

## Tubo de cruce de sombras

### DEMOSTRACIÓN DE LA PROPAGACIÓN RECTILÍNEA DE LOS ELECTRONES EN EL ESPACIO NULO.

- Demostración de la propagación rectilínea de los electrones en el espacio nulo.
- Demostración de la desviación de los electrones en un campo magnético.
- Introducción a la óptica electrónica.

UE307030

06/06 JS

### FUNDAMENTOS GENERALES

En un tubo de cruce de sombras, el haz divergente de un cañón de electrones se hace visible como forma luminosa en una pantalla sobre la que un obstáculo proyecta una sombra que resulta impenetrable para los electrones (cruz de Malta). La posición de la sombra varía si la expansión rectilínea de los electrones se ve perturbada durante su recorrido hacia la pantalla luminiscente.

Si el ánodo y la cruz de Malta M presentan el mismo potencial, entonces el espacio es nulo (campo cero) y los electrones se propagan en forma rectilínea (ver Fig. 1). Sobre la pantalla luminiscente S, la sombra de electrones de la cruz de Malta converge entonces con la sombra producida por la luz que emite el cátodo caliente C.

La interrupción de la propagación rectilínea en un espacio no nulo se puede demostrar sencillamente interrumpiendo la conexión conductora entre el ánodo y el obstáculo: La carga estática del obstáculo así producida provoca una sombra de electrones borrosa en la pantalla luminiscente.

Si se desvían los electrones en su trayectoria hacia la pantalla luminiscente por la presencia de un campo magnético, entonces se observa un desplazamiento o giro de la sombra de electrones.

La fuerza de desviación  $F$  depende de la velocidad  $v$  y del campo magnético  $B$  y está dada por la fuerza de Lorentz:

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

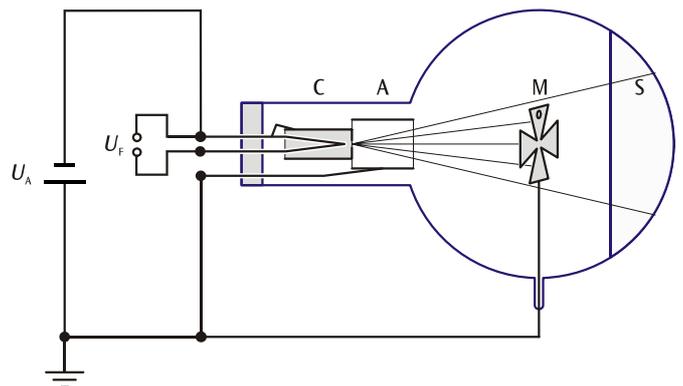


Fig. 1: Representación esquemática de la propagación rectilínea de los electrones en el tubo de cruce de sombras.



Fig. 2 Montaje experimental para la demostración de la propagación rectilínea de los electrones en el tubo de cruce de sombras

## LISTA DE EQUIPOS

1	Tubo de cruce de sombras S	U18553
1	Soporte para tubos S	U185001
1	Fuente de alimentación, 5 kV	U33010
1	Juego de cables de experimentación de seguridad	U138021

### Se recomienda adicionalmente:

1	Par de bobinas de Helmholtz S	U185051
1	Fuente de alimentación de DC, 16 V, 5 A, p. ej.:	U33020

## AVISO DE SEGURIDAD

Los tubos termoiónicos son ampollas de vidrio al vacío, de paredes delgadas. ¡Es necesario manipularlos con cuidado: peligro de implosión!

- El tubo de cruce de sombras no se debe someter a cargas mecánicas.
- El cable de conexión del tubo de cruce de sombras no se debe someter a cargas de tracción.
- Para las conexiones, utilice únicamente cables experimentales de seguridad.
- Las conexiones sólo se deben efectuar con la fuente de alimentación desconectada.
- El montaje y desmontaje del tubo de cruce de sombras se debe realizar solamente con la fuente de alimentación desconectada.

