

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ)
ФИЗТЕХ-ШКОЛА ЭЛЕКТРОНИКИ, ФОТОНИКИ
И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

Лабораторная работа
по курсу Вакуумная электроника

Термоэлектронный диод

*выполнил студент 2 курса
группы Б04-006*
Белостоцкий Артемий

Долгопрудный, 2021

1. Цель работы.

Практическое изучение явления термоэлектронной эмиссии и процессов токопрохождения в вакууме, изготовление диода и исследование некоторых его характеристик

2. Экспериментальная установка.

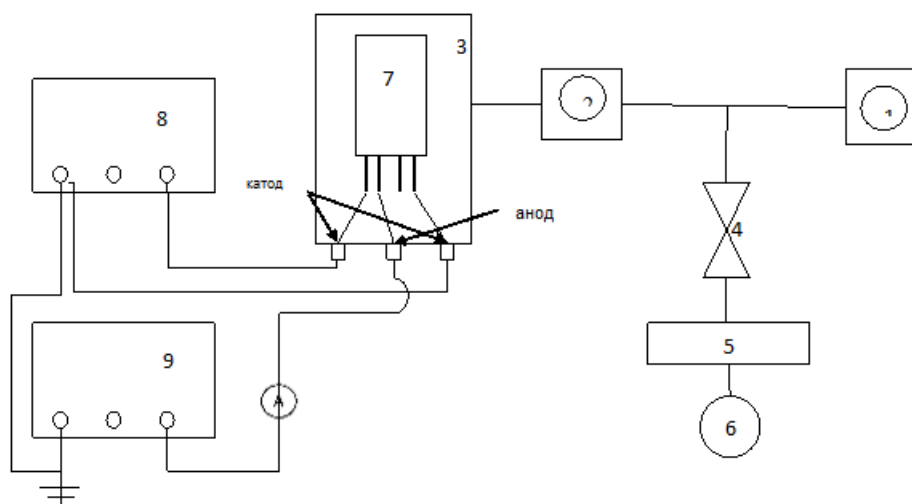


Рис.1.Схема экспериментальной установки

1. Форвакуумный насос
2. Турбомолекулярный насос
3. Вакуумная камера
4. Клапан с электрическим управлением
5. Измерительная насадка
6. Фильтр входящего воздуха
7. Диод
8. Источник питания НУ 3010Е
9. Вольтметр GPR-30H100

3. Ход работы.

Повышая ток накала катода, будем фиксировать напряжение накала катода, по полученный данный построим график зависимости $I_{\text{нак}}(U_{\text{нак}})$:

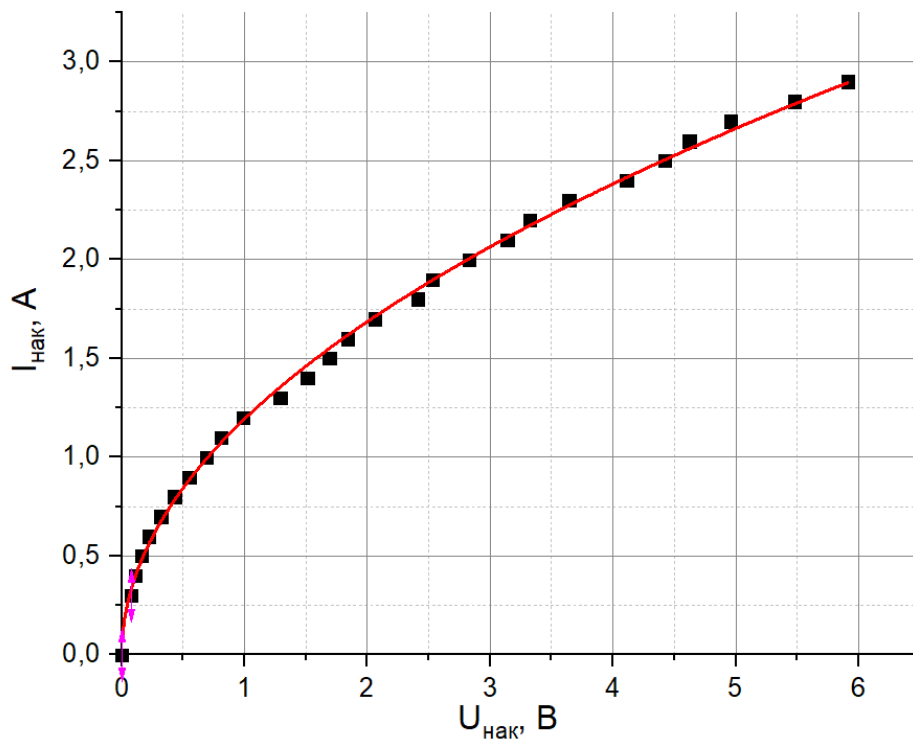


Рис.2. Зависимость $I_{\text{нак}}(U_{\text{нак}})$

Построим график зависимости сопротивления R катода от приложенной мощности P . Сопротивление катода рассчитаем по формуле:

$$R = \frac{U_{\text{нак}}}{I_{\text{нак}}} \quad (1)$$

Приложенную мощность – по формуле:

$$P = U_{\text{нак}} I_{\text{нак}} \quad (2)$$

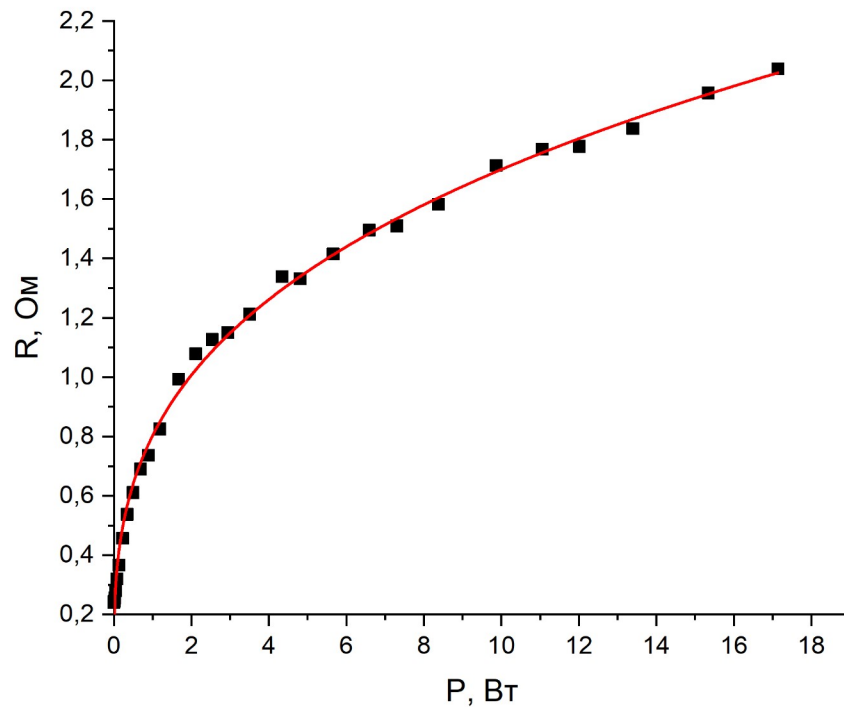


Рис.2.Зависимость R(P)

Построим графики зависимости температуры катода (T_k) от тока накала ($I_{\text{нак}}$). Для построения графика на основании изменения сопротивления катода воспользуемся формулой:

$$T = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{R \pi d^2}{4 \rho l} - 1 \right) , \quad (3)$$

Где $d = 0,15$ мм, $l = 40$ мм, $\alpha = 9,29 * 10^{-3}$, $\rho = 6,4 * 10^{-6}$ Ом*см — параметры катода.

Для построения графика на основании расчётов с использованием энергетического баланса воспользуемся законом Стефана-Больцмана и значениями подводимой мощности, полученной в предыдущих шагах. Таким образом будем использовать формулу:

$$T = \sqrt[4]{\frac{P}{S \varepsilon \sigma}} , \quad (4)$$

где $\varepsilon = 0,032$ – степень черноты катода, $\sigma = 5,67 * 10^{-8}$ Дж/(с*м²*К⁴), S

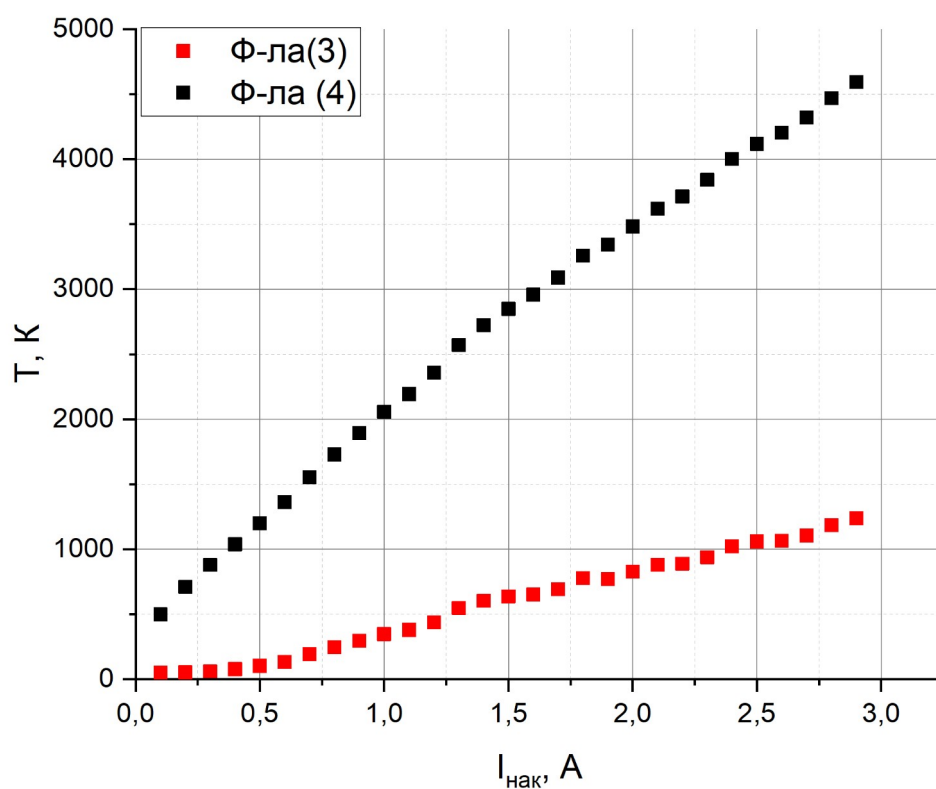


Рис.3. График зависимости температуры катода от тока накала

Построим графики зависимости анодного тока от анодного напряжения при различных значениях тока накала $I_{\text{нак}}$ в координатах $\lg(I_a)$ от $\lg(U_a)$.

