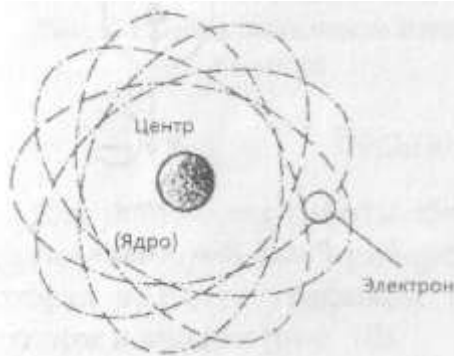


Тема 1: «Электронные лампы»

1. Устройство, принцип действия и применение двухэлектродных ламп (диодов).
2. Трёхэлектродные лампы.

1. Устройство, принцип действия и применение двухэлектродных ламп (диодов).

Электронные лампы - электронные приборы, в которых проводимость осуществляется за счет электронов или ионов, движущихся между электродами через вакуум или газ (рис. 1). Первую лампу в 1873 году изобрел русский электротехник Лодыгин.



Модель атома

Рис. 1. Строение атома и место электрона в атоме

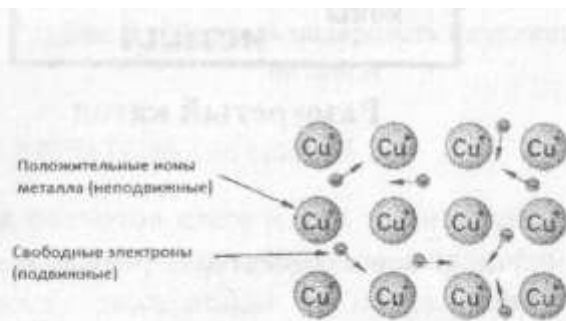


Рис. 2. Связь ионов и электронов в меди

Во всех электронных лампах источником свободных электронов является специальный электрод, называемый катодом. Катод испускает электроны за счет явления электронной эмиссии (процесс излучения электронов поверхностью вещества в вакууме).

При обычных условиях у металлов много свободных электронов внутри кристаллической решетки, и только отдельные электроны выходят из металла (рис. 2). При этом на поверхности образуется двойной электронный слой или электрическое поле (положительный заряд у ионов внутри металла, отрицательный - у электронов снаружи), которое не дает другим электронам выходить из металла. Разность потенциалов между слоями называется потенциальный барьер (рис. 3).

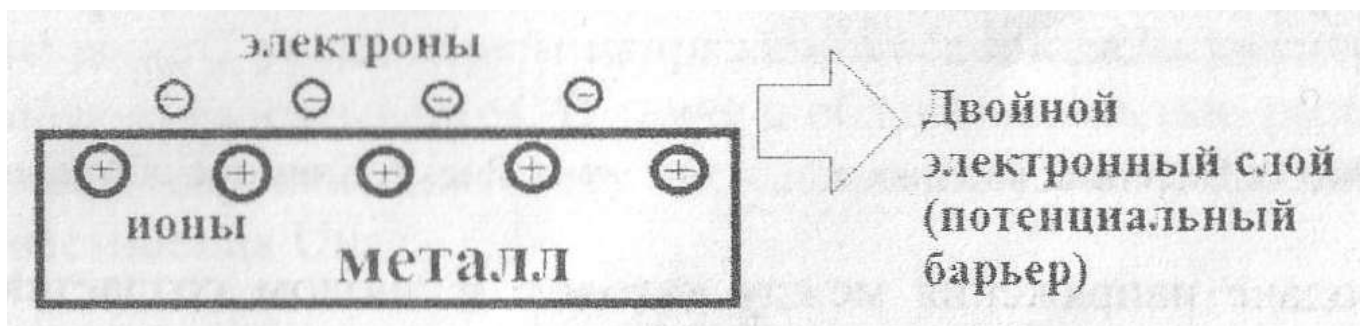


Рис. 3. Формирование потенциального барьера

Для преодоления потенциального барьера электронам сообщается энергия (при нагреве катода до 2000°С), они вылетают из металла в большом количестве и скапливаются около катода за счет притяжения положительных ионов. Вокруг катода образуется электронное

облако (рис. 4). Если на облако воздействовать внешним электрическим полем, то электроны перемещаются от катода, создается ток эмиссии (рис. 5).