## MONTAJE

- Dejar desconectada la fuente de alimentación de alta tensión y girar el regulador de tensión hasta el tope izquierdo.
- Encajar el tubo de cruce de sombras en el soporte. Al hacerlo, prestar atención a que las clavijas de contacto del tubo encajen perfectamente con las aperturas de contacto del soporte. La clavija guía que está en el medio debe sobresalir un poco en la parte posterior del soporte.
- Conectar los clavijeros F3 y F4 del soporte del tubo, a través de los cables de experimentación de seguridad, con la salida de tensión de calentamiento (clavijeros azules) de la fuente de alimentación de alta tensión.
- Conectar el clavijero C5 del soporte del tubo, a través de un cable de seguridad, con el polo negativo (clavijero negro) de la fuente de alimentación de alta tensión (los clavijeros C5 y F4 están conectadas entre sí en el interior del tubo).
- Conectar el clavijero A1 con el polo positivo (clavijero rojo) y enchufar allí, adicionalmente, el cable de conexión del tubo de cruce de sombras.

## EJECUCIÓN

### Observación de la sombra de luz:

- Conectar la fuente de alimentación de alta tensión, de tal manera que se ilumine el filamento incandescente.
- Observar la sombra en cruz en la pantalla luminiscente.

### Observación de la sombra de los electrones:

- Elevar la tensión lentamente de 0 a un máximo de 5 kV y observar cómo la sombra de los electrones adquiere progresivamente un color luminoso cada vez más verde.
- Comparar la posición de la sombra de los electrones con la sombra de luz.

### Perturbación de la propagación en el espacio nulo:

- Desconectar el cable de conexión del tubo de cruce de sombra y dejarlo de lado de manera que se encuentre aislado.
- Observar la deformación de la sombra de los electrones.
- Conectar nuevamente el cable y colocar imanes permanentes en la cercanía del tubo de cruce de sombras.
- Observar el desplazamiento de la sombra de los electrones.

En el caso de que disponga de un par de bobinas de Helmholtz y de una fuente de alimentación de corriente continua:

- Insertar una bobina por adelante en el soporte del tubo y conectarla a la fuente de alimentación DC (véase Fig. 3).
- Elevar lentamente la tensión continua, empezando desde 0 V, y observar el giro de la sombra de los electrones.
- Variar también adicionalmente la alta tensión y observar la influencia sobre la sombra de los electrones.



Fig. 3: Montaje experimental modificado con campo magnético axial adicional

## EVALUACIÓN

Si el ánodo y el tubo de cruce de sombras se encuentran en el mismo potencial y, además, no hay ningún campo magnético, los electrones se propagan en forma rectilínea en el espacio nulo (campo cero). La sombra de los electrones de la cruz de Malta converge entonces con la sombra de luz.

Si se separa la unión conductora entre el ánodo y el tubo de cruce de sombras, y se aísla el cruce de sombras del medio ambiente, el tubo se carga electrostáticamente ante la presencia de los electrones. Esta carga produce una sombra borrosa de electrones sobre la pantalla luminiscente.

En un campo magnético, los electrones se desvían y la sombra de los electrones se ve desplazada con respecto a la sombra de luz. La fuerza de desviación es perpendicular al sentido del movimiento de los electrones y al campo magnético.

Si el curso del campo magnético es axial, los electrones se desvían en órbitas espirales y la sombra de electrones sufre un giro, o se reduce de tamaño. La fuerza de Lorentz, que es la causa de la desviación, depende, por un lado, del campo magnético  $B$  y, por tanto, de la corriente que fluye por la bobina y, por el otro lado, de la velocidad de los electrones y, de esta manera, de la alta tensión  $U_A$  que se aplica al ánodo.

Con una elección apropiada de los parámetros  $U_A$  y  $B$ , la sombra se vuelve casi puntiforme. El haz de electrones divergente, por tanto, se enfoca en un "punto".