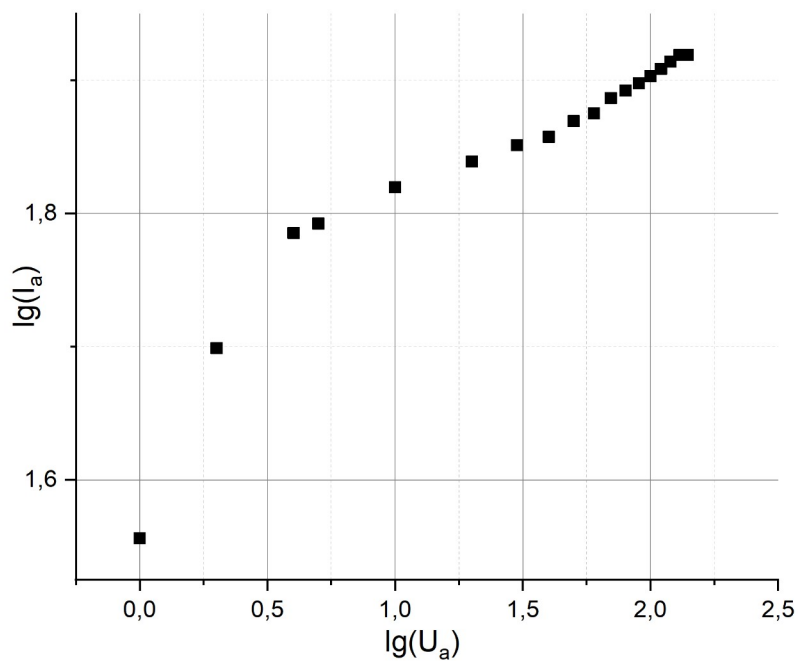


Рис.4. Зависимость $\lg(I_a)$ от $\lg(U_a)$ для $I_n = 2,4 \text{ A}$

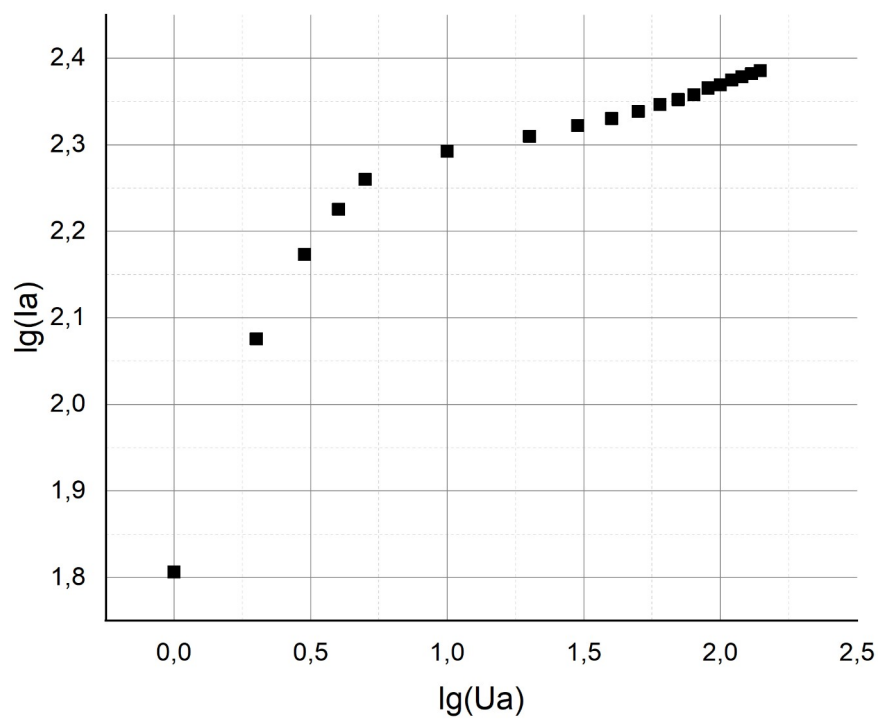


Рис.5. Зависимость $\lg(I_a)(\lg(U_a))$ для $I_n = 2,5$ А

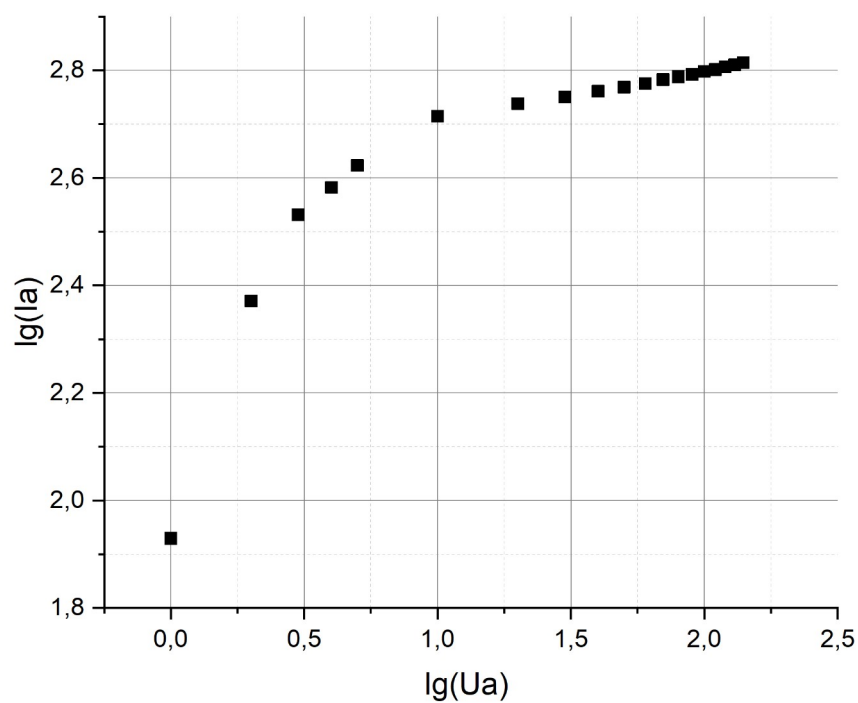


Рис.6. Зависимость $\lg(I_a)(\lg(U_a))$ для $I_n = 2,6$ А

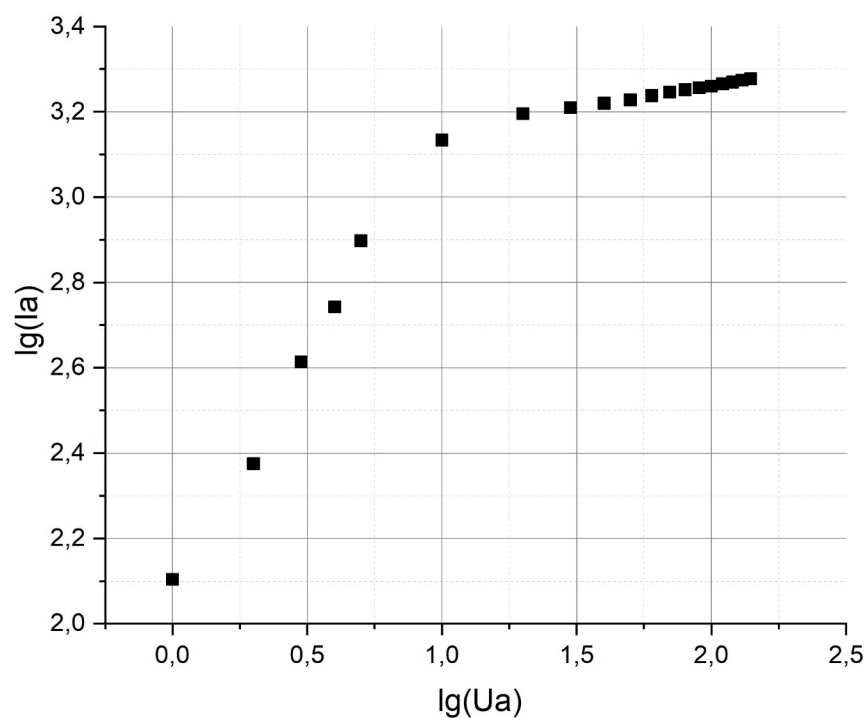


