

Лабораторная работа № 5.1.3

Эффект Рамзауэра

Илья Прамский

Ноябрь 2024

Теоретическая справка

$$E = \frac{mv^2}{2} = \frac{mv'^2}{2} + U$$
$$n = \frac{\lambda}{\lambda'} = \sqrt{1 - \frac{U}{E}} \quad (1)$$

После решения соответствующего уравнения Шрёдингера получается выражение для коэффициента прохождения:

$$D = \frac{16k_1^2 k_2^2}{16k_1^2 k_2^2 + 4(k_1^2 - k_2^2)^2 \sin^2(k_2 l)} \quad (2)$$

где $k_1^2 = \frac{2mE}{\hbar^2}$, $k_2^2 = \frac{2m(E+U_0)}{\hbar^2}$.

Это периодическое выражение с максимумами при

$$k_2 l = \pi n = \sqrt{\frac{2m(E+U_0)}{\hbar^2}} l \quad (3)$$

Выражения для эффективного размера атома l :

$$2l = \frac{h}{\sqrt{2m(E_1 + U_0)}} \quad (4)$$

$$2l = \frac{3}{2} \frac{h}{\sqrt{2m(E_2 + U_0)}} \quad (5)$$

Где E_1, E_2 — энергии, соответствующие максимуму и минимуму прохождения электронов соответственно. Исключая U_0 можно найти

$$l = \frac{h\sqrt{5}}{\sqrt{32m(E_2 - E_1)}} \quad (6)$$

А исключая l можно найти эффективную глубину потенциальной ямы атома:

$$U_0 = \frac{4}{5}E_2 - \frac{9}{5}E_1 \quad (7)$$

Формула, связывающую зависимость вероятности рассеяния электрона от его энергии:

$$w(V) = -\frac{1}{C} \ln \frac{I_a(V)}{I_0} \quad (8)$$

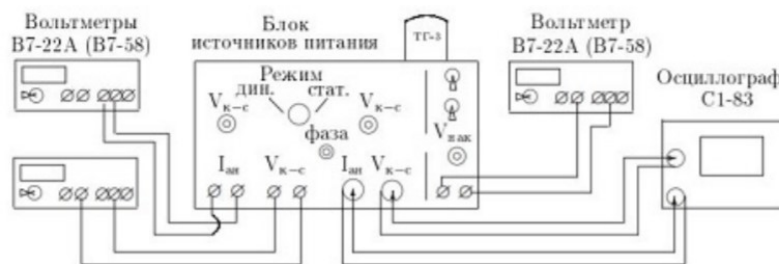


Рис. 1 — Схема экспериментальной установки

Ход работы

Динамический режим

Два графика в динамическом режиме при разном U

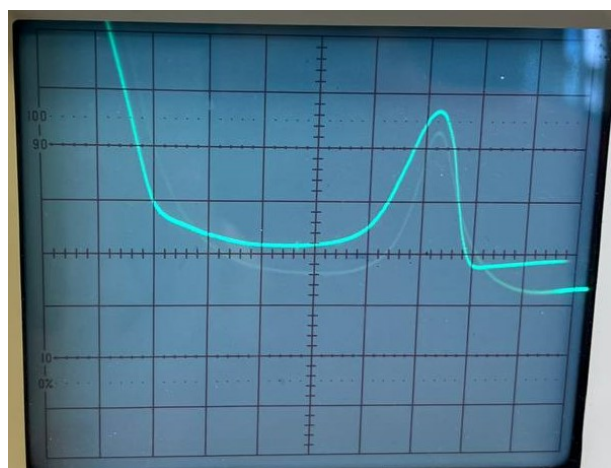


Рис. 2 — Вольт-амперная характеристика при $U=2.63$ В

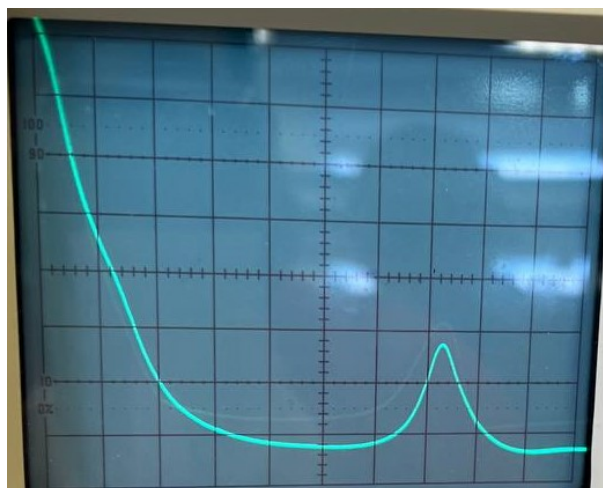


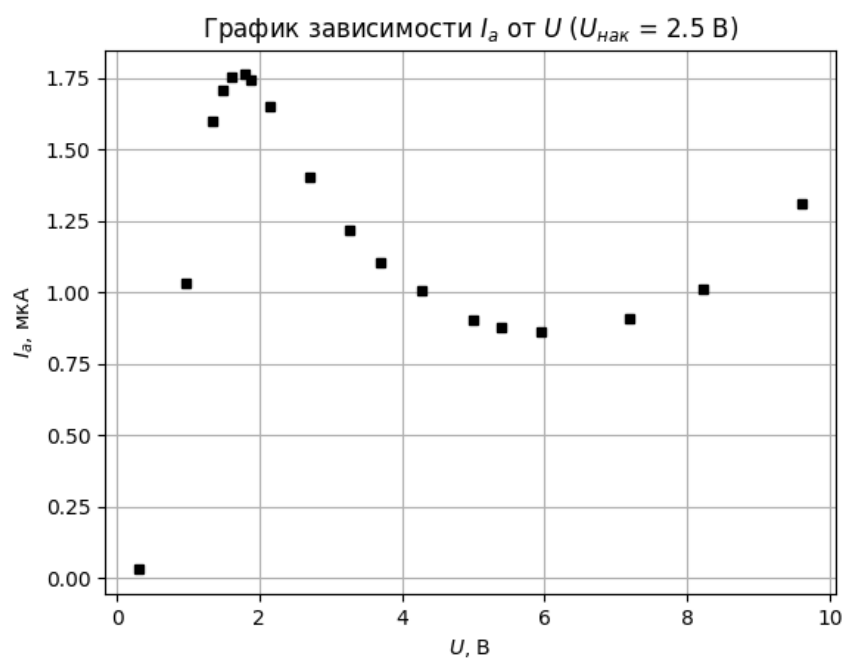
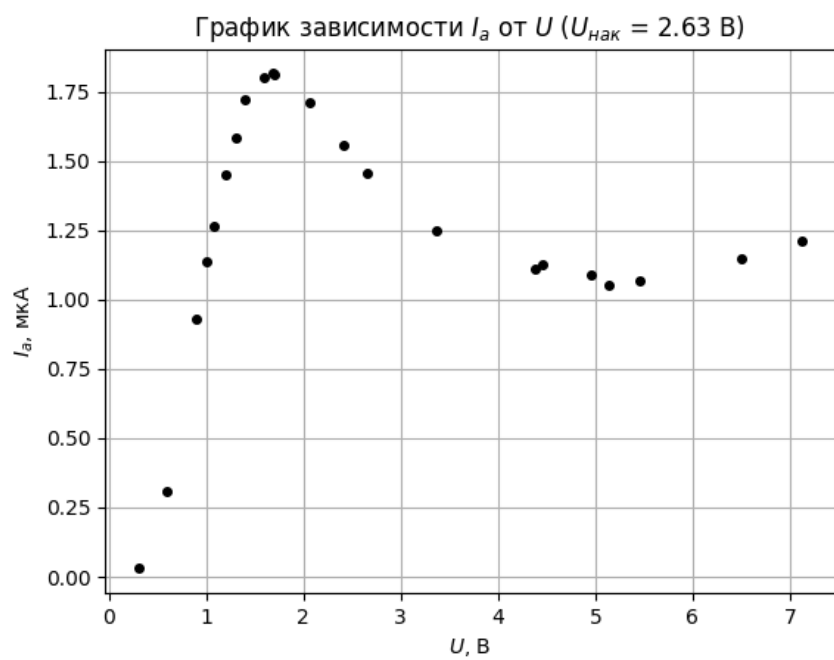
Рис. 3 — Вольт-амперная характеристика при $U=2.5$ В

Получается (l_1, l_2, l_3 - по формуле (4),(5), (6) соответственно; $E_n = U_n \cdot e$).

$U_{\text{нак}}, \text{В}$	$U_1, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$l_1, \text{А}$	$l_2, \text{А}$	$l_3, \text{А}$	$U_0, \text{В}$
2,63	1,4	6,3	3,1	3,1	3,1	2,52
2,50	3,6	9,6	2,48	2,64	2,8	1,20

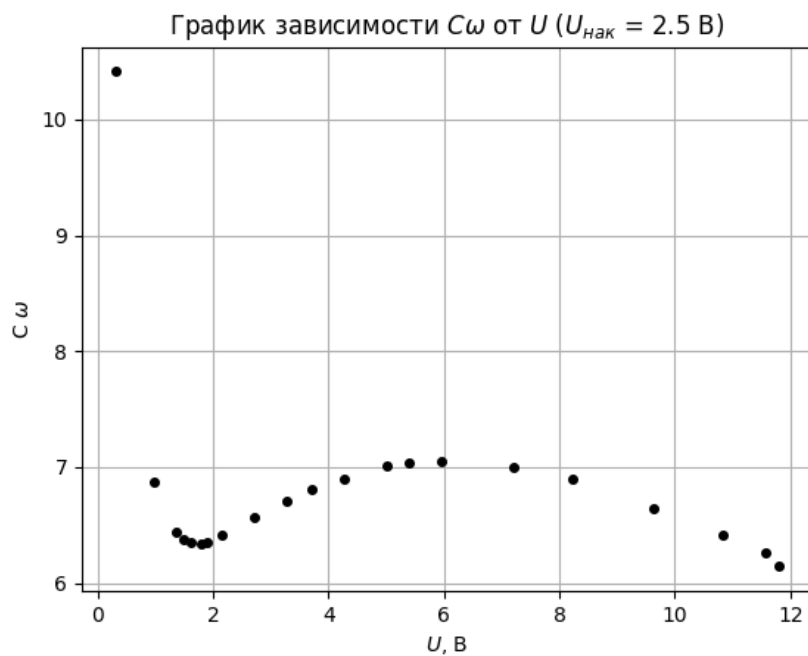
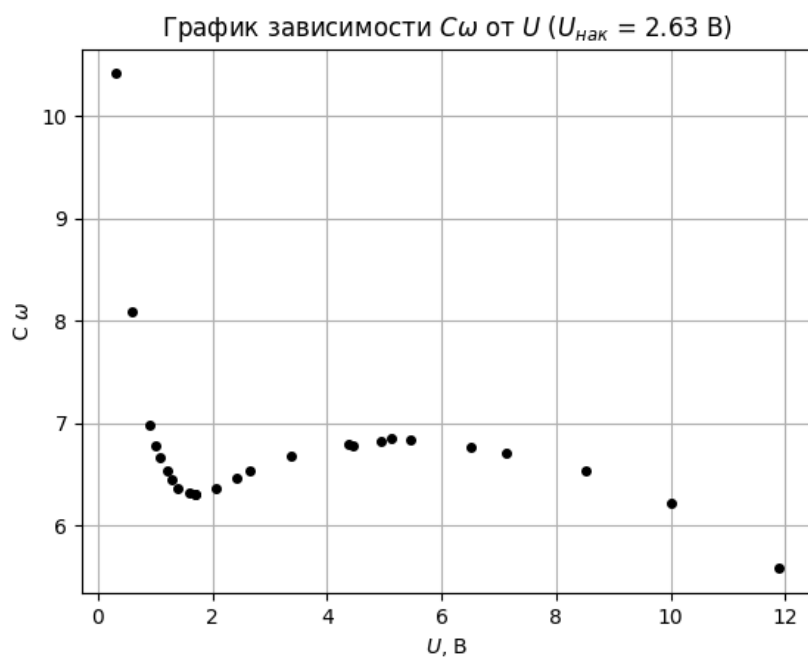
Статический режим

U=2.63 В		U=2.5 В	
U, В	U_a , мВ	U, В	U_a , мВ
0,30	3,00	0,3	3,00
0,60	30,60	0,97	103,00
0,90	93,00	1,35	160,00
1,00	114,00	1,49	170,65
1,07	126,50	1,62	175,50
1,20	145,00	1,79	176,10
1,30	158,40	1,89	174,30
1,40	172,00	2,15	164,80
1,60	180,00	2,70	140,00
1,70	181,00	3,27	121,50
1,69	181,55	3,70	110,40
2,07	171,00	4,27	100,50
2,42	155,90	5,00	90,30
2,65	145,60	5,40	87,55
3,37	125,00	5,96	86,40
4,38	111,00	7,20	90,90
5,13	105,50	8,23	100,84
4,45	112,80	9,62	131,00
4,95	109,00	10,83	164,00
5,45	107,00	11,57	190,00
6,50	114,70	11,81	215,00
7,13	121,00		
8,53	145,60		
10,00	197,50		
11,90	376,00		



$U_{\text{нак}}, \text{В}$	$U_1, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$l_1, \text{Å}$	$l_2, \text{Å}$	$l_3, \text{Å}$	$U_0, \text{В}$
2,63	1,69	5,13	3,00	3,33	3,70	1,06
2,50	1,79	5,96	2,96	3,16	3,36	1,55

График зависимости вероятности рассеяния электронов (с точностью до константы) от энергии.



Вывод

В ходе данной работы был исследован эффект Рамзауэра, оценены параметры при разных режимах работы установки. Так, при помощи нескольких формул был оценён размер электронной оболочки атома, причем значения полученных оценок близки к табличному значению удвоенного ковалентного радиуса ($2,8 \text{ \AA}$). Также было оценено значение потенциальной ямы, во всех опытах оно совпало по порядку, а в одном из даже оказалось достаточно близко к истинному ($U = 2.52$). Также была получена зависимость вероятности рассеяния электронов от энергии, которая имеет поведения, похожее на график из методического материала.