

$$\Delta T = \frac{\left(\frac{U_H}{U_R} - 0,255\right) (1 + 0,0041 \cdot 30)}{0,0041 \cdot 0,255} \rightarrow 1044,13 \left(\frac{U_H}{U_R} - 0,255\right) = \Delta T ?$$

Лабораторная работа №26.  
Определение отношения заряда электрона  
к его массе.

Курьков  
Аринов  
12.11.20

Приборы и оборудование: экспериментальная установка (ЭЛБ с блоком питания), коммутатор, амперметр постоянного тока, источник питания постоянного тока.

1. Измерение удельного заряда  
электрона методом отклонения луча  
земными магнитными полями.

$$\left\{ \frac{e}{m} = \frac{1}{800} \cdot \frac{8 K^2 U_0}{B_z^2 L^4} \cdot c^2 \right\}$$

$U_0$ анда, В	$\alpha$ , град.	$K$ , см	$e/m$
1250	+90	0,7	$4,031 \cdot 10^{14}$
	-90	0,7	$4,031 \cdot 10^{14}$
1450	+90	0,5	$5,0224 \cdot 10^{14}$
	-90	0,5	$5,0224 \cdot 10^{14}$

Класс точности - 2,5

Весь класс - 2500 В

$\Delta K = 0,1$  см

$B_z = B_{\text{вырз}} / \cos \delta$

2. Измерение удельного заряда  
электрона методом фокусировки луча  
продольными магнитными полями соленоида.

$$\left\{ \frac{e}{m} = \frac{1}{800} \cdot \frac{8 \pi^2 U_0}{B_x^2 L^2} \cdot c^2 \right\}$$

Пластины	$U_0$ анда, В	$I_{\text{ф}}$ , дека	$I_{\text{ф}} \text{ сред}$ , дека	$I_{\text{ф}}$ , А	$B_x = 94 \pi n_0 I_{\text{ф}}$	$L$ , см	$e/m$
Горизонт.	1250	27	27	27	0,59	54,001	$5,5544 \cdot 10^{14}$
	1450	32	32	32	0,64	64,557	$5,5359 \cdot 10^{14}$
Вертик.	1250	32	32	32	0,64	64,557	$5,5543 \cdot 10^{14}$
	1450	36	36	36	0,72	76,001	$6,1441 \cdot 10^{14}$

Класс точности вольтметра - 2,5 ; весь класс - 2500 В

Класс точности амперметра - 1 ; весь класс - 1,5 А.

Кл. амперметра = 0,02 А ;  $n_0 = 84$  вит/см.



Отчёт по лабораторной работе № 26.  
Определение отношения заряда электрона  
к его массе.

Прибор и оборудование: экспериментальная установка (ЭЛТ и блок питания), коммутатор, амперметр постоянного тока, источник постоянного тока.

Теоретическая часть:

I. Движение электронов в электрическом и магнитном полях.

Характер движения заряженных частиц в электрическом и магнитном полях определяется как св-вами самих частиц, так и свойствами полей, в которых происходит его движение.

При движении частицы в электрическом и магнитном полях на неё действует сила Лоренца:

$$\vec{F} = e\vec{E} + \frac{e}{c}[\vec{v}, \vec{B}], \quad (1)$$

где  $e$  и  $\vec{v}$  - заряд и скорость частицы,  $\vec{E}$  - напря. электрического поля,  $\vec{B}$  - индукция магнитного поля и  $c$  - скорость света.

~ все величины выражены в СГС.

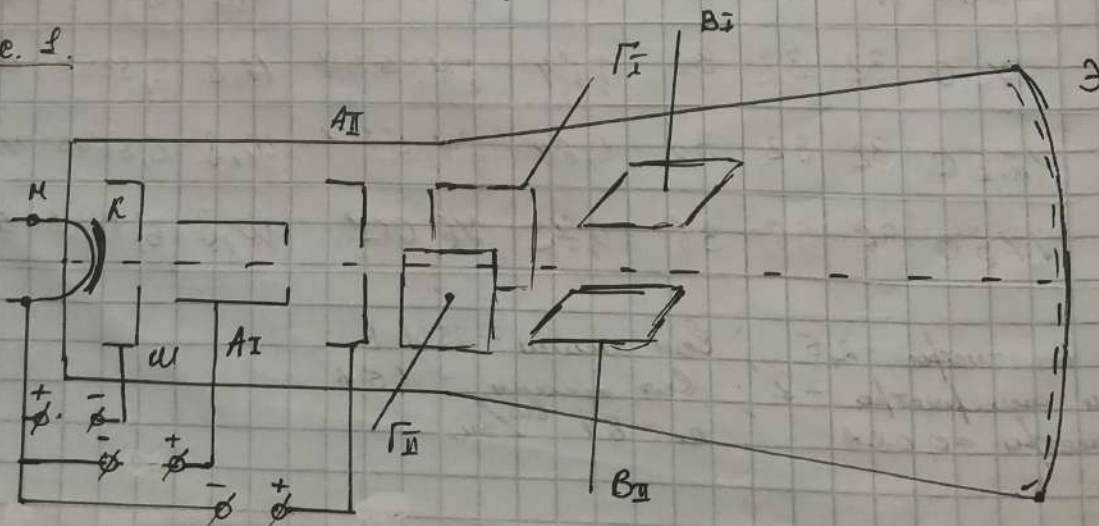
По второму з-ну динамики:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = e\vec{E} + \frac{e}{c}[\vec{v}, \vec{B}]. \quad (2)$$

Из уравнения (2) нельзя определить непосредственно заряд и массу частицы, но можно определить отношение заряда к массе, если известны параметры полей и характер движения частицы в этих полях.

II. Устройство электроно-лучевой трубки (ЭЛТ).

Рис. 1.





$$\Delta T = \frac{(u_n - 0,255) (1 + 0,0043 \cdot 0,007)}{0,0043 \cdot 0,255} \rightarrow 1044,13 \left( \frac{u_n}{u_n} - 0,255 \right) = \Delta T ?$$

Устройство ЭПВ приведено на рис. 1.  
и представляется собой стеклянный баллон с высоким вакуумом, в котором помещены следующие электроды:

- Н - нить накала;
- К - катод;
- М - модулятор;
- А<sub>I</sub> - первый (фокусирующий) анод;
- А<sub>II</sub> - второй (ускоряющий) анод;
- В<sub>I</sub>, В<sub>II</sub> - вертикально откл. пластины;
- Г<sub>I</sub>, Г<sub>II</sub> - горизонтально откл. пластины.

На переднюю стенку трубки с внутр. стороны нанесен фтороселенирующий слой (экран), который светится при накаливании электронов.

При разогревании катода, он начинает излучать электроны. На модулятор (представляет собой цилиндр, от катода и анода А<sub>I</sub> вращается в домене) подается напряжение отн. анода (регулирует интенсивность пучка → яркость).

Далее идут первый А<sub>I</sub> и второй А<sub>II</sub> аноды (I - фокусирует, II - ускоряет).

Накаливкой эк-но вылетает электронов из катода можно преобразить, поэтому скорость электронов на выходе из анода II отн. накала протекшей ей разности потенциалов, т.е. потенциалом на аноде II по отношению к катоду.

Далее идут отклон. пластины Г<sub>I</sub> и Г<sub>II</sub>; В<sub>I</sub> и В<sub>II</sub>, откл. горизонтально и вертикально пучок соответственно.

Между ними создается эл. поле → электроны будут отклоняться от ос. трубки и двигаться по кривой, а на выходе из поля пластин продолжат движение по касательной к этой кривой. (рис. 2.)

Фокусировка не нарушается, так как  $\vec{e}$  - в фокальных условиях.