Рис.7. Зависимость $\lg(I_a)(\lg(U_a))$ для $I_n = 2,7$ А

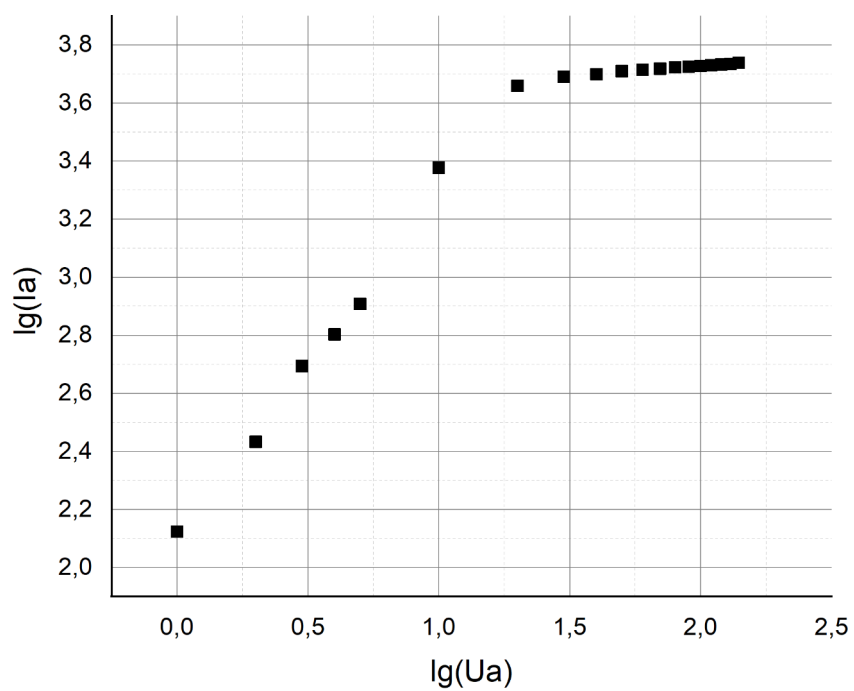


Рис.8. Зависимость $\lg(I_a)(\lg(U_a))$ для $I_n = 2,8$ А

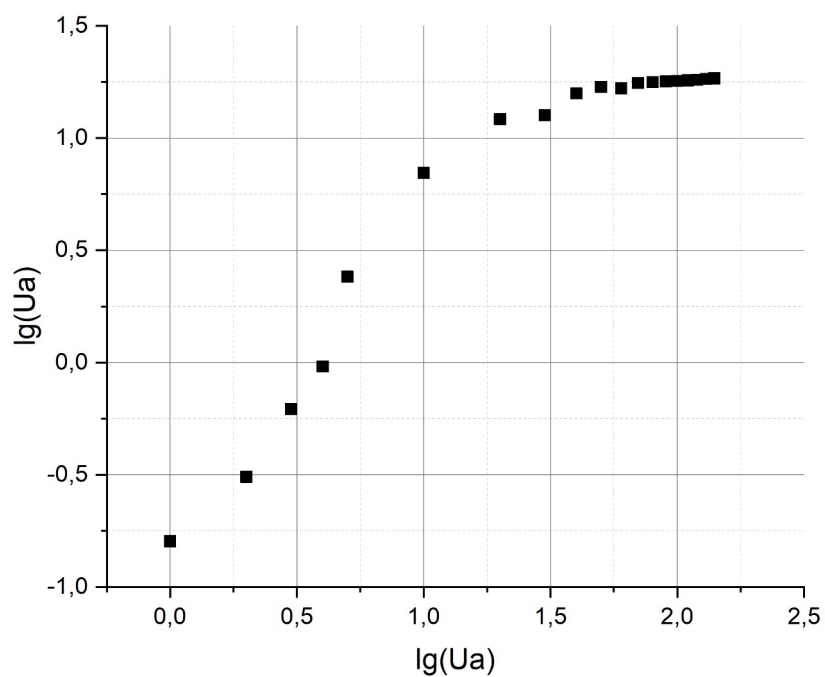


Рис.9. Зависимость $\lg(I_a)(\lg(U_a))$ для $I_n = 2,9$ А

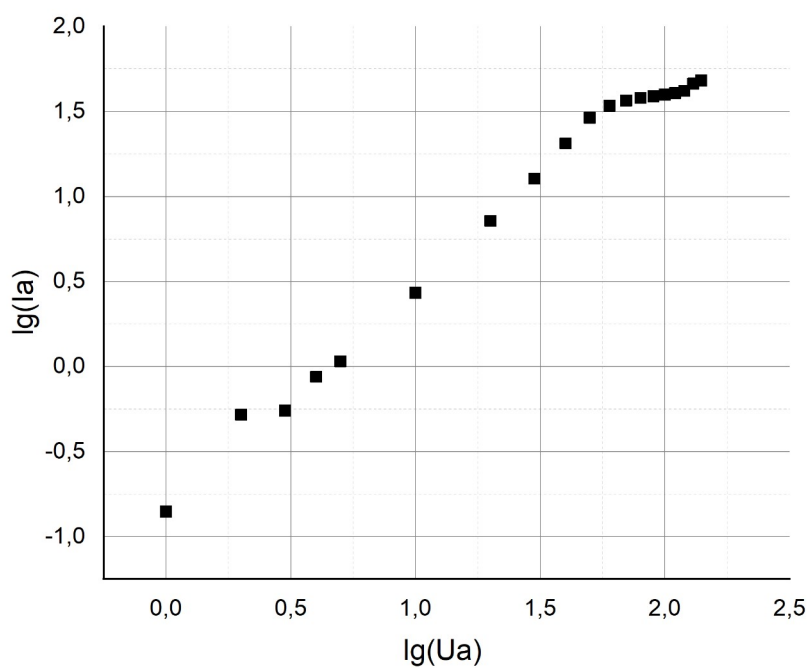


Рис.10. Зависимость $\lg(I_a)(\lg(U_a))$ для $I_n = 3,0$ А

Из начального участка графиков найдем первеанс g , используя формулу:

$$I_a = g U_a^{\frac{3}{2}}, \quad (5)$$

С помощью первеанса определим отношение удельный заряд электрона:

$$\frac{e}{m} = \frac{81}{8} \left(g \frac{r_a}{l_a} \right)^2, \quad (6)$$

где $r_a = 2,5$ мм, $l_a = 30$ мм.

