

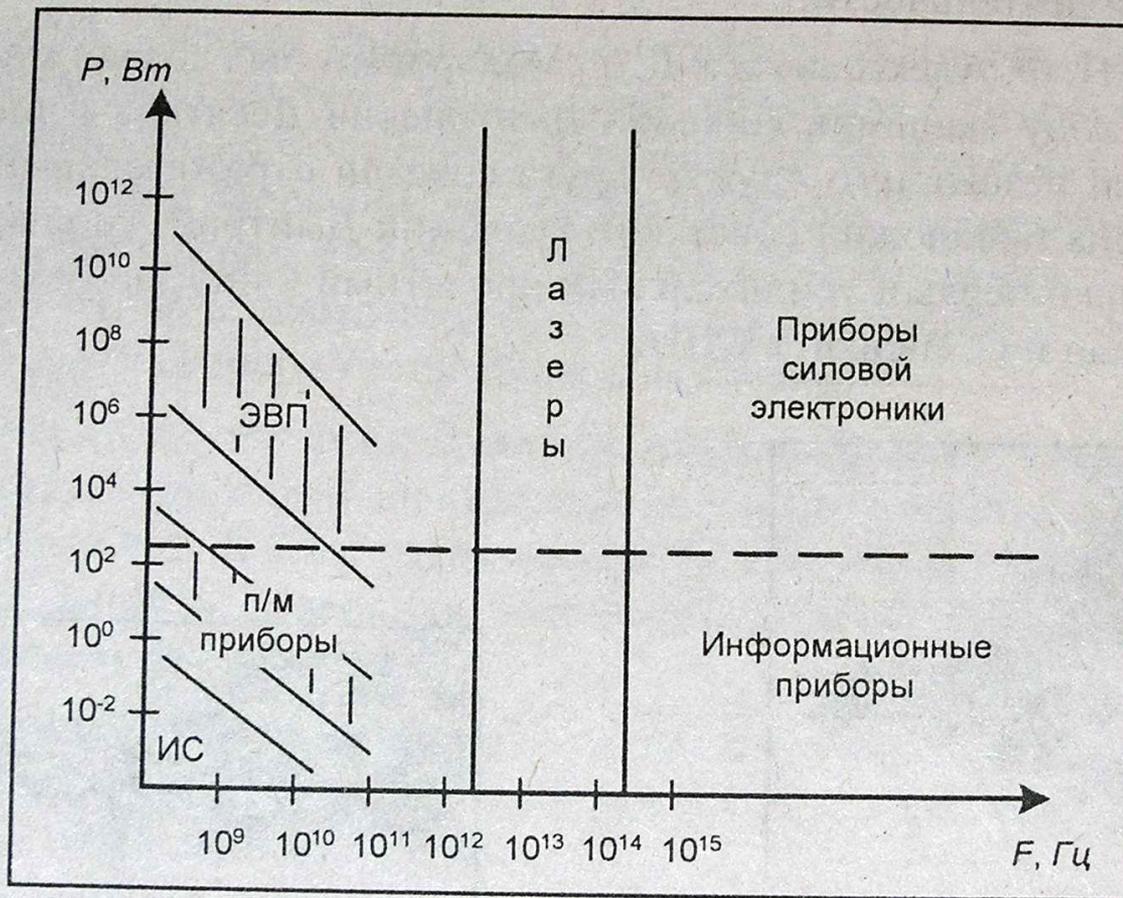
Электровакуумные приборы

- Диод, триод, тетрод, пентод, гексод, гептод, октод, клистрон, лбв - лампа обратной волны, магнетрон,
 - кинескоп, иконоскоп, осциллографическая трубка, видикон, плюмбикон, кадмикон, сатикон, ньювикон, халникон, кремникон
- фотоэлемент, фотоэлектронный умножитель,

Электрoвакуумные приборы

- Основной процесс - взаимодействие движущихся электронов с электрическим полем
- Электрон
- Заряд $1,6 * 10^{-19}$ Кл
- Масса $9,1 * 10^{-28}$ г
- Скорость движения - $0,1 * c$

Электрoвакуумные приборы



Области применения электронных приборов (на диаграмме мощность-частота)

