



Технически университет – София

Катедра приложна физика

Протокол № Факултет: Специалност: Група:
Студент: Фак №

Упражнение № 4 Определяне на специфичния заряд на електрона $\frac{e}{m}$ с електронно-лъчева тръба

1. Цел на упражнението:

2. Схема на опитната постановка:

3. Кратко теоретично въведение:

Резултантната сила, действаща на електрон, движещ се със скорост $\vec{v}$ в електрично поле с интензитет $\vec{E}$ и в магнитно поле с индукция $\vec{B}$ се дава с израз: $\vec{F} = e\vec{E} + e\vec{v} \times \vec{B}$.

Резултатът от работата, извършена от електричната сила, е повишаването на кинетичната енергия на електрона:

$$A = eU = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}.$$

В общия случай големината на Лоренцовата сила зависи от ъгъла между скоростта на електрона $\vec{v}$ и посоката на магнитната индукция $\vec{B}$: $F = evB \sin(\vec{v}, \vec{B})$.

Движението на електрона в постоянно магнитното поле може да се представи като сума от две движения:

1) равномерно по окръжност, перпендикулярно на магнитната индукция със скорост $v_{\perp} = v \sin(\vec{v}, \vec{B})$;

2) равномерно, праволинейно по посока на магнитната индукция със скорост $v_{\parallel} = v \cos(\vec{v}, \vec{B})$.

Резултантното движение е движение по витлова линия, ориентирана по посока на магнитната индукция.

От 1) можем да определим периодът на обикаляне T на електрона по окръжността

$$F = ev_{\perp}B = \frac{mv_{\perp}^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv_{\perp}}{eB} \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi R}{v_{\perp}} \Rightarrow T = \frac{2\pi m}{eB}.$$

Виждаме, че радиусът на окръжността зависи от скоростта на електрона, докато периодът на обикаляне – не. Следователно, ако електроните тръгват от една и съща точка, след един период ще се съберат пак в една точка, независимо от скоростите, с които са се движили. Когато ъгълът между посоките на скоростта и магнитната индукция е малък, разстоянието, което са изминали по посока на индукцията, ще бъде едно и също за всички електрони и се нарича

стъпка S на движението на електрона по витловата линия, която може да се определи от 2): $S = Tv_{\parallel} = \frac{2\pi m_e}{eB} v_{\parallel}$ и тъй като

$$\text{при малки ъгли } \cos(\vec{v}, \vec{B}) \approx 1 \text{ и } v_{\parallel} \approx v: S = \frac{2\pi m}{eB} \sqrt{\frac{2eU}{m}}.$$

Големината на магнитната индукция на соленоида е $B = \mu_0 nI$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$. Така $S^2 = \frac{U \cdot 10^{14}}{2n^2 I^2} \frac{m}{e}$.

Когато променяме тока през соленоида, ние променяме и стъпката на витловата линия. Ако стъпката е равна на разстоянието от последните отклоняващи пластинки до екрана, всички електрони ще се съберат в една точка (центъра) на

екрана. В този случай ние знаем колко е стъпката S и можем да определим отношението $\frac{e}{m}$:

$$\frac{e}{m} = \frac{U}{2n^2 I^2 S^2} 10^{14} = k \frac{U}{I^2} \left[\frac{\text{C}}{\text{kg}} \right], \text{ където } k = \frac{1}{2n^2 S^2} 10^{14} \left[\frac{\text{C} \cdot \text{A}^2}{\text{V} \cdot \text{kg}} \right].$$

4. Експериментални задачи:

Определяне на специфичния заряд на електрона.

При три зададени стойности на анодното напрежение U_i се увеличава тока в соленоида до трансформацията на правата, която се получава на екрана на осцилоскопа, в точка в центъра на екрана. При това положение се отчита токът I_i в соленоида и се пресмята специфичният заряд на електрона:

$$\left(\frac{e}{m}\right)_i = k \frac{U_i}{I_i^2}.$$

Тъй като се правят само три измервания, които не са идентични, грешката се определя като за еднократно измерване. Абсолютните грешки на отделните величини определяме от точността на съответните уреди. Трябва да отчетем максималната грешка, която може да допуснем, поради което ще отчетем относителните грешки за U и I при най-малката измерена стойност:

$$\varepsilon = \frac{\Delta e/m}{e/m} = \frac{\Delta U}{U_{\min}} + 2 \frac{\Delta I}{I_{\min}}. \text{ Абсолютната } \Delta \frac{e}{m} \text{ и процентната } \varepsilon\% \text{ грешки се получават от относителната. Резултатът се}$$

записва с абсолютната и процентната грешки.

Определяне на скоростите на електроните при различни напрежения.

Определената средна стойност на специфичния заряд се замества във формулата за скоростта на електроните и се пресмятат скоростите им при трите анодни напрежения:

$$v_i = \sqrt{2U_i \left(\frac{e}{m}\right)_{cp}} \quad i = 1, 2, 3.$$

5. Въпроси за самоподготовка:

Как се променя енергията на електроните в електричното и в магнитното поле?

Защо отклоняваме електроните на малък ъгъл преди навлизането им в магнитното поле?

Как определяме стъпката на витловата линия?

Защо скоростите на електроните в трите опита са различни?

6. Опитни данни:

$n =$ $S =$ $\Delta U =$ $\Delta I =$ $k =$

№	U_i [V]	I_i [A]	$(U/I^2)_i$ [V/A ²]	$(e/m)_i$ [C/kg]	v_i [m/s]
1					
2					
3					
				$(e/m)_{cp} =$	

$$\varepsilon = \quad \varepsilon\% = \quad \Delta \frac{e}{m} =$$

7. Резултати и преценка на точността:

$$\frac{e}{m} = \quad \pm \quad \frac{e}{m} = \quad \pm$$

$$v_1 = \quad v_2 = \quad v_3 =$$

Подпис на студента:

Дата

Подпис на асистента: