

**GRUPO CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS DE BAJO COSTO PARA
LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA- LAB. DE FÍSICA- UTN-REG CBA.**

EQUIPO COMPLEMENTARIO PARA DEMOSTRACIÓN DE EFECTO COMPTON

ALUMINIO

INFORME FINAL

trabajo de acuerdo con un modelo para construcción utilizado por la Fundación Nuffield del Reino unido, publicado en el libro #Ciencias Avanzadas Nuffield# Física- Ondas particulares y átomos-idad 10 del año 1975 - Ed Reverte.- La esencia del experimento fue reemplazar al agua como líquido dispersor por cilindros de aluminio convenientemente mecanizados y dimensionados como se detalla en el informe a continuación.-

La fabricación de estos elementos complementarios obedece a la necesidad de complementar las experiencias de radiación nuclear y de interacción átomos-fotones a ser utilizadas didácticamente para las cátedras de física tres correspondientes a las carreras de Ing, Electrónica y Eléctrica, que se cursan en esta casa de altos estudios.-

Se ha elegido construir dichos dispositivos dado que se cuenta en existencia por adquisición previa, en este laboratorio de los siguientes equipos ;

Sistema demostrativo de exp. de radiación Pasco SN-7954 con Contador analógico, tubo GM de 400 V, .-

Escalímetro digital (contador) Mod. Pasco SN-7961 con tubo GM de 900 V

Fuentes radiactivas de estudio alfa, beta y gamma Mod. Pasco SN-7972- aptas para exp, universitarias.-

Con ello se estimó posible el buen funcionamiento de la experiencia, se construyó el equipo complementario de acuerdo a esquemas adjuntos y se verificó el correcto funcionamiento tal como se sugiere en la bibliografía consultada para el caso de dispersores de Aluminio.

Se adjuntan fotografías de los equipos mencionados como así también de los elementos construidos y su dimensionamiento.-

GRUPO CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA DE BAJO COSTO .-

INSTRUCCIONES PARA LA DEMOSTRACIÓN DEL EFECTO COMPTON

Un juego de Billar fotoeléctrico

- Equipos necesarios ;
 - 1 escalímetro medidor de radiación gama , digital
 - 1 soporte para tubo GM
 - 1 tubo GM para radiación gamma
 - 1 fuentes de radiación gamma pura
 - 1 equipo complementario para demostración de efecto Compton
(dispersores de aluminio, discos de plomo, base para muestras
disco auxiliar de aluminio, etc, de acuerdo al set)

Detalles prácticos

El equipo experimental, descrito en gráficas adjuntas , utiliza el aluminio como

Dispersor de Compton y el plomo como bloqueador de radiación débil secundaria .-

Se utiliza el cilindro de plomo fundido con objeto de cubrir totalmente el extremo del contador en la primera parte de la experiencia . reduciendo todo lo posible el número de fotones que inciden sobre él , salvo los procedentes de la sustancia difusora. El extremo del diámetro reducido permite un mayor flujo de fotones sobre el material difusor que el que se obtendría con un tubo ordinario .-

La geometría buscada permite que el flujo de fotones difundidos que incide sobre el contador sea lo mayor posible independientemente del ángulo de difusión, en tanto que este ángulo sea sustancial . Para ello :(utilizar de ser necesario indistintamente ambos cilindros de aluminio, más el auxiliar, con los diferentes cilindros de plomo centrales).-

Al contador se podrá situar de forma que discrimine en favor de los fotones difundidos, dado que es insensible a los fotones que inciden lateralmente .

Se sitúa la fuente gamma , mirando hacia arriba en la cavidad para muestras de hierro fundido, (que es capaz de alojar varias unidades a fin de regular el flujo), con el aparato como se representa en gráficas adjuntas, el numero de fotones de rayos gamma que inciden en el tubo GM a través del cilindro, mas algún ruido de fondo, se cuenta durante un periodo de 5 minutos (se fija en el escalímetro con el timer).-(se puede ver que la posición uno del disco de plomo, abajo, no tiene mayores efectos sobre el conteo).-

Posteriormente colocado el difusor de aluminio, a veces es necesario el disco auxiliar de Al, se puede verificar que el conteo se incrementa, para la misma base de tiempo, optimizando la geometría se puede observar un incremento de hasta el 30 y 40%,se puede arguir ahora que los fotones supplementarios, difundidos,en función de la geometría del aparato, SE HAN DESVIADO UN ANGULO SUSTANCIAL.-

Los fotones difundidos tendrán en este caso,menor cantidad de movimiento, mayor longitud de onda, y menor energía.-por lo que atravesaran con mayor dificultad el disco de plomo superior.-

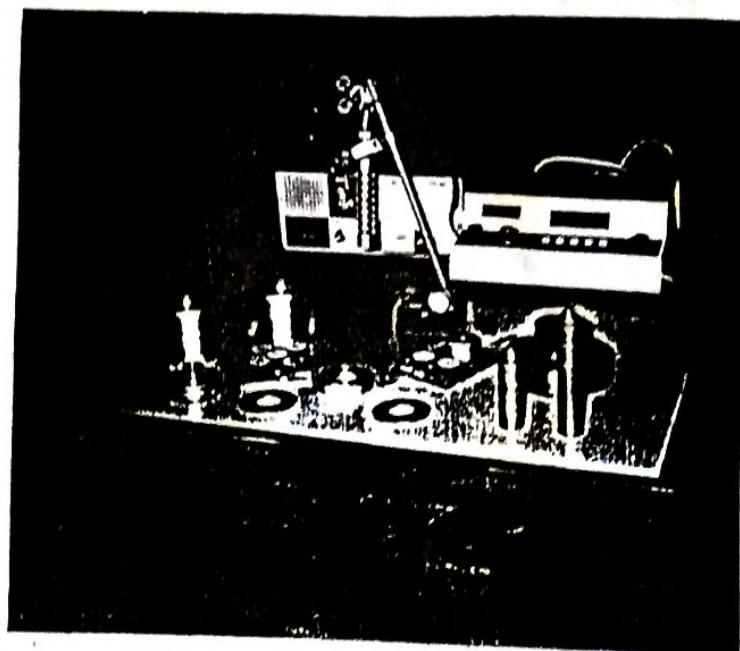
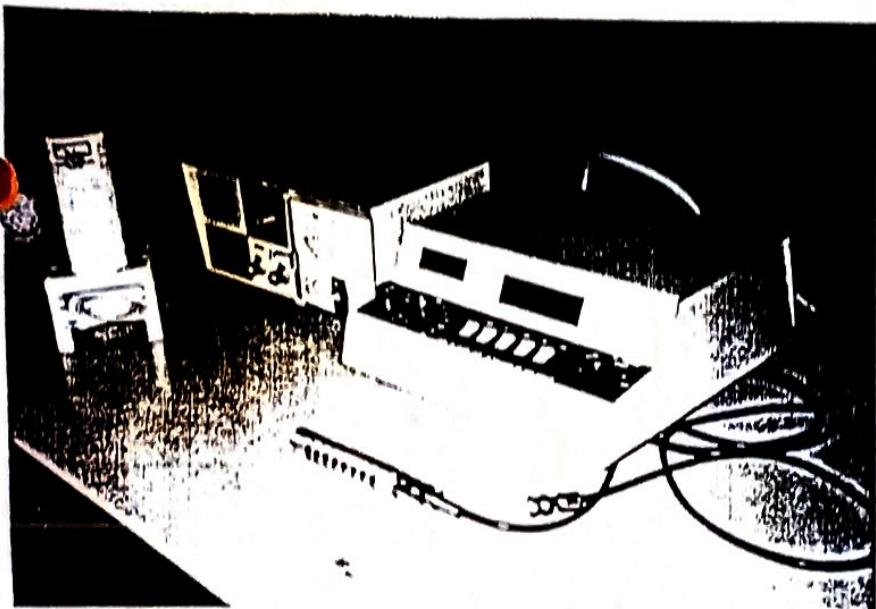
Lo cual se puede comprobar con un conteo final de otros cinco minutos que muestra que el número de fotones que ahora inciden sobre el contador a descendido a un valor diferente.-

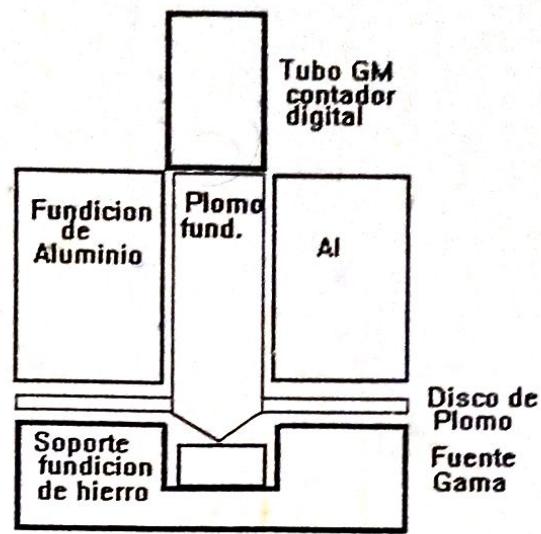
Los fotones difundidos no penetran, o lo hacen muy poco, en el plomo, aunque los fotones originales lo hacen fácilmente.-

GRUPO CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA DE
BAJO COSTO

fotografías correspondientes a los equipos utilizados y de elementos accesorios y complementarios construidos para realizar la experiencia.-

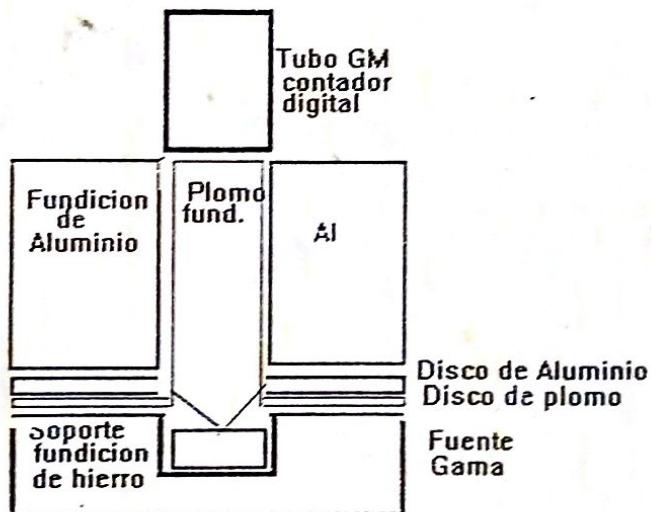
EFECTO COMPTON





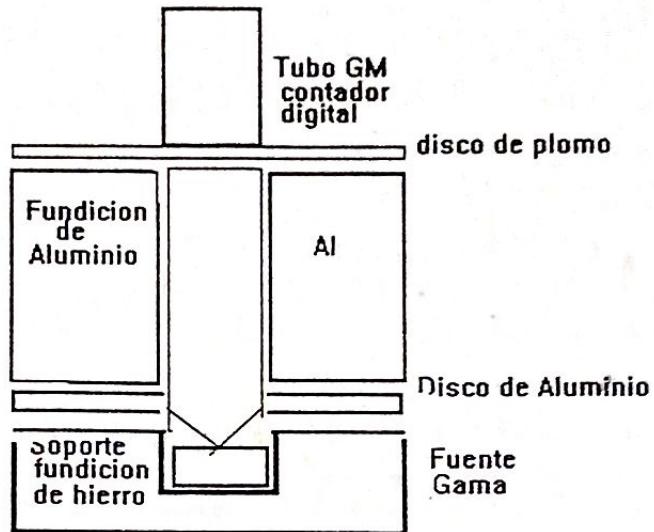
DEMOSTRACION DE EFECTO COMPTON

POSICION PRIMERA - CONTEO INICIAL

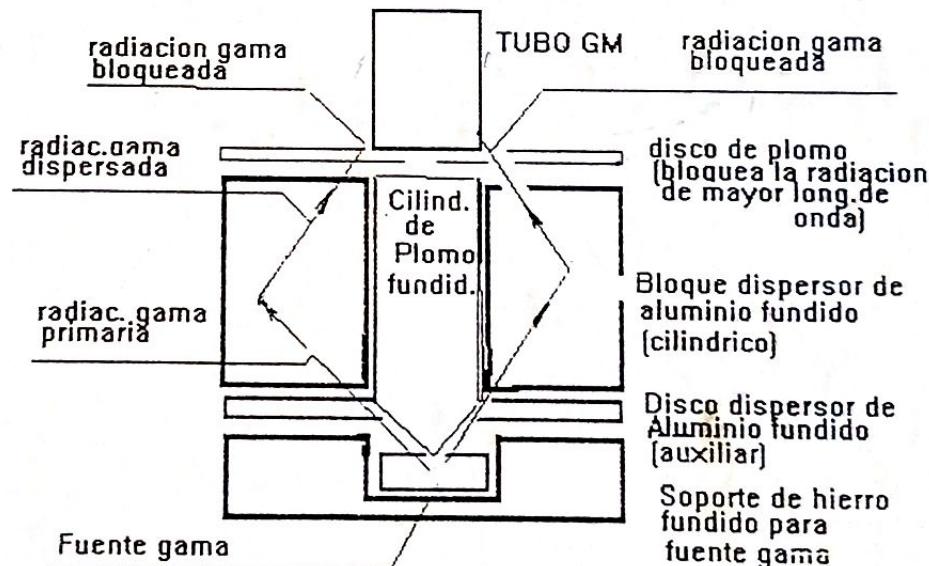


DEMOSTRACION DE EFECTO COMPTON

POSICION SEGUNDA - CONTEO INICIAL



DEMOSTRACION DE EFECTO COMPTON POSICION TERCERA- CONTEO FINAL



EFECTO COMPTON

MARCHA DE LA RADIACION GAMA PRIMARIA Y SECUNDARIA(DISPERSADA)

UNIDADES DE RADIOACTIVIDAD

Bq (Bequerel) 1 desintegración por segundo

Ci -1 Curie = 3.7×10^{10} Bq (actividad de 1 gramo de radio)

1 p Ci = 1×10^{-12} Ci

= 3.7×10^{-2} Bq = 2.22 desintegraciones por minuto

La mayoría de los balances radioactivos en la atmósfera se contabilizan en Curies.

UNIDADES DE IRRADIACIÓN

Gray (Gy) = Cesión de energía

= 1 Joule / Kg.

Los efectos sobre la materia viva dependen del tipo de radiación y del órgano irradiado
(factor de calidad de 1 a 20)

Se obtiene el Sievert (Sv)

1 dosis de Rayos X en una radiografía (persona), corresponden a 100 mRem.

UNIDADES MÁS PEQUEÑAS

1 Gy = 100 Rad.

1 micro Gy / H = 0.15 mR H

1 Sv = 100 Rem.

1 mR = 8.69 mGy / h

1 Roentgen (R) unidad de dosis de exposición.

Es la cantidad de radiación X o Gama necesaria para producir en 1 cm³ de aire en condiciones normales una cantidad de iones portadores de la unidad electroestática de carga de cada signo .

UNIDADES DOSIS EN BIOLOGÍA

1 rad (unidad de radiación absorbida) = 100 ergios por gramo.

1 rem (Roentgen equivalente en hombre) es la unidad de dosis de radiación absorbida en materia biológica.

1 rem = 1000 mrem = 1 rad x E.B.R. (Equivalencia biológica relativa)

1 mrem = 1.4 mR / h

1 mR = 0.877 mrem

LIMITES DE SEGURIDAD - CONVERSIÓN -

mRoentger/hora	MiliRem	Impulsos minuto	Ubicación
0.01	0.009	19 - 20	Cósmica en llanura
0.015	0.013	21 - 36	
0.02	0.017	37 - 40	
0.025	0.022	41 - 57	
0.03	0.026	58 - 60	
0.035	0.031	61 - 77	Cósmica en montaña (fuga natural)
0.04	0.035	78 - 80	
0.045	0.039	81 - 97	
0.05	0.044	98 - 100	
0.055	0.048	101 - 109	Aire con lluvias radioactivas polvillo
0.06	0.052	110 - 120	
0.065	0.057	121 - 129	
0.07	0.061	130 - 140	
0.075	0.065	141 - 149	Alimentos contaminados No consumir
0.08	0.070	150 - 160	
0.085	0.074	161 - 169	
0.09	0.079	170 - 180	
0.095	0.083	181 - 189	Límite aceptable para el aire
0.1	0.087	190 - 200	
0.15	0.13	201 - 300	
0.2	0.174	301 - 400	
0.25	0.217	401 - 500	Límite seguridad aire (no mas de 1 mes)
0.3	0.261	501 - 600	
0.35	0.304	601 - 700	
0.4	0.348	701 - 800	
0.45	0.391	801 - 900	Radiólogos (1 mes de 24 hs límite)
0.5	0.435	901 - 1000	
2 a 3	-	-	
9 a 10	-	-	Umbral de riesgo humano

Ec a la fuerza s'actúa sobre los polos en movimiento sobre una trayectoria curvilinear y que es dirigida hacia el centro de curvatura de la trayectoria.



FISICA III e/m-

DETERMINACIÓN DE LA CARGA ESPECÍFICA e/m DEL ELECTRÓN

Prácticas con aparato Tubo de haz fino sobre zócalo de conexión U8481420 e/m conjuntamente con par de bobinas de Helmholtz U8481500.

Fundamentos generales:

Sobre un electrón moviéndose con una velocidad v en dirección perpendicular a un campo magnético uniforme B actúa una fuerza que es perpendicular tanto a v como a B ; dicha fuerza es la de Lorentz y es perpendicular a la velocidad y al campo.

$$\mathbf{F} = e (\mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

Donde e : carga elemental
 \times corresponde al producto vectorial

Al ser la fuerza perpendicular a ambos vectores, obliga al electrón a adoptar una órbita circular con radio r . Al ser v y B perpendiculares, F tiene por módulo el valor:

$$F = e v B \quad (1)$$

Por otro lado, la fuerza centrípeta que actúa sobre un cuerpo de masa m que describe una circunferencia, viene dada, en módulo, por:

$$F = m v^2 / r \quad \text{Donde } m: \text{masa del electrón} \quad (2)$$

$r: \text{radio de la circunferencia descripta}$

Con estas

$$e B = m v / r \quad (3)$$

La velocidad v depende de la tensión de aceleración U del cañón de electrones, y viene dada por:

$$v = [2 (e/m) U]^{1/2}$$

$$\begin{aligned} e B &= \frac{m v}{r} \\ e B &= \frac{m [2 U (e/m)]^{1/2}}{r} \end{aligned} \quad (4)$$

Por tanto, para la carga específica del electrón es válido:

$$e/m = 2 U / (r B)^2 \quad \leftarrow \left(\frac{e}{m} \right)^2 = \frac{2 U (e/m)}{(r B)^2} \quad (5)$$

Si se mide el radio r de la órbita, con diferentes tensiones de aceleración U y diferentes campos magnéticos B , y se grafican dichos valores en un sistemas de ejes cartesianos en

Diagrama de un tubo de haz fino:

Aplicando el principio de conservación de la energía:

$$\frac{1}{2} m v^2 = e U \quad (e U = \frac{1}{2} m v^2)$$

$$\left(2 U \left(\frac{e}{m} \right) \right)^{1/2} = v$$

donde la ordenada sea $2U$ y las abscisas r^2B^2 , los valores registrados de acuerdo con la ecuación (5), se encontrarán en una recta que pasa por el origen con pendiente e/m :

$$2U = (e/m) r^2 B^2$$

El campo magnético B se genera en el par de bobinas de Helmholtz y es proporcional a la corriente I_H que circula a través de una sola bobina. El factor de proporcionalidad k se puede calcular a partir del radio de la bobina $R = 147.5$ mm y el número de espiras $N = 124$ por bobina:

$$B = k I_H \text{ [mT]}$$

$$k = [4/5]^{3/2} \mu_0 N / R \quad \text{Donde: } \mu_0 \text{ Constante de campo magnético}$$

$$k = 7,433 \cdot 10^4 \text{ [T/A]} \quad \text{mT/A}$$

$$B = 7,433 \cdot 10^4 I_H \text{ [T]} = 7,584 \times 10^4 \text{ [Tesla]}$$

De esta manera se conocen todas las magnitudes necesarias para determinar la carga específica del electrón.

Experiencia:

Para la realización de la experiencia de la medición de la carga específica del electrón se utilizan un dispositivo compuesto por dos elementos básicos:

- El tubo de rayos filiformes, que generan los electrones y los acelera bajo la acción de una diferencia de potencial. (1)
- Un par de bobinas de Helmholtz encargadas de generar el campo magnético uniforme al cual serán sometidos los electrones.

El tubo de rayos filiformes sobre el zócalo de conexión sirve para el estudio de la desviación de rayos de electrones en un campo magnético homogéneo utilizando un par de bobinas conectadas en la configuración de Helmholtz (U8481500) así como para la determinación de la carga específica del electrón e/m .

En una ampolla de vidrio, con atmósfera de gas residual de Ne de presión ajustada con precisión, se encuentra el cañón de electrones, que se compone de un cátodo de óxido de caldeo indirecto, un cilindro de Wehnelt y un ánodo con orificio central. Unas marcas de medida incorporadas en la ampolla de vidrio permiten la medición sin paralelo del diámetro de la circunferencia formada por el rayo de electrones en el campo magnético. El tubo de rayos filiformes se encuentra montado en un zócalo con casquillos de conexión de diferentes colores.

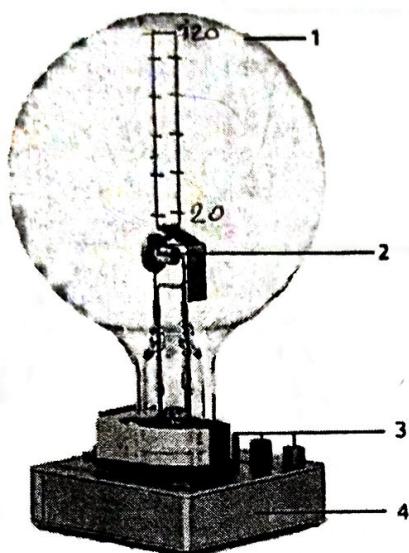
Los átomos del gas son ionizados por choques con los electrones a lo largo de trayectoria de vuelo y así se origina un rayo luminoso bien definido.

Tubo de rayos
filiformes
(cálculo)

Tubo de haz fino sobre zócalo de conexión U8481420

Instrucciones de uso

05/07 ALF



- 1 Ampolla de vidrio
- 2 Cañón de electrones
- 3 Contactos - Casquillos de 4 mm
- 4 Zócalo de conexión

Datos técnicos:

Contenido de gas:	Neón
Presión de gas:	$1,3 \times 10^{-5}$ bar
Tensión de calentamiento:	4 a 10 Vcc.
Corriente de caldeo:	300 a 400 mA
Tensión de Wehnelt:	0 a -50 V
Tensión de ánodos:	$\leq 0,3$ mA
Diámetro de órbita de haz fino de radiación:	20 a 120 mm
Distancia entre marcas De medición:	20 mm
Diámetro del émbolo:	160 mm
Altura total con zócalo:	260 mm
Base del zócalo:	$115 \times 115 \times 35$ mm ³
Peso:	aprox. 820 g

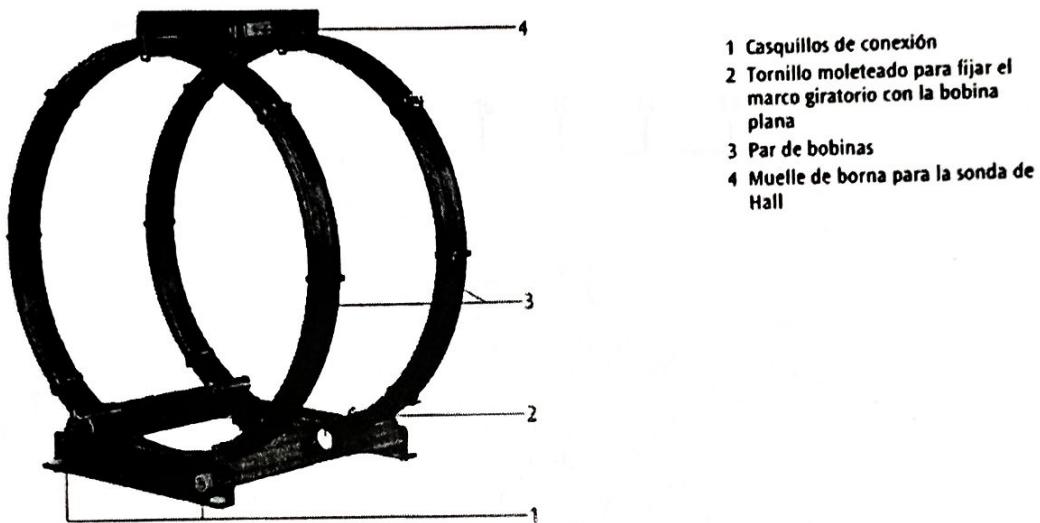
El par de bobinas de Helmholtz sirve para la producción de un campo magnético homogéneo. Las bobinas hacen posible la realización de experimentos sobre inducción y batidos con el marco giratorio con bobina plana (U8481510), así como para determinación de la carga específica e/m del electrón con el tubo de haz fino. Las bobinas se pueden

conectar en serie o en paralelo. Un muelle de apriete, ubicado en la parte superior del travesaño, sirve para la sujeción de una sonda de efecto Hall durante la determinación del campo magnético.

Par de bobinas de Helmholtz U8481500

Instrucciones de uso

01/07 SP



Datos técnicos:

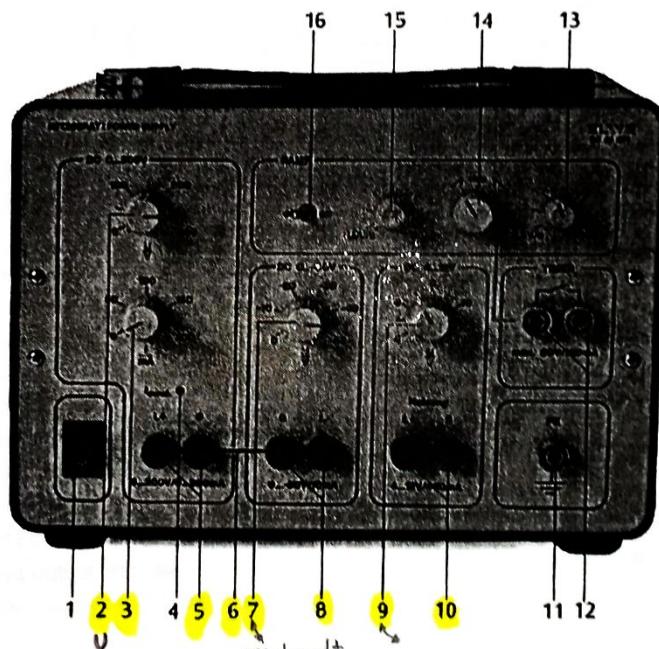
Número de espiras:	124
Diámetro externo de las bobinas:	311 mm
Diámetro interno de las bobinas:	287 mm
Radio medio de las bobinas:	149,9 mm
Distancia entre bobinas:	150 mm
Espesor del alambre de Cobre esmaltado:	1,5 mm
Resistencia de corriente continua:	cada 1,2 Ohm
• Máx corriente de bobina:	5 A
• Máx tensión de bobina:	6 V
Máx densidad de flujo con 5A:	3,7 mT
Peso:	aprox 4,1 kg

Elementos extras necesarios para la realización de la experiencia:

- c- Fuente de tensión estable U8521371 para la alimentación del tubo de rayos filiformes.
- d- Fuente de tensión estable HY3005 para la alimentación del par de bobinas de Helmholtz.
- e- Multímetro digital, para la verificación de los valores dados por las fuentes.
- f- Sonda de efecto Hall para la confirmación del valor del campo B.

Fuente de alimentación para tubos 0–300 V U8521371

Instrucciones de uso 04/07 ELWE/ALF



- 1 Interruptor de la red
- 2 Regulador de tensión 0–300 V
- 3 Regulador de limitación de corriente 0–200 mA
- 4 Indicador de limitación de corriente
- 5 Clavijeros de salida 0–300 V (constante, ascendente lineal o descendente lineal)
- 6 Masa común
- 7 Regulador de tensión 0–50 V
- 8 Clavijeros de salida 0–50 V
- 9 Regulador de tensión 4–12 V
- 10 Clavijeros de salida 4–12 V
- 11 Clavijero de puesta a tierra
- 12 Clavijeros de conexión del temporizador
- 13 Graduador de pendiente de caída de tensión
- 14 Interruptor giratorio para ascenso, parada y caída del rango de la tensión de salida
- 15 Regulador de pendiente del ascenso
- 16 Conexión y desconexión del generador de rampas

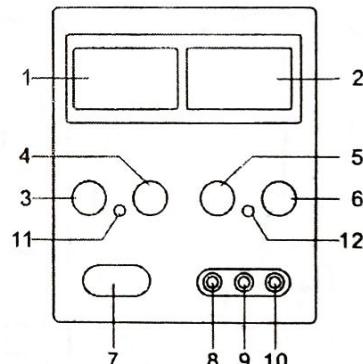
Fuente de tensión y corriente 300V/30A



OPERATION

2.1 Front panel controls.

- (1) Current indication.
- (2) Voltage indication
- (3) Fine adjustment of current
- (4) Coarse adjustment of current.
- (5) Fine adjustment of output voltage.
- (6) Coarse adjustment of output voltage.
- (7) Power ON/OFF switch
- (8) Negative output terminal.
- (9) Ground connection.
- (10) Positive output terminal.
- (11) Constant current mode indicator



MONTAJE DE LA EXPERIENCIA

- Se coloca el tubo de rayos filiforme entre las bobinas de Helmholtz.

Conexión del tubo de haz fino de radiación a la fuente de alimentación

- Conecte entre sí los clavijeros de masa (negros) de la salida de 50V y de la salida de 12V.
- Conecte el polo positivo de la salida de 300V con el ánodo (clavijeros rojos) y el polo negativo con el cátodo (clavijeros negros).
- Además conecte el voltímetro, en paralelo, a la salida de 300V.

- Conecte el polo negativo de salida de 50V con el cilindro de Wehnelt (clavijeros azules).
- Conecte el polo positivo de salida de 12V con la calefacción de cátodo (clavijeros verdes).
- Conecte el clavijero de puesta a tierra de la fuente de alimentación del tubo con el clavijero de tierra del tubo de haz fino de radiación.

**CUIDE DE RESPETAR LOS COLORES EN LA CONEXIÓN.
NO PRENDER LA FUENTE HASTA NO HABER CONFIRMADO LAS
CONECCIONES.**

Conexión del par de bobinas de Helmholtz.

- Conecte las bobinas en serie a la fuente de alimentación de DC de 12V, como se muestra en la figura, de tal manera que en ambas bobinas circule la corriente en el mismo sentido.

ESQUEMA DE CONEXIONES

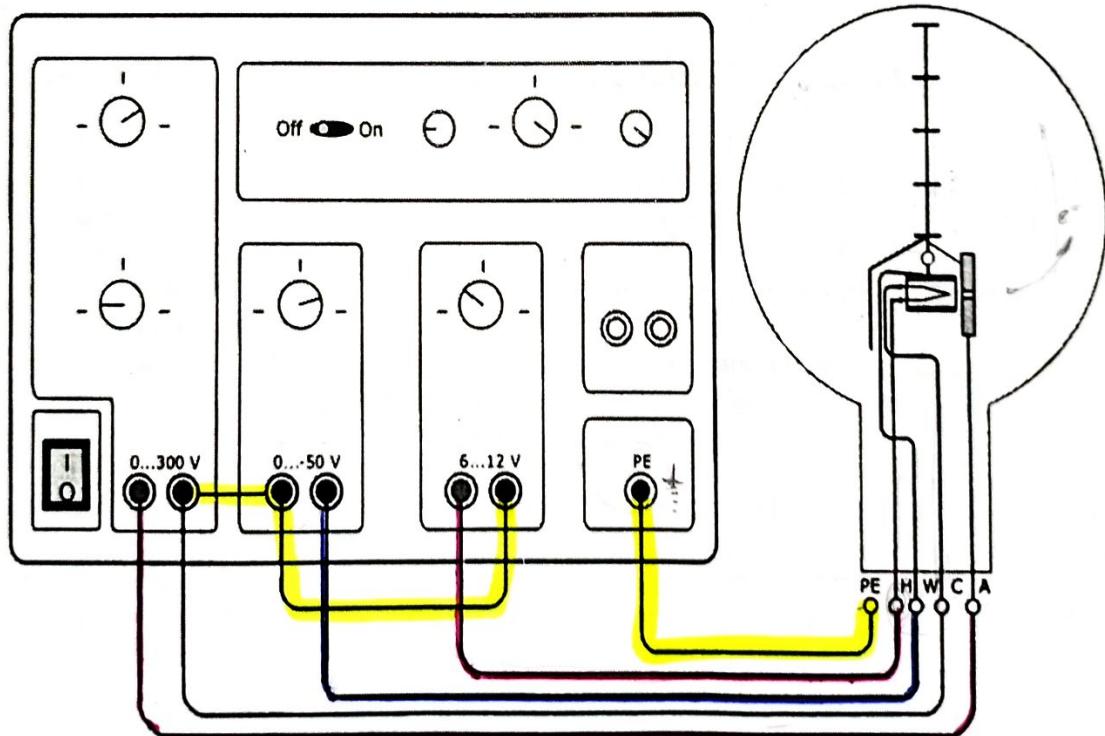


Fig.1 Conexión del tubo de haz fino de radiación a la fuente de alimentación

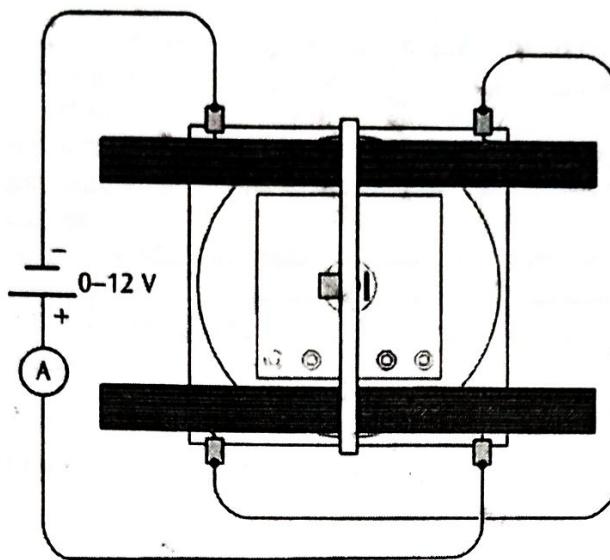


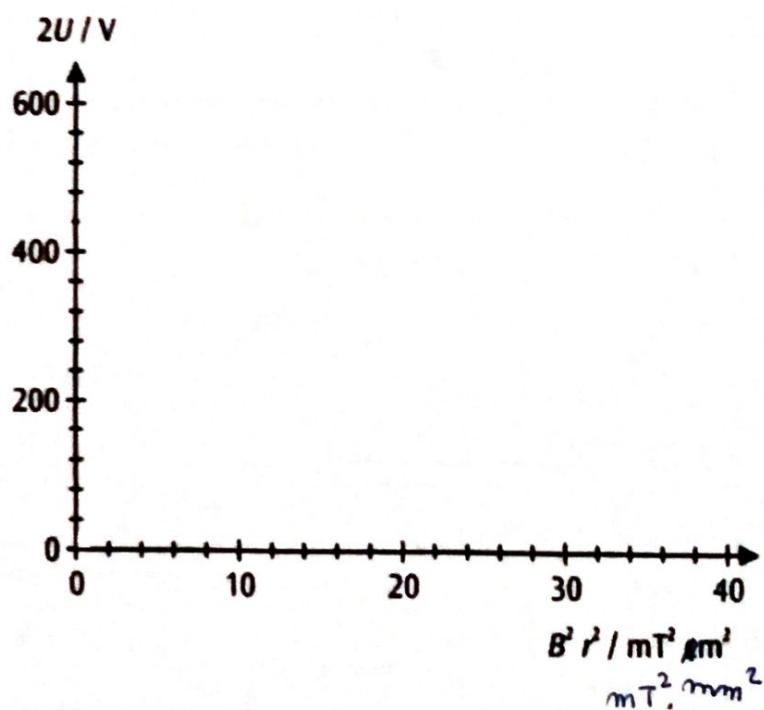
Fig. 2 Conexión eléctrica del par de bobinas de Helmholtz

CONDICIONES PARA LA REALIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA

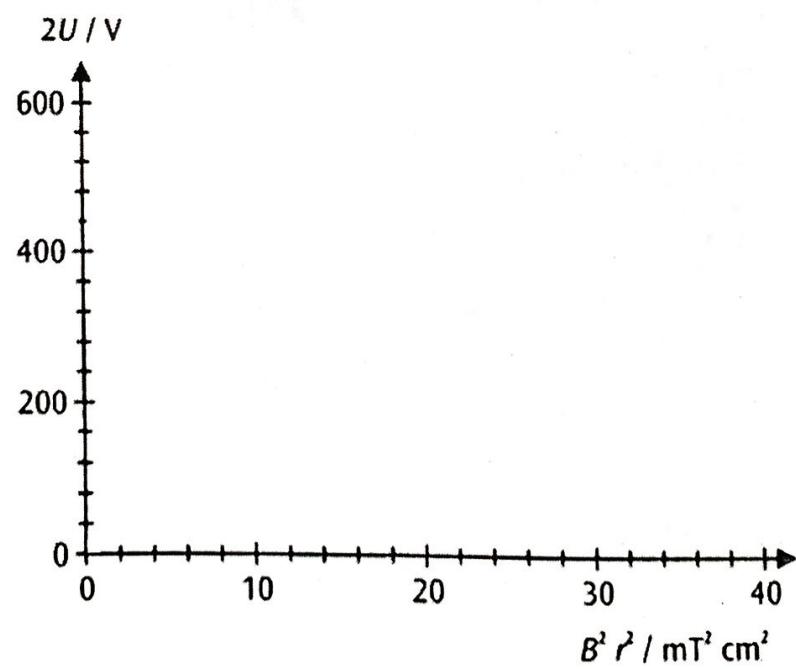
- Aplique una tensión de calefacción de, por ejemplo 7,5 V.
- Ajuste la tensión anódica a 300V (el haz de electrones es inicialmente horizontal y se hace visible en forma de una luz azul tenue) (probablemente deberá tener el ambiente a oscuras para poder visualizarlo).
- (-40V_{cc}) ■ Elija la tensión de Wehnelt de manera que, en lo posible, se vea un haz de rayos delgado y nítidamente limitado.
- Optime la nitidez y la claridad del haz de rayos variando la tensión de calefacción. ($\approx 8 V_{cc}$)
