

**ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ**  
**КАТЕДРА ПРИЛОЖНА ФИЗИКА**

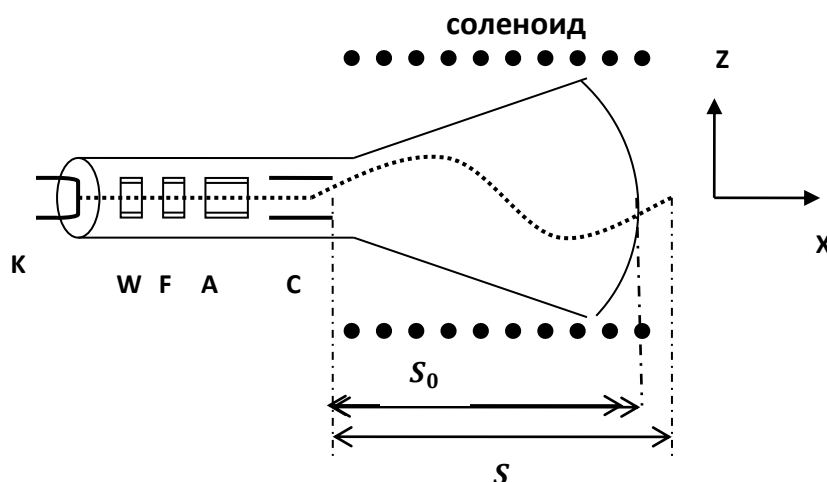
Протокол №  
 Факултет:

Студент:

Група:  
 Подпис на преподавателя:

**Задача: Определяне на специфичния заряд на електрона  $e/m_e$   
 с електронно-лъчева тръба**

**1. Схема на опитната постановка.**



**2. Описание на метода и теоретични изводи.**

Електрично поле с интензитет  $\vec{E}$  действа на заредена частица с маса  $m$  и заряд  $q$  с електрична сила  $\vec{F}_{\text{ел}} = q\vec{E}$ . Под действие на тази сила неподвижна заредена частица (начална скорост  $v_0 = 0$  в началния момент  $t_0 = 0$ ) се ускорява и придобива кинетична енергия  $E_k$ . Изменението на кинетичната енергия  $\Delta E_k$  на частицата се дава чрез

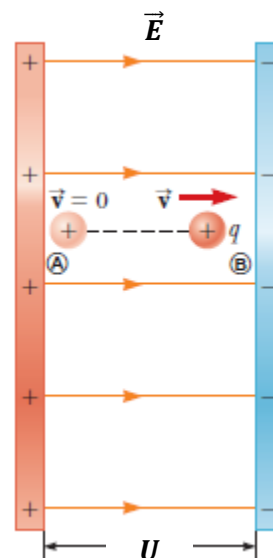
$$\Delta E_k = E_k - E_{k0} = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

където  $E_{k0} = \frac{mv_0^2}{2} = 0$  е кинетичната ѝ енергия в началния момент,  $v$  е скоростта на частицата, която тя придобива под действие на електричното поле.

Изменението на кинетичната енергия на частицата  $\Delta E_k$  е равно на работата  $A$ , извършена от електричното поле

$$\Delta E_k = A = qU \quad (2)$$

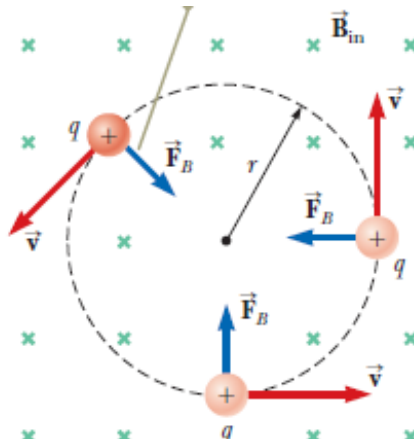
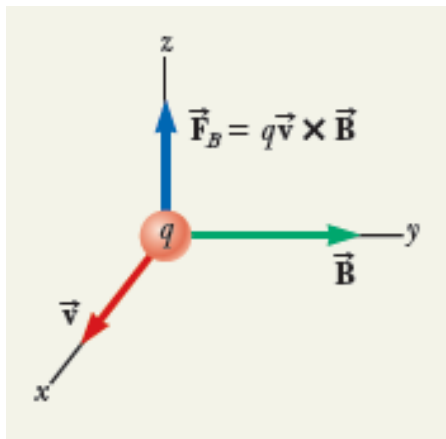
където  $U$  е напрежението на електричното поле между началната и крайната точки на движение на частицата.



Магнитно поле с индукция  $\vec{B}$  действа на заредена частица с маса  $m$  и заряд  $q$ , движеща се със скорост  $\vec{v}$  с магнитна сила  $\vec{F}_M = q(\vec{v} \times \vec{B})$ . Големината на магнитната сила се дава с изрази

$$F_M = qvB \sin \alpha$$

където  $\alpha$  е ъгълът между векторите на скоростта  $\vec{v}$  и магнитната индукция  $\vec{B}$ .



От определението за магнитна сила следва, че тя може да измени само посоката на скоростта на движение на частицата, но не и нейната големина. Ако ъгълът  $\alpha = 90^\circ$  ( $\sin \alpha = 1$ ) и магнитното поле е хомогенно ( $\vec{B} = \text{const}$ ), то траекторията на движение на частицата е окръжност, радиусът  $r$ , на която може да се определи чрез приравняване на големините на магнитната сила ( $\vec{F}_M = qvB \sin \alpha = qvB$ ) и центроостремителната сила ( $\vec{F}_{\text{цс}} = \frac{mv^2}{r}$ ), която действа върху движещата се по окръжност частица ( $r$  е радиуса на окръжността)

$$qvB = \frac{mv^2}{r}$$

От тук

$$r = \frac{mv}{qB} \quad (3)$$

Това движение е периодично с период

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB} \quad (4)$$

Опитната постановка се състои от електронно-лъчева тръба (ЕЛТ), част от която е поставена в соленоид, така че вътре в нея се създава магнитно поле с индукция  $\vec{B}$ , насочена по оста на тръбата. От нагорещения катод на ЕЛТ се излъчват електрони (маса  $m_e$  и заряд  $e$ ), които се ускоряват от електричното поле между катода К и анода А. Електроните преминават през анода със скорост  $v_x$ , която може да се определи от изразите (1) и (2), т.е.

$$\frac{m_e v_x^2}{2} = eU_a$$

където  $U_a$  е напрежението между катода и анода (нарича се анодно напрежение) или

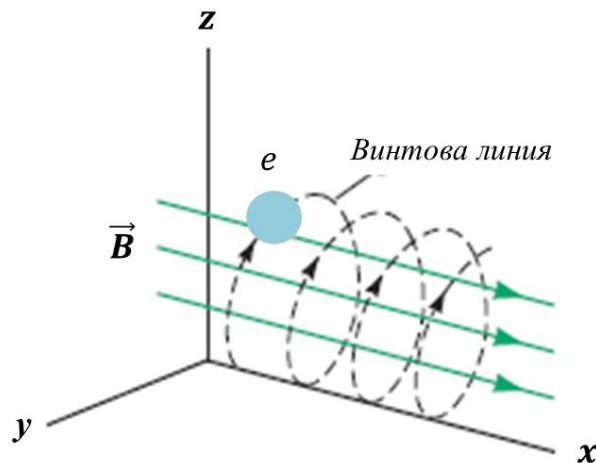
$$v_x = \sqrt{\frac{2eU_a}{m_e}}$$

След анода електроните преминават през плосък кондензатор С, чийто интензитет на електричното поле е по направление на оста Z. Това поле отклонява движението на електроните по направление на тази ос. Препминавайки през кондензатора С електроните получават и компонента на скоростта  $\vec{v}_z$ . Следователно скоростта на електрона ще е сума от компонентите ѝ по осите X и Z, т.е.  $\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_z$ .

След кондензатора С електроните попадат в магнитното поле, създадено от соленоида. Индукцията  $\vec{B}$ , на това поле е насочена по посока на оста X. Под действие на електричното поле между катода и анода електроните имат компонента на скоростта  $\vec{v}_x$  по оста X. Тъй като  $\vec{v}_x \parallel \vec{B}$ , т.е.  $\alpha = 0^\circ$  ( $\sin \alpha = 0$ ), то ако те имат само тази компонента на скоростта, магнитното поле няма да им действа и ще се движат равномерно праволинейно по оста X със скорост  $\vec{v}_x = \text{const}$ . Но електроните имат и компонента на скоростта по оста Z. Тъй като  $\vec{v}_z \perp \vec{B}$ , то електроните би трябвало да се движат по окръжност с период, определен от израза ( 4 )

$$T = \frac{2\pi r}{v_z} = \frac{2\pi m_e}{eB}$$

Двете компоненти на скоростта на електроните определят траекторията им на движение да е винтова линия.



За време един период  $T$  всеки електрон прави една пълна обиколка по съответната винтова линия и попада отново на оста, по която се движи. Следователно за време  $T$  електронът ще измине път

$$S = v_x T = v_x \frac{2\pi m_e}{eB} = \sqrt{\frac{2eU_a}{m_e}} \times \frac{2\pi m_e}{eB} = \frac{2\pi}{B} \times \sqrt{\frac{2m_e U_a}{e}}$$

От този израз можем да се намери относителния заряд на електрона  $e/m_e$

$$\frac{e}{m_e} = \frac{8\pi^2 U_a}{B^2 S^2} \quad (5)$$

При подходящ избор на анодното напрежение и индукцията на магнитното поле, пътът, изминат от електроните, може да се избере равен на разстоянието между кондензатора С и екрана на ЕЛТ, т.е.  $S = S_0$ . Това разстояние лесно може да бъде измерено.

От друга страна индукцията на магнитно поле, създавано от соленоида се дава с израз  $B = \mu_0 n I = 4\pi \times 10^{-7} n I$ , където  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  Н/м е магнитната константа,  $n$  е броя на навивките на соленоида на единица дължина и  $I$  е големината на тока през соленоида. Като се замести израз за  $B$  в израз ( 5 ) се получава

$$\frac{e}{m_e} = \frac{8\pi^2 U_a}{16\pi^2 \times 10^{-14} n^2 I^2 S_0^2} = \frac{U_a \times 10^{14}}{2n^2 I^2 S_0^2} \quad (6)$$

### 3. Опитни данни и резултати

$$n = 20090 \text{ m}^{-1}, S_0 = 6,5 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$U_{a1} = 600 \text{ V}, I_1 = 320 \text{ mA} = 0,32 \text{ A}$$

$$\left(\frac{e}{m_e}\right)_1 = \frac{U_{a1} \times 10^{14}}{2n^2 I_1^2 S_0^2} =$$

$$U_{a2} = 500 \text{ V}, I_2 = 285 \text{ mA} = 0,285 \text{ A}$$

$$\left(\frac{e}{m_e}\right)_2 = \frac{U_{a2} \times 10^{14}}{2n^2 I_2^2 S_0^2} =$$

$$\left(\frac{e}{m_e}\right)_{\text{cp}} = \frac{\left(\frac{e}{m_e}\right)_1 + \left(\frac{e}{m_e}\right)_2}{2} =$$