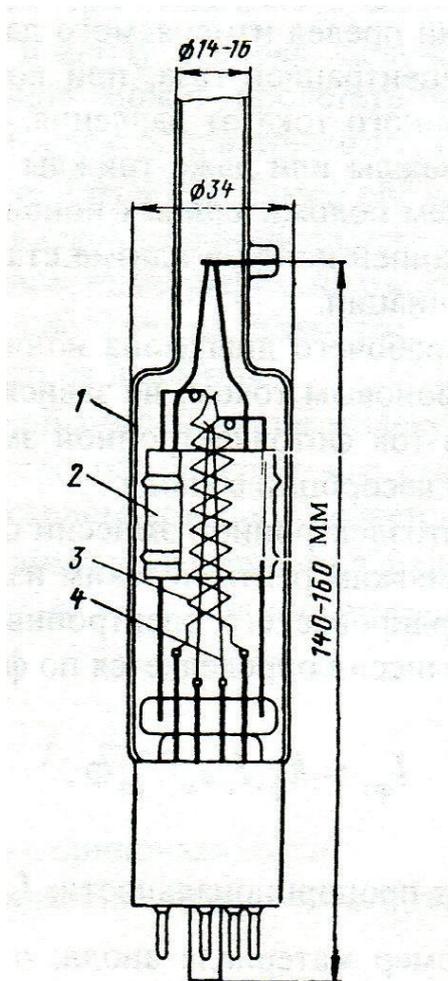
# Охлаждаемые ловушки (Криоконденсационная откачка)



# Термопарный манометрический преобразователь



# Ионизационный манометрический преобразователь



1. Способы получения вакуума
2. Методы и приборы для измерения вакуума

$$dn_p = \frac{2}{h^3} \frac{dp_x dp_y dp_z}{\exp\left(\frac{E(p) - E_F}{kT}\right) + 1}$$

$$p_x \div p_x + dp_x$$

$$p_y \div p_y + dp_y$$

$$p_z \div p_z + dp_z$$

$$E(p) = \frac{p_x^2 + p_y^2 + p_z^2}{2m}$$

$$dN_{p_x} = \frac{2}{h^3} dp_x \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dp_y dp_z}{\exp\left(\frac{E(p) - E_F}{kT}\right) + 1}$$

$$p_x \div p_x + dp_x$$

$$j_{p_x} = e v_x dn_{p_x}$$

$$j_{\partial} = e \int_{p_x = \sqrt{2e\psi m}}^{\infty} \frac{p_x}{m} d\nu_{p_x}$$

$$j_{\partial} = A_0 T^2 \exp\left(-\frac{e\psi}{kT}\right)$$

$$\begin{aligned} j_{\partial} &= A_0 T^2 (1 - z) \exp\left(-\frac{e\psi}{kT}\right) = \\ &= A_0 T^2 D \exp\left(-\frac{e\psi}{kT}\right) \end{aligned}$$

$$e\varphi \Rightarrow e\varphi - \Delta(e\varphi)$$

$$\varepsilon \neq 0 \quad j\vartheta = A_0 T^2 \exp\left(-\frac{e\varphi - \Delta(e\varphi)}{kT}\right) =$$

$$= A_0 T^2 \exp\left(-\frac{e\varphi}{kT}\right) \exp\left(\frac{\Delta(e\varphi)}{kT}\right) =$$

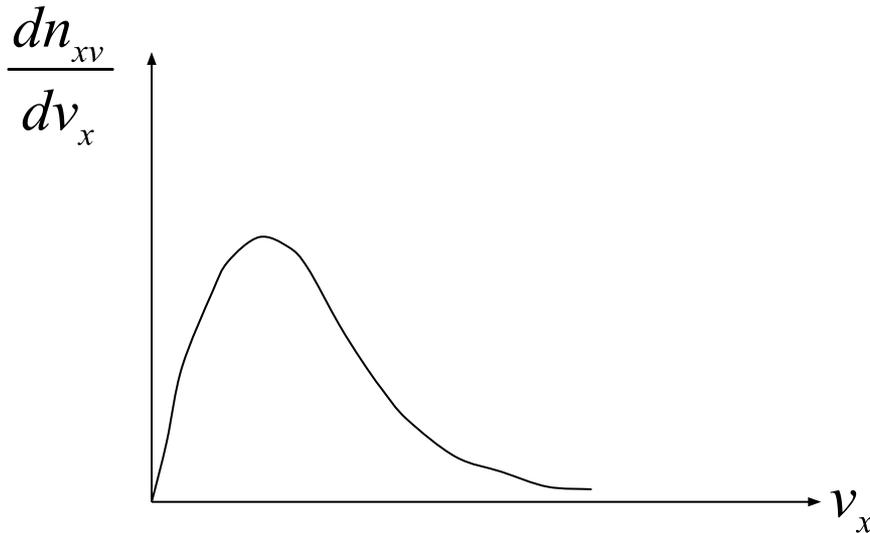
$$= j\vartheta_0 \exp\left(\frac{\Delta(e\varphi)}{kT}\right)$$