ВАКУУМ

состояние газа при давлении меньше атмосферного

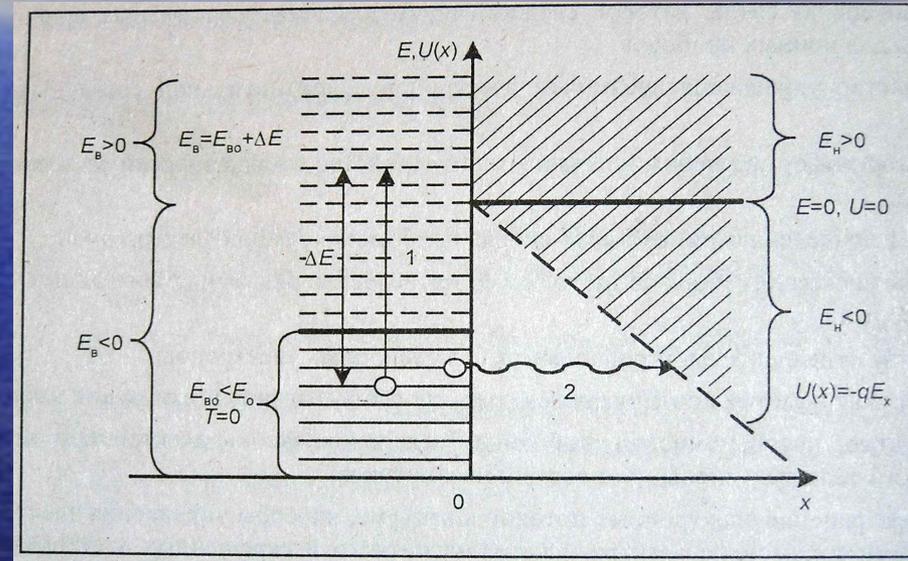
Таблица 2.4. Степень вакуума по давлению

Степень вакуума		Низкий	Средний	Высокий	Сверхвысокий
Область давлений	Па	>100	$100—10^{-1}$	$10^{-1}—10^{-3}$	$<10^{-3}$
	мм рт. ст.	>1	$1—10^{-3}$	$10^{-3}—10^{-7}$	$<10^{-7}$

Электронная эмиссия

явление испускания электронов поверхностью твердого тела

- Внутри тела электроны занимают низкие энергетические уровни
- Для эмиссии электронов им сообщается дополнительная энергия
- Работа выхода различна для разных металлов (у металлов, имеющих большие по сравнению с другими межатомные расстояния, работа выхода меньше)
- Щелочные, щелочно-земельные (цезий, барий, кальций)

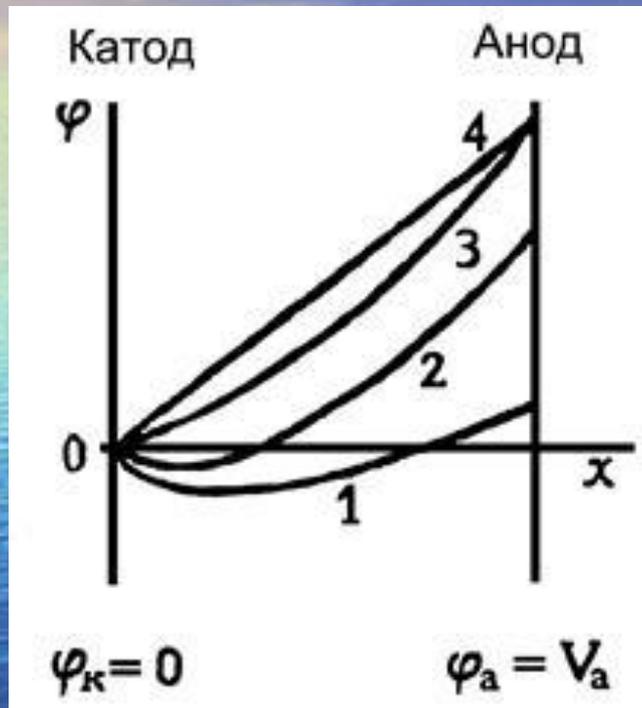


Электрoвакуумные приборы

- Термоэлектронная эмиссия.
- Автоэлектронная (или «холодная») эмиссия – это эмиссия под воздействием сильных электрических полей.
- Фотоэлектронная эмиссия.
- Вторичная эмиссия

- Явлением термоэлектронной эмиссии называется испускание электронов нагретыми телами (эмиттерами) в вакуум или другую среду.
- Если вылетевшие электроны не отводятся ускоряющим полем от эмиттирующей поверхности, то около нее образуется скопление электронов "электронное облачко". ЭО находится в динамическом равновесии.
- Под действием внешнего ускоряющего электрического поля понижается потенциальный энергетический барьер, вследствие чего уменьшается работа выхода электронов
- Эффект Шоттки – это уменьшение работы выхода электронов из твердых тел под действием внешнего ускоряющего электрического поля.

Термоэлектронная эмиссия.