- Eleve la corriente I_H que circula por las bobinas de Helmholtz y compruebe si el haz de electrones se curva hacia arriba.
- Si no se observa ninguna curvatura del haz de electrones: invierta la polaridad de una de las bobinas de manera que la corriente fluya en el mismo sentido a través de ambas bobinas.
- Si la curvatura del haz de electrones no se dirige hacia arriba: permute las conexiones de la fuente de alimentación para que se invierta la polaridad.

EJEMPLO DEL EXPERIMENTO

- a- Seleccione la corriente de la bobina de manera que el radio de la órbita circular sea de 5cm y que el haz de electrones quede oculto por la marca de medición correspondiente del tubo. Anote los valores de ajuste.
- b- Disminuya la tensión anódica, en pasos de 20V, hasta llegar a 200V; en cada caso, seleccione la corriente de la bobina I_H de manera que el radio se mantenga constante y anote estos valores.
- c- Realice más series de mediciones para los radios de órbita circular de 4cm y 3cm.
- d- Para la evaluación ulterior se llevan los valores de medida a un diagrama $2U - r^2 B^2$ (ver figura). La pendiente de la recta que pasa por el origen de coordenadas corresponde a e/m .



5. Confeccionar con los valores obtenidos un gráfico 2U vs r_{B2} y determinar la pendiente de la recta de interpolación de los mismos. (Tener en cuenta que éste gráfico representará $2U = (e/m) \cdot r_{B2}$).



Fundamentos de la física cuántica

1. Excitación atómica

Hay dos mecanismos fundamentales que pueden excitar a un átomo a un nivel de energía superior al correspondiente a su estado fundamental y capacitarlo para que pueda irradiar energía.

1. Provocando una interacción del átomo con otra partícula de modo que parte de la energía cinética sea absorbida por el átomo, ejemplos de esto puede ser un choque o que un electrón pase cerca del núcleo del átomo.
2. Cuando el átomo recibe luz en cantidad suficiente para elevarlo a un nivel superior de energía.

