

Physique

Chimie - Biologie

Technique



LEYBOLD DIDACTIC GMBH

5/94-Sf-

Mode d'emploi Instrucciones de Servicio

555 12

Tube pour la déviation d'un faisceau électronique

Tubo para demostrar la desviación del haz de electrones

Le tube pour la déviation d'un faisceau électronique permet de réaliser des recherches sur le comportement de rayons cathodiques dans des champs électriques et magnétiques. Les expériences avec déviation électrostatique ou magnétique des électrons donnent des valeurs qui correspondent à l'ordre de grandeur de la charge spécifique de l'électron e/m et de la vitesse des électrons v .

La déviation électrostatique se fait à l'aide de deux plaques de condensateur incorporées dans le tube. C'est le champ magnétique (presque) homogène de la paire de bobines de Helmholtz (555 06) qui sert à la déviation magnétique.

Este tubo (555 12) permite realizar estudios sobre el comportamiento de los rayos catódicos en un campo eléctrico y magnético. En los experimentos con desviación electrostática y electromagnética se obtienen valores que corresponden al orden de magnitud de e/m y la velocidad de los electrones v , respectivamente.

La desviación electrostática de los rayos catódicos se efectúa con ayuda de dos placas de condensador incorporadas en el tubo. La desviación magnética se realiza a través de un campo magnético (casi) homogéneo producido por un par de bobinas de Helmholtz (555 06).

1 Remarques de sécurité

- Couvrir les fiches (a_2) et (b_1) - cf. fig. 1 - par des douilles de raccordement (501 64) afin qu'elles soient protégées contre les contacts accidentels.
- Ne pas élever la tension de chauffage au-dessus de 6,5 V (risque d'endommager la spirale chauffante).
- Ne pas bouger le tube quand le filament est incandescent.
- Eviter de fortes charges mécaniques des chapes en matière plastique collées à la paroi du tube, par pression, traction ou choc.
- Ne connecter aux fiches du tube qu'un câble; en effet, plusieurs fiches superposées provoqueraient une charge mécanique inadmissible.
- Pour les expériences 3.2.1, utiliser une source de tension de chauffage d'une rigidité diélectrique assez grande pour la haute tension!

2 Caractéristiques techniques; description

Cathode en tungstène chauffée directement;	
tension de chauffage U_F	6 V \approx
courant de chauffage I_F	env. 1,35 A
tension anodique U_A	1 à 5 kV-
distance entre les plaques de condensateur	env. 5,4 cm
diamètre de l'ampoule de verre	env. 13 cm
longueur totale du tube	env. 30 cm

1 Instrucciones de seguridad

- Cubrir a prueba de contacto, las clavijas de enchufe (a_2) y (b_1) mediante los acoplamientos (501 641) (alta tensión)
- ¡La tensión de filamento no puede sobrepasar los 6,5 V! (Se puede dañar el filamento)
- ¡No mover el tubo estando el filamento incandescente!
- ¡Evitar fuertes cargas mecánicas, presión, tirones y golpes de las cubiertas plásticas pegadas a la pared del tubo!
- Generalmente, las clavijas de enchufe del tubo se cablearán solamente mediante un cable para experimentos, debido a que varios enchufes conectados uno sobre otro resultaría en una carga mecánica inadmissible.
- Para los experimentos 3.2.1 emplear una fuente de tensión de calentamiento a prueba de alta tensión.

2 Datos técnicos; descripción

Cátodo de wolframio calentado directamente;	
Tensión de filamento U_f	6 V \approx
Corriente de filamento I_f	aprox. 1,35 A
Tensión anódica U_A	1 hasta 5 kV-
Distancia entre las placas del condensador	aprox. 5,4 cm
Diámetro del bulbo	aprox. 13 cm
Longitud total del tubo	aprox. 30 cm

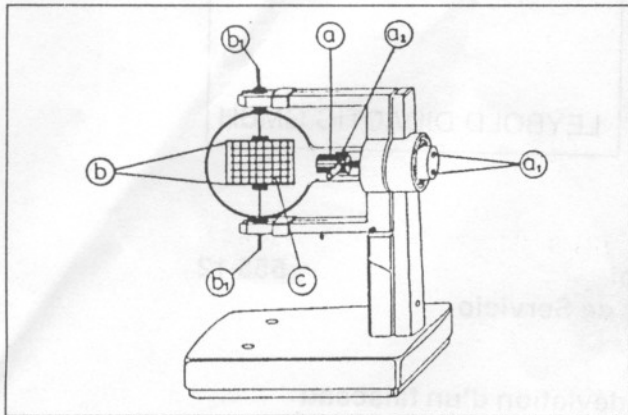


Fig. 1
 Tube pour la déviation d'un faisceau électronique (555 12)
 monté sur le support pour expériences (555 05)
 Tubo para demostrar la desviación del haz de electrones
 (555 12) en soporte de experimentación (555 05)

Eléments de fonctionnement (fig. 1):

- (a) canon à électrons composé d'une cathode incandescente en tungstène chauffée directement
- (a₁) paire de douilles connectées à la cathode incandescente
- (a₂) fiche connectée à l'anode
- (b) plaques de condensateur pour la déviation électrostatique
- (b₁) fiches connectées aux plaques de condensateur
- (c) écran fluorescent avec quadrillage centimétrique

3 Fonctionnement

3.1 Matériel nécessaire

Tension de chauffage: 6 V; 1,5 A, par ex. prélevée du transformateur 6 V, 12 V 562 73
 ou
 d'une source de haute tension d'une rigidité diélectrique assez grande, par ex. transformateur d'expériences composé de bobine de 500 spires pour tension secteur de 220 V 562 21
 bobine de 50 spires 562 18
 noyau en U avec joug et dispositif de fixation 562 11/12

Remarque:

Lors de l'expérience 3.1.2 une source de tension de chauffage d'une rigidité diélectrique assez grande pour la haute tension est nécessaire. (Potentiel cathodique de 1 à 5 kV par rapport à la terre.)

Tension anodique:

1 à 5 kV-; 2 mA; filtrée réglable en continu, par ex. prélevée de l'alimentation haute tension, 10 kV 522 37

Tension pour les plaques de condensateur:

1 à 5 kV-; filtrée réglable, par ex. prélevée de l'alimentation haute tension 522 37

Tension pour la paire de bobines de Helmholtz (555 06):

0 à 10 V c.c.; 1 A; filtrée, réglable en continu par ex. prélevée de l'alimentation stabilisée, 0 à ± 15 V, 1,2 A 522 30

3.2 Exemples d'expérience

3.2.1 Déviation électrostatique

Un électron passant le champ électrique (homogène) d'un condensateur à plaques (tension du condensateur U_p , distance des plaques d) avec la vitesse v se meut sur une trajectoire parabolique (cf. fig. 2)

Elementos (fig. 1):

- (a) Cañón de electrones consistente en un cátodo de wolframio calentado directamente y un ánodo cilíndrico
- (a₁) Par de hembrillas, unido directamente al cátodo incandescente
- (a₂) Clavija de enchufe, unida al ánodo
- (b) Placas de condensador para desviación electrostática
- (b₁) Clavija de enchufe, unida con las placas del condensador
- (c) Pantalla fluorescente con trama dividida en cm

3 Manejo

3.1 Equipo requerido

Tensión de filamento: 6 V; 1,5 A, por ej. transformador 6 V, 12 V 562 73
 ó
 fuente de tensión a prueba de alta tensión, por ej.: transformador de experimentación compuesto de: bobina de red de 500 espiras 562 21
 bobina de baja tensión de 50 espiras 562 18
 núcleo en U con yugo y dispositivo de sujeción 562 11/12

Importante!

Para el experimento 3.2.1 es necesaria una fuente, para la tensión de filamento, a prueba de alta tensión (potencial del cátodo: 1 hasta 5 kV, a tierra)

Tensión anódica:

1 a 5 kV-; 2 mA; filtrada, de regulación continua, por ej.: fuente de alimentación de alta tensión, 10 kV 522 37

Tensión para las placas del condensador:

1 a 5 kV-; filtrada; de regulación continua, por ej.: fuente de alimentación de alta tensión 522 37

Tensión para el par de bobinas de Helmholtz (555 06):

0 a 10 V-; 1 A, filtrada, de regulación continua, por ej.: fuente de alimentación estabilizada de 0 a ± 15 V, 1,2 A 522 30

3.2 Ejemplos de experimentos

3.2.1 Desviación electrostática

Un electrón que pasa con la velocidad v a través de un campo eléctrico (homogéneo) de un condensador de placas (tensión del condensador: U_p , distancia entre las placas: d) se mueve sobre una trayectoria parabólica (véase fig. 2)

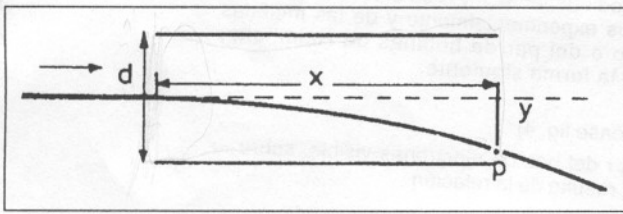


Fig. 2

$$y = \frac{1}{2} \frac{e}{m} \frac{E}{v^2} x^2 \text{ avec } E = \frac{U_p}{d} \quad (I)''$$

$$y = \frac{1}{2} \frac{e}{m} \frac{E}{v^2} x^2 \text{ con } E = \frac{U_p}{d} \quad (I)$$

Etant donné que

De esto se deduce que:

$$v^2 = 2 \frac{e}{m} U_A \quad (U_A = \text{tension anodique})$$

$$v^2 = 2 \frac{e}{m} U_A \quad (U_A = \text{tensión anódica})$$

il résulte

$$y = \frac{x^2}{4d} \frac{U_p}{U_A} \quad (II)$$

- A l'aide d'un montage expérimental suivant la fig. 3 on peut
1. confirmer (approximativement) la relation (II). Pour ce faire, on représente graphiquement des couples de valeurs x et y allant ensemble avec x^2 comme abscisse et y comme ordonnée, puis on confirme la proportionnalité (II).
 2. déterminer v de (I) lorsque x et y sont déterminés expérimentalement et $\frac{e}{m}$ est supposé connu.

- Con una disposición experimental según la fig. 3 puede
1. confirmarse (aproximadamente) la relación (II). A este efecto, se representan gráficamente los pares de valores correspondientes de x y de y con x^2 como abscisa y y como coordenada y se confirma la proporcionalidad $y \sim x^2$ (II).
 2. determinar v a base (I), si x e y se obtienen de forma experimental; la relación $\frac{e}{m}$ se supone conocida.

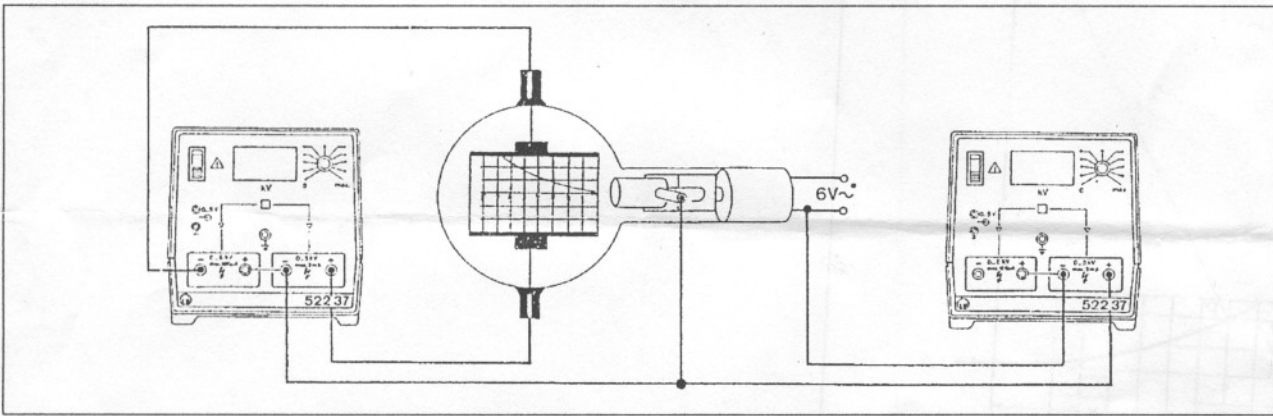


Fig. 3

3.2.2 Déviation électro-magnétique; exemple de mesure pour la détermination de e/m et de v

Un électron de masse m et de charge e se mouvant perpendiculairement à un champ magnétique $\mu_0 H$ subit une force centripète $\mu_0 H e v$ le forçant dans une trajectoire circulaire. Cette force centripète est équilibrée par la force centrifuge $(mv^2)/r$

$$\mu_0 H e v = \frac{mv^2}{r} \quad (I)$$

v caractérise la vitesse de l'électron et r est le rayon de courbure.

Pour la vitesse v des électrons déterminée par la tension anodique U_A vaut:

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

Pour la charge massique "Formel" de l'électron il s'ensuit de (I) et (II)

$$\frac{e}{m} = \frac{2 U_A}{(\mu_0 H r)^2} \quad (III)''$$

3.2.2 Desviación electromagnética; ejemplo de medida para determinar e/m y v

Un electrón de masa m y carga e , que se mueve perpendicularmente a un campo magnético $\mu_0 H$, experimenta una fuerza centrípeta $\mu_0 H e v$, la cual le impone una trayectoria circular. Esta fuerza centrípeta está equilibrada por la fuerza centrífuga $(mv^2)/r$

$$\mu_0 H e v = \frac{mv^2}{r} \quad (I)$$

siendo v la velocidad del electrón y r el radio de curvatura.

Para la velocidad v de los electrones determinada por la tensión anódica U_A , es válido:

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

De (I) y (II) se obtiene la carga específica del electrón:

$$\frac{e}{m} = \frac{2 U_A}{(\mu_0 H r)^2} \quad (III)$$

U_A peut être mesuré directement, r et H sont déterminés de la façon suivante à partir des données issues de l'expérience et des dimensions géométriques du tube ou de la paire de bobines de Helmholtz:

Détermination de r (voir la fig. 4)

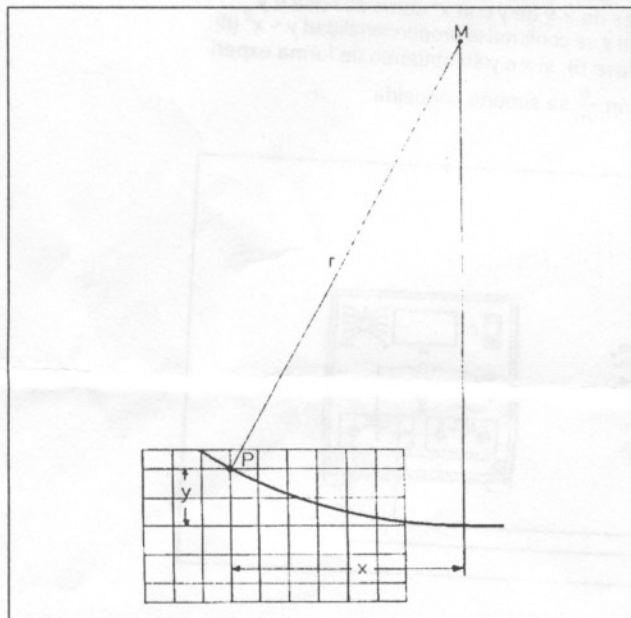
Le rayon de courbure r du faisceau électronique visible sur l'écran fluorescent résulte de la relation qui peut être prélevée de la figure 4

$$r^2 = x^2 + (r - y)^2.$$

Il s'ensuit

$$y = \frac{x^2 + y^2}{2r} \quad (\text{IIIa})$$

pour une détermination par calcul de r . On représente graphiquement des couples de valeurs x et y (voir fig. 4) avec $x^2 + y^2$ comme abscisse et y comme ordonnée et détermine la constante de proportionnalité "Formel" de la droite s'approchant des points.



U_A puede medirse inmediatamente, r y H se determinan a base de los datos obtenidos experimentalmente y de las medidas geométricas del tubo o del par de bobinas de Helmholtz, respectivamente, de la forma siguiente:

Determinación de r (véase fig. 4)

El radio de curvatura r del haz de electrones visible, sobre la pantalla fluorescente, resulta de la relación

$$r^2 = x^2 + (r - y)^2.$$

De esto se deduce que:

$$y = \frac{x^2 + y^2}{2r} \quad (\text{IIIa})$$

para un cálculo de r . Se representan, gráficamente, los pares de valores x e y , tomando como abscisa $x^2 + y^2$ y como ordenada y , determinándose el factor de proporcionalidad $1/2r$ a partir de la recta que se aproxima a los puntos.

Fig. 4

Détermination de $B = \mu_0 \cdot H$

Selon la loi de Biot-Savart, on a pour le champ H du champ magnétique (presque) homogène de la paire de bobines de Helmholtz:

$$H = \frac{n R^2 I}{(R^2 + a^2)^{3/2}} \quad (\text{IIIb})$$

- n = nombre de spires par bobine;
- R = rayon de la bobine;
- a = demi distance des bobines moyenne;
- I = courant par bobine.

Pour la paire de bobines de Helmholtz disponibles ici, il s'ensuit avec

- $n = 320$ (indiqué)
- $R = 6,8$ cm (mesuré) et
- $a = 3,4$ cm (mesuré)

pour l'intensité de champ $H = 33,8 \cdot 10^2 \text{ m}^{-1} \cdot I$

Determinación de $B = \mu_0 \cdot H$

Basándose en la ley de Biot-Savart, para la intensidad del campo H del campo magnético (casi) homogéneo del par de bobinas Helmholtz se obtiene:

$$H = \frac{n R^2 I}{(R^2 + a^2)^{3/2}} \quad (\text{IIIb})$$

- n = número de espiras por bobina;
- R = radio de la bobina;
- a = mitad de la distancia media entre las bobinas;
- I = intensidad de corriente por bobina.

Para el par de bobinas de Helmholtz disponibles en el presente caso resulta con

- $n = 320$ (indicado)
- $R = 6,8$ cm (medido) y
- $a = 3,4$ cm (medido)

para la intensidad de campo $H = 33,8 \cdot 10^2 \text{ m}^{-1} \cdot I$

Faire le montage selon la fig. 5;
connecter les bobines en série de façon à ce qu'elles soient
traversées par le courant dans la même direction.

El montaje se efectúa según la fig. 5;
conectar las bobinas en serie de modo que la dirección de flujo
de la corriente sea igual en ambas bobinas.