- вблизи катода имеется небольшое обратное электрическое поле
- При увеличении анодного напряжения минимум потенциала уменьшается и приближается к катоду (кривые 1 и 2 на рис). При достаточно большом напряжении на аноде минимум потенциала сливается с катодом, напряженность поля у катода становится равной нулю

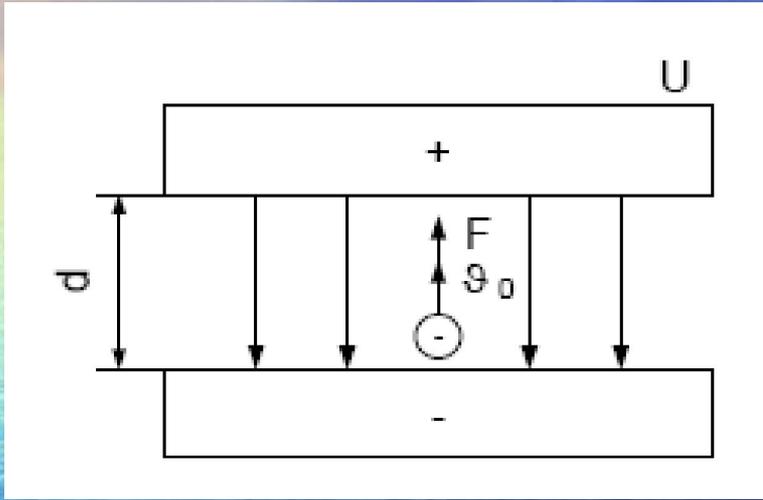
Автоэлектронная эмиссия

- Электрическое поле напряженностью более 10^5 В/см
- АЭ значительно усиливается при шероховатой поверхности (концентрация поля у микроскопических выступов поверхности)
- Нанокатоды

Вторичная электронная эмиссия

- Обусловлена ударами электронов о поверхность тела
- Ударившие электроны - первичные проникают в поверхностный слой тела и отдают энергия электронам вещества
- Вторичные электроны - вылетевшие из вещества имеют более высокую энергия чем при термоэлектронной эмиссии

Движение электронов в ускоряющем электрическом поле.



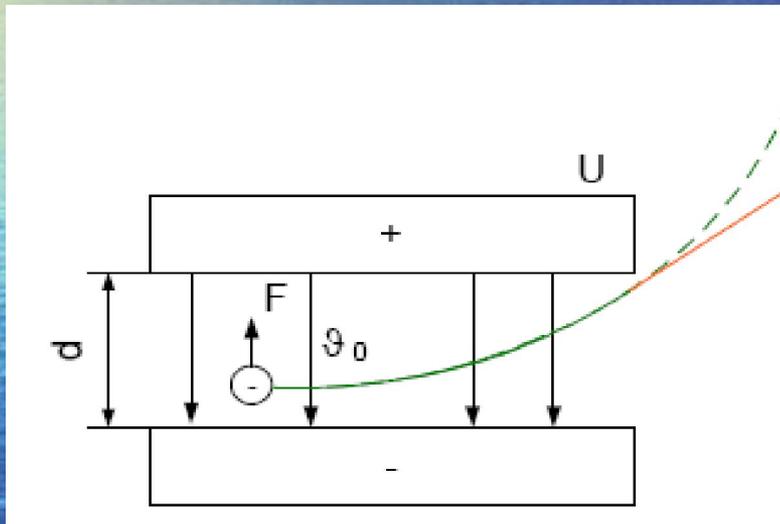
- однородное электрическое поле с напряжённостью $E=U/d$.
- $F = E$ – для единичного положительного заряда.
- $F = -e \cdot E$ – для электрона.
- электрон будет двигаться равноускоренно и приобретёт максимальную скорость в конце пути.

$$e \cdot U = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}}$$

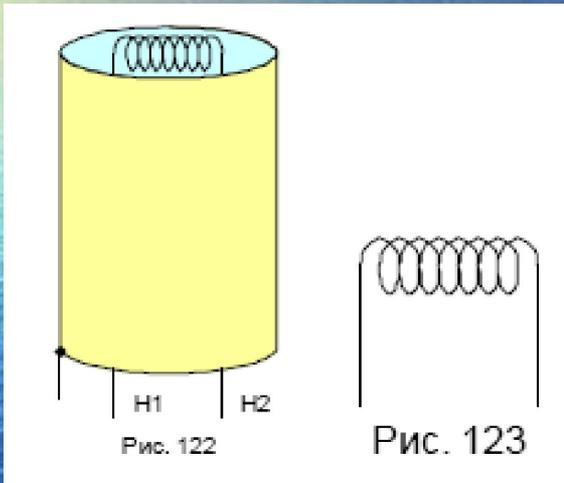
так как e и m - константы, то $v \approx 600 \cdot \sqrt{U}$

Движение электрона в поперечном электрическом поле.



