

# Электрический ток в вакууме

Презентация разработана преподавателем КС и ПТ  
Каракашевой И.В.

Санкт – Петербург

2016

# Цели урока

## *Образовательные:*

- познакомить учащихся с проводимостью вакуума и ее техническим использованием;
- обеспечить усвоение понятий, связанных с протеканием тока в вакууме;
- сформировать умения построения ВАХ;
- актуализировать знания о протекании тока в различных средах;
- расширить общий кругозор учащихся

## *Развивающие:*

- создать условия для развития коммуникативных навыков;
- создать условия для развития аналитических способностей учащихся, умения анализировать, сопоставлять, сравнивать, обобщать, делать выводы;
- создать условия для развития памяти, внимания, воображения

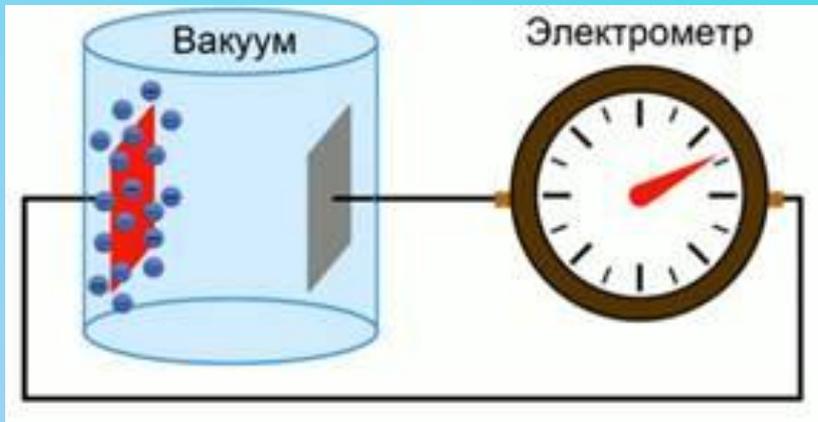
## *Воспитательные:*

- способствовать развитию умения отстаивать свою точку зрения;
- способствовать развитию культуры взаимоотношений при работе в коллективе

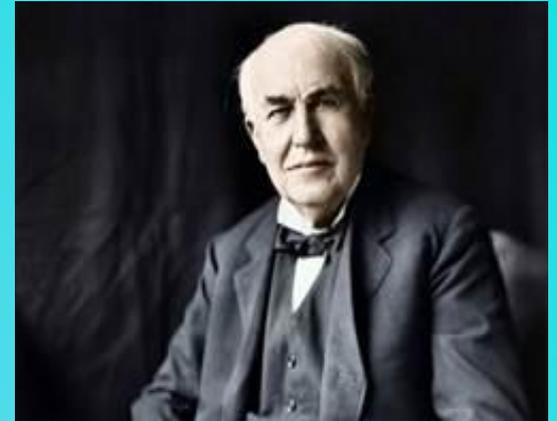
# Вакуум

- **Вакуум** – состояние газа, при котором свободный пробег частицы больше размера сосуда (состояние, при котором молекула или атом газа пролетает от одной стенки сосуда к другой, не сталкиваясь с другими молекулами или атомами).
- Такой разреженный газ является изолятором, т.к. в нем почти нет свободных заряженных частиц.
- Электрический ток в вакууме будет существовать, если ввести в него свободные носители заряда.
- **Проводимость вакуума - несобственная**

# Опыт Т.Эдисона (1883 г.)



Т. А. Эдисон  
1847-1931



Если два электрода поместить в герметичный сосуд и удалить из сосуда воздух, то электрический ток в вакууме не возникает - нет носителей электрического тока.

Американский ученый Т. А. Эдисон обнаружил, что в вакуумной стеклянной колбе может возникнуть электрический ток, если один из находящихся в ней электродов нагреть до высокой температуры. Явление испускания свободных электронов с поверхности нагретых тел называется *термоэлектронной эмиссией*.

# Электронная эмиссия

- Электронная эмиссия возникает в случаях, когда часть электронов металла (электрода) приобретает в результате внешних воздействий энергию, достаточную для преодоления их связи с металлом (работы выхода).

## *Виды электронной эмиссии:*

- *Ионно-электронная* – при бомбардировке катода положительными ионами
- *Термоэлектронная* – испускание электронов с поверхности нагретого металла
- *Фотоэлектронная* – при воздействии на поверхность металла электромагнитным излучением
- *Вторичная электронная* – при бомбардировке поверхности металла быстрыми электронами
- *Все виды эмиссии широко используются для получения электрического тока в вакууме, но наиболее распространена*

# Термоэлектронная эмиссия

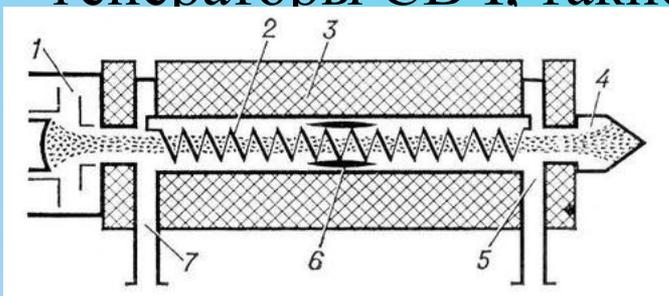
- Открыта в 1883 г. американским изобретателем Т. Эдисоном.
- Исследована в 1900 – 1901 гг. английским физиком О. В. Ричардсоном
- Термоэлектронную эмиссию можно рассматривать как испарение электронов. Чтобы вылететь из тела, электроны должны преодолеть силы притяжения, действующие на них со стороны положительно заряженных ионов тела.
- При комнатных температурах число электронов с достаточной для этого кинетической энергией ничтожно мало, но с ростом температуры оно возрастает.
- Поэтому заметная термоэлектронная эмиссия наблюдается только для нагретых тел, например металлов с температурой 1100 – 1200 К.
- Электроны, испускаемые нагретым телом, называются *термоэлектронами*, испускающее их тело – *эмиттером*.

# Вакуум

- Носители заряда в вакууме – электроны
- Проводимость вакуума – электронная (несамостоятельная)
- Нагретый металлический электрод непрерывно испускает электроны, образуя вокруг себя электронное облако. В равновесном состоянии число электронов, покинувших электрод, равно числу электронов, возвратившихся на него.
- **Чем выше температура металла, тем выше плотность электронного облака, и меньше сопротивление**

# Применение

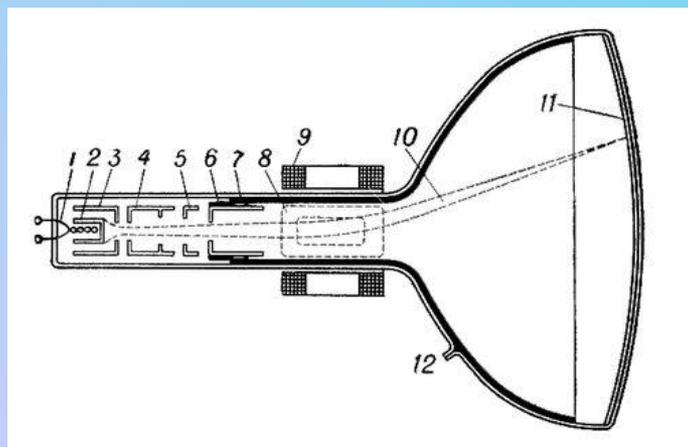
Электрические токи в вакууме имеют широчайшую область применения. Это все без исключения радиолампы, ускорители заряженных частиц, масс-спектрометры, вакуумные генераторы СВЧ, такие как магнетроны, лампы бегущей волны