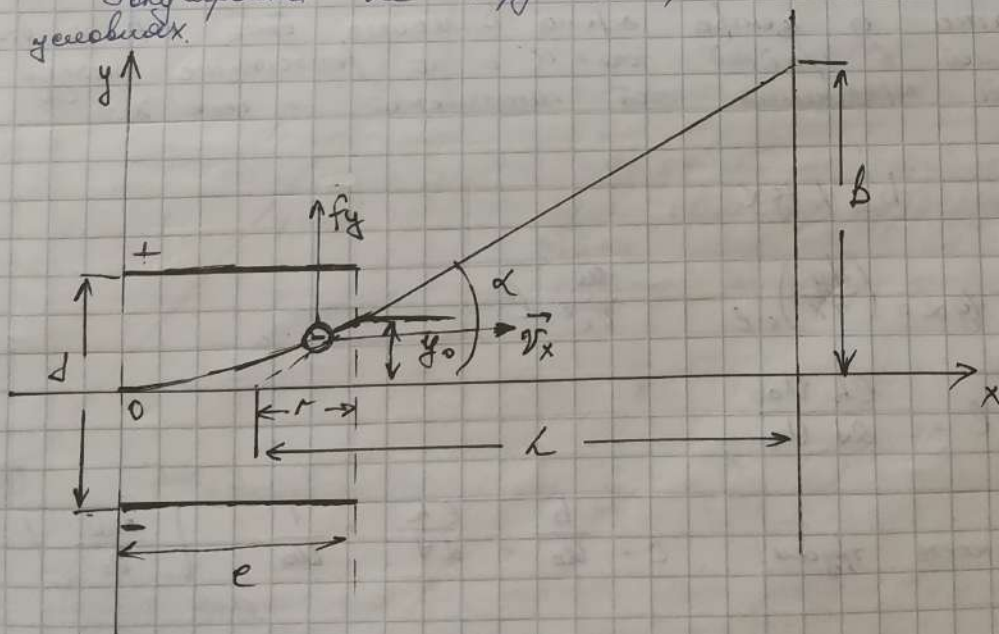


Рис. 2



$$\Delta l =$$

$$\sim 0.255$$

перемещения касательной с осью  $x$

$$r = \frac{y_0}{\theta \alpha}$$

$$y_0 = \frac{e \hbar}{2 m \lambda} e^{\theta}$$

Представим  $\theta \alpha$ , можно получить, что  $r = \frac{b}{2}$ , т.е. расстояние  $r$  следует отсчитывать от середины пластин до экрана.

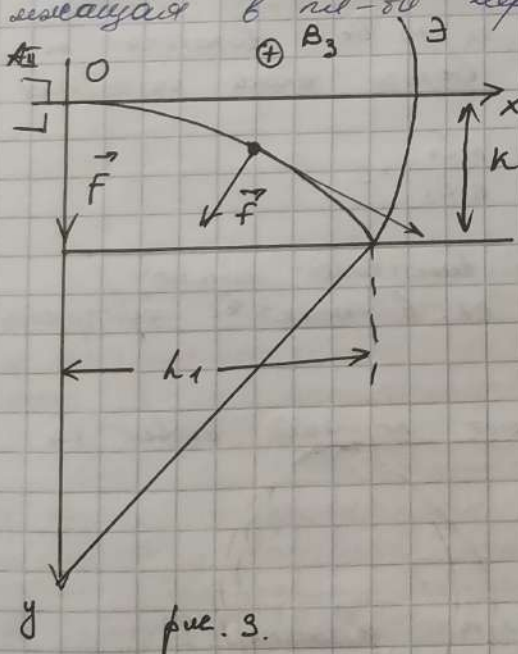
Если на одну из пар отклоняющих пластин подать переменное напряжение, а вторую пару заземлить, например, то след луча на экране, двигаясь по дуге, перпендикулярна пластинкам, будет совершать колебательное движение, за которым можно проследить, если период этих колебаний достаточно велик.

### III. Определение удельного заряда электрона с помощью электронно-лучевой трубки.

#### а) Метод отклонения электронного луча в известных полях

В этом методе отн. заряда  $e$  массе  $m$  отн. по отклонению электронного в заданном эл. поле луча электронов известными магнитными полями, перпендикулярными направлению движения электронов.

В качестве такого поля можно использовать магн. поле Земли. Если  $B_z$  направ. перпенд. на то направление тока, как на рис. 3, а электроны вылетают из диодрагма второго анода со  $xy$ -плоск. по  $ox$ , то на электроны будет действовать сила, вызывая отклонение в  $yz$ -плоскости.



$$\vec{F} = \frac{e}{c} [\vec{v}_x, \vec{B}_z]$$

Эта сила перпенд. к-ти электрона  $\Rightarrow$  она не будет изменять

Путь движения этой силы электрон будет двигаться по окружности радиуса  $R$ . Также помня, что в  $yz$ -плоскости, с постоянной линейной скоростью, равной  $v_x$ .

$$\frac{e}{c} v_x B_z = \frac{m v_x^2}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{v_x}{R B_z} \cdot c$$

Радиус окружности  $R$  может быть найден по отклонению  $k$  пятна на экране трубки (см. рис. 3)

$$R^2 = (R-k)^2 + L_1^2 \quad ; \quad R = \frac{k^2 + L_1^2}{2k}$$



где  $h_1$  - расстояние от второго ядра до экрана.

$$v_x = \sqrt{\frac{e}{m} 2 U_0}$$

Подставив эти значения в выражение для удельного заряда и зная, что  $k \ll h_1$ , можно получить:

$$\frac{e}{m} = \frac{8 k^2 U_0}{B_z^2 h_1^4} e^2$$

$$\text{или } \frac{e}{m} = \frac{1}{300} \frac{8 k^2 U_0}{B_z^2 h_1^4} e^2 \quad - \text{ в СГС}$$

$k$  и  $h_1$  - в см.

$B_z$  - в гауссах.

$U_0$  - в вольтах.

$e$  - см/с.

б) Определение удельного заряда электрона методом фокусировки пучка предельными магнитными полями.

Если будем ген. трубки создать постоянное магнитное поле  $B_z$ , то пучок электронов не отклонится от оси  $x$ , т.к. магнитное поле будет параллельно или антипараллельно скорости движения электронов.