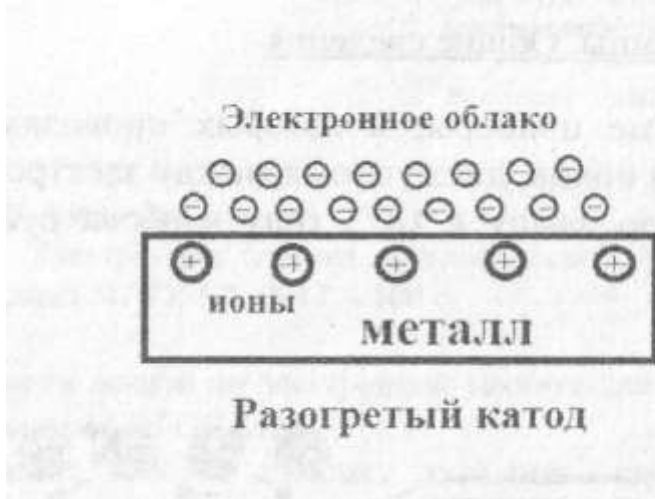


Рис. 4. Формирование электронного облака

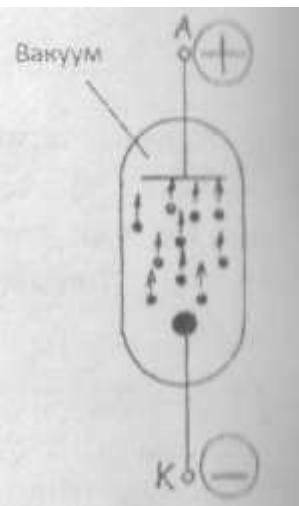
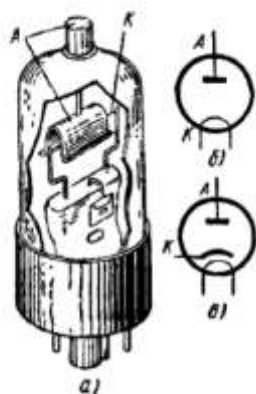


Рис.5.Ток эмиссии



Устройство (а) и условное обозначение электронного диода с катодом прямого накала (б) и косвенного накала (в)

Диод

Диод - электронная лампа с двумя электродами (катодом и анодом) представляет собой стеклянную или металлическую колбу с вакуумом внутри катод и анод (рис. 6). Катод - источник электронов (из вольфрама), анод - приемник электронов от катода (сделан из никеля, молибдена или тантала).

Для увеличения плотности тока термоэлектронной эмиссии необходимо увеличить температуру катода и использовать материалы с малой работой выхода. Для изготовления термоэлектронных катодов используют стойкие к испарению материалы: вольфрам, тантал, молибден и ниобий.

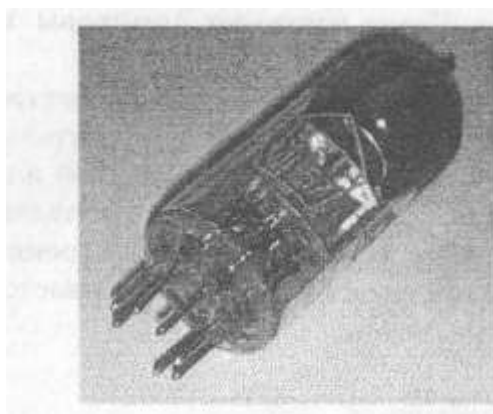


Рис. 6, Внешний вид диода

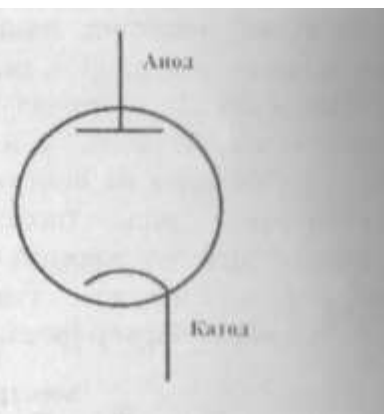


Рис. 7. Схемное обозначение диода

При подаче напряжения между катодом и анодом создаётся ускоряющее электрическое поле. Электроны от катода ускоряются к аноду, и появляется электрический ток. Этот ток, в

отличие от тока в проводниках, в вакууме не встречает сопротивления и может усиливаться (рис. 8). Если поменять полярность напряжения, то электрическое поле не даст электронам подойти к аноду, поэтому тока не будет (рис. 9).

Вывод: диод обладает односторонней проводимостью и может выпрямлять ток.

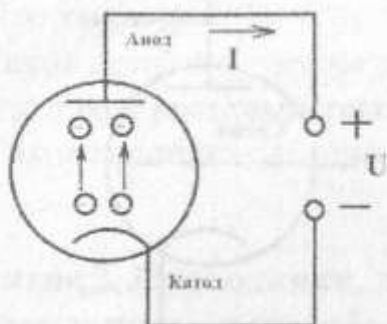


Рис. 8. Прямая полярность напряжения на диоде

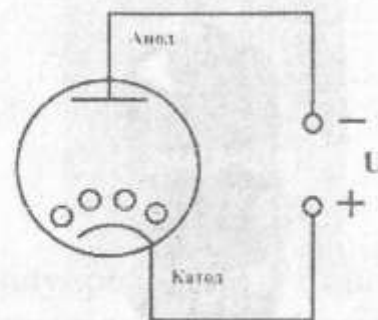


Рис. 9. Обратная полярность напряжения на диоде

Принцип действия электронной лампы сводится к управлению плотностью, скоростью или направлением движения потока электронов, движущихся в колбе, из которой откачан воздух.

В электронной усилительной лампе с управлением плотностью электронного потока (рис. 1а) электроны, эмулированные с поверхности катода, под действием ускоряющего поля, создаваемого внешним источником питания, устремляются к аноду. На пути электронного потока устанавливается устройство управления, которое под действием напряжения источника сигнала создает электрические или магнитные (или те и другие) поля, которые способствуют или препятствуют прохождению электронов от катода к аноду.

Вольтамперная характеристика диода

Для понимания работы диода, для расчетов схем и для понимания работы других электронных приборов используется вольтамперная характеристика, которая является графиком зависимости тока анода от напряжения между катодом и анодом (рис. 10).

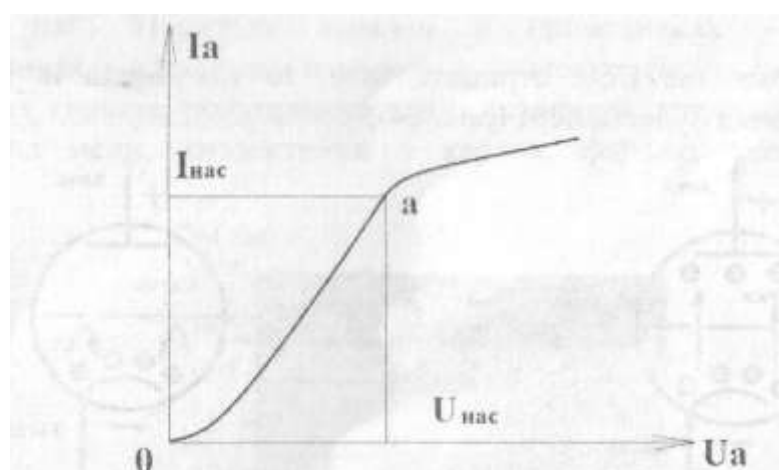
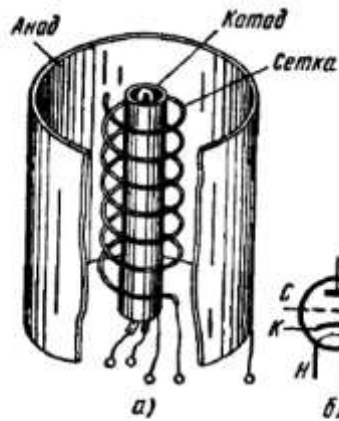


Рис. 10. Вольтамперная характеристика лампового диода

При напряжении на аноде $U_a = 0$ ток анода $I_a = 0$, хотя вокруг катода есть электронное облако. С увеличением напряжения ток анода I_a увеличивается, и электронное облако рассасывается. В точке а облако полностью рассосалось, и ток анода I_a равен току эмиссии и току насыщения $I_{нас}$, который соответствует напряжению насыщения $U_{нас}$.

2.Трёхэлектродные лампы.