- За счёт действия силы F возникает вертикальная составляющая скорости электрона, которая будет всё время увеличиваться. Начальная скорость остаётся постоянной, в результате чего траектория движения электрона будет представлять собой параболу. При вылете электрона за пределы действия поля он будет двигаться по прямой.

Вакуумный диод имеет два основных электрода
– катод и анод.

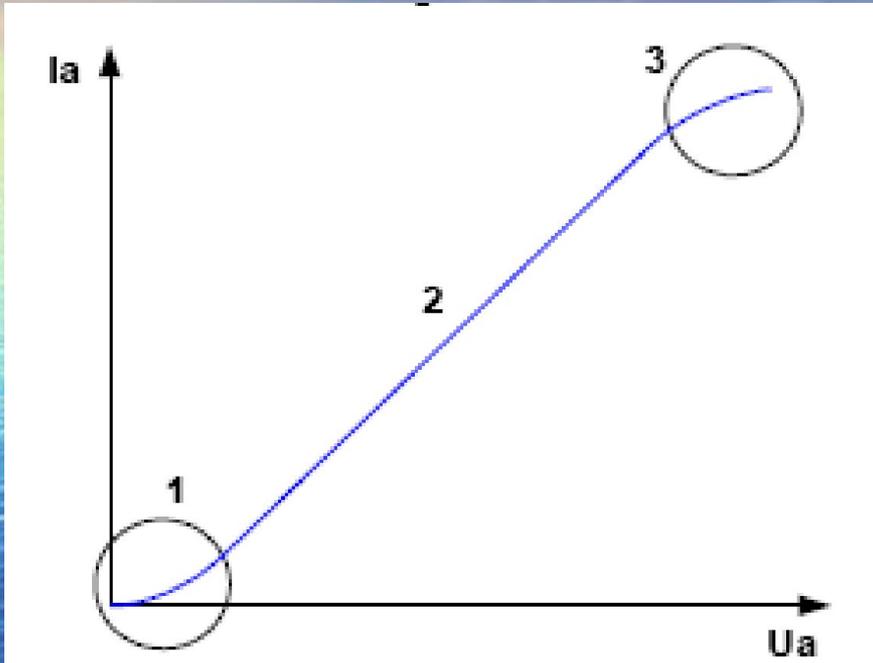


- Катод – это электрод, с которого происходит термоэлектронная эмиссия.
- Анод – это электрод, находящийся обычно под положительным потенциалом, к которому стремятся электроны, вылетевшие из катода.

Принцип действия диода

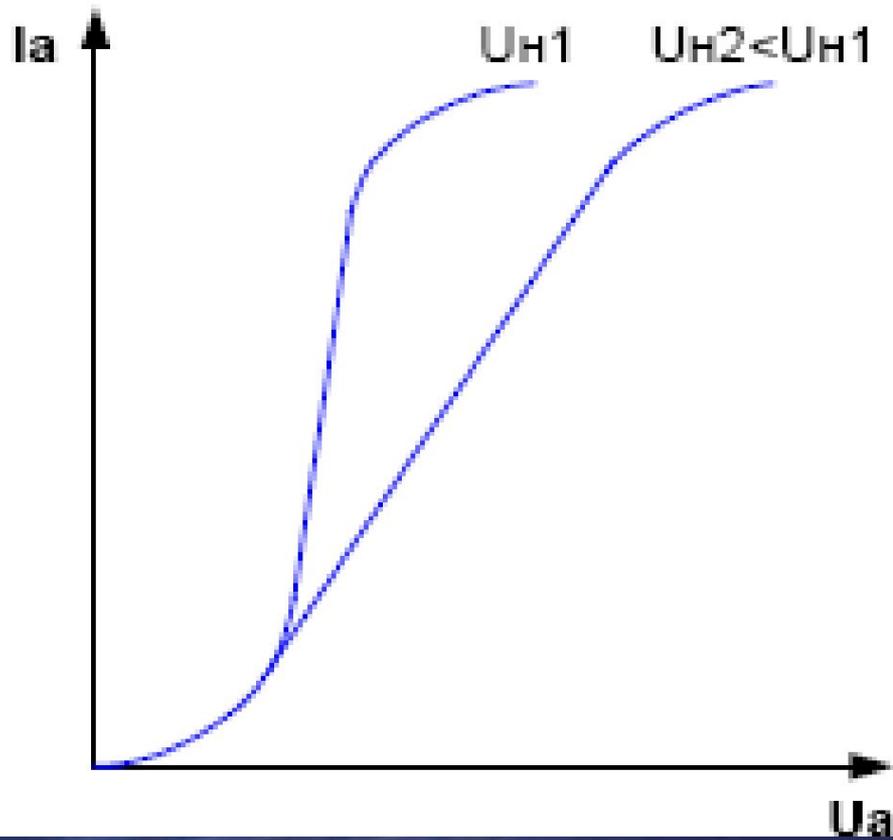
- При подаче на анод положительного напряжения между катодом и анодом создаётся ускоряющее электрическое поле для электронов, вылетающих из катода. Они прилетают к аноду, и через диод протекает прямой ток анода I_a . При подаче на анод отрицательного напряжения относительно катода для электронов, вылетающих из катода, образуется тормозящее электрическое поле, они будут прижиматься к катоду и ток анода будет равен нулю. Отличие электровакуумных диодов от полупроводниковых заключается в том, что обратный ток в них полностью отсутствует.