Для того, чтобы поле  $B_x$  действовало на электрон, необходимо, чтобы его скорость имела поперечную составляющую  $v_0$ , перпендикулярную  $B_x$ . В этом случае в плоскости  $yz$  электрон под действием силы

$F = \frac{e}{c} v_0 B_x$  будет равномерно (со ск-ю  $v_0$ ) двигаться по окружности, радиус которой определится из второго закона динамики

$$\frac{m v_0^2}{R} = \frac{e}{c} v_0 B_x \quad \text{и равен } R = \frac{m v_0}{e B_x} \cdot c$$

траектория будет представлять из себя винтовую линию, нанесенную на цилиндр. радиуса  $R$  и с ос  $ox$  в качестве образующей как это показано на рис. 4.

Электрон, вылетающий из точки  $O$ , делает полный оборот за время

$$\tau = \frac{2\pi R}{v_0} = \frac{2\pi}{B_x} \frac{m}{e} c$$

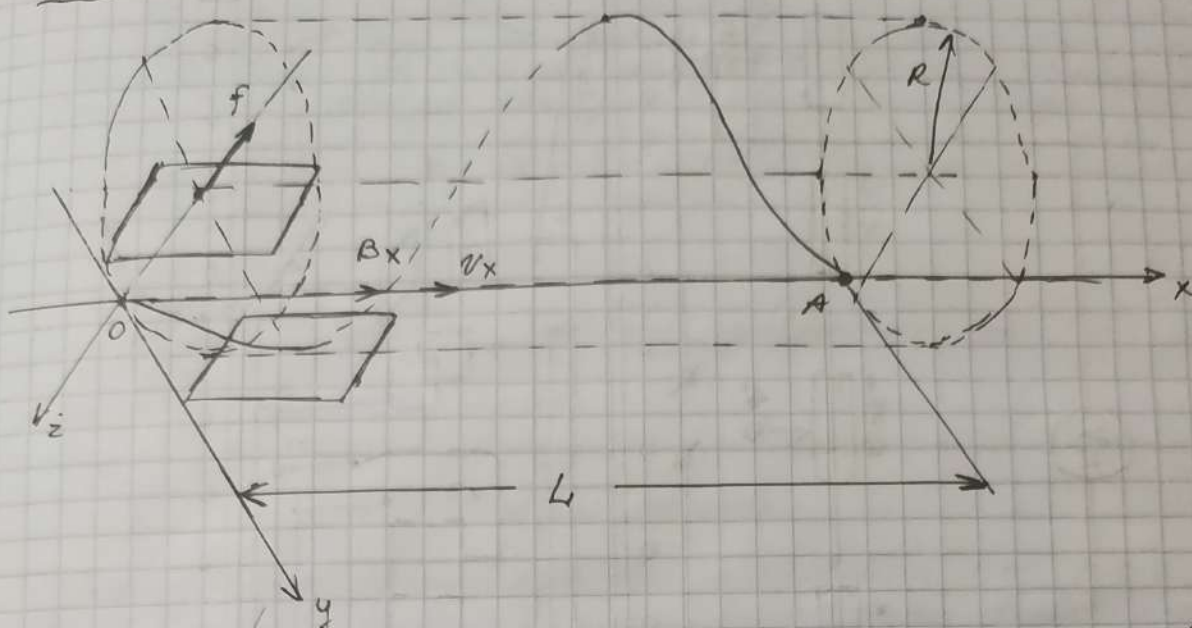
$\tau$  - не зависит от ск-ти вращательного движения  $v_0$ .



$$\Delta T =$$

$$m \cdot v_1 = 0.255$$

Рис. 4.



Если электроны, вылетающие из точки  $O$ , имеют одинаковые поперечные скорости  $v_x$  и различные поперечные скорости  $v_y$ , то их траектории будут намотаны на цилиндры разных радиусов, но для всех цилиндров  $ox$  будет общей образующей, и все электроны через одинаковое время  $\tau$  пересекут ось  $x$  в точке  $A$ , расположенной на расстоянии  $L = v_x \tau$  от точки  $O$ . В точке  $A$  произойдет фокусировка электронов.

$$\tau = \frac{2\pi m}{B_x e} \cdot c \quad \text{и} \quad v_x = \sqrt{\frac{e}{m} \cdot 2U_a},$$

посчитаем для удельного заряда электрона.

$$\frac{e}{m} = \frac{8\pi^2 U_a^2}{B_x^2 h^2} c^2$$

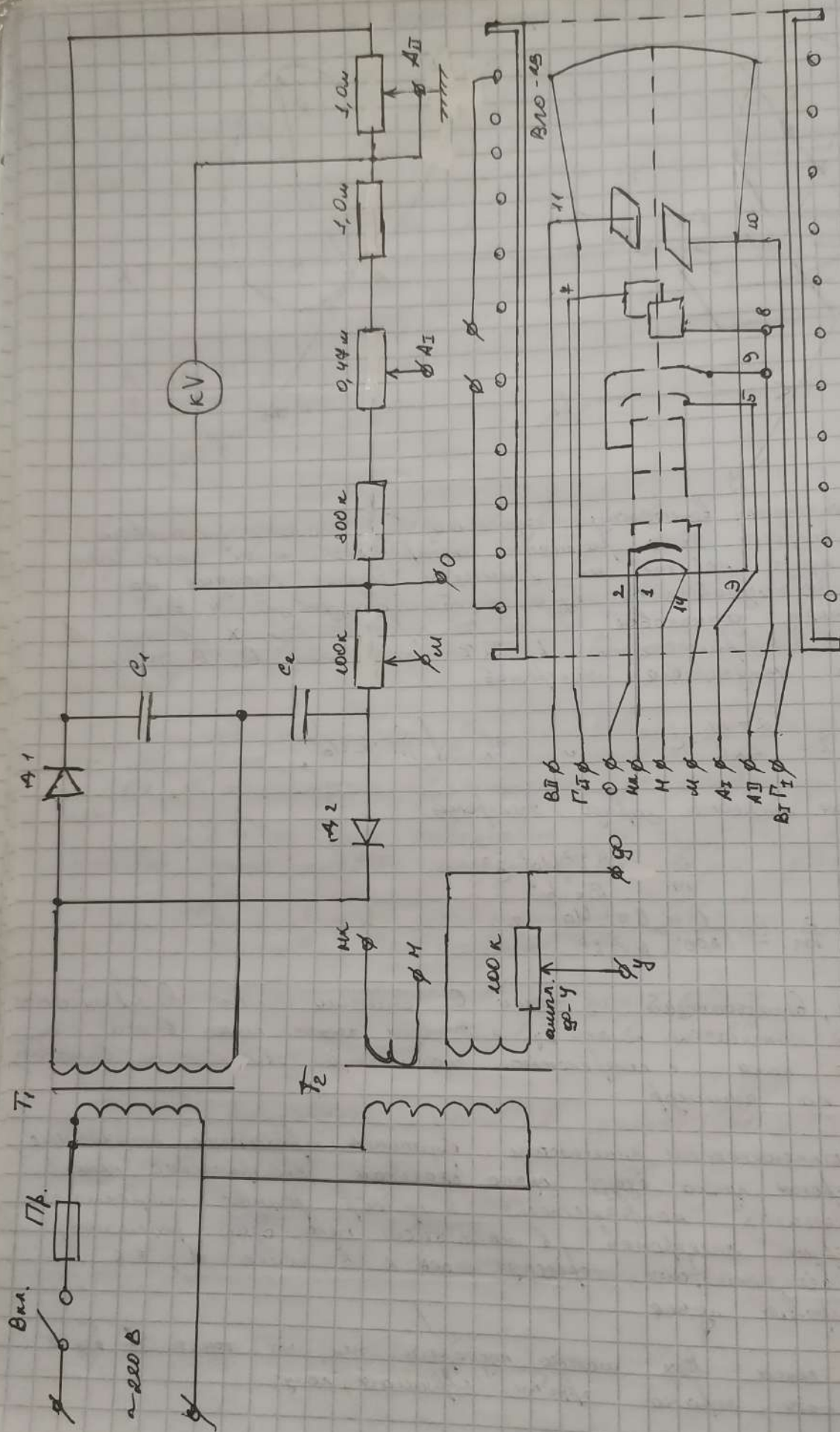
$$\text{В СГС:} \quad \frac{e}{m} = \frac{1}{(800)^2} \frac{8\pi^2 U_a}{B_x^2 h^2} c^2$$

Электрон, вылетающий из точки  $O$ , вынужден летит в электрическом и магнитном полях  $E_y$  и  $B_x$ , и только после вылета из электрического поля с поперечной скоростью  $v$  движется по винтовой линии, намотанной на цилиндр.

Если к отклоняющим магнетам приложить переменное напряжение, то разные электроны будут проходить электрическое поле при разных значениях напряженности и приобретать разные поперечные скорости. Траектории электронов в магнитном поле будут разными, но, поскольку все электроны пересекут ось  $x$  в точке  $A$ , т.е. произойдет фокусировка пучка.

Величину поля  $B_x$  можно подобрать так, что точка  $A$  будет совпадать в плоскости экрана с трубкой.





Рисунки 5

АТ =

Если  
только  
высоко  
электр  
сбор

ок вое

С

соедин  
дешев  
возде  
мощн  
желез  
напряж  
Руч  
→ Руч

двоко  
мощн  
ндр

к

к

ампл

220  
сете



$$\Delta T = \frac{(U_a - 0,255) \cdot (-1)}{0,0041 \cdot 0,255} \rightarrow 1044,13 (U_a - 0,255) = \Delta U$$

Если продолжить дальнейшее постепенное увеличение помех Вх, то ток на экране внезапно разинвется, а затем образование вихря совершается в точку. Это происходит при токах помех, когда электрон за время пролета от точки 0 до экрана совершит два оборота. Таким образом получим вторую фокусировку.

Магнитное поле Вх создается током, текущим в катушке, охватывающей трубку. Вычисляется по формуле:

$$B_x = 0,4 \pi N_0 I$$

$N_0$  - число витков на сантиметр длины катушки  
 $I$  - сила тока  
 $B_x$  - магнитное поле в гауссах.

## II. Описание установки

Принципиальная схема установки приведена на рис. 5. Она состоит из трубки «Блэк» питания, включающего выпрямитель и генератор напряжения. Соединяя, охватывающую трубку, служит для возбуждения магнитного поля вращающейся сел. Трубка из смеси трансформатора 72 имеет накалку трубки, а вторая обмотка с накалкой имеет анод 45 вихря служит для подачи переменного напряжения на отклоняющие пластинки трубки.

Ручка потенциометра выведена на переднюю панель →  
 → АМПА ФУ

Выпрямитель для питания ЭЛБ собран по схеме с двоякодействующим напряжением, который достаточно широко применим для питания высоковольтной аппаратуры. К выходу выпрямителя подключен одноступенчатый генератор напряжения.

Каждой трубки, подпочасого к замещению "0", а модулятор - к замещению "II" - регулируется яркость пятна на экране трубки.

К замещению "AI" и "AII" подл. способ первый и второй аноды трубки.

"АНОД I" - изм. потенциал на I-ом аноде.  
 "АНОД II" - изм. потенциал на II-ом аноде. ~ мощность излучения сп-тб вихря электронов.

Питаются установка от сети переменного тока с напряжением 220 В. На передней панели имеется тумблер, включающий сетевое напряжение.



Задания:  
(расчет величин)

- ① Измерение удельного заряда электрона методом отклонения луча земной магнитной силой:

Таблица:

$U_0$ анода, В	$\alpha$ , град.	$R$ , см	$e/m$
1250	+90	0,4	$4,031 \cdot 10^{14}$
	-90	0,4	$4,031 \cdot 10^{14}$
1450	+90	0,5	$5,0224 \cdot 10^{14}$
	-90	0,5	$5,0224 \cdot 10^{14}$

Класс лампы (К.Т.) - 2,5

Вся шкала - 2500 В.

$\Delta K = 0,1$  см

$B_3 = \frac{B_{\text{изм}}}{2}$

$h_1$  - расстояние от вольфрамового анода до экрана.

$h_1 = 16,3$  см.

$$\rightarrow \boxed{\frac{e}{m} = \frac{1}{300} \cdot \frac{8 \kappa^2 U_0}{B_3^2 h_1^2} \cdot c^2}$$

1)  $\Delta U_0 = 0,025 \cdot 2500 \text{ В} = 62,5 \text{ В}.$

$\delta U = \frac{\Delta U}{U_0} \rightarrow \delta U_1 = \frac{62,5}{1250} \approx 0,05$

$\delta \left( \frac{e}{m} \right) = \delta K + \delta K + \delta U_0 = 2\delta K + \delta U_0$

$\delta K = \frac{\Delta K}{K} \rightarrow \delta K_1 = \delta K_2 = \frac{0,1 \text{ см}}{0,4 \text{ см}} \approx 0,1429$

$\rightarrow \delta \left( \frac{e}{m} \right)_1 = 2 \cdot 0,1429 + 0,05 = 0,3358$

2)  $\delta U_2 = \frac{62,5}{1450} \approx 0,0354$

$\delta K_1 = \delta K_2 = \frac{0,1}{0,5} = 0,2$

$\rightarrow \delta \left( \frac{e}{m} \right)_2 = 2 \cdot 0,2 + 0,0354 = 0,4354$

$\delta \left( \frac{e}{m} \right)_{\text{ср}} = \frac{\delta \left( \frac{e}{m} \right)_1 + \delta \left( \frac{e}{m} \right)_2}{2} \approx 0,38575$

$\Delta \left( \frac{e}{m} \right) = \delta \left( \frac{e}{m} \right)_{\text{ср}} \cdot \left( \frac{e}{m} \right) = 2,4122 \cdot 10^{14} \frac{\text{см}^{\frac{3}{2}}}{2^{\frac{1}{2}} \cdot \text{с}}$

$\left( \frac{e}{m} \right) = (6,0264 \pm 2,4122) \cdot 10^{14} \frac{\text{см}^{\frac{3}{2}}}{2^{\frac{1}{2}} \cdot \text{с}}$

$\Delta T =$

② Излучение

Плотность

Зор

Вел

Класс

Вел

Класс

Вел

У.

по

1) 2

$\left( \frac{e}{m} \right)_{\text{ср}} = 6,0264 \cdot 10^{14} \frac{\text{см}^{\frac{3}{2}}}{2^{\frac{1}{2}} \cdot \text{с}}$



$$\Delta T = \frac{(\frac{U}{U_R} - 0,255) (1 + 0,0043 \cdot 10^{-4})}{0,0043 \cdot 0,255} \rightarrow 1044,13 (\frac{U}{U_R} - 0,255) = \Delta T$$

2) Измерение удельного заряда электрона методом фокусировки пучка продолжением магнитным полем соленидоид:

Пластины	$U_0$ анора, В	$I_{\phi 1}$ делен	$I_{\phi 2}$ делен	$I_{\phi}$ А	$B_x = 0,4 \pi n_0 I_{\phi}$	$h$ , см	$e/m$
Горизонт.	1250	24	24	0,54	54,00 ±	12,8	$5,5544 \cdot 10^{17}$
	1450	32	32	0,84	64,55 ±	12,8	$5,5389 \cdot 10^{17}$
Вертик.	1250	32	32	0,84	64,55 ±	10,8	$5,5543 \cdot 10^{17}$
	1450	36	36	0,72	78,00 ±	10,8	$6,1441 \cdot 10^{17}$

класс точности вольтметра - 2,5

век шкалы - 2500 В

класс точности амперметра - 1.

век шкалы - 1,5 А

ц.г. амперметра = 0,02 А

$n_0 = 84 \frac{\text{вит}}{\text{см}}$

$$\left\{ \frac{e}{m} = \frac{1}{300} \cdot \frac{8 \pi^2 U_0}{B_x^2 h^2} \cdot c^2 \right\}$$

1) Горизонтальные:

$$\Delta B_{x1} = \Delta I_{\phi} = \frac{\Delta I_{\phi}}{I_{\phi 1}} = \frac{0,01 \cdot 1,5 \text{ А}}{0,54 \text{ А}} \approx 0,0278$$

$$\Delta B_{x2} = \frac{\Delta I_{\phi}}{I_{\phi 2}} = \frac{0,01 \cdot 1,5 \text{ А}}{0,84 \text{ А}} \approx 0,0234$$

$$\Delta \left( \frac{e}{m} \right) = \Delta U_0 + 2 \Delta B_x$$

$$\Delta U_1 = \frac{0,025 \cdot 2500}{1250} \approx 0,05$$

$$\Delta U_2 \approx 0,0354$$

$$\Delta \left( \frac{e}{m} \right)_1 = \Delta U_1 + 2 \Delta B_{x1} = 0,1056$$

$$\Delta \left( \frac{e}{m} \right)_2 = \Delta U_2 + 2 \Delta B_{x2} = 0,0825$$

$$\Rightarrow \Delta \left( \frac{e}{m} \right) = \Delta \left( \frac{e}{m} \right)_{\text{ср}} \cdot \left( \frac{e}{m} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta \left( \frac{e}{m} \right)_1 = \left( \frac{e}{m} \right)_1 \cdot \Delta \left( \frac{e}{m} \right)_{\text{ср}} \approx 0,5224 \cdot 10^{17} \frac{\text{ау}}{2^{\frac{1}{2}} \cdot c}$$

$$\Delta \left( \frac{e}{m} \right)_2 \approx 0,5204 \cdot 10^{17} \frac{\text{ау}}{2^{\frac{1}{2}} \cdot c}$$

$$\Delta \left( \frac{e}{m} \right)_{\text{ср}} = 0,52155 \cdot 10^{17} \frac{\text{ау}}{2^{\frac{1}{2}} \cdot c}$$

$$\left( \frac{e}{m} \right)_{\text{ср}} = \frac{\left( \frac{e}{m} \right)_1 + \left( \frac{e}{m} \right)_2}{2} = 5,54515 \cdot 10^{17} \frac{\text{ау}}{2^{\frac{1}{2}} \cdot c}$$

$$\Rightarrow \left( \frac{e}{m} \right) = \left( 5,5452 \cdot 10^{17} \pm 0,52155 \cdot 10^{17} \right) \frac{\text{ау}}{2^{\frac{1}{2}} \cdot c} =$$

$$= (5,5452 \pm 0,5216) \cdot 10^{17} \frac{\text{ау}}{2^{\frac{1}{2}} \cdot c}$$



