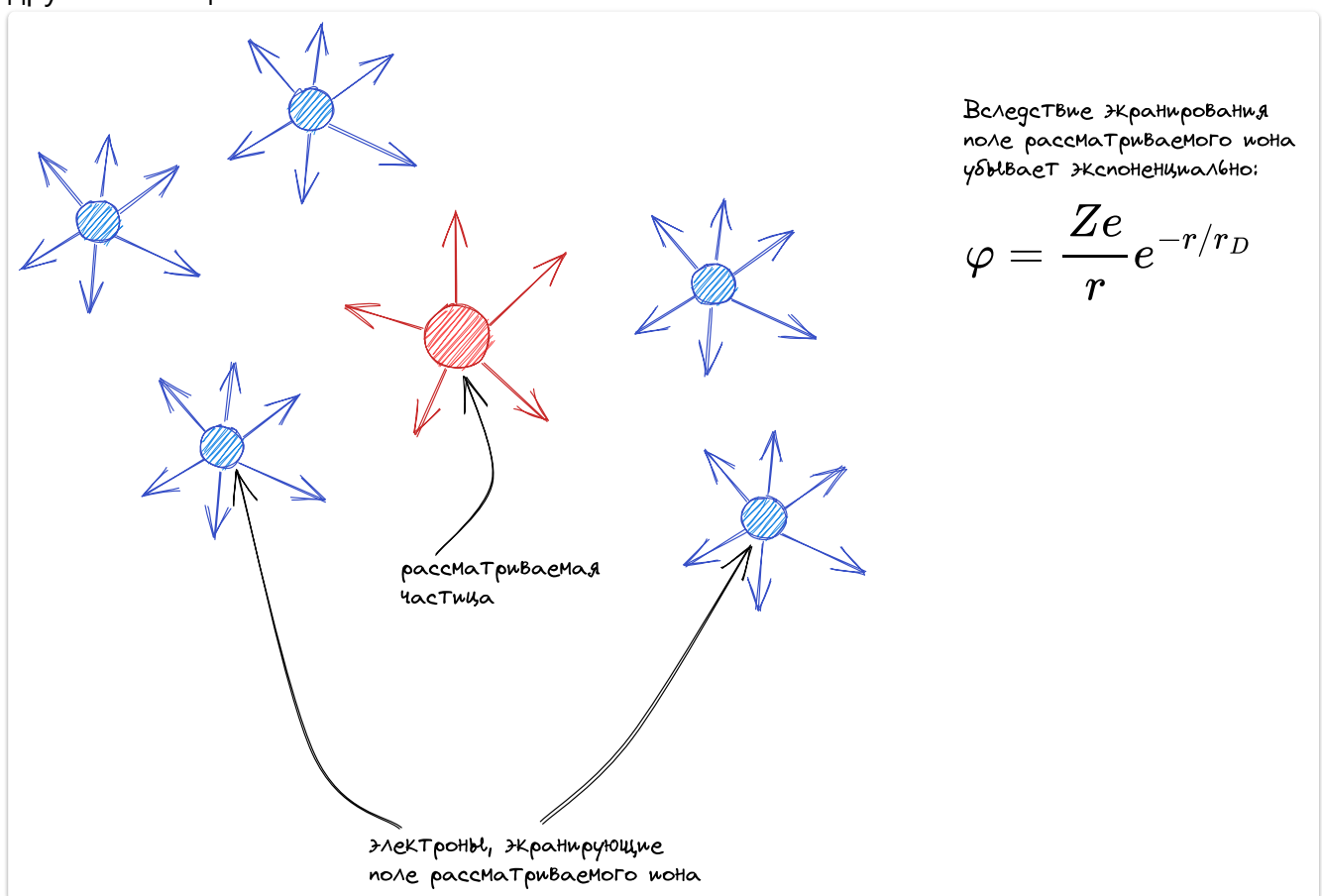


Теоретические данные

Рассмотрим газ, в котором количество заряженных частиц сильно превосходит количество нейтральных. Такой газ будет обладать множеством свойств, которые отсутствуют у обычных газов. Именно поэтому выделяют отдельное агрегатное состояние вещества, называемое **плазмой**.

Одной из важнейших характеристик плазмы является радиус Дебая. **Радиус Дебая** – характерное расстояние на котором поле заряженной частицы экранируется полями других частиц:



Радиус Дебая может быть определён по формуле:

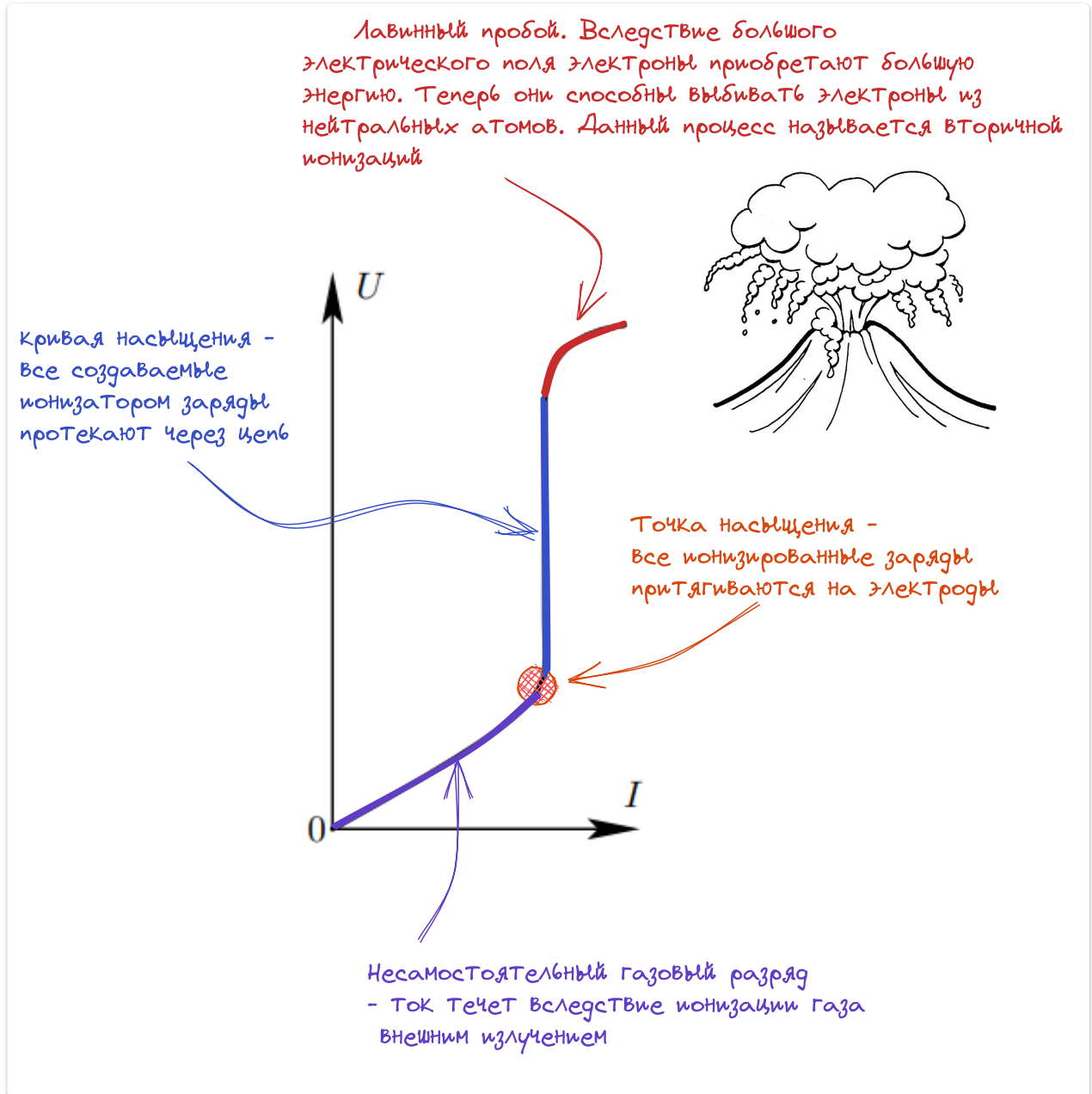
$$r_D = \sqrt{\frac{\epsilon_0 k T_i}{n e^2}} \quad (1)$$

Где T_i - средняя «температура» ионов. В данном рассмотрении считаем, что kT_i - средняя энергия.

Газовый разряд - процесс ионизации газа вследствие воздействия электрического тока. Газовые разряды подразделяют на самостоятельные и несамостоятельные.

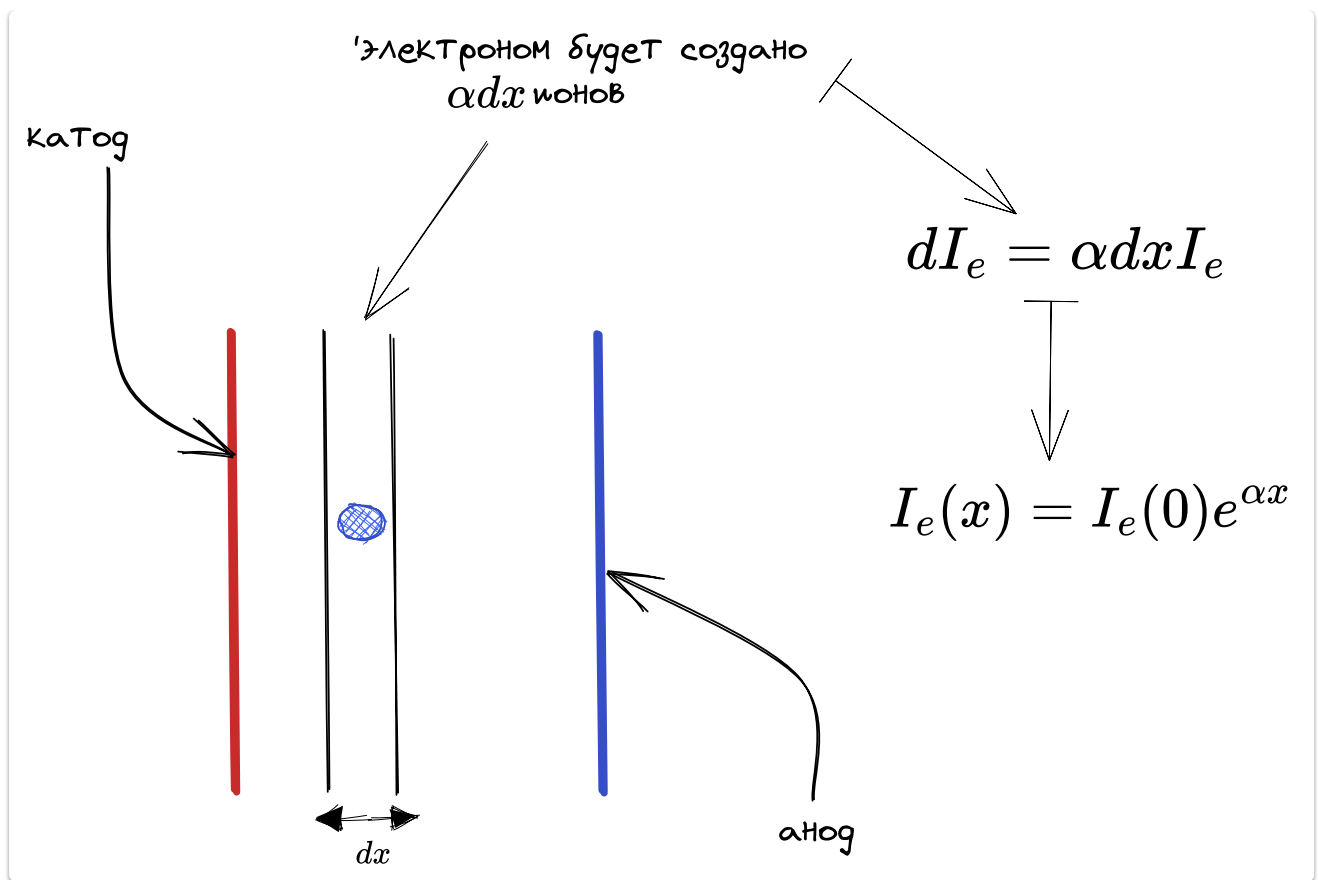
- **Несамостоятельный газовый разряд** - ионы в газе возникают вследствие воздействия внешних факторов. Таким фактором может являться ультрафиолетовое излучение. При отсутствии внешнего фактора, газ перестаёт быть ионизированным → перестаёт пропускать электрический ток.
- **Самостоятельный газовый разряд** - ионизация поддерживается процессами в самом разряде

Рассмотрим вольтамперную характеристику несамостоятельного газового разряда:



На красном участке разряд уже можно считать самостоятельным. Он будет поддерживаться при отсутствии внешнего ионизатора.

Для описания эффекта вторичной ионизации ввели величину коэффициента объёмной ионизации. **Коэффициент объёмной ионизации** $[\alpha]$ - количество электронов, образуемых электроном на единице пути. Рассчитать данную величину позволяет формула Таунсенда:



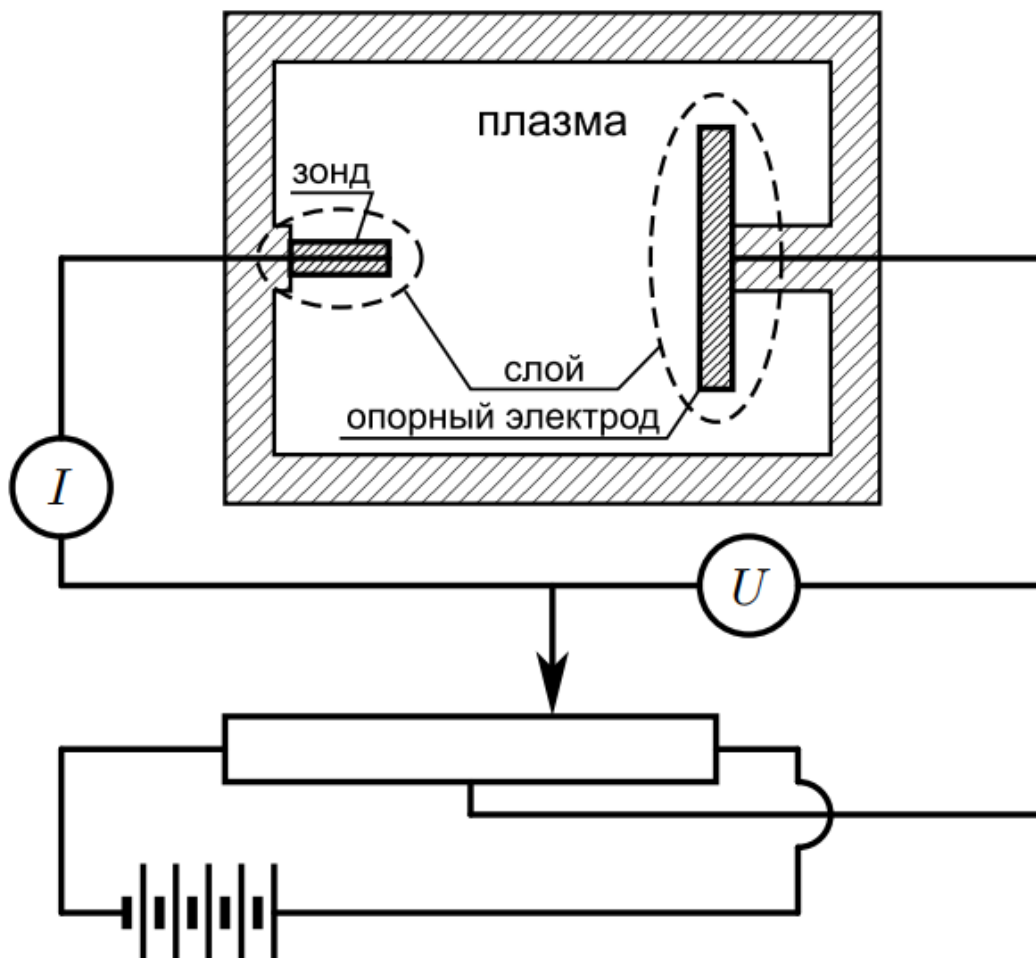
Вышеописанный вывод верен только в том случае, если поле между катодом и анодом статическое. Таким образом формула

$$I_e(d) = I_e(0)e^{\alpha d} \quad (2)$$

позволяет лишь оценить величину α .

Исследование одиночных зондов

Рассмотрим схему для исследования вольт-амперной характеристики плазмы:

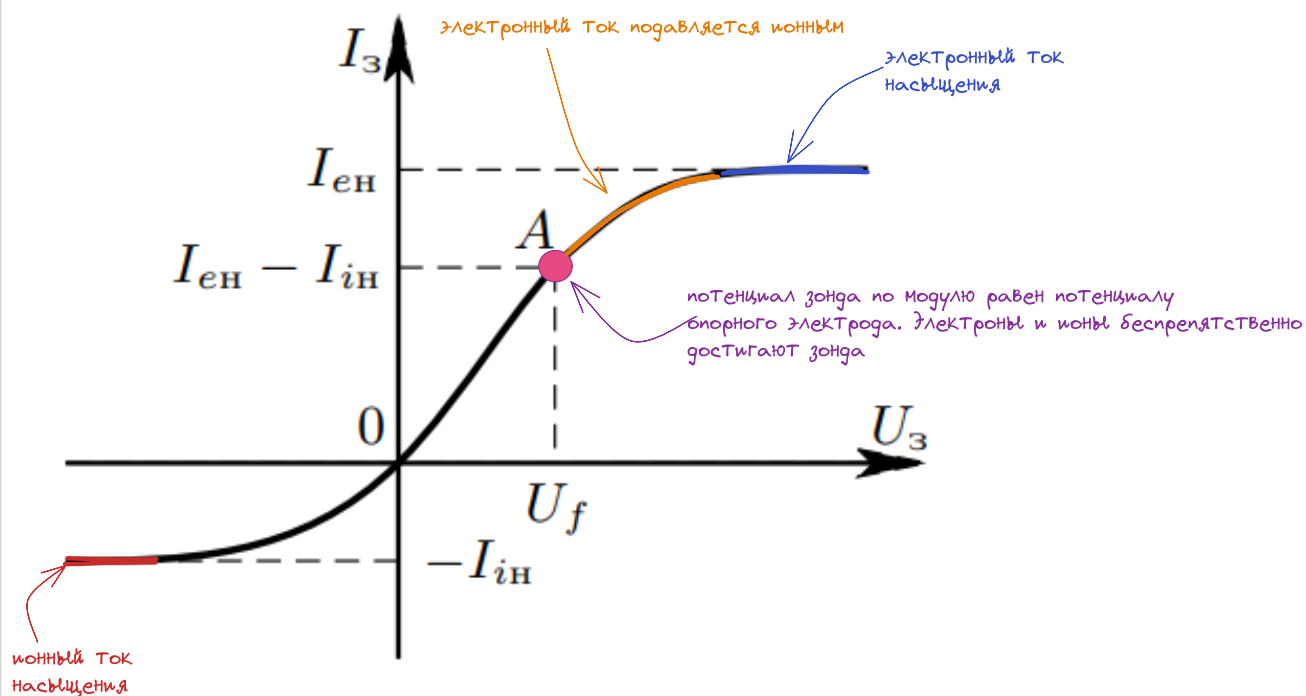


Рассмотрим как зависит ток I_z от потенциала U_z .