Полученные данные занесем в Таблицу 2:

I_n, A	$G * 10^{-5}, A * B^{-3/2}$	$e/m * 10^{-11}$
2,4	2	2,81
2,5	2,7	5,13
2,6	4,8	1,62
2,7	6,7	3,16
2,8	7,1	3,54
2,9	10	7,03
3	7	3,45

Тогда среднее значение $\langle g \rangle = 5,76 * 10^{-5} A * B^{-3/2}$, $\langle e/m \rangle = 2,8 * 10^{-10}$ Кл/кг

Теоретические значения:

$$g = 2,33 * 10^{-6} \frac{S_k}{R_a^2} = 8,8 * 10^{-5} A * B^{-3/2},$$

где S_k - площадь поверхности катода, R_a – радиус анода.

$$\frac{e}{m} = 1,76 * 10^{-11} \frac{Kl}{\kappa^2}$$

Вычислим КПД диода для каждого тока накала по формуле:

$$H = \frac{I_{нак}}{P} \quad (7)$$

Полученные данные занесем в Таблицу 3:

I_n, A	$P, Вт$	$H, A/Вт$
2,4	9,86	0,24
2,5	11,05	0,23
2,6	12,01	0,22
2,7	13,39	0,20
2,8	15,34	0,18

Построим график зависимости анодного тока от тока накала при различных значениях напряжения:

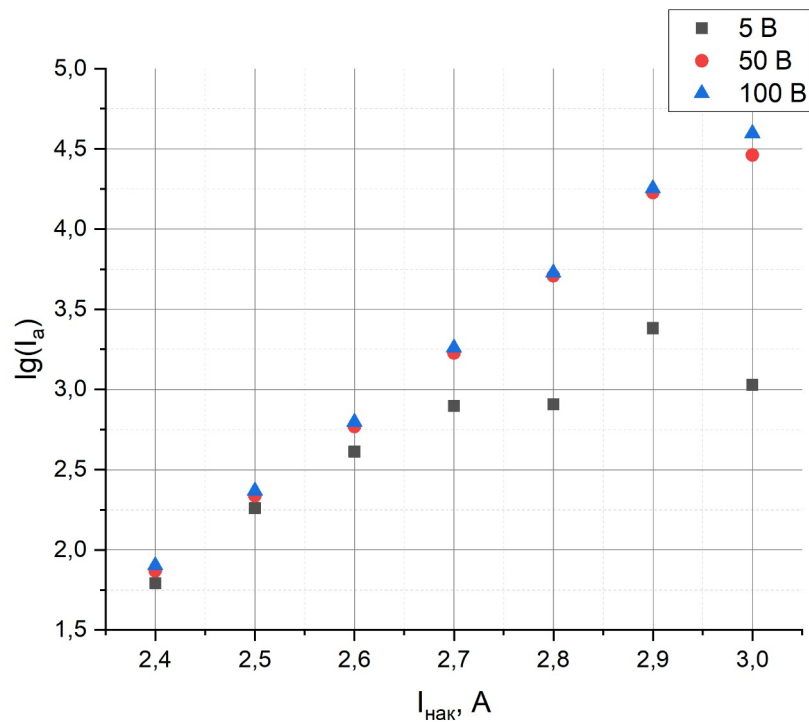


Рис.11. зависимости анодного тока от тока накала при различных значениях напряжения

4. Выводы.

- 1) Наглядно изучили явление термоэлектронной эмиссии и процессы токопрохождения в вакууме
- 2) Изготовили вакуумный диод
- 3) Изучили характеристики диода - вольт - амперную характеристику и первеанс:

