



ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

- Исследование отклонения электронного пучка магнитным полем.
- Оценка удельного заряда электрона.
- Исследование отклонения электронного пучка электрическим полем.
- Построение фильтра скорости с помощью ортогональных электрического и магнитного полей.

ЦЕЛЬ ОПЫТА

Исследование отклонения электронов электрическим и магнитным полями

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

В трубке Томсона на люминесцентном экране можно наблюдать вертикальное отклонение горизонтального пучка электронов. Такое отклонение можно получить с помощью вертикального электрического поля или горизонтального магнитного поля, которое перпендикулярно направлению движения в горизонтальной плоскости.

НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Кол-во	Наименование	№ по каталогу
1	Трубка Томсона модели S	U18555
1	Держатель электривакуумных приборов модели S	U185002
1	Пара катушек Гельмгольца модели S	U185051
1	Высоковольтный источник питания с напряжением 5 кВ (230 В, 50/60 Гц)	U33010-230 или
	Высоковольтный источник питания с напряжением 5 кВ (115 В, 50/60 Гц)	U33010-115
1	Источник питания пост. тока с напряжением 0–500 В (230 В, 50/60 Гц)	U33000-230 или
	Источник питания пост. тока с напряжением 0–500 В (115 В, 50/60 Гц)	U33000-115
1	Набор из 15 безопасных соединительных проводов для опытов длиной 75 см	U138021

2

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ

В трубке Томсона электроны проходят в горизонтальном направлении через щель за анодом и ударяются о люминесцентный экран, расположенный под углом к направлению движения пучка электронов, на котором их и можно наблюдать. За щелью находится плоский конденсатор. Электрическое поле между двумя его пластинами отклоняет пучок электронов в вертикальном направлении. Кроме того, можно использовать катушки Гельмгольца для создания магнитного поля в горизонтальном направлении, перпендикулярном движению электронов, которое также отклоняет их в вертикальном направлении.

На электрон, движущийся со скоростью v в магнитном поле B , действует сила Лоренца

$$(1) \quad \mathbf{F} = -e \cdot \mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

e : заряд электрона

Эта сила действует в направлении, перпендикулярном плоскости, которая определяется направлением движения и магнитным полем. Это вызывает отклонение пучка в вертикальном направлении, если и направление движения электронов, и магнитное поле лежат в горизонтальной плоскости (см. рис. 1). Если направление движения перпендикулярно однородному магнитному полю, электроны отклоняются по круговой траектории под действием центростремительной силы, являющейся результатом действия силы Лоренца.

$$(2) \quad m \cdot \frac{v^2}{r} = e \cdot v \cdot B$$

m : масса электрона, r : радиус траектории.

Скорость электронов зависит от анодного напряжения U_A так, что:

$$(3) \quad v = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m} \cdot U_A}$$

Это означает, что измерение радиуса траектории позволяет определить удельный заряд электрона, если известны однородное магнитное поле B и анодное напряжение U_A . Равенства (2) и (3) можно объединить, чтобы получить выражение для удельного заряда электрона:

$$(4) \quad \frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U_A}{(B \cdot r)^2}$$

Если напряжение U_P подается на плоский конденсатор, электроны отклоняются в вертикальном направлении его электрическим полем E с силой

$$(5) \quad \mathbf{F} = -e \cdot \mathbf{E}$$

e : заряд электрона

Это отклонение также происходит в вертикальном направлении (см. рис. 2). Таким образом, электрическое поле можно отрегулировать так, что оно в точности уравновешивает отклонение, вызванное магнитным полем:

$$(6) \quad e \cdot E + e \cdot v \cdot B = 0$$

В этом случае легко определить скорость каждого электрона:

$$(7) \quad v = \frac{E}{B}$$

Такое расположение ортогональных электрического и магнитного полей, при котором отклонение пучка уравновешивается, иногда называют фильтром скорости.

ОЦЕНОЧНЫЙ РАСЧЕТ

Магнитное поле B создается парой катушек Гельмгольца и пропорционально току I_H , текущему через каждую из катушек. Коэффициент пропорциональности k можно определить по радиусу катушек $R = 68$ мм и числу витков каждой катушки, которое равно $N = 320$:

$$B = k \cdot I_H \quad \text{где} \quad k = \left(\frac{4}{5}\right)^2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{N}{R}$$

Электрическое поле можно рассчитать по напряжению U_P и расстоянию между пластинами d :

$$E = \frac{U_P}{d}$$

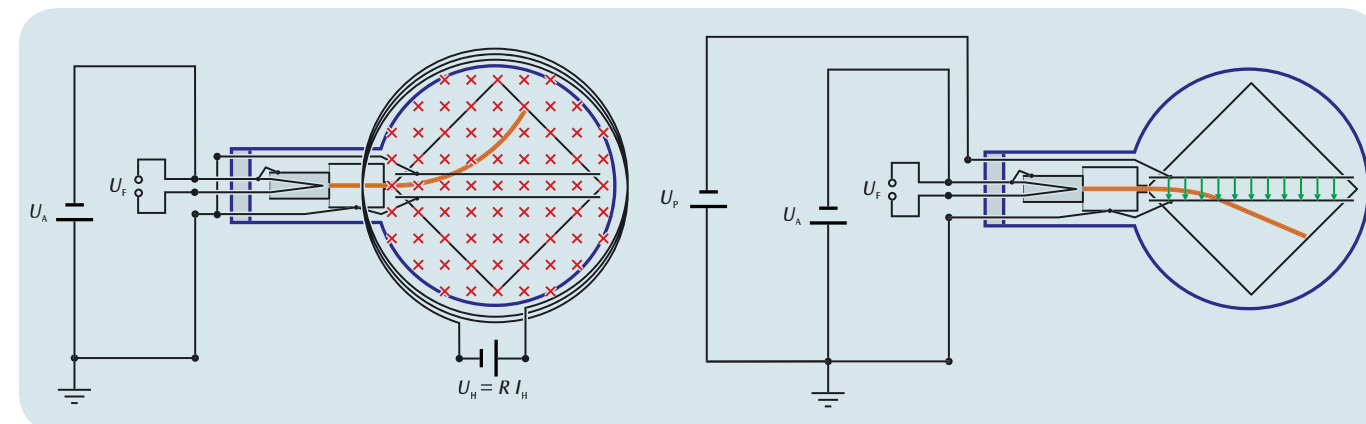


Рис. 1: Схема трубки Томсона в магнитном поле

Рис. 2: Схема трубки Томсона в электрическом поле