Лампа бегущей волны



Радиолампа

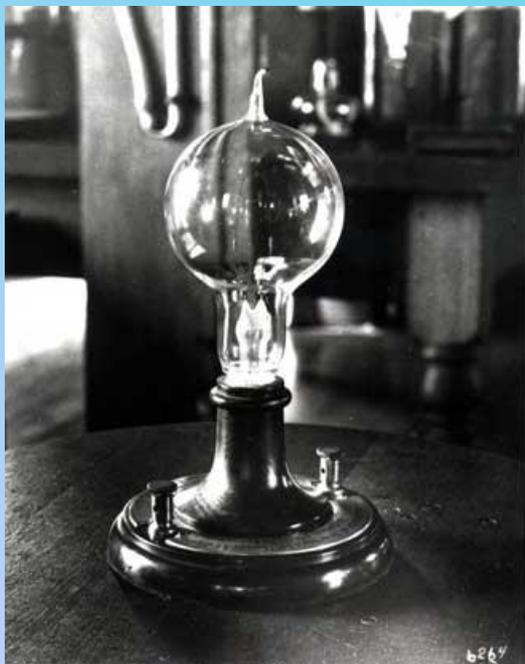


Кинескоп

1 — нить подогревателя катода; 2 — катод; 3 — управляющий электрод; 4 — ускоряющий электрод; 5 — первый анод; 6 — второй анод; 7 — проводящее покрытие (акводаг); 8 — катушки вертикального отклонения луча; 9 — катушки горизонтального отклонения луча; 10 — электронный луч; 11 — экран; 12 — вывод второго анода.

# *Применение*

- *Вакуумный диод*
- *Электронная лампа*
- *Электронно-лучевая трубка*

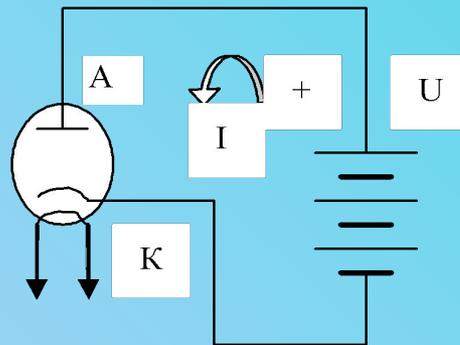


## *ПЕРВАЯ ЛАМПА НАКАЛИВАНИЯ*

– копия лампы, изобретенной  
Т. Эдисоном в 1879

# Вакуумный диод

- Прибор, пропускающий ток в одном направлении и не пропускающий в другом
- Приборы, обладающие свойством проводить ток только в одном направлении, называются *электрическими вентилями*.
- Лампа, применяемая для выпрямления токов промышленной частоты, называется *кентроном*.



# Вакуумный диод

Вакуумный диод (двух электродная электронная лампа) представляет собой стеклянный или металлический баллон, из которого выкачан воздух, и двух металлических электродов: накаливаемого катода и холодного анода. Катод бывает двух типов: прямого накала и косвенного накала. В первом случае катод представляет собой нить, по которой проходит накаливающий её ток, а во втором - покрытый слоем металла с малой работой выхода цилиндр, внутри которого находится нить накала, электрически изолированная от катода.

В обоих случаях температура нити накаливания для эффективной эмиссии должна равняться  $2000 - 2500\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Действие катода как источника электронов основано на явлении термоэлектронной эмиссии.

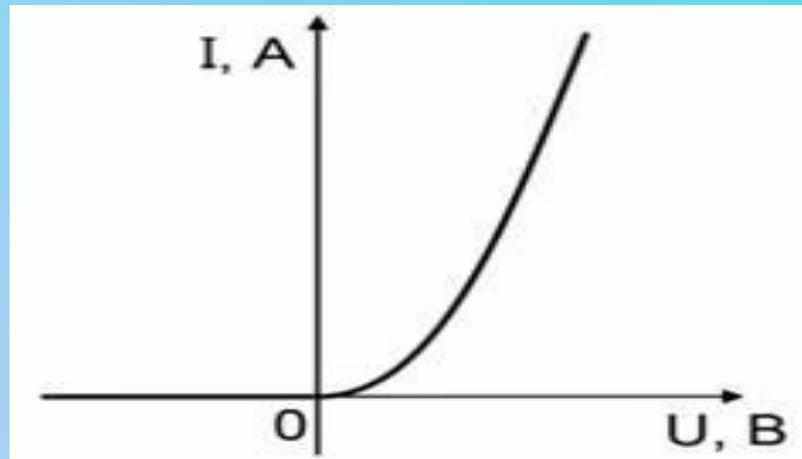
Недостатком катодов прямого накала является то, что они не пригодны для питания их переменным током, так как при изменениях тока температура нити успевает измениться и поток излучаемых электронов пульсирует с частотой питающего тока.

