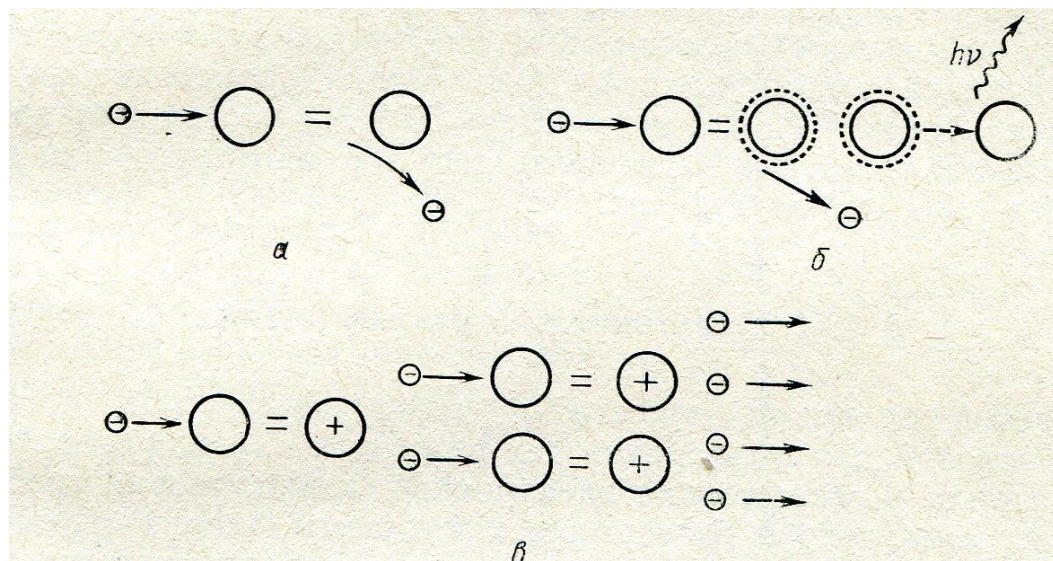


Электрический разряд в газе

Элементарные процессы при разряде в газе



а) упругие соударения

б) возбуждение с последующим возвращением в нормальное состояние и излучением

в) ионизация и возникновение лавины

Электрический разряд в газе

Газовое наполнение: Hg (пары)

инертные газы Ne, Ar, He, Xe, Kr

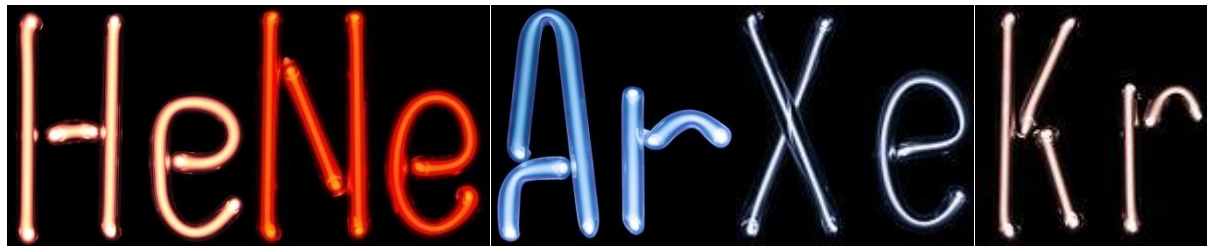
H₂

H₂ + H₂O (пары)

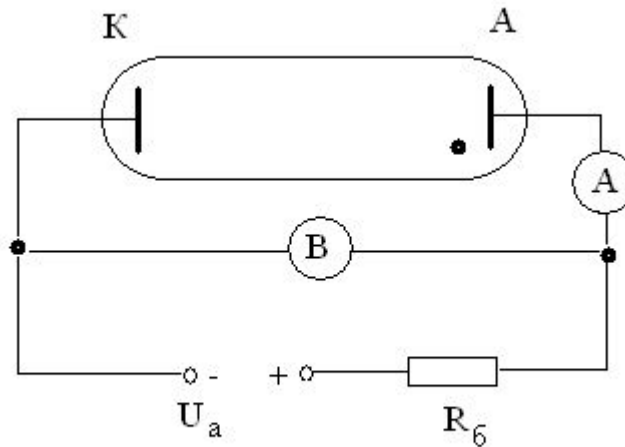
Возбуждение и ионизация атомов газов при столкновении с ними электронов

| газ | Потенциал возбуждения $U_{\text{возб}}, \text{В}$ | Потенциал ионизации $U_{\text{ион}}, \text{В}$ |
|------------|--|---|
| Водород | 10,1 | 15,9 |
| Гелий | 19,77 | 24,5 |
| Неон | 16,58 | 21,5 |
| Аргон | 11,57 | 15,7 |
| Азот | 8,2 | 16,7 |
| Кислород | 7,9 | 15,5 |
| Пары ртути | 4,86 | 10,4 |

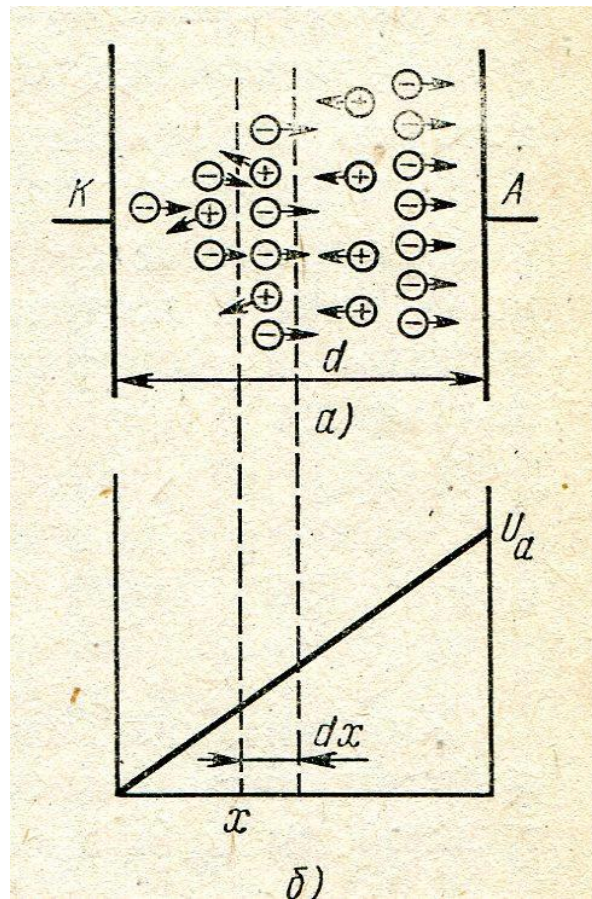
Свечение разряда в инертных газах



Трубка с газовым наполнением и холодными электродами



Несамостоятельный разряд. Явление газового усиления



Явление газового усиления

n_{ek} – число электронов, выходящих из катода за 1 сек

n_{ex} – число электронов, проходящих через сечение с координатой x за 1 сек

dn_{ex} – число электронов, созданных за счет ионизации в слое газа толщиной dx за 1 сек

$n_{ex} + dn_{ex}$ – число электронов, проходящих через сечение с координатой $x + dx$ за 1 сек

α – число ионизаций на 1 м пройденного пути (коэффициент объемной ионизации)

$$dn_{ex} = n_{ex} \alpha dx$$

$$\int_{n_{ek}}^{n_{ea}} \frac{dn_{ex}}{n_{ex}} = \int_0^d \alpha dx$$

Явление газового усиления

$$I_{ea} = I_{ek} \exp(\alpha d)$$

α - коэффициент объемной ионизации

С учетом вторичной ионно-электронной эмиссии с катода:

$$I_{ea} = I_{ek} \frac{\exp(\alpha d)}{1 - \gamma (\exp(\alpha d) - 1)}$$

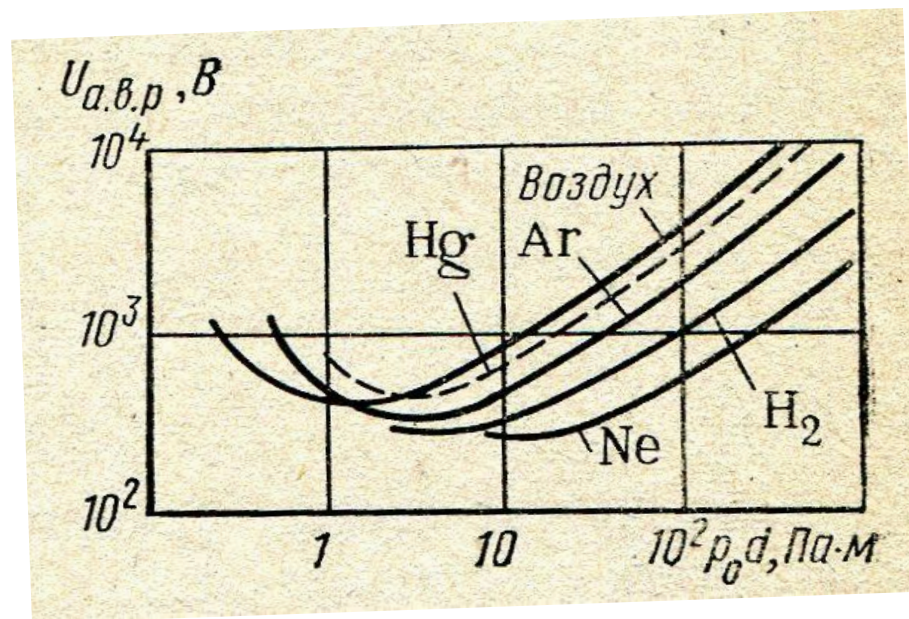
γ - коэффициент вторичной ионно-электронной эмиссии

Несамостоятельный и самостоятельный разряд

Условие превращения несамостоятельного разряда в самостоятельный

$$\gamma(\exp(\alpha d) - 1) = 1$$

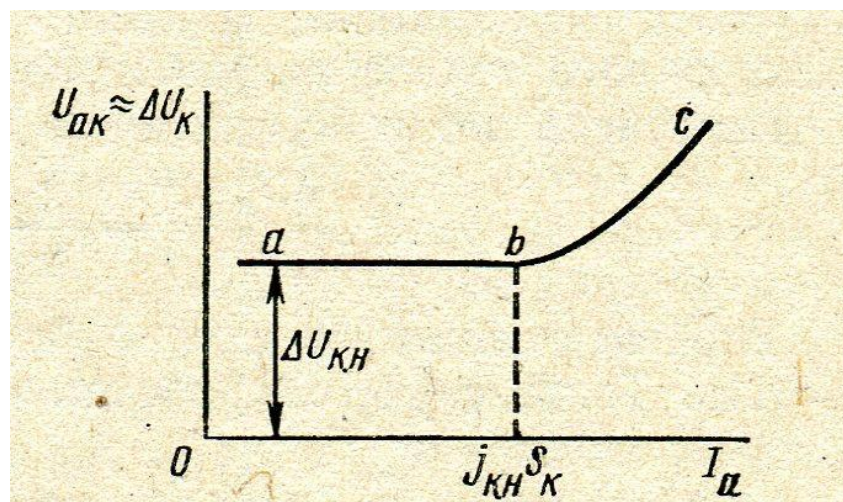
Кривые Пашена для некоторых газов



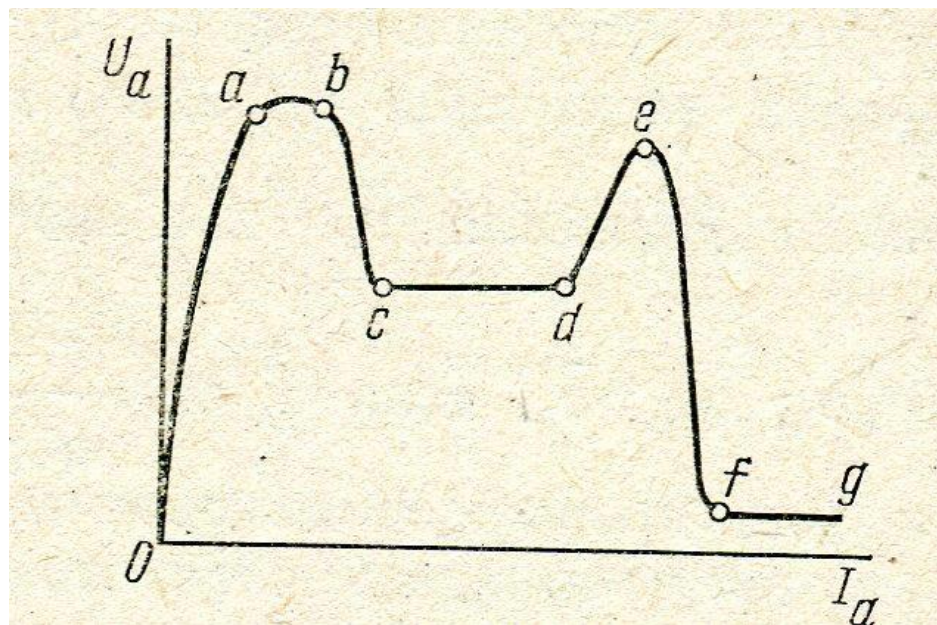
Напряжения зажигания для различных сочетаний материала катода и газа

| Катод | Газ | $(U_3)_{\text{мин}}, \text{В}$ | $(pd)_{\text{мин}}, \text{Па} \cdot \text{м}$ |
|-------|--------------|--------------------------------|---|
| Fe | He | 150 | 0,33 |
| Fe | Ne | 244 | 0,40 |
| Fe | Ne+0,001% Ar | 183 | 6,65 |
| Ni | He | 211 | 0,53 |

Вольт-амперная характеристика тлеющего разряда



Вольт-амперная характеристика электрического разряда в газе



Плазма – среда, состоящая из электронов, ионов и нейтральных частиц, обладающая свойством квазинейтральности.

Солнце и звезды – гигантские сгустки плазмы

Внешняя поверхность земной атмосферы прикрыта плазменной оболочкой – ионосферой

Радиационные пояса, расположенные в околоземном пространстве за пределами ионосферы – разреженные плазменные образования

Плазма образует оболочку движущихся с большой скоростью в атмосфере Земли ракет

Плазма возникает при взрыве ядерных зарядов

Плазма

Радиус экранирования Дебая

$$\varphi(r) = \frac{e}{r} \exp\left(-\frac{r}{r_D}\right)$$

Характерные для плазмы величины:

$$n_e = 10^{10} \text{ см}^{-3} \quad kT_e = 4 \text{ эВ}$$

$$r_D = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ см}$$

Плазменная частота ≈ 1 ГГц

Плазма

Управляемый синтез легких ядер

Соединения ядер дейтерия и трития.

Кулоновское отталкивание приводит к тому, что вероятность ядерных реакций между заряженными частицами оказывается достаточно большой только при значительной энергии сталкивающихся частиц. Поэтому при выборе реагирующих веществ ограничиваются элементами с малым порядковым номером.

Численные оценки:

D, T – изотопы водорода

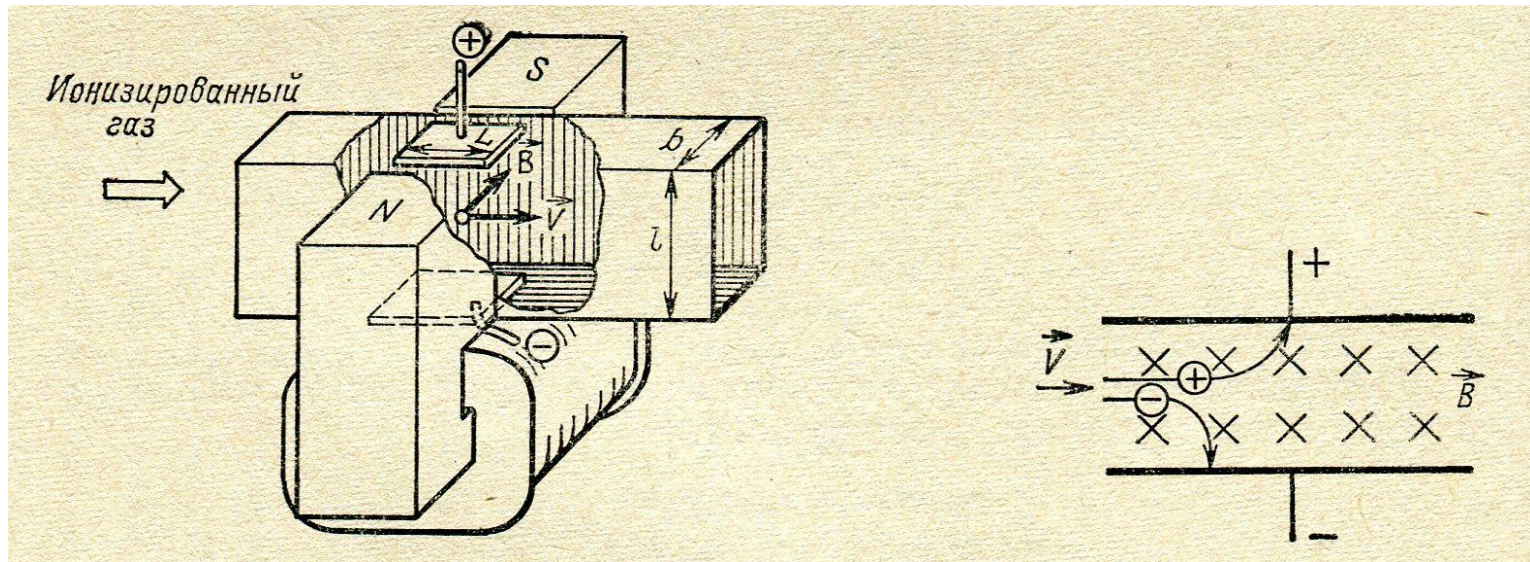
Удельная выделяемая мощность 10^5 кВт/м³

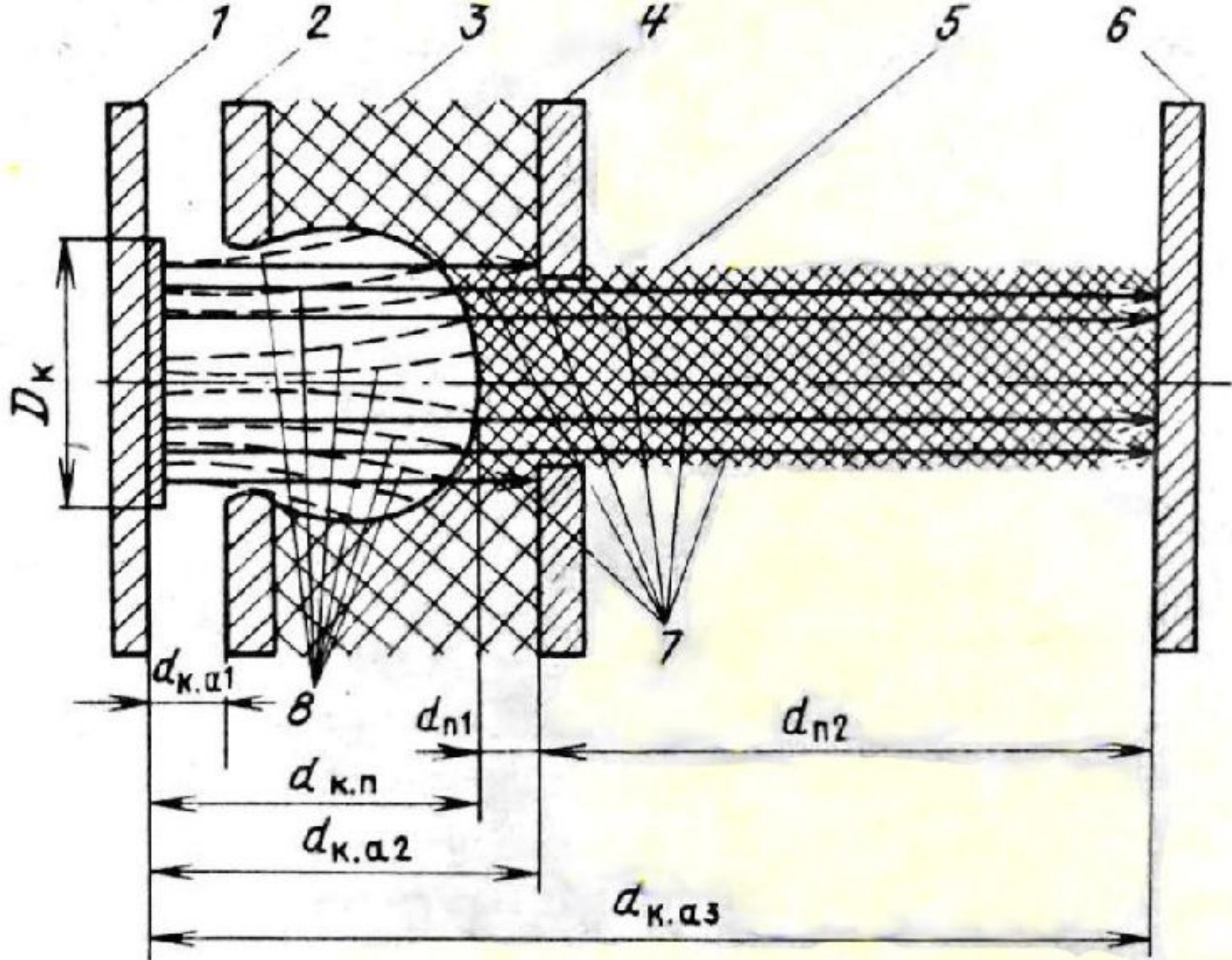
Температура плазмы 100 млн К

$N=10^{15}$ см⁻³

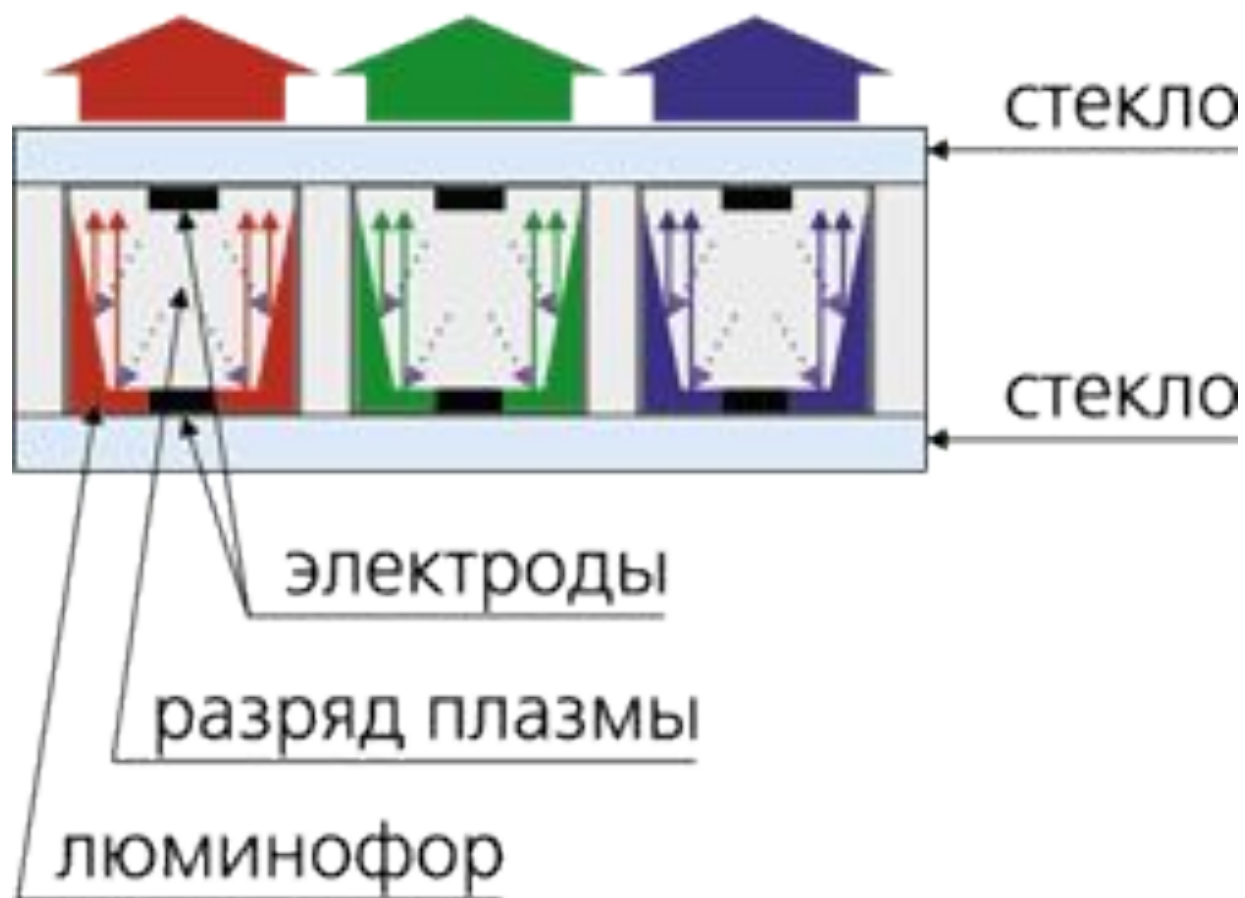
Необходимое магнитное поле удержания $25 - 30 \cdot 10^3$ эрстед.

Магнетогидродинамический (МГД) генератор





излучаемый свет



Вопросы

1. Элементарные процессы при прохождении тока через газовую среду. Газовое усиление.
2. Несамостоятельный и самостоятельный разряды в газе. Условия зажигания самостоятельного разряда. Кривые Пашена.
3. Тлеющий разряд. Возникновение разряда, распределение потенциала, газоразрядная плазма. Вольт-амперная характеристика тлеющего разряда.
4. Вольт-амперная характеристика газового разряда. Различные виды разряда.