

## Aparato para la Constante de Planck

1000536 (115 V, 50/60 Hz), 1000537 (230 V, 50/60 Hz)

### Manual de instrucciones

10/26 ALF/DU/HJB



- 1 LEDs con cable de conexión
- 2 Nanoamperímetro
- 3 Voltmeter
- 4 Caperuza de protección de la fotocélula
- 5 Tubo de alojamiento de la fotocélula
- 6 Casquillo hueco para la fuente de tensión enchufable
- 7 Fuente de alimentación con casquillo de conexión para el LED
- 8 Ajuste de contratensión (burdo)
- 9 Ajuste de contratensión (fino)
- 10 Ajuste de la intensidad
- 11 Carcasa vacía

### 1. Observaciones

La fotocélula del aparato de la constante de Planck es muy sensible. Una fuerte exposición a la luz hace que la misma envejezca rápidamente y puede conducir a un daño permanente. Después de una alta irradiación ella necesita en el mejor de los casos un tiempo considerable hasta volver a estabilizarse.

- Nunca retire la caperuza de protección de la fotocélula.
- Después de concluir el experimento deslice la carcasa vacía sobre el tubo de alojamiento de la fotocélula.
- Proteja el aparato contra sacudidas y evite exponerlo, a temperaturas extremas, a la humedad, a ser mojado o a la insolación solar directa.

### 2. Volumen de suministro

- 1 Aparato base con fotocélula, voltímetro, nanoamperímetro y fuente de alimentación para los LEDs
- 1 Carcasa vacía como caperuza para el tubo de alojamiento de la fotocélula.
- 5 LEDs (472 nm, 505 nm, 525 nm, 588 nm, 611 nm) en carcasa con cable de conexión.
- 1 Fuente de alimentación enchufable 12 V CA
- 1 Manual de instrucciones

### 3. Descripción

El aparato de la constante de Planck sirve para la medición de la constante de Planck  $h$  y del trabajo de extracción de electrones  $W$  del cátodo de cesio de la fotocélula, por medio del método de la contratensión.

Este aparato lleva una fotocélula al vacío, un nanoamperímetro para la medición de la corriente fotoeléctrica y una fuente de alimentación para los LEDs. Como fuente de luz para diferentes frecuencias, se tienen a disposición cinco diodos emisores de luz de longitud de onda promedio conocida (LED). La intensidad de la luz emitida se puede variar entre 0% y 100% sin saltos. La fotocélula está compuesta de un cátodo metalizado por

vaporización con cesio (Cs) y un ánodo en forma de anillo. Cuando el aparato está conectado se tiene una tensión entre esos electrodos, la cual se puede variar bruscamente y finamente por medio de dos botones de ajuste.

La alimentación de tensión del aparato se realiza por medio de la fuente de tensión enchufable que se entrega. El aparato de la constante de Planck con el número de artículo 1000536 está diseñado para una tensión de red de 115 V ( $\pm 10\%$ ), el aparato con el número 1000537 para 230 V ( $\pm 10\%$ ).

#### 4. Datos técnicos

|                         |                                        |
|-------------------------|----------------------------------------|
| Fotocélula:             | Tipo 1P39, Cesio (Cs)                  |
| <u>Voltímetro:</u>      |                                        |
| Indicación:             | pantalla LCD de 3½ dígitos             |
| Exactitud:              | 0,5 % (típica)                         |
| <u>Nanoamperímetro:</u> |                                        |
| Indicación:             | pantalla LCD de 3½ dígitos             |
| Exactitud:              | 1 % (típica)                           |
| Diodos luminosos:       | 472 nm, 505 nm, 525 nm, 588 nm, 611 nm |
| Dimensiones:            | 280 x 150 x 130 mm <sup>3</sup>        |
| Masa:                   | aprox. 1,3 kg                          |

#### 5. Fundamentos teóricos

A finales del siglo 19 y a inicios del siglo 20, el llamado “efecto fotoeléctrico” representaba uno de los últimos enigmas para la Física considerada ya como cerrada. La explicación de este fenómeno no se pudo lograr con la teoría clásica del siglo 19. En 1905 el Físico Albert Einstein logró una descripción teórica sencilla y genial de este efecto, apoyándose en la teoría cuántica introducida por Max Planck. Él asumió que la luz se compone de partículas, llamadas cuantos. La energía  $E$  de estos fotones (cuantos de luz) debería ser directamente a su frecuencia  $f$  y la magnitud de su impulso  $p$  debería ser indirectamente proporcional a la longitud de onda de la luz  $\lambda$ :

$$E = h \cdot f \cdot p = h/\lambda$$

Siendo en este caso la constante de proporcionalidad  $h$ , el cuanto de acción de Planck. Esto significa que la energía se puede entregar sólo en forma de pequeños paquetes de radiación electromagnética. Esta cantidad mínima depende de la frecuencia. El cuanto de acción de Planck es una constante natural fundamental que tiene exactamente el valor de  $h = 6,62606896 \cdot 10^{-34}$  Js.

En el experimento, la luz incide sobre el cátodo del diodo luminoso encerrado y conectado, a través del ánodo en forma de anillo. Si un electrón es chocado por un fotón, el fotón en el efecto fotoeléctrico trasporta su energía total al electrón

( $E = h \cdot f$ ). Una parte de la energía es necesaria para extraer el electrón de la superficie del metal (trabajo de extracción  $W$ ). El resto de la energía está a disposición del electrón en forma de energía cinética:

$$E_{\text{kin}} = h \cdot f - W$$

El trabajo de extracción es una magnitud que depende del material del cátodo y de la temperatura, para el cesio (Cs) es de 2,14 eV para 0 K y de aprox. 2 eV para temperatura ambiente.

Dependiendo de la contratensión aplicada entre el cátodo y el ánodo, fluye una corriente de electrones del cátodo hacia el ánodo, la cual se mide con el nanoamperímetro. Si la contratensión corresponde a la tensión límite  $U_0$  con

$$e \cdot U_0 = h \cdot f - W \quad \text{y} \quad e = 1,6021 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

llega así esta corriente al valor 0 nA.

En un diagrama  $e \cdot U_0 - f$  los valores de  $U_0$  medidos para diferentes frecuencias  $f$  se encuentran en una recta de pendiente  $h$  y con un corte del eje-y igual a  $W$ . Para cada material de cátodo se tiene un rango diferente en la abscisa-y correspondiente. La pendiente de la línea depende del material del cátodo.

#### 6. Manejo

##### 6.1 Medición de las tensiones límite con 75% de la intensidad de la luz.

- Para realizar el suministro de tensión se conecta la fuente.
- La intensidad de la fuente de luz se ajusta en 75%.
- La clavija de la primera fuente de luz se conecta en el casquillo para LED.
- Se aprietan las clavijas de sujeción de la carcasa vacía en el tubo de alojamiento de la fotocélula y se retira la carcasa vacía.
- Se desliza completamente la carcasa del LED en el tubo de alojamiento de la fotocélula hasta que las clavijas de sujeción encajen.
- El botón de ajuste fino para la contratensión se lleva a la posición intermedia.

Observación: Se recomienda que en la primera medida se espere un par de minutos antes de iniciar con el ajuste de la tensión o voltaje límite.

- Se gira lentamente el botón de ajuste burdo hasta que la corriente fotónica se haga aprox. 0 en el nanoamperímetro.
- Con el botón de ajuste fino se optimiza el ajuste. Para ello, se gira el botón de ajuste fino hasta que la indicación cambie entre 0 y -0.

- La contratensión ajustada en esta forma se anota como tensión límite  $U_0$ .
- Se repite la medición con los siguientes cuatro LEDs.
- Después del experimento Se coloca nuevamente la tapa de protección de plástico del tubo de soporte del LED.

### 6.2 Determinación de la constante de Planck $h$ .

- Con las longitudes de onda  $\lambda$  impresas se calculan las frecuencias de la luz  $f = \frac{c}{\lambda}$  con  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$ .
- Con las tensiones límite  $U_0$  se calculan las energías  $e \cdot U_0$  tomando  $e = 1,6021 \cdot 10^{-19} C$ .
- Los valores determinados se anotan en un diagrama "Energía - Frecuencia".
- Se ajustan los valores con la recta y se determina la constante de Planck  $h$  a partir de la pendiente y el trabajo de extracción  $W$  del corte de la recta con la eje-y.

Observación: La evaluación se hace lo más sencillamente posible, especialmente con respecto a la línea de compensación, aplicando el programa de Excel que se entrega, porque sólo se tienen que anotar en la tabla correspondiente los valores medidos para el voltaje límite. Luego se pueden leer, la pendiente  $h$  y el corte de la abscisa  $W$  en la gráfica y se puede calcular el error con respecto al valor bibliográfico, anotando estos valores en el lugar correspondiente de la segunda tabla.

### 6.3 Comprobación de la independencia de la tensión límite con la intensidad de la luz.

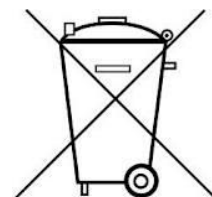
- Se selecciona un LED.
- Se ajusta la intensidad máxima y se determina la tensión límite  $U_0$ .
- Se reduce paso a paso la intensidad de la luz y cada vez se determina la tensión límite  $U_0$ .

## 7. Limpieza

- Utilizar únicamente detergentes suaves habituales del comercio, nunca abrasivos cáusticos.
- Tener cuidado de que nunca entren líquidos al interior del aparato.
- Se retira la fuente de tensión enchufable para apagar el aparato.
- Se limpia el aparato con un trapo húmedo (!) libre de pelusas.

## 9. Eliminación de residuos (RAEE)

El símbolo del contenedor de basura tachado con una cruz significa que este dispositivo debe ser recogido por separado de los residuos urbanos no clasificados al final de su vida útil. El dispositivo no debe desecharse con la basura doméstica normal. Para su devolución, utilice los sistemas de recogida y devolución gratuitos locales provistos por los municipios (por ejemplo, puntos limpios) o las opciones de devolución de los distribuidores.



- Baterías y lámparas: Retire las baterías y acumuladores usados que no estén integrados en el aparato, así como las lámparas que puedan extraerse sin ser destruidas, antes de entregar el aparato en un punto de recogida.
- Protección de datos: Como usuario final, usted es legalmente responsable de borrar los datos personales de los aparatos usados que vaya a desechar.
- Embalaje: Deseche los materiales de embalaje por separado en los puntos de reciclaje locales (por ejemplo, papel/cartón en el contenedor de papel, plásticos en los contenedores de reciclaje correspondientes).

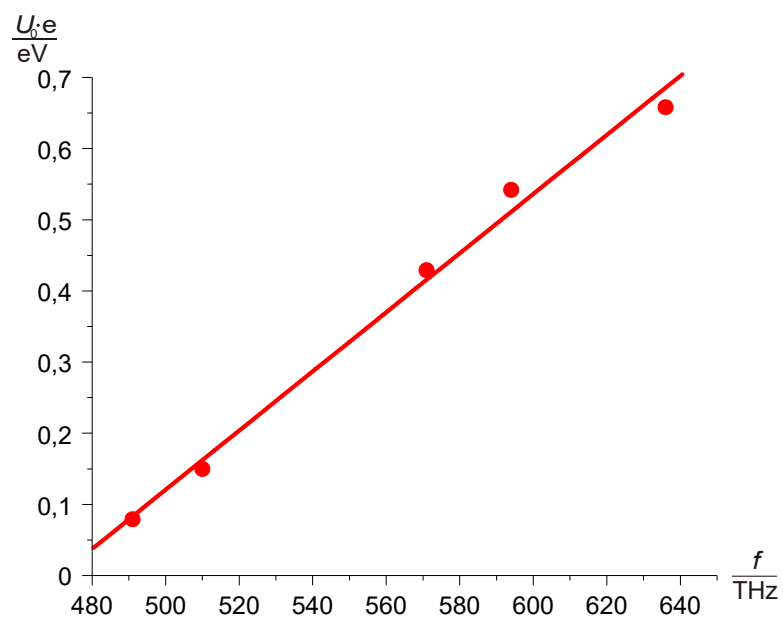


Fig.1 Energía límite  $U_0 \cdot e$  en dependencia con la frecuencia  $f$

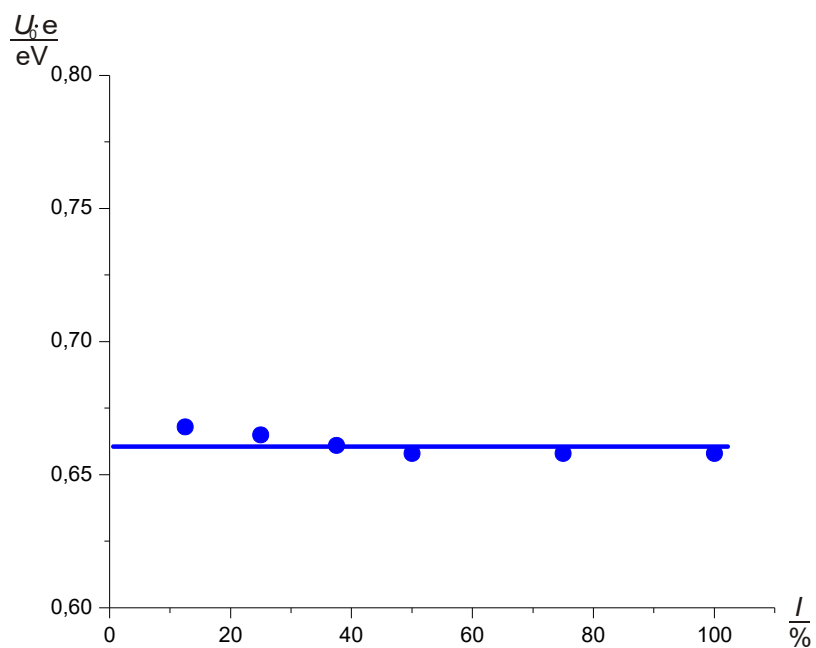


Fig. 2 Tensión límite  $U_0$  en dependencia con la intensidad de la luz  $I$  de longitud de onda 472 nm