*Двух электродная электронная лампа была изобретена в 1904 физиком Дж. Флемингом*



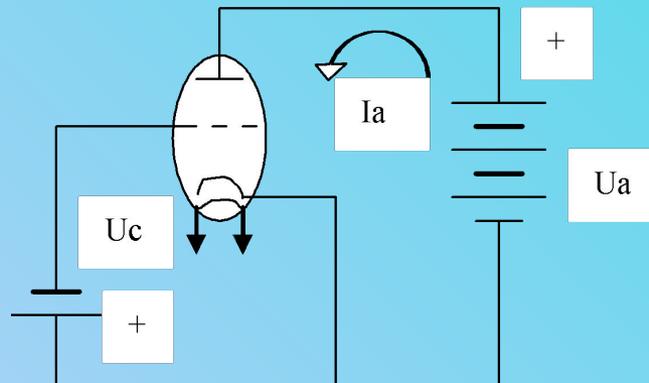
# Вакуумный диод

- Вакуумный диод обладает односторонней проводимостью.
- При правильном подключении при увеличении напряжения растет сила тока. При обратном подключении ток идти не будет вообще. Этим вакуумные диоды выгодно отличаются от полупроводниковых, в которых при обратном включении ток хоть и минимальный, но есть. Благодаря этому свойству вакуумные диоды используются для выпрямления переменных токов.
- *Вольтамперная характеристика вакуумного диода.*



# Триод

- электронная лампа, имеющая три электрода: катод, анод, управляющую сетку.

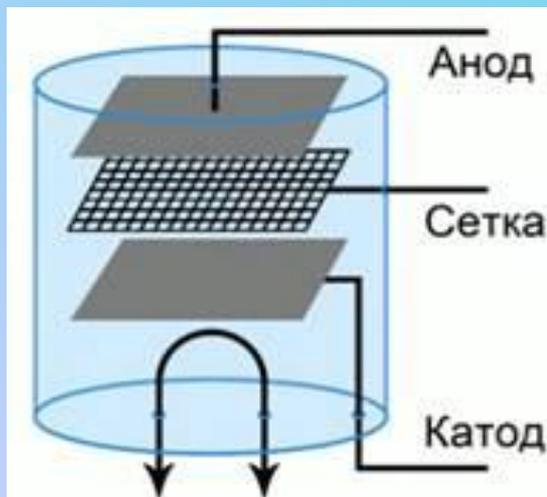


# Триод

Триод— это электронная лампа, в которой имеется третий (управляющий) электрод. Этот электрод обычно представляет собой сетку из тонких проволок. Подавая на сетку напряжение и меняя его величину и полярность, можно управлять электронным потоком внутри лампы, т. е. изменять величину анодного тока. Поэтому сетку называют управляющей. Она расположена ближе к катоду, чем к аноду. Поэтому изменение напряжения на сетке сильнее влияет на величину анодного тока, чем такое же изменение анодного напряжения.



