

ODKLON ELEKTRONOV V ELEKTRIČNEM IN MAGNETNEM POLJU

A. Odklon elektronov v električnem polju

Meritve

a1. $U_a = 3kV$;
 $U_c = 1kV$

x	y
3,0	0,1
5,0	0,3
6,0	0,5
7,0	0,7
9,0	1,2

a2. $U_a = 3kV$;
 $U_c = 2kV$

x	y
2,0	0,1
3,0	0,3
4,0	0,6
5,0	1,0
6,0	1,7

a3. $U_a = 3kV$;
 $U_c = 3kV$

x	y
2,0	0,1
3,0	0,5
4,0	0,9
5,0	1,7
6,0	3,0

Grafi

a1.

a2.

a3.

Meritve

b1. $U_a = 4kV$;
 $U_c = 1kV$

x	y
3,0	0,1
5,0	0,2
6,0	0,5
7,0	0,6
9,0	1,0

b2. $U_a = 4kV$;
 $U_c = 2kV$

x	y
2,0	0,2
4,0	0,4
5,0	0,7
6,0	1,0
8,0	2,0

b3. $U_a = 4kV$;
 $U_c = 3kV$

x	y
2,0	0,1
3,0	0,3
4,0	0,7
5,0	1,1
6,0	2,0

Grafi

b1.

b2.

b3.

Meritve

c1. $U_a = 5kV$;
 $U_c = 1kV$

x	y
3,0	0,1
4,0	0,2
6,0	0,5
8,0	0,7
10	1,0

c2. $U_a = 5kV$;
 $U_c = 2kV$

x	y
3,0	0,1
4,0	0,3
5,0	0,5
6,0	0,8
8,0	1,5

c3. $U_a = 5kV$;
 $U_c = 3kV$

x	y
3,0	0,2
4,0	0,5
5,0	1,0
6,0	1,5
7,0	2,0

Grafi

c1.

c2.

c3.

B. Odklon elektronov v magnetnem polju

Meritve

a1. $U_m = 6V$; $U_a = 3kV$;
 $I = 0,38A$

x	y	$r = \frac{(x^2 + y^2)}{2y} [cm]$
2,0	0,2	10
3,0	0,4	11
4,0	0,6	13
5,0	1,0	13
6,0	1,5	13

2,0	0,2	10
3,0	0,4	11
4,0	0,6	13
5,0	1,0	13
6,0	1,5	13

$$\bar{r} = 13(1 \pm 0,15) \text{ cm}$$

$$\boxed{\text{a2.}} \quad U_m = 6 \text{ V} \quad ; \quad U_a = 4 \text{ kV} \quad ; \\ I = 0,38 \text{ A}$$

x	y	$r = \frac{(x^2+y^2)}{2y} [cm]$
2,0	0,1	20
3,0	0,3	15
4,0	0,6	14
5,0	1,3	10
7,0	2,7	10
		$\bar{r} = 12(1 \pm 0,25) cm$

a3. $U_m = 6V$; $U_a = 5kV$; $I = 0,38A$

x	y	$r = \frac{(x^2+y^2)}{2y} [cm]$
2,0	0,1	20
3,0	0,5	9,3
4,0	1,2	7,3
5,0	1,6	8,6
6,0	2,0	10
		$\bar{r} = 8,8(1 \pm 0,14) cm$

Grafi

a1.

a2.

a3.

Izračuni

- masa elektrona: $m = \frac{e_0 r^2 B^2}{2U}$; $e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$, $U = U_a$, $r = \frac{(x^2 + y^2)}{2y}$.
 - gostota magnetnega polja med Helmholtzovima tuljavama: $B = \frac{\mu_0 8NI}{\sqrt{125} r_0}$;
 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$, $N = 320$, $r_0 = 0,068 \text{ m}$.
 - prava masa elektrona: $m_p = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
-

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 8 \cdot 320 \cdot 0,38 \text{ A}}{\sqrt{125 \cdot 0,068 \text{ m}}} = \frac{0,0012 \frac{\text{Vs}}{\text{m}}}{0,76 \text{ m}} = 0,0016 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$$

a1.

$$B = 0,0016 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$$

$$\bar{r} = 13 \text{ cm} = 0,13 \text{ m}$$

$$U_a = 3 \text{ kV} = 3000 \text{ V}$$

$$m = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot (0,13 \text{ m})^2 \cdot \left(0,0016 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}\right)^2}{6000 \text{ V}}$$

$$m = 1,2 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

$$\Delta m = |m_p - m| = |9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} - 1,2 \cdot 10^{-30} \text{ kg}| =$$

$$| -2,9 \cdot 10^{-31} \text{ kg} | = 2,9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m = 1,2 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

$$N_r = \frac{\Delta m}{m_p} = \frac{2,9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 0,32 \Rightarrow 32\%$$

a2.

$$B = 0,0016 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$$

$$\bar{r} = 12 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$$

$$U_a = 4 \text{ kV} = 4000 \text{ V}$$

$$m = 7,4 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\Delta m = 1,7 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m = 7,4 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$N_r = 0,19 \Rightarrow 19\%$$

a3.

$$B = 0,0016 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$$

$$\bar{r} = 8,8 \text{ cm} = 0,088 \text{ m}$$

$$U_a = 5 \text{ kV} = 5000 \text{ V}$$

$$m = 3,2 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\Delta m = 5,9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m = 3,2 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$N_r = 0,65 \Rightarrow 65\%$$

Meritve

b1. $U_m=10V$; $U_a=3kV$;

$I=0,70A$

x	y	$r = \frac{\sqrt{x^2+y^2}}{2y} [cm]$
2,0	0,4	5,2
3,0	0,8	6,2
4,0	1,5	6,1
5,0	2,3	6,6
		$\bar{r} = 6,3(1 \pm 0,048) cm$

b2. $U_m=10V$; $U_a=4kV$;

$I=0,70A$

x	y	$r = \frac{(x^2 + y^2)}{2y} [cm]$
2,0	0,3	6,8
3,0	0,6	7,8
4,0	1,2	6,2
5,0	1,9	7,5
		$\bar{r} = 6,8(1 \pm 0,10) cm$

b3. $U_m = 10V$; $U_a = 5kV$; $I = 0,70A$

x	y	$r = \frac{(x^2 + y^2)}{2y} [cm]$
2,0	0,3	6,8
3,0	0,6	7,8
4,0	1,0	8,5
5,0	1,6	8,6
6,0	2,4	8,7
		$\bar{r} = 8,4(1 \pm 0,071) cm$

Grafi

b1.

b2.

b3.

Izračuni

$$B = \frac{0,0023 \frac{\text{Vs}}{\text{m}}}{0,76 \text{ m}} = 0,0030 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$$

b1.

$$B = 0,0030 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$$

$$\bar{r} = 6,3 \text{ cm} = 0,063 \text{ m}$$

$$U_a = 3 \text{ kV} = 3000 \text{ V}$$

$$m = 9,5 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\Delta m = 0,40 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m = 9,5 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$N_r = 0,044 \Rightarrow 4,4\%$$

b2.

$$B = 0,0030 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$$

$$\bar{r} = 6,8 \text{ cm} = 0,068 \text{ m}$$

$$U_a = 4 \text{ kV} = 4000 \text{ V}$$

$$m = 8,3 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\Delta m = 0,80 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m = 8,3 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$N_r = 0,088 \Rightarrow 8,8\%$$

b3.

$$B = 0,0030 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$$

$$\bar{r} = 8,4 \text{ cm} = 0,084 \text{ m}$$

$$U_a = 5 \text{ kV} = 5000 \text{ V}$$

$$m = 1,0 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

$$\Delta m = 9,0 \cdot 10^{-32} \text{ kg}$$

$$m = 1,0 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

$$N_r = 0,099 \Rightarrow 9,9\%$$

Meritve

c1. $U_m = 14V$; $U_a = 3kV$;
 $I = 0,98A$

x	y	$r = \frac{(x^2 + y^2)}{2y} [cm]$
2,0	0,6	3,6
3,0	1,3	4,1
4,0	2,5	4,4
$\bar{r} = 4,3(1 \pm 0,047) cm$		

c2. $U_m = 14V$; $U_a = 4kV$;
 $I = 0,98A$

x	y	$r = \frac{(x^2 + y^2)}{2y} [cm]$
2,0	0,5	4,3
3,0	1,0	5,0
4,0	1,9	5,2
		$\bar{r} = 6,1(1 \pm 0,016) cm$

c3. $U_m = 14V$; $U_a = 5kV$; $I = 0,98A$

x	y	$r = \frac{(x^2 + y^2)}{2y} [cm]$
2,0	0,4	5,2
3,0	0,9	5,5
4,0	1,6	5,8
5,0	2,5	6,3
		$\bar{r} = 5,5(1 \pm 0,055) cm$

Grafi

c1.

c2.

c3.

Izračuni

$$B = \frac{0,0032 \frac{Vs}{m}}{0,76 m} = 0,0042 \frac{Vs}{m^2}$$

c1.

$$B = 0,0042 \frac{Vs}{m^2}$$

$$\bar{r} = 4,3 \text{ cm} = 0,043 \text{ m}$$

$$U_a = 3 \text{ kV} = 3000 \text{ V}$$

$$m = 8,7 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\Delta m = 0,40 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m = 8,7 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$N_r = 0,044 \Rightarrow 4,4 \%$$

c2.

$$B = 0,0042 \frac{Vs}{m^2}$$

$$\bar{r} = 6,1 \text{ cm} = 0,061 \text{ m}$$

$$U_a = 4 \text{ kV} = 4000 \text{ V}$$

$$m = 1,3 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

$$\Delta m = 3,9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m = 1,3 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

$$N_r = 0,43 \Rightarrow 43 \%$$

c3.

$$B = 0,0042 \frac{Vs}{m^2}$$

$$\bar{r} = 5,5 \text{ cm} = 0,055 \text{ m}$$

$$U_a = 5 \text{ kV} = 5000 \text{ V}$$

$$m = 8,5 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\Delta m = 0,60 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

$$m = 8,5 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$N_r = 0,066 \Rightarrow 6,6 \%$$

C.

D. Merjenje hitrosti elektronov

▪ približna hitrost: $v = \frac{E}{B}$; $E = \frac{U_c}{d}$; $d = 6,0 \text{ cm} = 0,060 \text{ m}$,
 $U_c = 2,3 \text{ kV} = 2300 \text{ V} \Rightarrow E = \frac{2300 \text{ V}}{0,060 \text{ m}} = 38.000 \frac{\text{V}}{\text{m}}$

▪ izračunana hitrost: $v = \sqrt{\frac{2e_0 U}{m}}$; $U = U_a = 3 \text{ kV} = 3000 \text{ V}$

- izračuni hitrosti na podlagi podatkov iz razdelka B, primer c1:

a. $v = \frac{38.000 \frac{\text{V}}{\text{m}}}{0,0042 \frac{\text{Vx}}{\text{m}^2}} = 9.000.000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

b. $v = \sqrt{\frac{2e_0 U}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 3000 \text{ V}}{8,7 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 33.000.000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

→ Zaradi nenatančnih meritev je rezultat po a. napačen!

Komentar

Ugotavljam, da so bile meritve dokaj natančne, saj so odstopanja od dejanskih vrednosti pravzaprav precej majhna. Do odstopanj je kljub vsemu prišlo, in sicer zaradi slabe možnosti odčitavanja vrednosti koordinat x in y , saj Teltron buča, v kateri je bil kondenzator, ni imela zelo natančne skale.

Ugotavljam tudi, da je bila vaja uspešna, saj smo z njo dejansko preizkusili teoretsko znanje in videli, da se elektroni tako v električnem kot v magnetnem polju dejansko odklanjajo.