ВАХ электровакуумного диода.



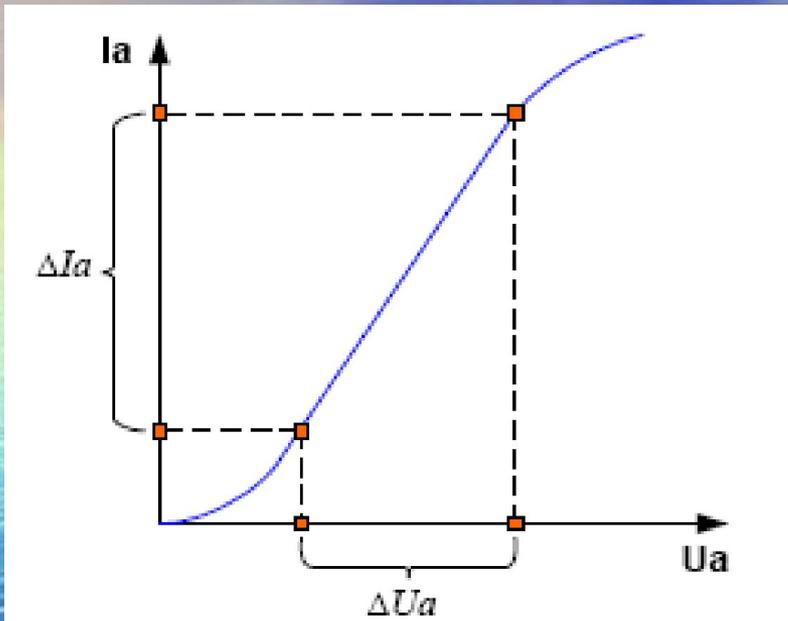
- **1** Нелинейный участок. Ток медленно возрастает, что объясняется противодействием полю анода объёмного отрицательного электрического заряда, который образуется электронами, вылетающими из катода за счёт эмиссии.
- **2** Линейный участок. При достаточно сильном электрическом поле анода объёмный электрический заряд уменьшается и не оказывает значительного влияния на поле анода.
- **3** Участок насыщения. Рост тока при увеличении напряжения замедляется, а затем полностью прекращается т. к. все электроны, вылетающие из катода, достигают анода.

Зависимость ВАХ от напряжения накала



- ВАХ анода прямо пропорциональна, но зависит от напряжения накала

Основные параметры диода.



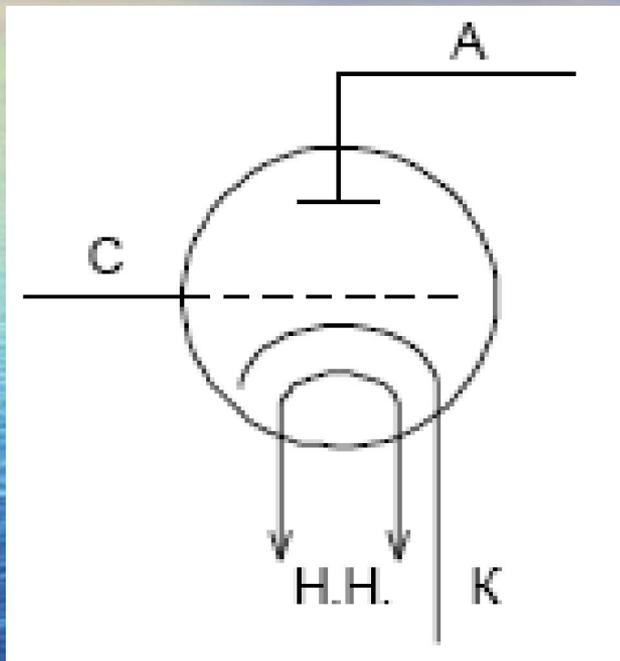
- Крутизна ВАХ.
- Внутреннее сопротивление
- Максимально допустимое обратное напряжение
- Максимально допустимая рассеиваемая мощность

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = \frac{1}{S}$$

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_a} \left[\frac{\text{mA}}{\text{B}} \right]$$