РИС. 1

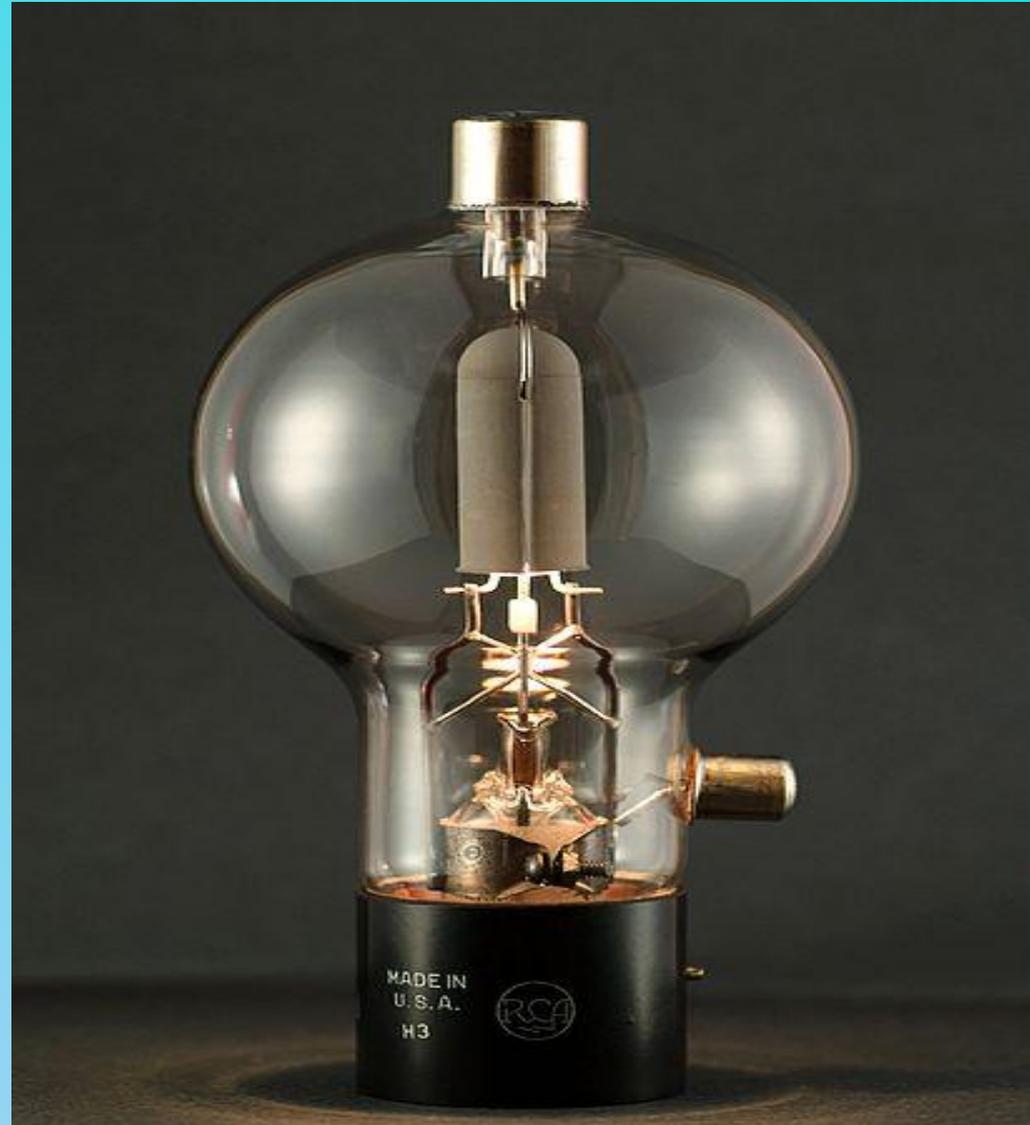


В основном триод используют в качестве усилителя.

Коэффициент усиления показывает, во сколько раз приращение анодного напряжения должно быть больше приращения сеточного напряжения для изменения силы тока на одинаковую величину.

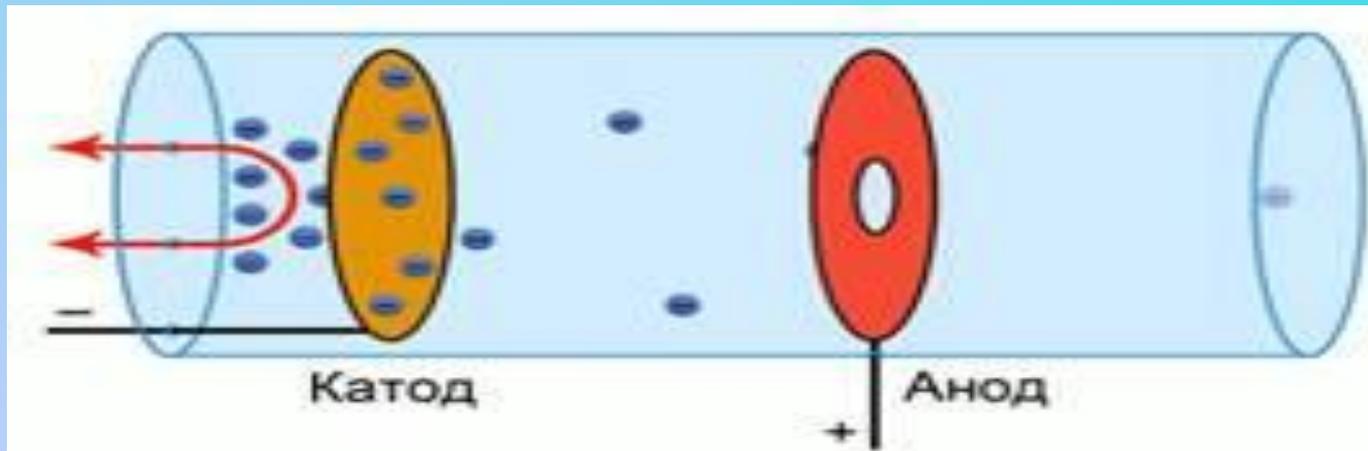
# Электронная лампа

- Электровакуумный прибор, работа которого осуществляется за счёт изменения потока электронов, движущихся в вакууме или разрежённом газе между электродами.
- *Электронные лампы относятся к классу осветительных приборов.*



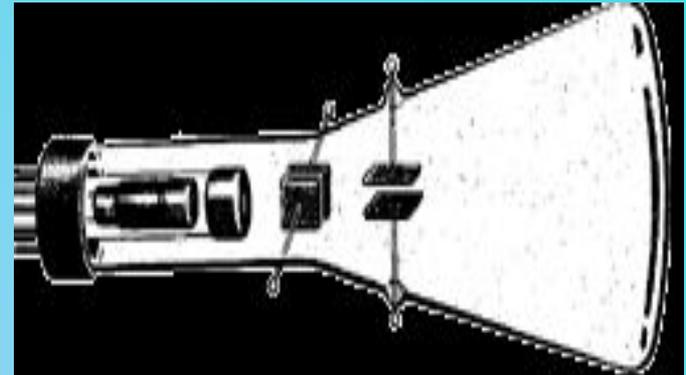
# Электронные пучки

- В технике очень важное значение имеет использование так называемых электронных пучков.
- Электронный пучок – поток электронов, длина которого много больше его ширины. Получить его довольно просто. Достаточно взять вакуумную трубку, по которой проходит ток, и проделать в аноде, к которому и идут разогнанные электроны, отверстие (так называемая электронная пушка)



# Свойства электронных пучков

- Попадая на тела, вызывают их нагревание (электронная плавка в вакууме, электронная сварка - необходима, когда важно сохранение чистоты материалов, например, при сваривании полупроводников)
- При торможении быстрых  $e^-$ , попадающих на вещество, возникает рентгеновское излучение, применяемое в медицине и технике (рентгеновские трубки)
- При попадании электронного пучка на некоторые вещества, называемые люминофорами (стекло, сульфиды цинка и кадмия), происходит свечение (экраны)
- Отклоняются электрическим и магнитным полями (электронно-лучевые трубки)



# Классификация электроннолучевых приборов

Электроннолучевыми приборами называются электровакуумные приборы, действие которых основано на формировании и управлении по интенсивности и положению одним более электронными пучками

Несмотря на большое разнообразие электронно-лучевых приборов, как по устройству, так и по назначению, между ними есть много общего.



Так, электронно-лучевой прибор всегда содержит в баллоне три основных элемента: *электронный прожектор*, формирующий электронный пучок, или луч,

*отклоняющую систему,*

*приёмник электронов* – экран или

систему электродов электронного коммутатора.

# Классификация

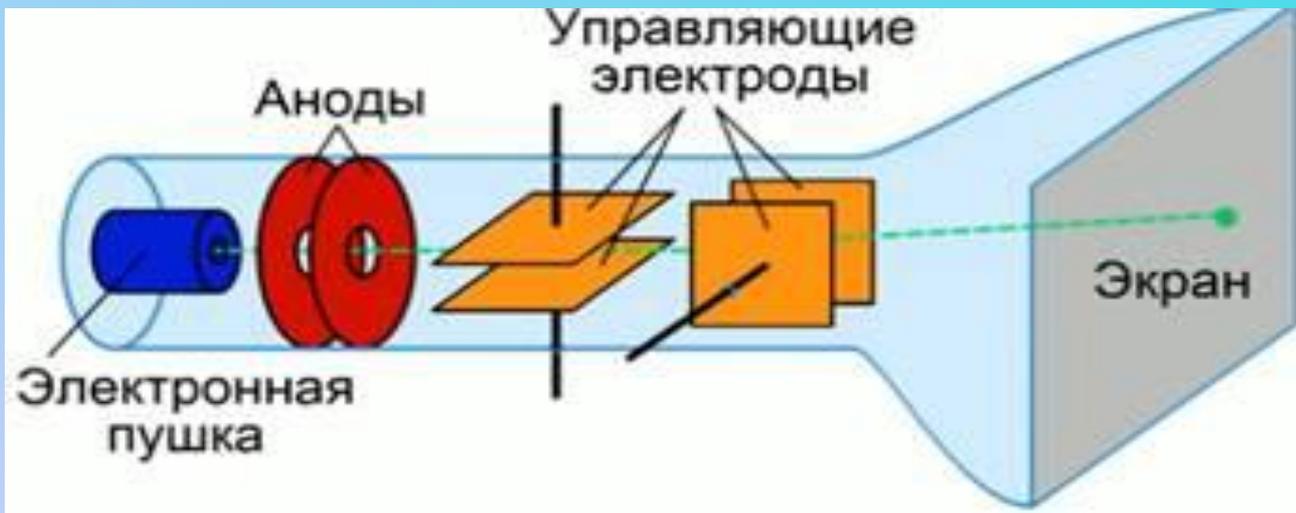
## электроннолучевых приборов

Если в основу классификации положить наиболее существенный преобразовательный признак, то все эти приборы можно разделить на четыре группы:

- ***Приборы, преобразующие электрический сигнал в изображение*** – приёмные электронно-лучевые трубки: индикаторные и осциллографические трубки, кинескопы и другие.
- ***Приборы, преобразующие изображение в электрический сигнал*** – передающие электронно-лучевые трубки
- ***Приборы, преобразующие электрический сигнал в электрический сигнал*** – потенциалоскопы, электронно-лучевые коммутаторы.
- ***Приборы, преобразующие невидимое изображение в изображение видимое*** – электроннооптический преобразователь, электронный микроскоп.

# Электронно – лучевая трубка

- Электронно-лучевая трубка состоит из вакуумной колбы, имеющей расширение, электронной пушки, двух катодов и двух взаимно перпендикулярных пар электродов.
- Принцип работы: вылетевшие вследствие термоэлектронной эмиссии из пушки электроны разгоняются благодаря положительному потенциалу на анодах. Затем, подавая напряжение на пары управляющих электродов, можно отклонять электронный пучок по горизонтали и по вертикали. После этого направленный пучок падает на люминофорный экран, что позволяет видеть на нем изображение траектории пучка.

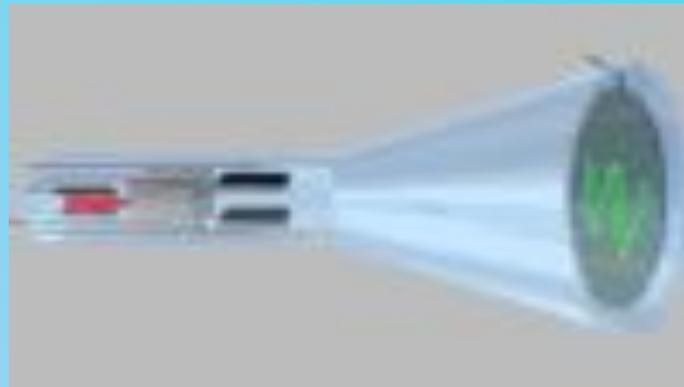


# Осциллограф

- Электронно-лучевая трубка используется в устройстве электронного осциллографа – прибора для изучения быстро меняющихся токов



- Электронно-лучевая трубка используется в кинескопических телевизорах за тем лишь исключением, что там электронные пучки управляются магнитными полями.



# Фотоэлектронные приборы

- Фотоэлектронный электровакуумный прибор (фотоэлемент) – это электронная лампа, имеющая катод, который эмитирует электроны, когда на него попадает видимый свет или инфракрасное либо ультрафиолетовое излучение.
- В научных исследованиях и технике фотоэлектронные приборы используют для измерений освещенности
- Фотоэлементы используются в устройствах управления уличным освещением, для уравнивания цветов в телевидении и согласования красок в полиграфии, для подсчета объектов на производстве, для считывания звука при демонстрации кинофильмов.

# Домашнее задание

- Ф.11 §§ 112