2. Espectros atómicos

Un espectro es el análisis de longitud de longitud de onda de una fuente luminosa.

Existen cuatro tipos de clases de espectros.

- Continuos de emisión
- De líneas de emisión
- Continuos de absorción
- De líneas de absorción

Continuos emisión: ocurre en los sólidos a altas temperaturas, por ejemplo el filamento de tungsteno o wolframio de una lámpara eléctrica cuando se halla sometido a alta temperatura.



Figura 4.1: Espectro continuo de emisión

De líneas de emisión: se produce por descargas eléctricas en vapor gas de alta temperatura.

Al realizar la experiencia, se obtiene un espectro de líneas. Dichas líneas que se observan corresponden al gas dentro de la cápsula.

En los espectros de emisión, se caracterizan por tener líneas claras en fondo oscuro.

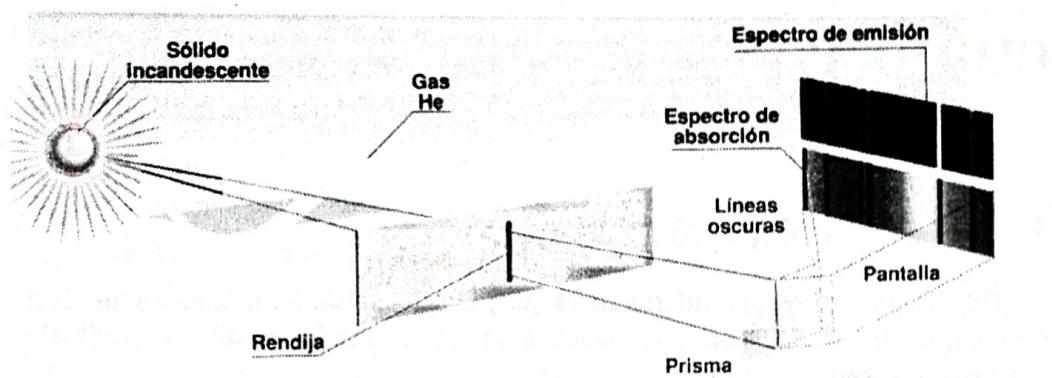
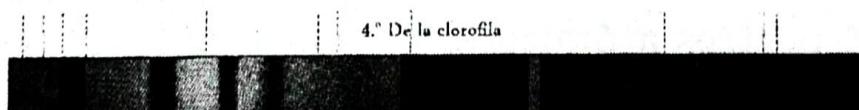


Figura 4.2: Dispositivos para detectar espectros

Continuos de absorción: se producen cuando se hace pasar un espectro continuo de emisión a través de un material de estado líquido o sólido. Los colores faltantes son absorbidos por dicho material.



De líneas de absorción: Se produce cuando la luz pasa a través de gas o vapor, el cual absorbe algunas de las energías incidentes, se observan en la figura 4.2 .

3. Series espectrales

Son conjuntos matemáticos que determinan el valor de las longitudes de onda presentes en un espectro atómico.

3.1. Series espectrales del hidrógeno

En ausencia de la teoría o modelo atómico, *experimentalmente* los científicos determinaron un conjunto de series espectrales:

- Serie de Lyman, funciona para la emisión ultra violeta del hidrógeno, o sea a altas frecuencias

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 2, 3, 4, \dots)$$

- Serie de Balmer, funciona para la emisión en el espectro visible

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 3, 4, 5, \dots)$$

- Serie de Paschen, funciona para la emisión ultra violeta del hidrógeno, o sea a altas frecuencias

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 4, 5, 6, \dots)$$

- Serie de Brackett, funciona para la emisión infrarroja, o sea a bajas frecuencias

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 5, 6, 7, \dots)$$

- Serie de Pfund, funciona también para la emisión infrarroja

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 6, 7, 8, \dots)$$

Donde en todas las ecuaciones $R = 1,097 \times 10^7 \frac{1}{m}$ y es llamada constante de Raydberg.

4. Modelos atómicos

4.1. Modelo atómico de Thomson

En 1905 se tenía como cierto el modelo atómico de *Thomson* que consistía en una masa con carga positiva en el cual quedaban inmersas cargas negativas, tal como lo muestra la figura 4.3. Había una teoría al respecto y hasta experimentalmente decían que se comprobaba, cuando en realidad esos instrumentos de medición eran inadecuados para realizar dichas mediciones.

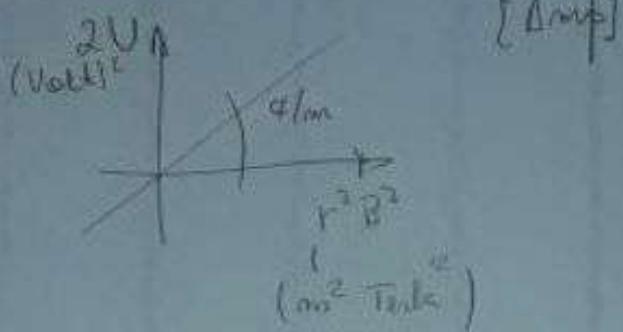
① $B \rightarrow k \pi_0$

$$k = \left(\frac{4}{3}\right)^{3/2} \mu_0 \frac{N}{R}$$

$$\lambda_2 = 0.715 \times (4m \times 10^3) \times \frac{124}{0.1475} = \frac{\text{Tesla} \times m}{\text{Ampere} \cdot m} = \frac{\text{Tesla}}{\text{Amp}}$$

$$k = 0,0007584 \left[\frac{\text{Tesla}}{\text{Amp}} \right] = 7,584 \times 10^{-4} \left[\frac{\text{Tesla}}{\text{Amp}} \right]$$

$$B = 1.584 \times 10^{-4} \frac{I}{l} \quad [\text{Tesla}]$$



Dates :

$$M = 12M_{\odot}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{Tesla} \cdot \text{m}}{\text{Amp} \cdot \text{sec}} = \sqrt{\frac{\text{Tesla} \cdot \text{amp}}{\text{Amp}^2}}$$