2) Вертикальные (аномалии):

$$\delta B_{x1} = \delta I_{\varphi} = \frac{\Delta I_{\varphi}}{I_{\varphi 1}} \approx 0,0234$$

$$\delta B_{x2} = \frac{\Delta I_{\varphi}}{I_{\varphi 2}} \approx 0,0208$$

$$\delta \left( \frac{e}{m} \right) = \delta U_{\alpha} + 2\delta B_x$$

$$\delta U_1 = \frac{0,025 \cdot 2500}{1250} \approx 0,05$$

$$\delta U_2 = \frac{0,025 \cdot 2500}{1250} \approx 0,0254$$

$$\delta \left( \frac{e}{m} \right)_1 = \delta U_1 + 2\delta B_{x1} = 0,0968$$

$$\delta \left( \frac{e}{m} \right)_2 = \delta U_2 + 2\delta B_{x2} = 0,0473$$

$$\delta \left( \frac{e}{m} \right)_{\text{ср.}} \approx 0,08405$$

$$\Delta \left( \frac{e}{m} \right) = \delta \left( \frac{e}{m} \right)_{\text{ср.}} \cdot \left( \frac{e}{m} \right)$$

$$\Delta \left( \frac{e}{m} \right)_1 = 0,4835 \cdot 10^{17} \frac{\text{см}^{\frac{3}{2}}}{\text{с} \cdot 2^{\frac{1}{2}}}$$

$$\Delta \left( \frac{e}{m} \right)_2 = 0,5348 \cdot 10^{17} \frac{\text{см}^{\frac{3}{2}}}{\text{с} \cdot 2^{\frac{1}{2}}}$$

$$\Delta \left( \frac{e}{m} \right)_{\text{ср.}} \approx 0,5092 \cdot 10^{17} \frac{\text{см}^{\frac{3}{2}}}{\text{с} \cdot 2^{\frac{1}{2}}}$$

$$\left( \frac{e}{m} \right)_{\text{ср.}} = 5,8492 \cdot 10^{17} \frac{\text{см}^{\frac{3}{2}}}{\text{с} \cdot 2^{\frac{1}{2}}}$$

$$\Rightarrow \delta \left( \frac{e}{m} \right) = \left( 5,8492 \cdot 10^{17} \pm 0,5092 \cdot 10^{17} \right) \frac{\text{см}^{\frac{3}{2}}}{\text{с} \cdot 2^{\frac{1}{2}}} =$$

$$= (5,8492 \pm 0,5092) \cdot 10^{17} \frac{\text{см}^{\frac{3}{2}}}{\text{с} \cdot 2^{\frac{1}{2}}}$$

Вывод: 1) Определили удельный заряд электрона (в СИ) методом отклонения электронного луча в известном полем. (а, измерено исп. метр. 2-го типа Земли.)

$$\rightarrow \left( \frac{e}{m} \right) = (6,0264 \pm 2,4122) \cdot 10^{17} \frac{\text{см}^{\frac{3}{2}}}{\text{с} \cdot 2^{\frac{1}{2}}}$$

~ большая погрешность (мелкое точное метр.)

2) Определили удельный заряд электрона методом фокусировки луча. произвольным магнитным полем (соединяя)

$$\rightarrow \left( \frac{e}{m} \right) = (5,5452 \pm 0,5216) \cdot 10^{17} \frac{\text{см}^{\frac{3}{2}}}{\text{с} \cdot 2^{\frac{1}{2}}}$$

~ горизонт. м.

$$\rightarrow \left( \frac{e}{m} \right) = (5,8492 \pm 0,5092) \cdot 10^{17} \frac{\text{см}^{\frac{3}{2}}}{\text{с} \cdot 2^{\frac{1}{2}}}$$

~ верт. м.

~ погрешность меньше (более точный метр.)



$$\Delta T = \frac{\left(\frac{u}{u_R} - 0,255\right) (1 + 0,0043 \cdot 80)}{0,0043 \cdot 0,255} \rightarrow 1044,13 \left(\frac{u}{u_R} - 0,255\right) = \Delta T ?$$

3) Размерность  $\left(\frac{e}{m}\right)$  в сес  $\rightarrow \frac{a_4 \frac{3}{2}}{2^{\frac{3}{2}} \cdot c}$

6. 17. 2020

МММ