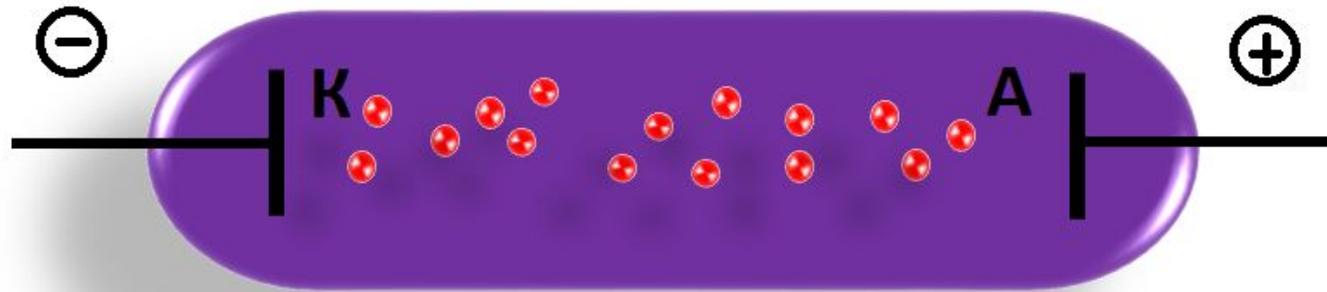


Газовый разряд

– это совокупность сложных физических явлений, представляющих собой электрический пробой газа (превращение непроводящего вещества в проводник под действием сильного поля). При достаточно высоком напряжении в газе происходит пробой и возникает ионизированное состояние - плазма.

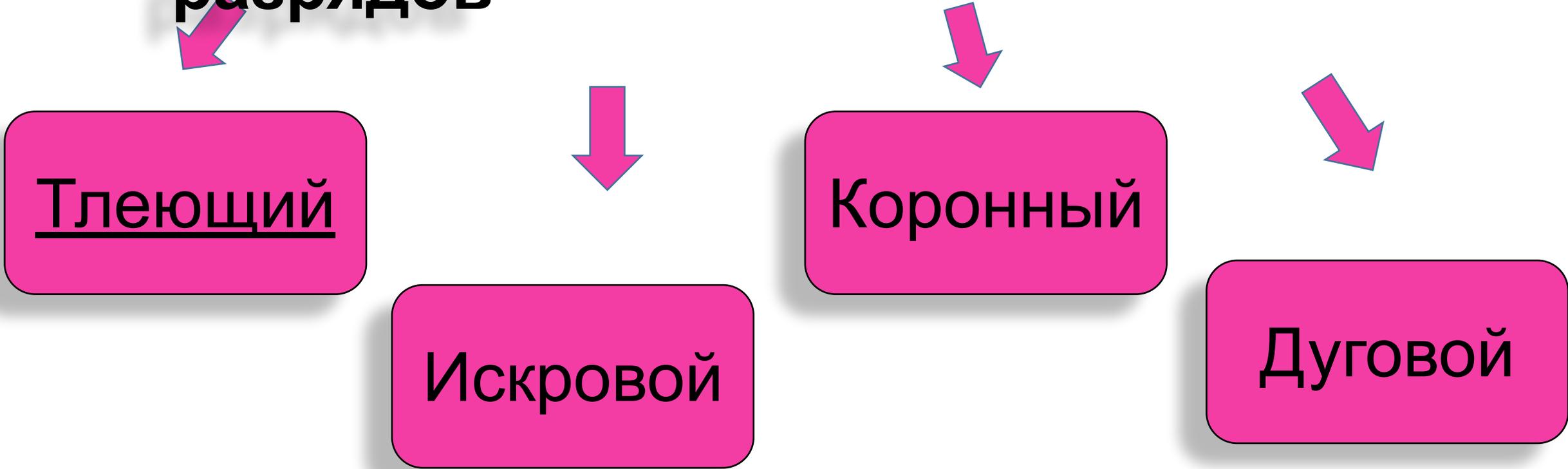
Для изучения разрядных процессов служит газоразрядная трубка.



Разряд и электрический ток, которые возникают только благодаря действию посторонних причин, называют несамостоятельными. При увеличении напряжения несамостоятельный ток сначала возрастает, затем достигает насыщения. Далее, увеличивая напряжение, ток резко возрастет и появится свечение. Это происходит пробой. Разряд приобретает самостоятельность.

В зависимости от процессов образования ионов в разряде при различных давлениях газа и напряжениях, приложенных к электродам, различают

Четыре типа самостоятельных разрядов



Тлеющий

Искровой

Коронный

Дуговой

Тлеющий разряд

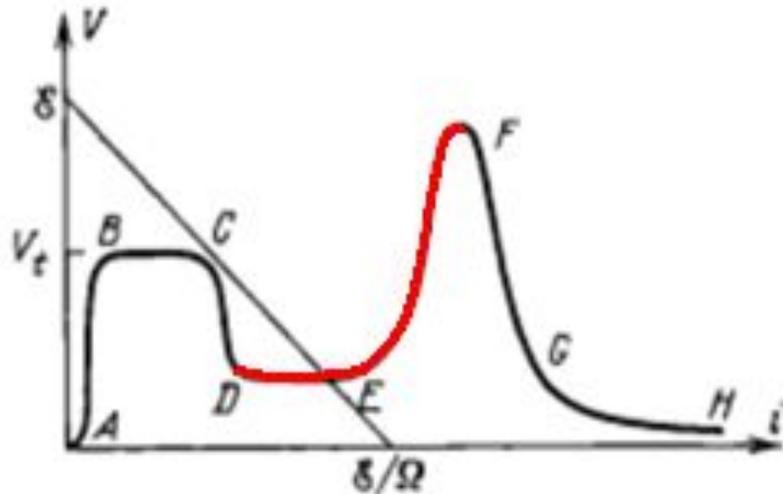
— один из видов стационарного самостоятельного электрического разряда в газах. Наиболее изученный и широко применяемый на практике тип газового разряда.

- Образуется при низких давлениях (1-10 Тор/ доли мм.рт.ст.) и большом электрическом сопротивлении внешней цепи.
- Характерна небольшая сила тока $I \sim (10^{-6}-10^{-1} \text{ А})$ и высокое напряжение (100-1000 В)
- Широко применяется в лампах дневного света, газосветных трубках(реклама), ртутных УФ лампах, неоновых лампах, импульсных лампах, газовых лазерах.



Вольт-амперная характеристика разряда

- Тлеющий разряд существует в определенном интервале значений разрядного тока.
- Электрическое напряжение $\mathcal{E} = V + i\Omega$ в замкнутой цепи, включающей разрядный промежуток, имеет вид: $\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 + V + i\Omega$, где \mathcal{E}_0 - ЭДС источника, V - напряжение на электродах, i - сила тока, Ω - омическое сопротивление.
- Это уравнение изображается *нагрузочной прямой* на графике. Реализуются те значения, которым отвечает пересечение нагрузочной прямой и ВАХ.



ВАХ
разряда

A- область несамостоятельного разряда

BC- темный таунсендовский разряд (из-за малости ионизации газ не обладает свечением)

DE- нормальный тлеющий разряд

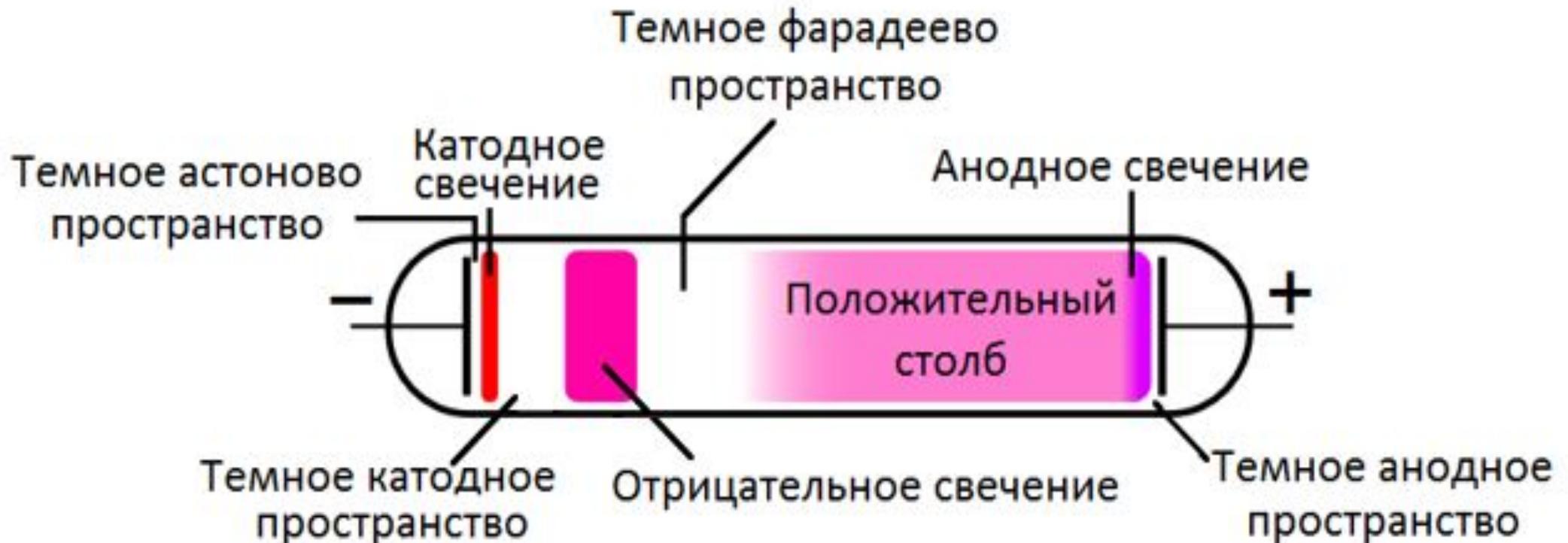
EF- аномальный тлеющий разряд

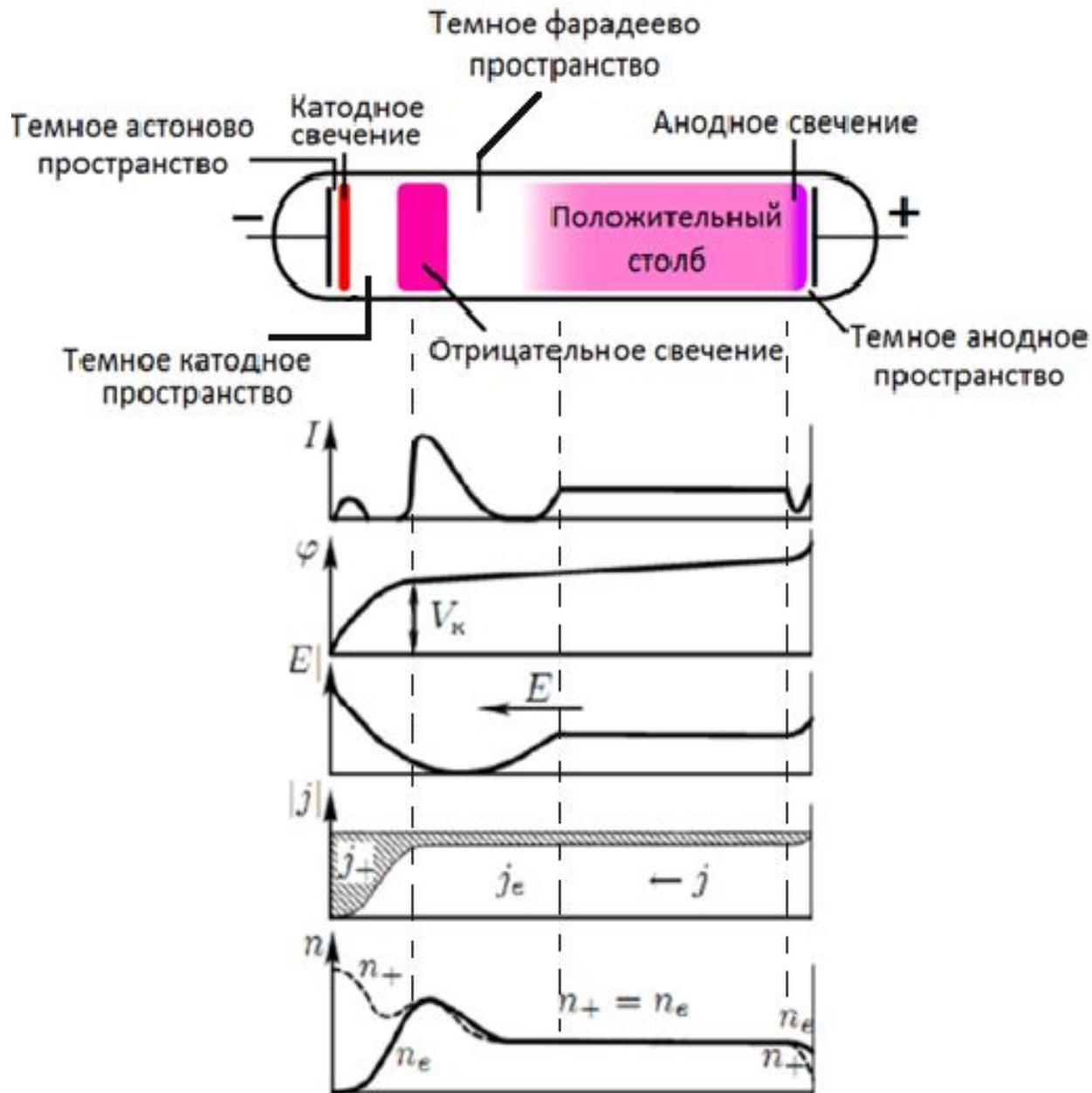
FG- переход в дугу

GH- дуга

Структура тлеющего разряда

-самоподдерживающийся разряд с холодным катодом, испускающим электроны в результате вторичной эмиссии, главным образом под действием положительных ионов. Для его получения и исследования служит классический прибор-разрядная трубка.





Распределение интенсивности свечения I , напряженности поля E , потенциала φ , плотностей ионного и электронного тока j и заряда n

Отличительный признак тлеющего разряда - существование вблизи катода слоя определенной толщины с большим положительным объёмным зарядом, сильным полем у поверхности и значительным падением потенциала (100 В и выше)-это явление носит название *катодного падения*

Искажение внешнего поля

Его вносит пространственный заряд.

Распределение поля в пространстве определяется уравнением электростатики:

$$\frac{dE}{dx} = 4\pi e(n_+ - n_e) \approx 4\pi en_+ \quad E \equiv E_x$$

Полагаем приближенно

$$n_+ \gg n_e \quad |j_+| \gg |j_e| \quad n_+ \approx \frac{j}{ev_{+d}} \approx \frac{j}{e\mu_+E}$$

$$E(x) = E_K \sqrt{1 - \frac{x}{d}} \quad , \text{ где } \quad d = \frac{\mu_+ E_K^2}{8\pi j}$$

E_K – поле у катода

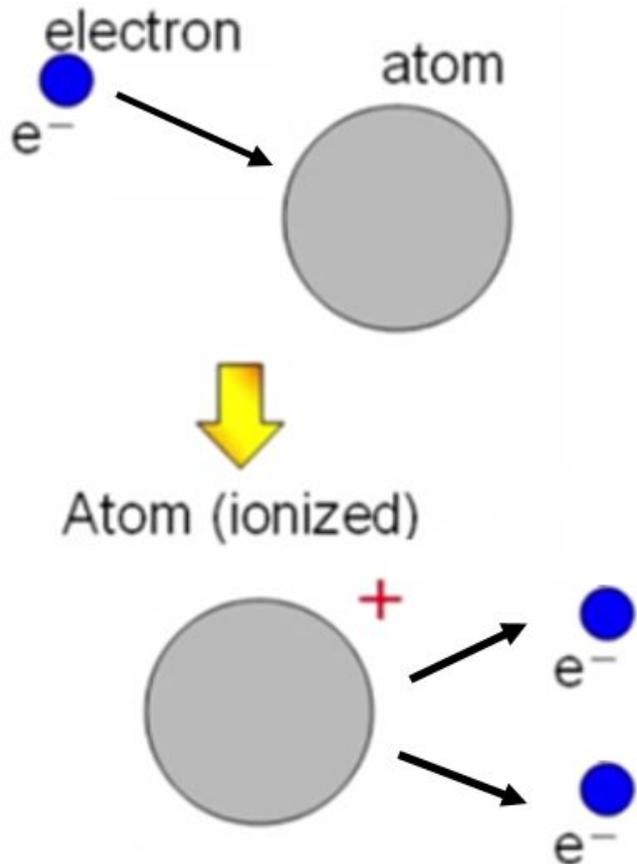


Переход к нормальному тлеющему разряду при

$$d=L.$$

L-длина трубки.

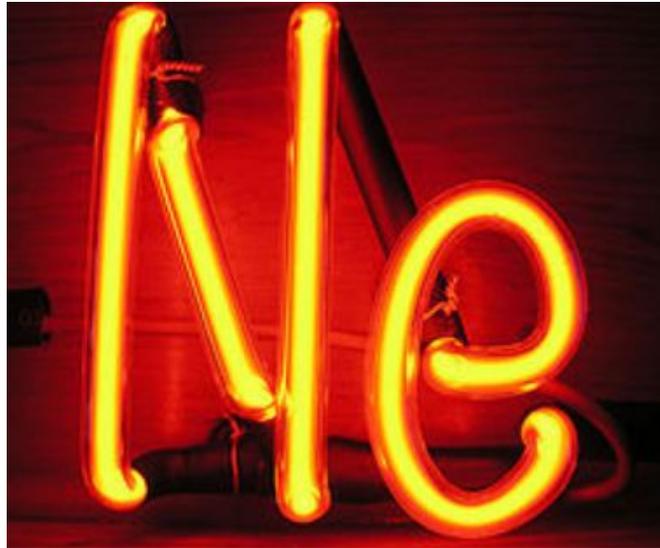
Процессы, поддерживающие тлеющий разряд



Основными процессами, поддерживающими разряд являются ионизация электронными ударами в объёме и вторичная электронная эмиссия на катоде.

При повышении давления все слои сжимаются и стягиваются к катоду. При сближении электродов будет сокращаться положительный столб.

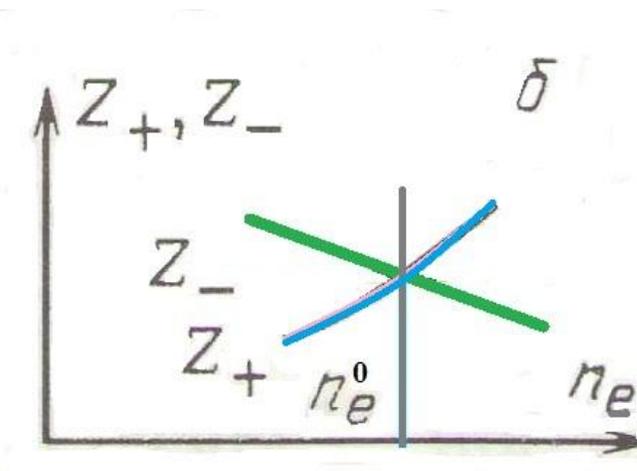
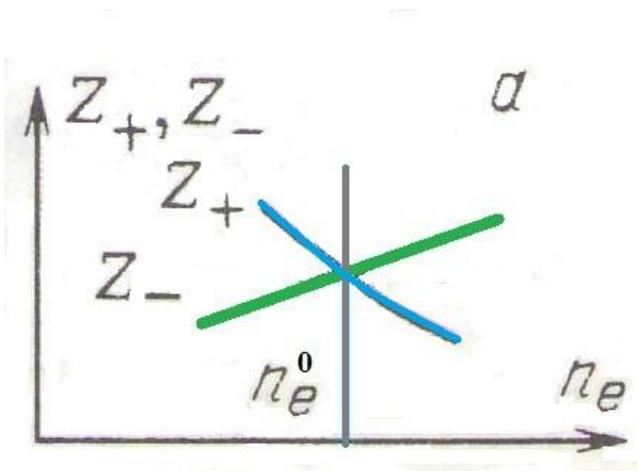
Цвета тлеющих разрядов в различных газах



НЕУСТОЙЧИВОСТИ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

Однородное состояние положительного столба тлеющего разряда оказывается неустойчивым, когда:

- 1) разряд происходит в больших объемах
- 2) давления повышены
- 3) сильны ток и выделение джоулева тепла

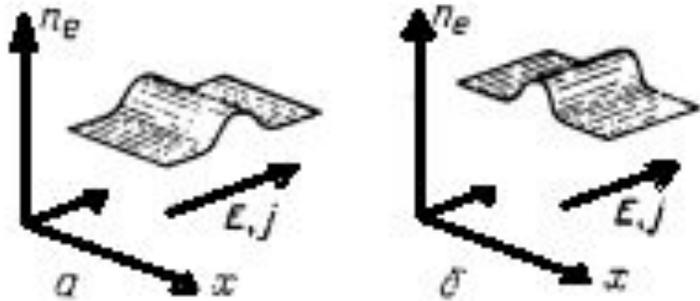


$$\frac{dn_e}{dt} = Z_+ - Z_-$$

Качественная картина расположения кривых скоростей рождения и гибели электронов в окрестностях устойчивого (а) и неустойчивого (б) состояний

ПРОСТРАНСТВЕННО НЕОДНОРОДНЫЕ СОСТОЯНИЯ ПЛАЗМЫ

Развитие неустойчивости, т.е. катастрофическое нарастание первоначально малого возмущения приводит к тому, что плазма переходит в иное, *пространственно неоднородное состояние*. Конечный результат при развитии возмущений зависит от ориентации неоднородностей относительно выделенного направления в разрядном пространстве – вектора электрического поля и тока



Схемы продольных (а) и поперечных (б) возмущений электронной плотности

Пространственно неоднородные состояния

Страты

Контракция

параметры
разряда меняются
полю

вдоль поля

нарастание
поперечных

возмущений

СТРАТЫ

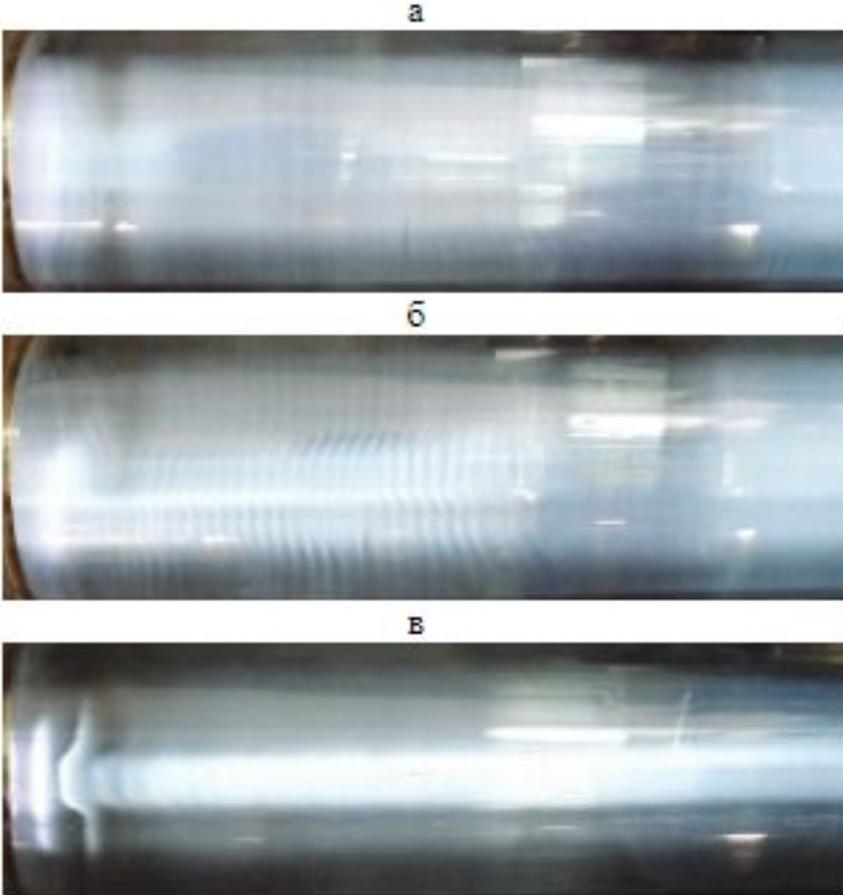
– чередующиеся в пространстве и времени светлые и темные слои (области повышения и уменьшения плотности электронов и других параметров разряда).



- Страты движутся в направлении от анода к катоду.
- Страты представляют собой ионизационные колебания и волны.
Это значит, что периодические изменения электронной плотности вызваны чередованием областей, в которых электроны преимущественно рождаются и преимущественно гибнут.
- Механизмы неустойчивостей, вызывающие возникновение страт, связаны с ионизационными процессами.

КОНТРАКЦИЯ

– стягивание плазмы в ярко светящийся токовый шнур.



Условия возникновения контракции:

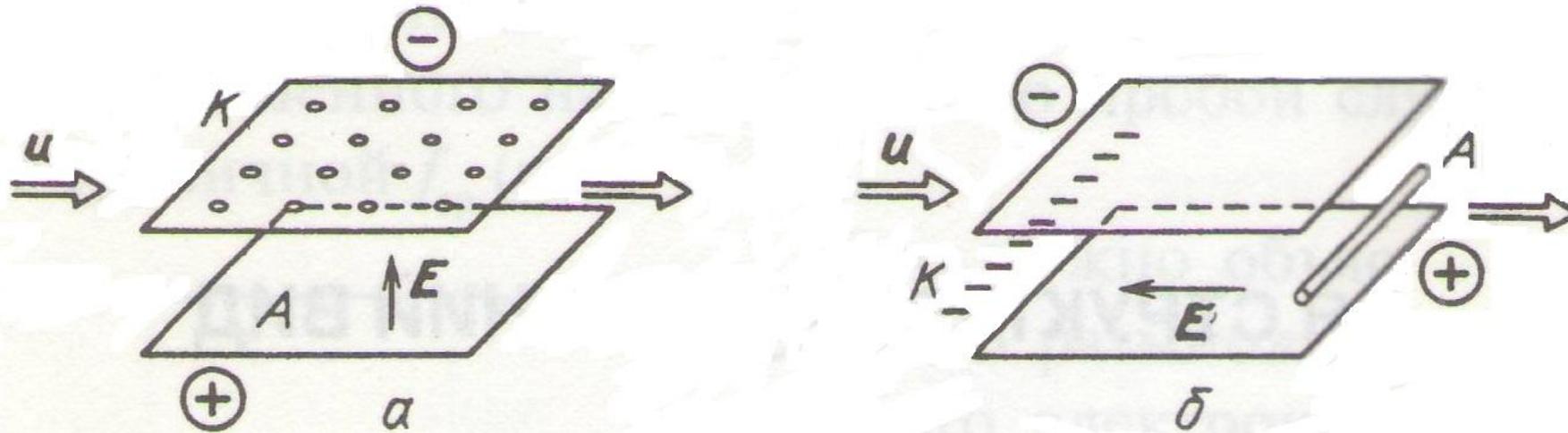
1. Электроны должны рождаться преимущественно там, где высока их плотность.
2. Частота ионизации ν_i должна резко падать от оси к периферии.
3. Должна существовать какая-то нелинейно возрастающая зависимость скорости рождения электронов от n_e , более быстрая, чем обычная $-\nu_i n_e$ с $\nu_i(E) = \text{const}$.
4. Гибель электронов должна быть достаточно быстрой, чтобы, будучи рожденным в шнуре, электрон не мог далеко продиффундировать из него в сторону.

Фотография разряда в диффузном и контрагированном режимах. $p = 0,5 \text{ Тор}$, $I = 1 \text{ мА}$ (а), $I = 2 \text{ мА}$ (б), $I = 20 \text{ мА}$ (в). Катод располагается слева, анод справа за пределами фотографий.

ТЛЕЮЩИЙ РАЗРЯД В ГАЗОВЫХ ЛАЗЕРАХ

Из всех существующих лазеров длительного действия наиболее мощными, продвинутыми в практическом отношении и приспособленными для технологических операций являются электроразрядные CO_2 -лазеры.

Верхний лазерный уровень в электроразрядных CO_2 -лазерах заселяется путем возбуждения колебаний ударами электронов в плазме положительного столба тлеющего разряда.



Типичная геометрия тлеющего разряда в электроразрядных CO_2 лазерах: а – поперечный разряд (ток идет перпендикулярно газовому потоку направления u); верхняя плата усеяна катодными элементами К, нижняя служит анодом А; б – продольный разряд; катодные элементы К расположены вверх по потоку, Анодом А служит трубка.

Спасибо за внимание!