$$\Delta(e\varphi) = \frac{e^{3/2} \varepsilon^{1/2}}{\sqrt{4\pi \varepsilon_0}}$$

# Распределение Максвелла - Больцмана

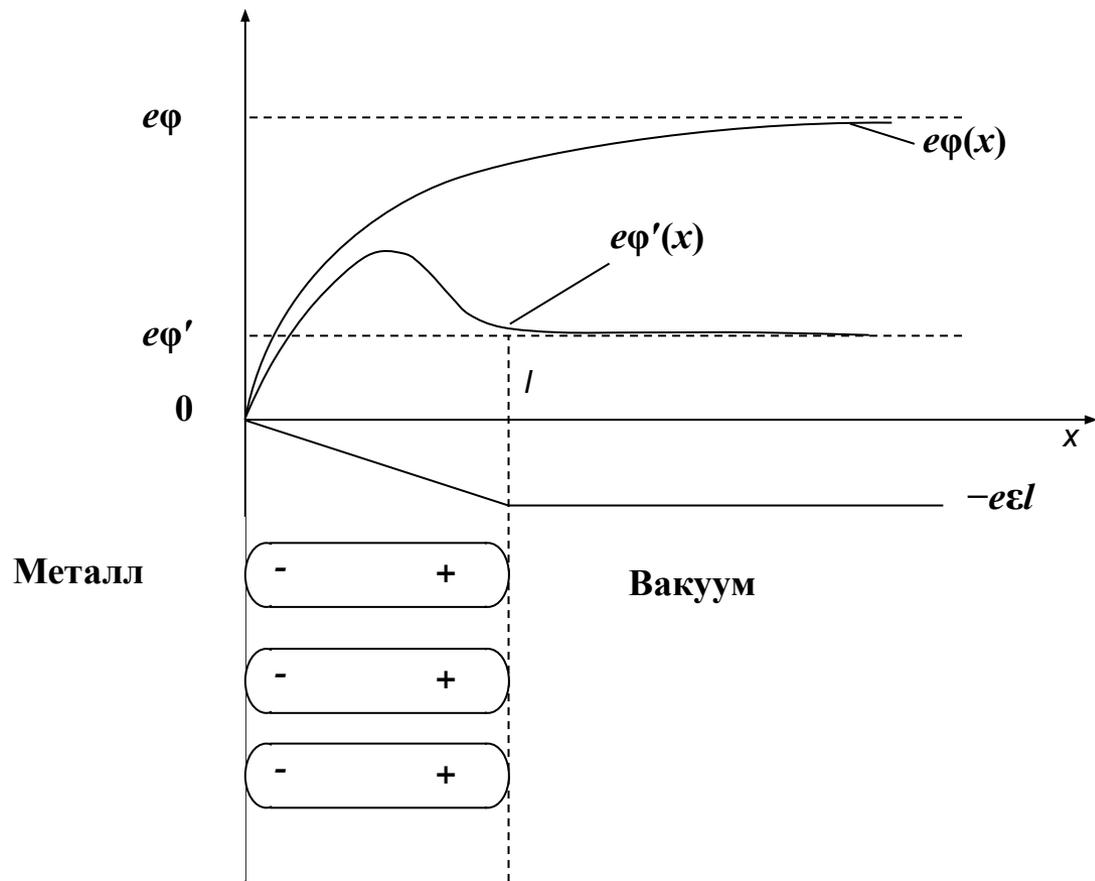
$$dn_{vx} = j_{\text{э}} \frac{m}{ekT} v_x \exp\left(-\frac{mv_x^2}{2kT}\right) dv_x$$

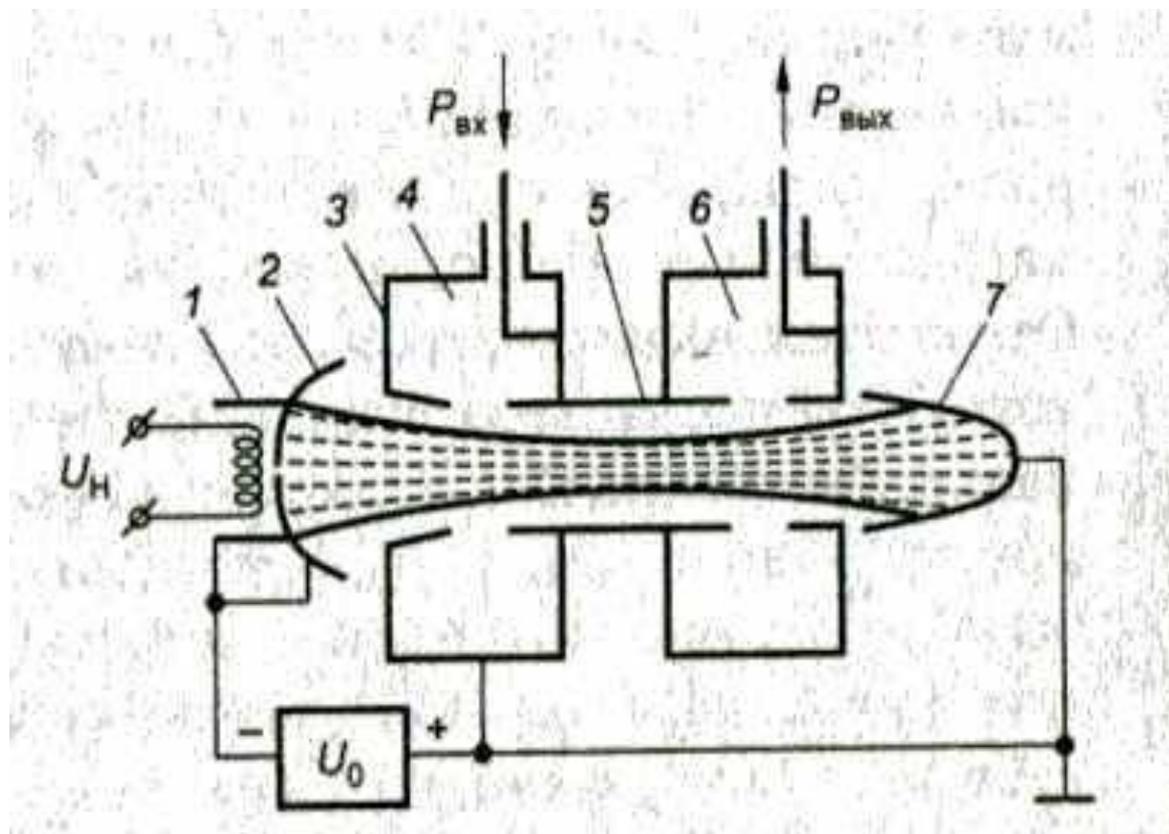
число электронов выходящих с катода за  $s$  и имеющих скорости в диапазоне значений  $v_x \div v_x + dv_x$



$$I_a = Se \int_{v_x = \sqrt{\frac{2e|U_a|}{m}}}^{\infty} v_x dn_{vx} = I \exp\left(\frac{eU_a}{kT}\right)$$

$$U_a < 0$$





Двухрезонаторный клистрон

1. Механизм термоэлектронной эмиссии, энергетические диаграммы контактов металл-вакуум, полупроводник – вакуум.
2. Уравнение Ричардсона, последовательность вывода, работа выхода.
3. Распределение электронов по начальным скоростям при термоэмиссии, вольт-амперные характеристики при задерживающем электрическом поле, влияние температуры.
4. Влияние внешнего электрического поля на термоэмиссию, нормальный эффект Шоттки.
5. Термоэлектронные катоды из чистых металлов, эффективные терموкатоды. Основные эмиссионные параметры, виды конструктивного оформления.