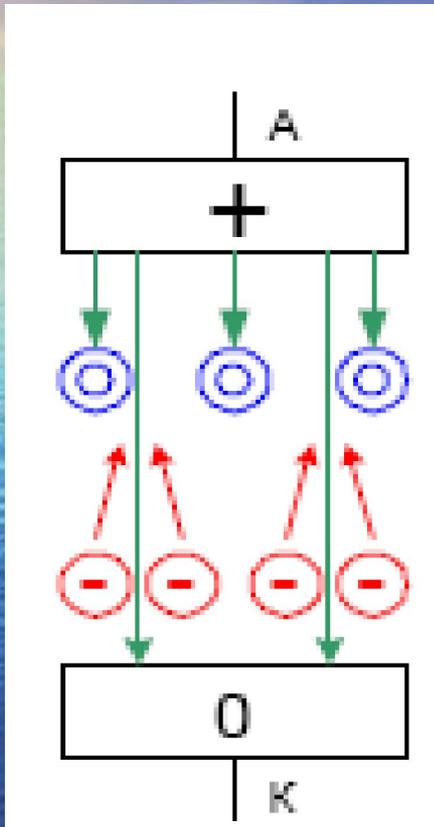
$$P_{a.\text{max}} = I_{a.\text{max}} \cdot U_{a.\text{max}}$$

Триод

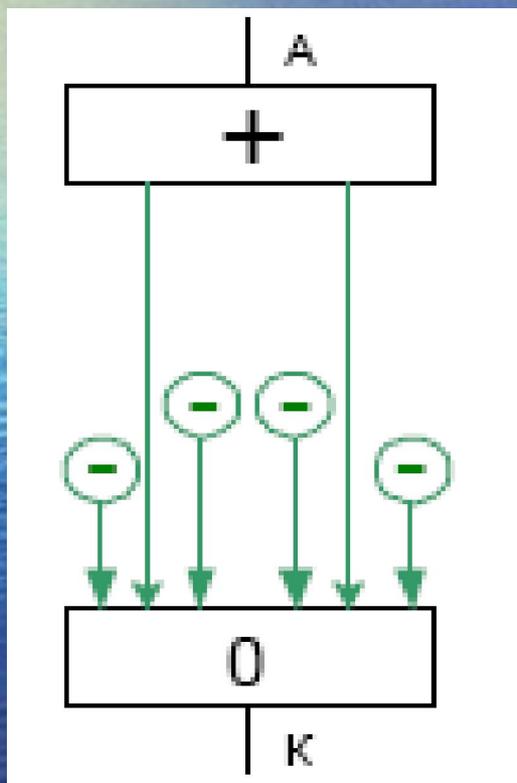


- Триодом называется электровакуумный прибор, у которого помимо анода и катода имеется третий электрод, который называется сеткой.
- Сетка в триоде имеет вид спирали и располагается между анодом и катодом, ближе к катоду.

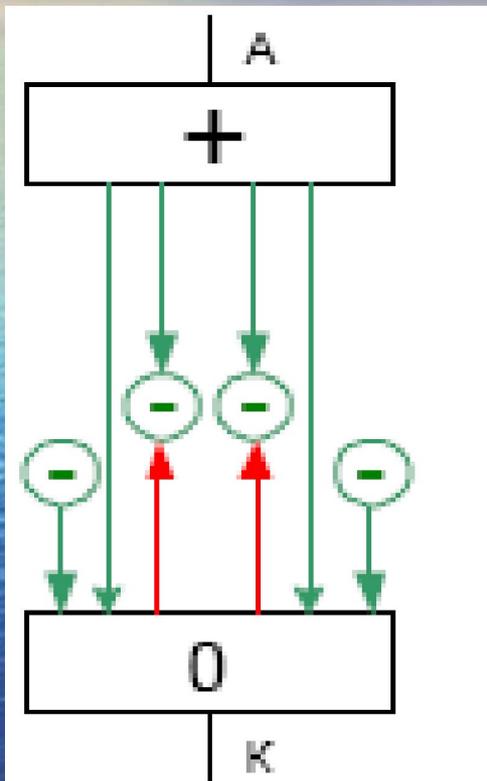
Влияние сетки на работу триода.



- $U_c = 0; I_{a1} > 0.$
- При напряжении на сетке, равном нулю, сетка не оказывает воздействия на поле анода, и в цепи анода будет протекать ток.

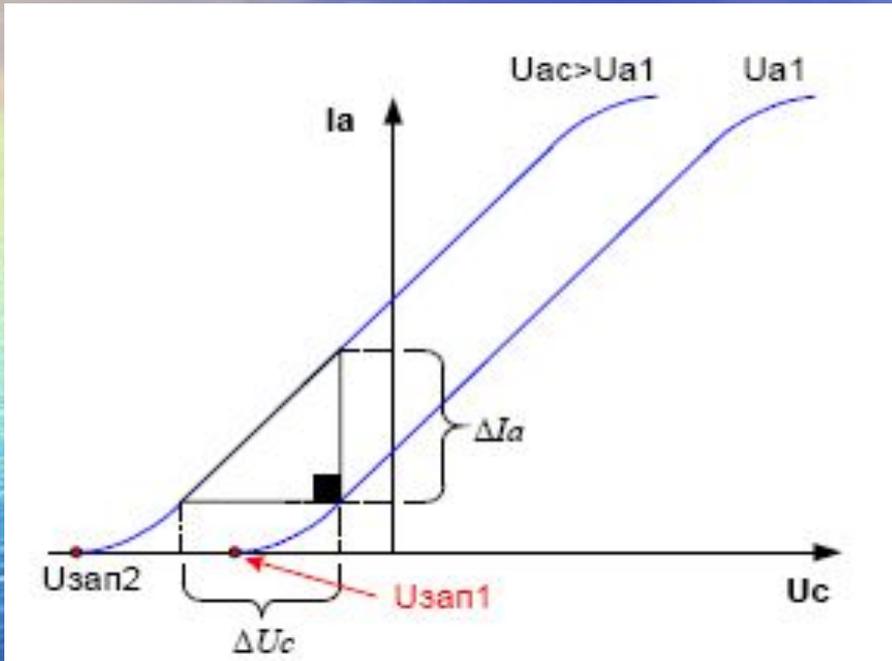


- При положительных напряжениях на сетке между ней и катодом возникает поле сетки, линии напряжённости которого направлены так же, как и у анода. Результирующее действие поля на электроны усиливается, и ток анода возрастает. Положительно заряженная сетка перехватывает часть электронов, за счёт чего возникает ток сетки I_c .



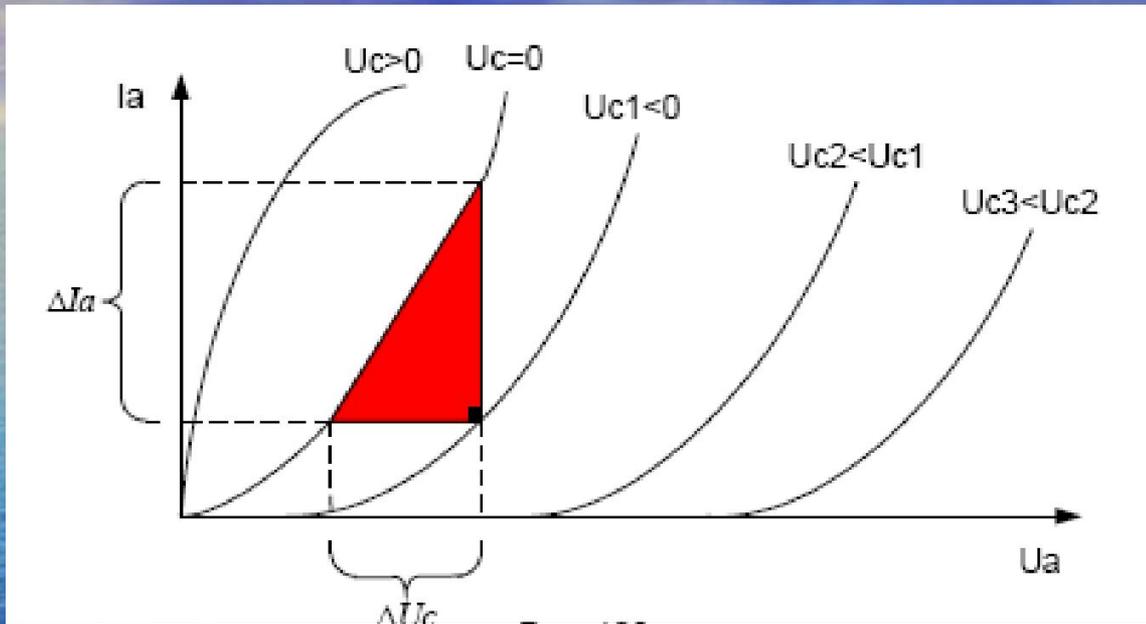
- При подаче отрицательного напряжения на сетку поле сетки будет противодействовать полю анода, за счёт чего анодный ток уменьшается.

Анодно - сеточная характеристика



- $I_a = f(U_c)$ при $U_a = \text{Const.}$

Анодная характеристика.



- зависимость тока анода от напряжения анода при постоянном напряжении на сетке.

1. Крутизна анодносеточной характеристики.

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_c}$$

2. Внутреннее сопротивление.

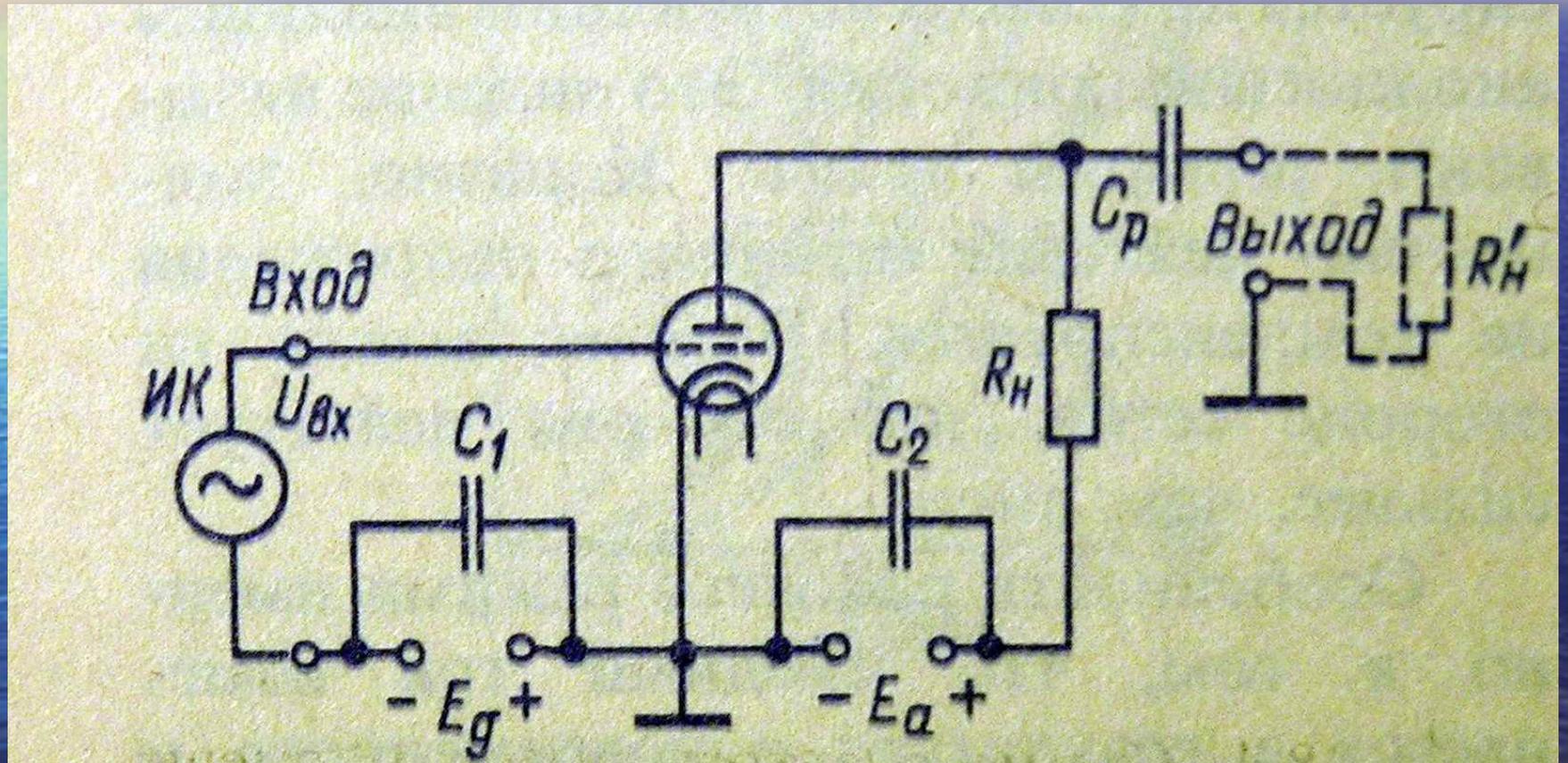
$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}$$

3. Коэффициент усиления.

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_c}$$

- Так как электроды триода выполняются из металла, а между ними – вакуум, то в триоде образуются три межэлектродные ёмкости. Входной сигнал на триод подаётся между сеткой и катодом, а выходной сигнал снимается между анодом и катодом. Поэтому ёмкость сетка-катод называется входной ёмкостью, ёмкость сетка-анод называется проходной ёмкостью, так как напрямую связывает вход с выходом, ёмкость анод-катод называется выходной ёмкостью. Эти ёмкости влияют на частотные свойства триода. Наиболее сильное влияние оказывает проходная ёмкость.

Усилитель на триоде



Усилитель на триоде

