

Лабораторная работа №3.1: Определение удельного заряда электрона методом магнетрона.

Миллер Сергей, 494

17 ноября 2016

Цель работы: изучение зависимости анодного тока электронной лампы от тока, протекающего через соленоид, при различных напряжениях на аноде лампы; определение удельного заряда электрона по результатам измерений.

В работе используются: модуль, содержащий электронную лампу и соленоид, модуль питания с встроенным амперметром и вольтметром, мультиметр.

Теоретические сведения: Магнетроном называется электровакуумное устройство, в котором движение электронов происходит во взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях. Необходимая для осуществления метода магнетрона конфигурация магнитного поля $\vec{E} \perp \vec{B}$ получается при размещении лампы внутри соленоида, создающего магнитное поле, параллельное оси лампы.

Рассмотрим траектории движения электронов, вылетевших из катода лампы перпендикулярно его поверхности. Пусть потенциал анода положителен $V_a > 0$ ($V_K = 0$). Тогда в отсутствии магнитного поля электрон движется прямолинейно по радиусу. При наличии поля B траектории электронов искривляются благодаря действию силы Лоренца:

$$\vec{F} = q[\vec{v} \times \vec{B}] \quad (1)$$

При некотором критическом значении индукции магнитного поля траектории касаются анода, при $B > B$ электроны не попадают на анод и возвращаются к катоду. Следовательно, ток через лампу становится равным нулю.

Рассмотрим силы, действующие на электрон со стороны электрического поля. Напряженность электрического поля в цилиндрическом конденсаторе имеет только радиальную компоненту $E_r = -E$. Поэтому сила, действующая на электрон в таком поле, направлена по радиусу:

$$F_r = eE \quad (2)$$

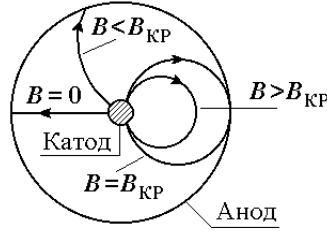


Рис. 1: Траектория электронов, вылетающих из катода

$$F_z = F_\varphi = 0 \quad (3)$$

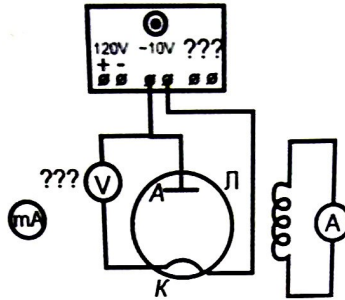


Рис. 2: Схема установки

Схема установки В работе используется пентод - радиолампа, имеющая пять соосных цилиндрических электродов (катод, три сетки, анод). Анод лампы состоит из трёх металлических цилиндров одинакового диаметра. Два крайних цилиндра электрически изолированы от среднего меньшими зазорами и используются для устранения краевых эффектов на торцах среднего цилиндра, ток с которого используется при измерениях. С целью увеличения эмиссии электронов в лампе используется подогреваемый катод. на анод лампы от источника питания подается постоянное напряжение V_a , величину которого можно регулировать потенциометром на передней панели блока питания и измерять с помощью расположенного там же вольтметра. Анодный ток лампы измеряется мультиметром, работающим в режиме миллиамперметра.

Лампа закреплена в середине соленоида. Ток, проходящий через соленоид, подаётся с источника питания и измеряется амперметром А, расположенным на передней панели блока питания. Индукция магнитного поля

в центре соленоида рассчитывается по формуле

$$B = \frac{\mu_0 N I_c}{\sqrt{L^2 + D^2}} \quad (4)$$

где μ_0 - магнитная постоянная, N - число витков соленоида, L - длина намотки, I_c - сила тока в обмотке соленоида.

Ход работы

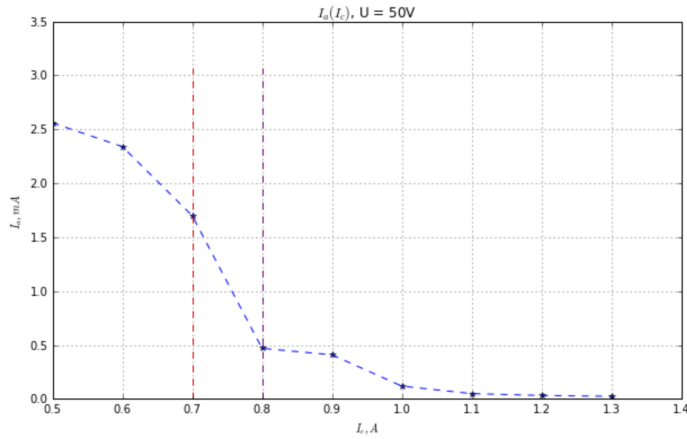
По графикам $I_a(I_c)$ найдем примерное значение I_{cr} , взяв его как среднюю точку участка с максимальным наклоном. Искомое отношение вычислим по следующей формуле:

$$\frac{e}{m} = \frac{8V_a}{B_{cr}^2 r_a^2 (1 - \frac{r_k^2}{r_a^2})^2} \quad (5)$$

Погрешность получим из формулы сложной погрешности:

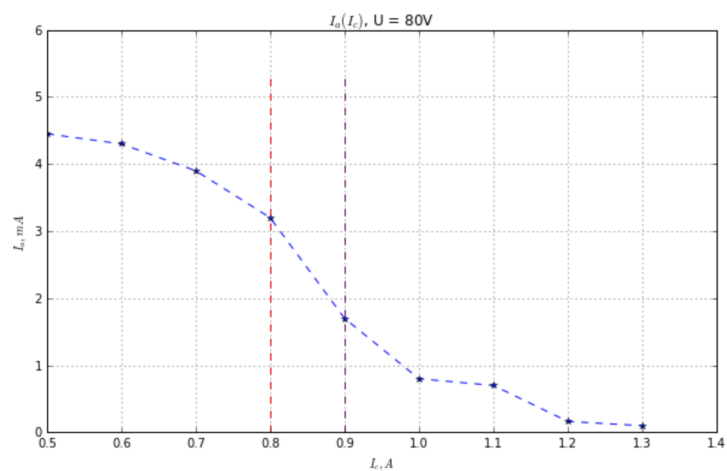
$$\left(\frac{\sigma_{e/m}}{e/m} \right)^2 = \frac{\sigma_V^2}{V^2} + \frac{\Delta_I^2}{I_{cr}^2} + \frac{\sigma_I^2}{I^2} + 0.01^2 \quad (6)$$

1) $U = 50 \text{ В}$



Результаты: $I_{cr} = (0.75 \pm 0.07) \text{ A}$, $\varepsilon_{I_{cr}} = 9\%$.
 $\frac{e}{m} = (1.5 \pm 0.3) * 10^{11} \text{ C/kg}$, $\varepsilon_{\frac{e}{m}} = 19\%$.

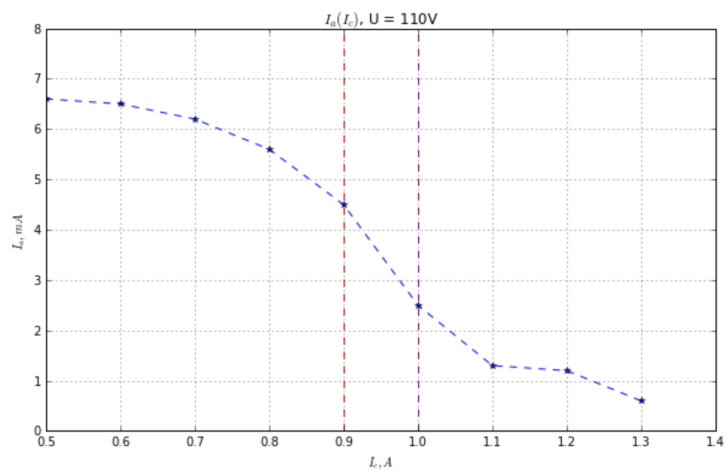
2) $U = 80 \text{ В}$



Результаты: $I_{cr} = (0.85 \pm 0.07) \text{ A}$, $\varepsilon_{I_{cr}} = 8\%$.

$\frac{e}{m} = (2.0 \pm 0.3) * 10^{11} \text{ C/kg}$, $\varepsilon_{\frac{e}{m}} = 16\%$.

3) $U = 110 \text{ В}$



Результаты: $I_{cr} = (0.95 \pm 0.07) \text{ A}$, $\varepsilon_{I_{cr}} = 7\%$. $\frac{e}{m} = (2.2 \pm 0.3) * 10^{11} \text{ C/kg}$, $\varepsilon_{\frac{e}{m}} = 15\%$.

В среднем: $\frac{e}{m} = (1.9 \pm 0.4) * 10^{11} \text{ C/kg}$, $\varepsilon_{\frac{e}{m}} = 20\%$

N=2102	L=167mm	D=62mm	r_a=6mm	r_k=3mm		
погрешности		2,5вольт	0,05ампера			
50v	ic	ia	80v	ia	110v	ia
	0.5	2.56m		4.45m		6.6m
	0.6	2.34m		4.3m		6.5m
	0.7	1.7m		3.9m		6.2m
	0.8	0.47m		3.2m		5.6m
	0.9	0.41		1.7m		4.5m
	1.0	0.12		0.8m		2.5m
	1,10	50mu		0.7m		1.3m
	1,20	33mu		164mu		1.2m
	1,30	25mu		100mu		0,6m