Для начала закоротим зонд и опорный электрод. При внесении электродов в плазму суммарный ток будет равен нулю. Это происходит вследствие возникновения на электродах **плавающего потенциала** ($-U_f$).

Дело в том, что электроны достигают контактные площадки быстрее, чем ионы. «Накопленные» электроны и создают плавающий потенциал. Плавающий потенциал замедляет электроны, и ускоряет ионы. Таким образом электронный ток будет скомпенсирован ионным.

Зависимость I_z от U_z изображена на графике ниже:

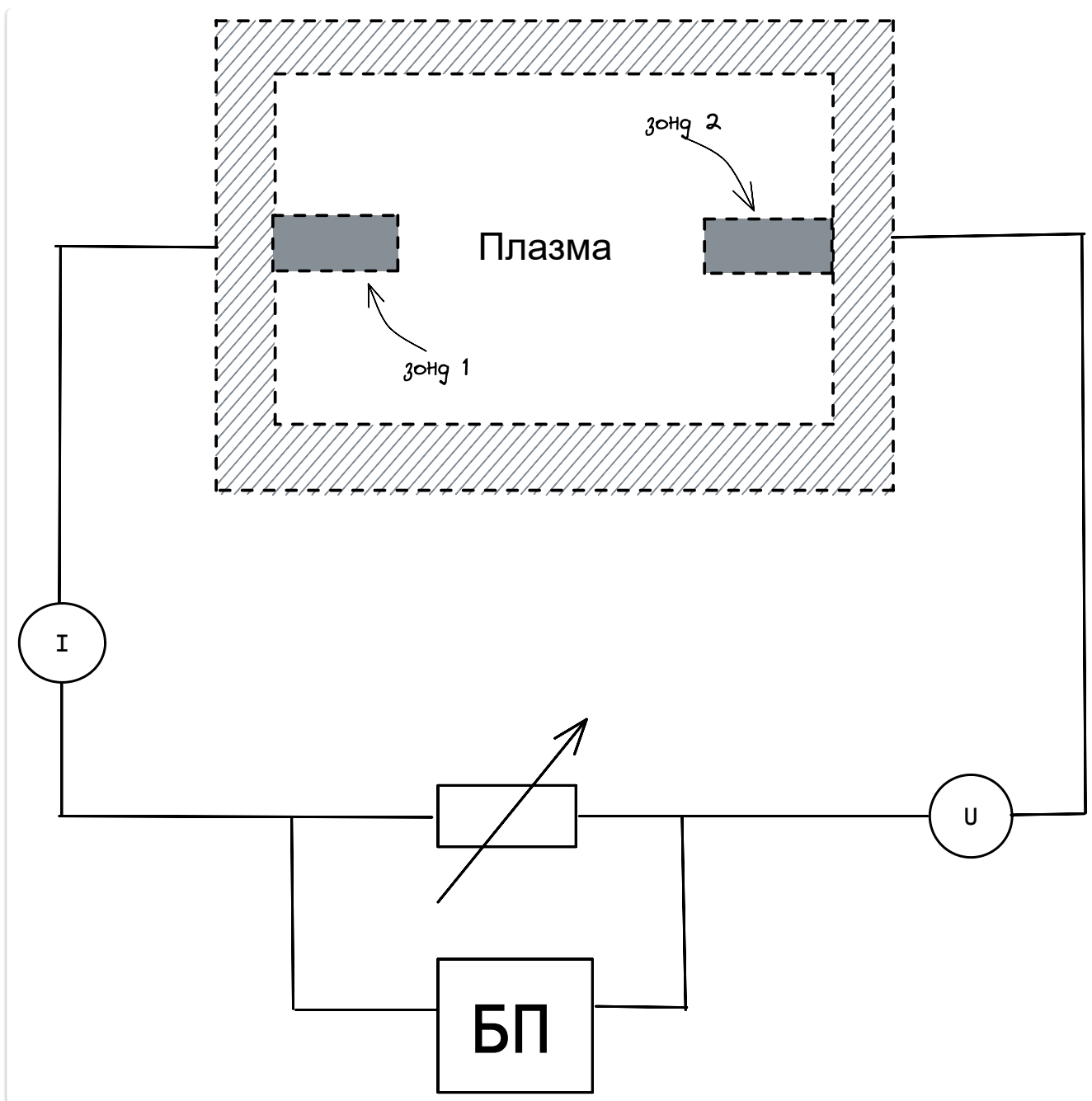


Для вычисления ионного тока насыщения применяется формула, предложенная Бомом:

$$I_{iH} = 0.4n_e e S \sqrt{\frac{2kT_e}{m_i}} \quad (3)$$

Исследование двойного зонда

Двойной зонд - система, состоящая из двух зондов, находящихся на небольшом расстоянии:



При отсутствии разности потенциалов между зондами ток в цепи равен 0.

При подаче напряжения U ток может быть найден по формуле:

$$I = I_{iH} \operatorname{th} \frac{eU}{2kT_e} \quad (4)$$

Вольт-амперная характеристика двойного зонда очень похожа на вольт-амперную характеристику одиночного. Однако эту схему удобнее применять при выполнении лабораторных работ. С её помощью удобно находить «температуру» электронов в плазме:

$$kT_e = \frac{1}{2} \frac{eI_{iH}}{\left. \frac{dI}{dU} \right|_{U=0}} \quad (5)$$

формула работает в приближении, и верна только в том случае, если наклон участка насыщения ВАХ крайне маленький.

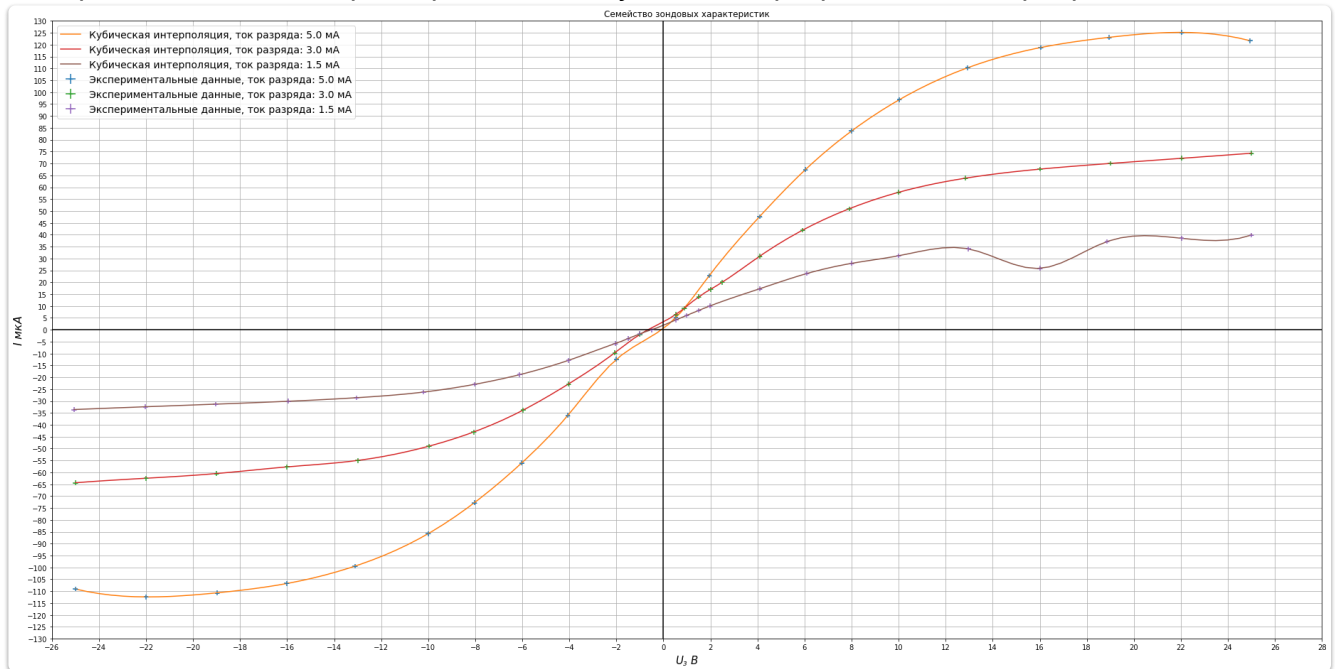
Методика

Экспериментальная установка

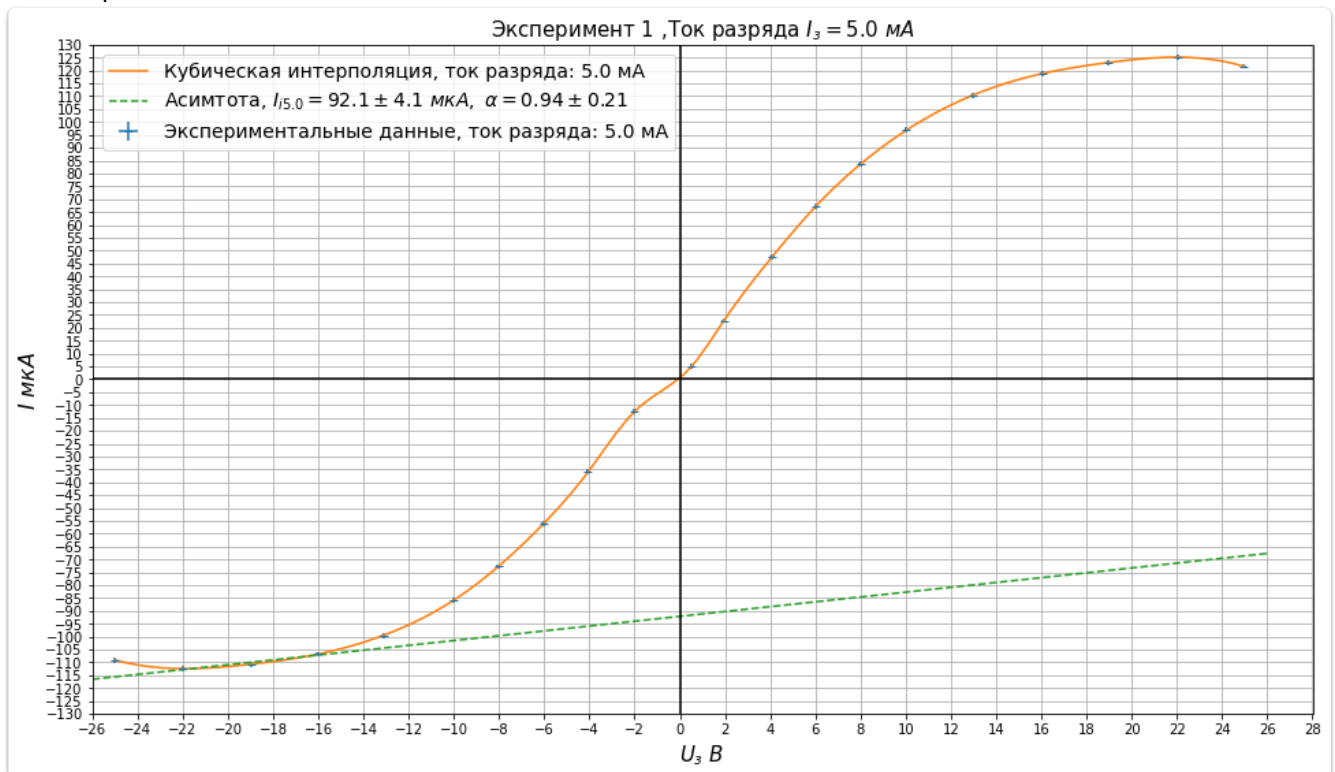
Обработка результатов эксперимента

Зондовые характеристики

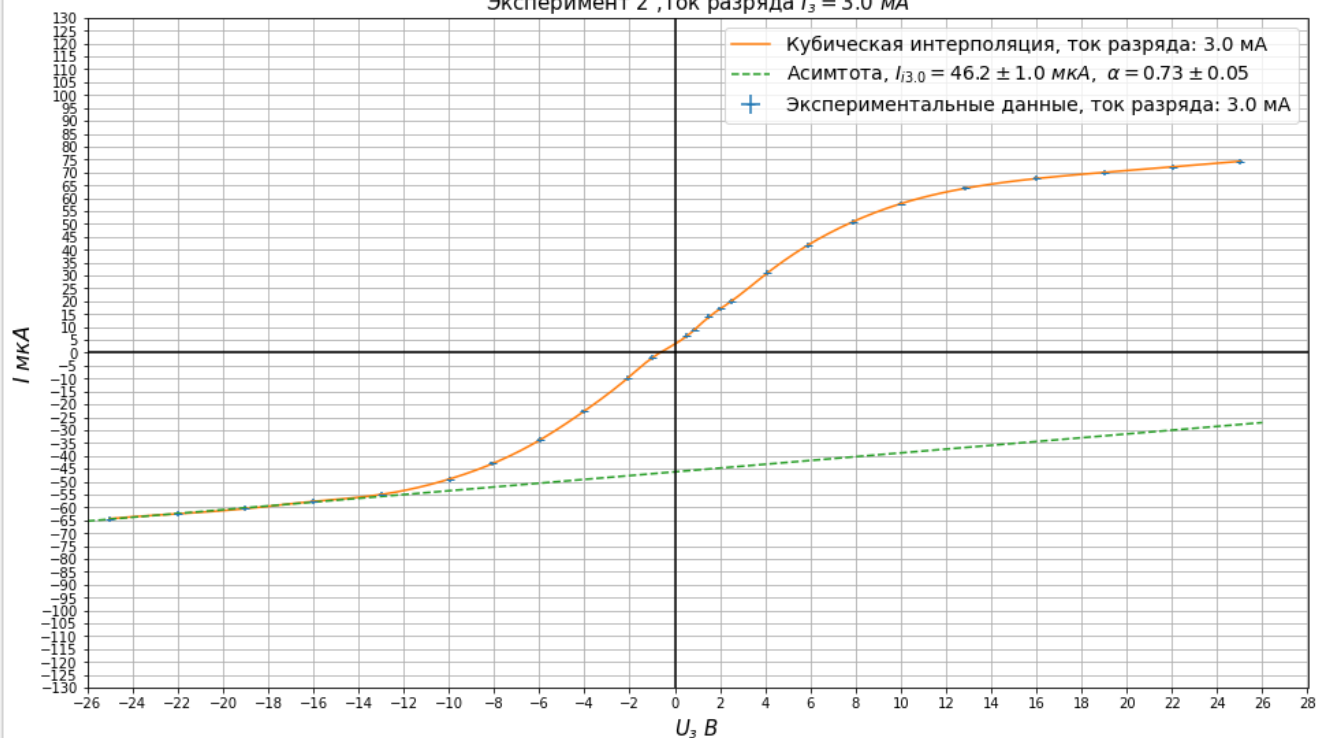
Построим зондовые характеристики, полученные при разных токах разряда:



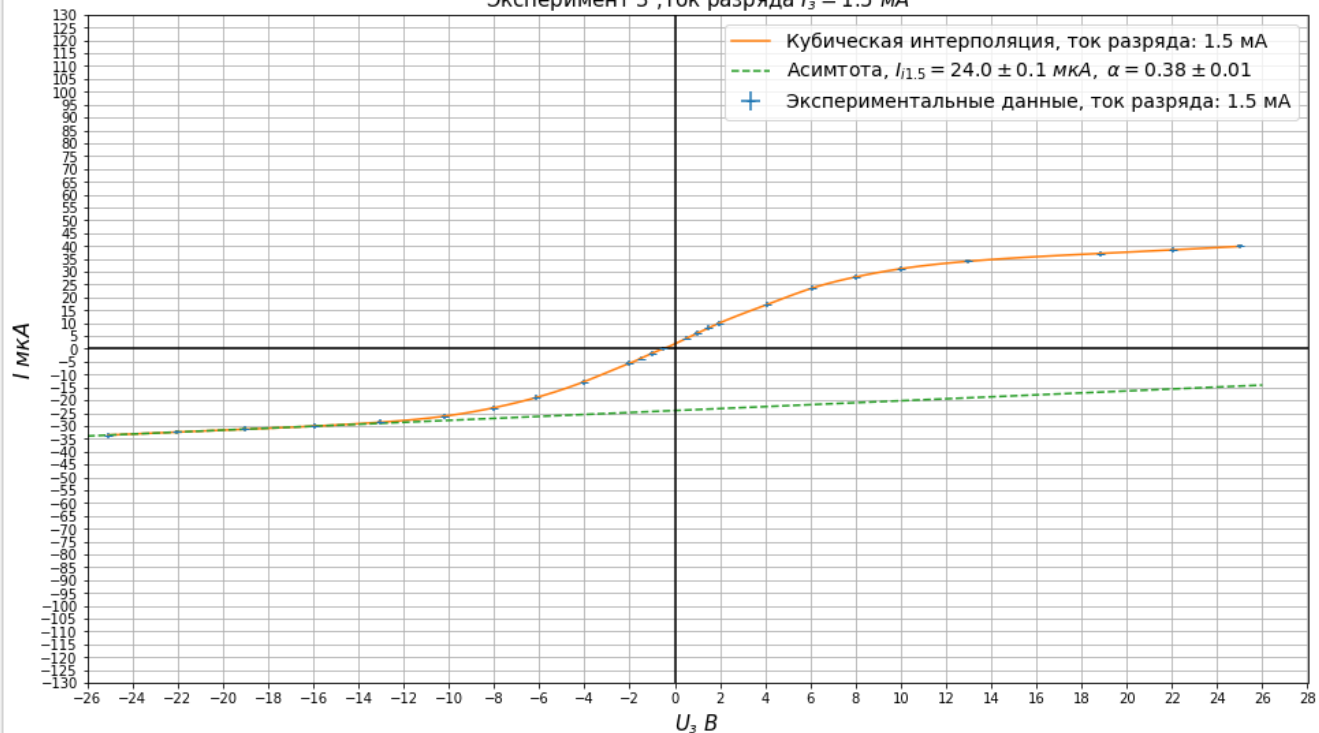
Проведём асимптоты к каждому из графиков. Это позволит найти ионный ток насыщения:



Эксперимент 2 ,Ток разряда $I_3 = 3.0 \text{ мА}$



Эксперимент 3 ,Ток разряда $I_3 = 1.5 \text{ мА}$



Вычисление параметров плазмы

На графиках видно, что наклон участка насыщения действительно небольшой. Поэтому для вычисления температуры можем использовать формулу (5).