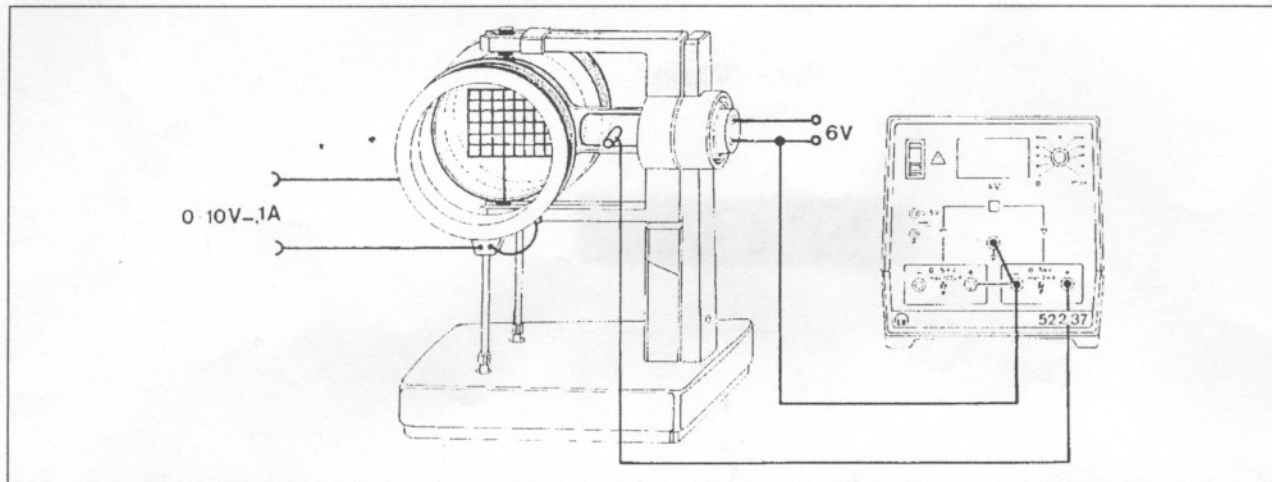


Fig. 5

Exemple de mesure

$$\frac{e}{m} = \frac{2 U_A}{(\mu_0 H r)^2}$$

tension anodique $U_A = 4000$ V

courant de bobine $I = 0,31$ A

champ magnétique

$$H = 33,8 \cdot 10^2 \cdot 0,31 \text{ Am}^{-1} = 10,5 \cdot 10^2 \text{ Am}^{-1}$$

Détermination graphique de r selon (IIIa) à partir de plusieurs
couples de valeurs x, y (voir fig. 6 et tableau 1))

$$y = \frac{1}{2r} [x^2 + y^2]$$

x	cm	4	5	6	7	8
y	cm	0,4	0,7	1,0	1,4	1,8
$x^2 + y^2$	cm ²	16,2	25,5	37,0	51,0	67,2
$\text{tg } \alpha = \frac{1}{2r}$	$\frac{1}{\text{cm}}$	0,028 (prélevé du diagramme 6)				
r	cm	17,9				

Ejemplo de una medición:

$$\frac{e}{m} = \frac{2 U_A}{(\mu_0 H r)^2}$$

Tensión anódica $U_A = 4000$ V

Corriente de bobinas $I = 0,31$ A

Intensidad del campo magnético

$$H = 33,8 \cdot 10^2 \cdot 0,31 \text{ Am}^{-1} = 10,5 \cdot 10^2 \text{ Am}^{-1}$$

Determinación gráfica de r según (IIIa) a partir de varios pares
de valores x, y (véase fig. 6 y tabla 1)

$$y = \frac{1}{2r} [x^2 + y^2]$$

x	cm	4	5	6	7	8
y	cm	0,4	0,7	1,0	1,4	1,8
$x^2 + y^2$	cm ²	16,2	25,5	37,0	51,0	67,2
$\text{tg } \alpha = \frac{1}{2r}$	$\frac{1}{\text{cm}}$	0,028 (del diagrama 6)				
r	cm	17,9				

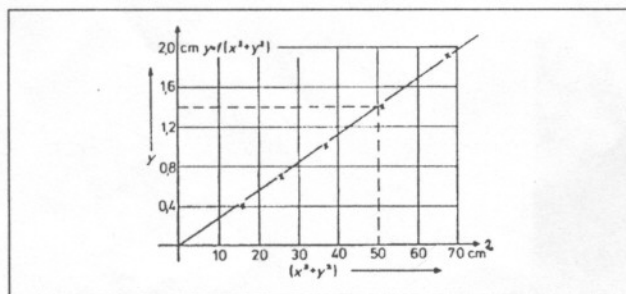


Fig. 6

Pour e/m il s'ensuit avec

$U_A = 4000$ V,

$H = 10,5 \cdot 10^2 \text{ Am}^{-1}$

$r = 0,179$ m,

$\mu_0 = 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ Vs A}^{-1} \text{ m}^{-1}$

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot 4000}{(1,25 \cdot 10^{-6} \cdot 10,5 \cdot 10^2 \cdot 0,179)^2} = 1,45 \cdot 10^{11} \text{ As kg}^{-1}$$

Para e/m resulta:

$U_A = 4000$ V,

$H = 10,5 \cdot 10^2 \text{ Am}^{-1}$,

$r = 0,179$ m,

$\mu_0 = 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ Vs A}^{-1} \text{ m}^{-1}$

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot 4000}{(1,25 \cdot 10^{-6} \cdot 10,5 \cdot 10^2 \cdot 0,179)^2} = 1,45 \cdot 10^{11} \text{ As kg}^{-1}$$