Устройство (а) и условное обозначение (б) электронного триода

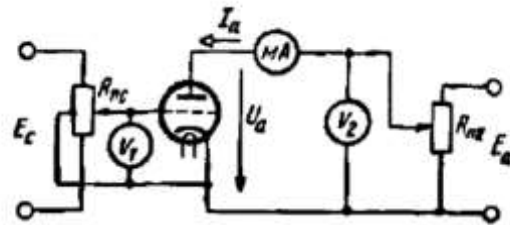


Схема для снятия характеристик триода

Триод - электронная лампа, у которой в пространстве между анодом и катодом помещен третий электрод (управляющий) - сетка (рис. 11). Триоды служат для создания и усиления переменных напряжений и токов, а также для усиления постоянного тока



Рис.11. Внешний вид триода

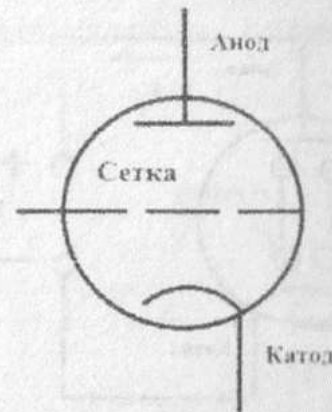


Рис. 12. Схемное обозначение триода

Сетка изготавливается из тугоплавкой проволоки в виде спирали и служит для управления плотностью потока электронов, летящих от катода к аноду.

Принцип действия триода:

- При положительном напряжении на аноде U_a напряжение между сеткой и катодом $U_{с-к}$ влияет на ток анода.
- Если напряжение $U_{с-к}$ положительное, то ток анода I_a резко возрастает (рис. 13).
- Если напряжение $U_{с-к}$ отрицательное, то ток анода I_a может быть уменьшен до 0, триод будет заперт (рис. 14).

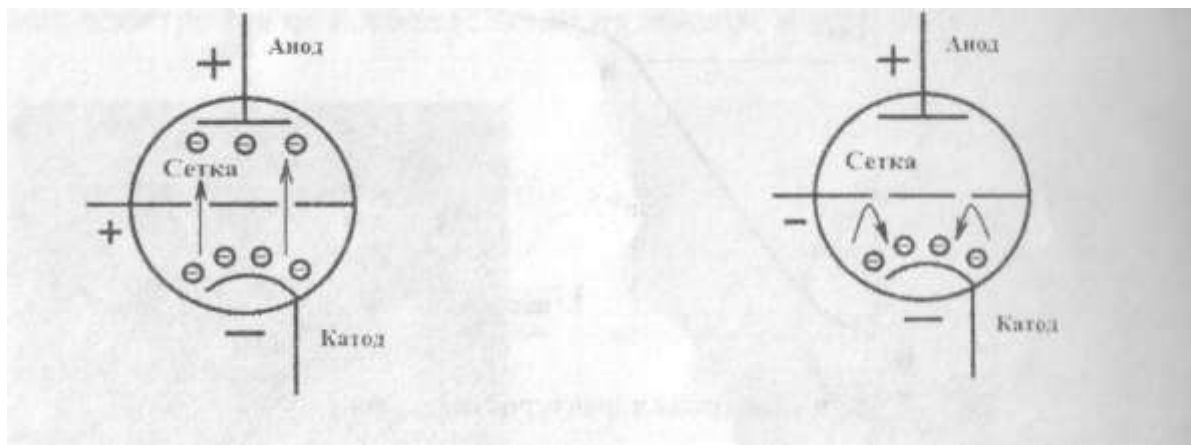


Рис. 13. Увеличение тока анода при положительном напряжении на сетке

Рис. 14. Уменьшение тока при отрицательном напряжении на сетке

Анодная характеристика триода — это зависимость анодного тока от напряжения на аноде и управляющей сетке. Под анодно-сеточной вольт-амперной характеристикой понимается зависимость анодного тока от напряжения на управляющей сетке при постоянном напряжении на аноде.

Важнейший параметр триода — статический коэффициент усиления

$\mu = \Delta U_a / \Delta U_c$ при $I_a = \text{const}$. Он показывает, во сколько раз изменение напряжения на управляющей сетке эффективнее воздействует на анодный ток, чем изменение анодного напряжения.

Величина μ определяется конструкцией триода и режимом его работы и тем больше, чем больше расстояние «анод — сетка» по сравнению с расстоянием «сетка — катод» и чем гуще сетка (т. е. чем ближе друг к другу витки сетки). При работе в линейном режиме связь между параметрами триода выражается формулой: $\mu = S R_i$.

Основными недостатками триодов считаются значительная междуэлектродная емкость сетка — анод, т. е. **проходная емкость** (для схемы с общим катодом) и сравнительно невысокий коэффициент усиления. Из-за большой проходной емкости ($C_{a-c} = 1 \div 10$ пФ) триоды неустойчиво работают в высокочастотных усилителях; не всегда целесообразно применение триодов и в усилителях низкой частоты из-за плохого использования анодного напряжения U_a .

В период развития электровакуумных приборов лампы применялись в выпрямителях, генераторах, в автоматике, измерительной и вычислительной технике. Поскольку лампы имели стеклянные корпуса, большие размеры и при работе выделяли много тепла, то с 1940 гг. начали заменяться на полупроводниковые приборы.

3. Понятие о многоэлектродных лампах.

Электронные лампы классифицируют по числу основных электродов. Если в лампе два электрода (анод и катод), то она называется **диодом**. Трехэлектродная лампа имеет анод, катод и управляющую сетку и называется **триодом**. Четырехэлектродная лампа называется **тетродом**, пятиэлектродная — **пентодом** и т. д.

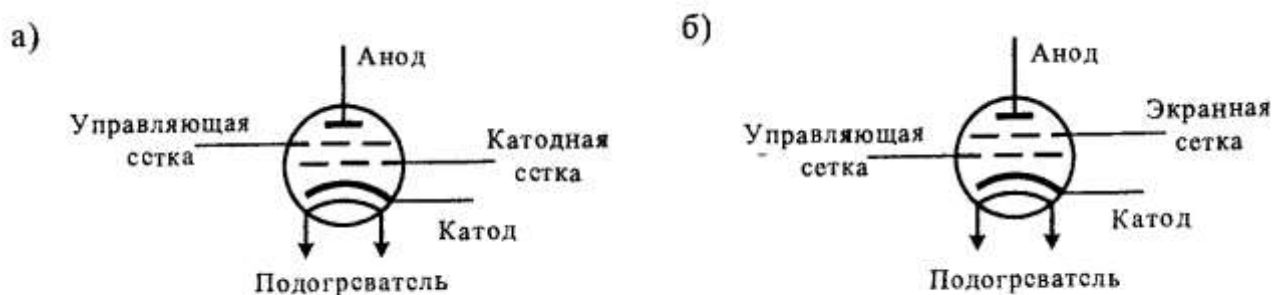
Тетроды

Поиски путей улучшения свойств триода привели к созданию **тетрода**. **Тетродами** называются лампы с двумя сетками. Одна из сеток является управляющей и имеет отрицательное напряжение. Другая сетка располагается либо между управляющей сеткой и катодом и называется катодной сеткой, либо между управляющей сеткой и анодом, и в этом случае называется экранирующей.

Экранная сетка, как и управляющая, выполняется в виде спирали цилиндрической, овальной или прямоугольной формы, но имеет обычно больше витков, чем управляющая сетка. Экранная сетка не должна препятствовать прохождению электронов от катода к аноду. С этой целью сетка выполняется из тонкого провода, и на нее подается положительное напряжение.

Особенность тетрода — необходимость работать в таком режиме, когда напряжение на экранной сетке ниже напряжения на аноде. Если это требование нарушается, то наблюдается **динатронный эффект**: вторичные электроны, появляющиеся в результате попадания на анод электронного потока, движущегося с весьма большой скоростью, эмитируются с его поверхности и захватываются экранной сеткой. Это вызывает уменьшение анодного тока вплоть до того, что может стать равным нулю.

В маломощных электронных лампах динатронный эффект устраняется третьей, защитной (или антидинатронной) сеткой, помещаемой между анодом и экранной сеткой и имеющей потенциал, равный потенциалу катода.



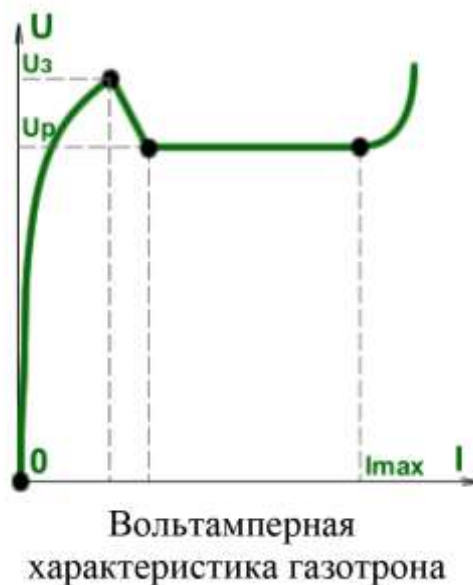
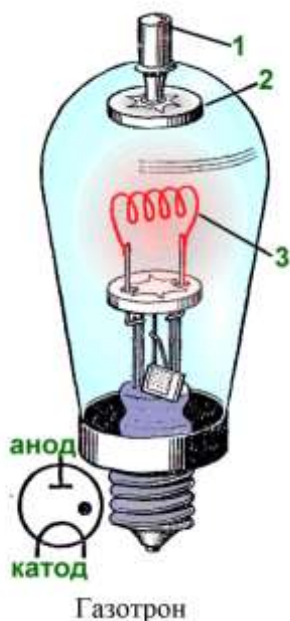
Схематическое изображение тетродов с катодной сткой (а) и с экранной сеткой (б)

Пентоды

Трехсеточные (пятиэлектродные) лампы называются пентодами. Пятиэлектродная лампа — пентод — наиболее распространенный тип электронных ламп.

Пентоды обладают очень большим коэффициентом усиления, значения которого доходят до нескольких тысяч, большим внутренним сопротивлением — до 1—2 МОм и малой проходной емкостью — до $1 \cdot 10^{-3}$ пФ. Пентод имеет три сетки, расположенные между катодом и анодом: управляющую, экранную и защитную.

4.Краткие сведения о газоразрядных приборах



Газотрон представляет собой двухэлектродный ионный (газоразрядный) прибор, работающий в режиме несамостоятельного дугового разряда и предназначенный для выпрямления переменного тока.

Стекланный (или металлический) баллон газотрона заполняется парами ртути или инертным газом при низком давлении. Внутри баллона помещены два электрода - анод 2 с выводом 1 и катод 3.

С повышением анодного напряжения от нуля в газотроне возникает небольшой электронный ток, как и в вакуумном диоде, так как электроны в слабом электрическом поле перемещаются от катода к аноду с малой скоростью, недостаточной для ионизации газа. Этому режиму работы соответствует начальный участок вольтамперной характеристики.

При повышении анодного напряжения до значения, равного потенциалу зажигания U_z , электроны под действием электрического поля развивают скорости, достаточные для возбуждения ионизации атомов газа или паров ртути, т. е. в приборе начнется процесс ионизации газа, вследствие чего образуется плазма и возникает дуговой разряд. Напряжение анода газотрона при его зажигании несколько уменьшается до рабочего напряжения U_p , после чего остается почти неизменным при изменении тока в газотроне.

Перед включением нагрузки катод должен быть прогрет в течение времени, указанного в паспортных данных газотрона.

Тиратрон является ионным прибором с тремя или четырьмя электродами, моментом зажигания которого можно управлять.

Различают тиратроны с горячим нагреваемым катодом (несамостоятельным дуговым разрядом) и с холодным катодом (работающие в режиме самостоятельного тлеющего разряда).

Тиратроны используют в энергетике больших мощностей, при токах в десятки тысяч ампер и очень высоких рабочих напряжениях (в десятки и сотни тысяч вольт), импульсных модуляторах и разрядниках, в ускорителях заряженных частиц, мощных радиолокаторах, экспериментальных термоядерных реакторах и т. д.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение электронных ламп.
2. Что называется электронной эмиссией?
3. Что называется потенциальным барьером?
4. Как создается ток эмиссии?
5. Дайте определение двухэлектродной лампы (диода).
6. Чем в электронной лампе является анод?
7. Чем в электронной лампе является катод?
8. Каким образом можно увеличить плотность тока термоэлектронной эмиссии?
9. Назовите основное свойство и назначение диода
10. Назовите принцип действия электронной лампы
11. Для чего используется вольтамперная характеристика?
12. Чем является вольтамперная характеристика?
13. Дайте определение трёхэлектродной лампы (триода)
14. Назовите назначение триода
15. Что представляет собой сетка?
16. Назовите назначение сетки (управляющего электрода)
17. Назовите принцип действия триода при положительном напряжении на аноде U_a
18. Что происходит с током анода I_a , если напряжение U_c -к положительное?
19. Что происходит с током анода I_a , если напряжение U_c -к отрицательное?
20. Напишите формулу коэффициента усиления.

21. Что показывает статический коэффициент усиления?
22. Чем определяется величина коэффициента усиления?
23. Назовите устройство тетрода.
24. Назовите особенность тетрода.
25. В чём заключается динаatronный эффект?
26. Какие лампы называют пентодами?
27. Сколько сеток у пентода и где они располагаются?
28. Назовите значения коэффициента усиления, внутреннего сопротивления и проходной ёмкости, которыми обладает пентод
29. Назовите назначение, устройство и принцип работы газотрона.
30. Что представляет собой тиратрон?