

Aparelho para a Constante de Planck

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

Manual de instruções

10/26 ALF/DU/HJB



- 1 LED com cabo de conexão
- 2 Nanoamperímetro
- 3 Voltímetro
- 4 Tampa de proteção da fotocélula
- 5 Tubo de recepção da fotocélula
- 6 Tomada oca para a fonte de alimentação
- 7 Fornecimento de tensão com tomada de conexão para LED
- 8 Comutador de tensão inversa (aproximativo)
- 9 Comutador de tensão inversa (fino)
- 10 Comutador de intensidade
- 11 Caixa vazia

1. Indicações

A fotocélula do aparelho para a constante de Planck é muito sensível. A iluminação intensa pode envelhecê-la rapidamente e pode danificá-la permanentemente. Após de uma irradiação excedente ela vai precisar também, no melhor caso, um tempo considerável para poder-se estabilizar de novo.

- Em nenhum caso retirar a tampa de proteção da fotocélula.
- Após da finalização das experiências empurrar a caixa vazia sobre o tubo de recepção da fotocélula.
- Proteja o aparelho contra impactos e não o exponha a temperaturas extremas, alta umidade do ar, umidade ou luz solar direta.

2. Fornecimento

- 1 Aparelho básico com fotocélula, voltímetro, nano amperímetro e fornecimento de tensão para o LED
- 1 Caixa vazia para cobertura do tubo de recepção da fotocélula
- 5 LED (472 nm, 505 nm, 525 nm, 588 nm, 611 nm) em caixa com cabo de conexão
- 1 Fonte de alimentação de 12 V CA
- 1 Manual de instruções

3. Descrição

O aparelho para a constante de Planck serve para a determinação da constante de Planck h e do trabalho de saída dos elétrons W do cátodo de césio da fotocélula segundo o método de tensão inversa.

Ele contém uma fotocélula de vácuo, um voltímetro para a medição da tensão inversa, um nano amperímetro para medir o fluxo da corrente fotoelétrica e uma fonte de alimentação de tensão para o LED. Como fontes de luz de diferentes frequências estão disponíveis cinco diodos emissores de luz (LED) de comprimento de ondas médio conhecido. A intensidade da luz emitida pode ser

variada a cada vez entre 0 e 100%. A fotocélula consiste de um cátodo vaporizado com césio e um anodo em forma de anel. Com o aparelho ligado existe uma tensão entre estes eletrodos, que é variada com dois comutadores em aproximado e fino.

O fornecimento da tensão para o aparelho acontece através de uma fonte de alimentação fornecida. O aparelho para a constante de Planck com o número de item 1000536 é guarnecido para uma tensão de rede de 115 V ($\pm 10\%$), o aparelho com o número 1000537 é para 230 V ($\pm 10\%$)

4. Dados técnicos

Fotocélula:	tipo 1P39, césio (Cs)
<u>Voltímetro:</u>	
Indicação:	display LCD de 3½ dígitos
Exatidão:	0,5 % (típico)
<u>Nanoamperímetro:</u>	
Indicação:	display LCD de 3½ dígitos
Exatidão:	1 % (típico)
LED:	472 nm, 505 nm, 525 nm, 588 nm, 611 nm
Dimensões:	aprox. 280 x 150 x 130 mm ³
Massa:	aprox. 1,3 kg

5. Fundamentos teóricos

O assim chamado efeito fotoelétrico apresentava no final do século 19º e no princípio do 20º, quando se considerava que a física estava quase concluída, um dos últimos enigmas. A explicação deste fenômeno não podia ter sucesso com a teoria clássica. Em 1905 Einstein conseguiu a descrição teórica genialmente simples deste efeito com ajuda da teoria quântica introduzida por Max Planck. Ele assumiu que a luz se compunha de partículas, os assim chamados fótons. A energia E , destes fótons (quanta de luz) deveria ser diretamente proporcional para a sua frequência f e o valor do seu impulso p indiretamente proporcional para o comprimento de onda λ :

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

Nisto a constante de proporcionalidade h é o efeito quantum de Planck. Isto significa que a energia em forma de radiação eletromagnética somente pode entregar quanta em pequenos pacotes. Esta grandeza mínima é dependente da frequência. A constante de Planck é uma constante fundamental da natureza e tem o valor exato $h = 6,62606896 \cdot 10^{-34}$ Js.

Na experiência a luz do diodo luminoso conectado incide através do anodo em forma de anel sobre o cátodo. Se um elétron for atingido por um fóton, no efeito fotoelétrico o fóton entrega para aquele toda a sua energia ($E = h \cdot f$). Uma parte

da energia será necessária para tirar o elétron para fora da superfície metálica (trabalho de saída W). O resto da energia está à disposição do elétron como energia cinética:

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

O trabalho de saída é uma grandeza dependente do material e da temperatura e vale para césio 2,14 eV em 0 K e aprox. 2 eV em temperatura de ambiente.

Dependendo da tensão inversa aplicada entre o cátodo e o anodo, uma corrente de elétrons flui entre o cátodo para o anodo, que é medido com um nano amperímetro. Se a tensão inversa equivale a tensão limite U_0 com

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

esta corrente alcança o valor de 0 nA.

Num diagrama $e \cdot U_0 - f$, se situam as tensões limites U_0 medidas para diferentes frequências f numa reta com a subida h e o corte axial y -, W . Para cada material catódico o corte axial y é diferente para a reta correspondente. A subida da reta é independente do material catódico.

6. Operação

6.1 Medição das tensões limites na intensidade luminosa de 75%.

- Para o fornecimento de tensão conectar a fonte de alimentação.
- Ajustar a intensidade luminosa para 75%.
- Inserir o conector da primeira fonte de luz na tomada de conexão para LED.
- Comprimir os pinos de pregar da caixa vazia no tubo de recepção e puxar a caixa vazia para baixo.
- Empurrar a caixa de LED completamente sobre o tubo de recepção da fotocélula até que encaixem os pinos de pregar.
- Levar o botão de ajuste fino para a tensão inversa para a posição central.

Indicação: na primeira medição é recomendável esperar alguns minutos, antes que se comece com a regulação da tensão limite.

- Girar lentamente o botão de ajuste aproximativo até que a corrente fotoelétrica no nano amperímetro atinja aproximadamente 0.
- Com o botão de ajuste fino aperfeiçoar a regulação. Nisto girar o botão de ajuste fino de tal maneira, que o indicador mude entre 0 e -0.
- Anotar a tensão inversa, obtida desta maneira como sendo a tensão limite U_0 .

- Repetir as medições com os restantes quatro LED.
- Após da experiência recolocar a tampa de proteção de plástico por sobre o tubo de entrada do LED.

6.2 Determinação da constante de Planck h

- Dos comprimentos de onda impressos λ calcular as frequências $f = \frac{c}{\lambda}$ com $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$ da luz.
- Das tensões limite U_0 calcular as energias $e \cdot U_0$ com $e = 1,6021 \cdot 10^{-19} C$.
- Anotar os valores verificados num diagrama de energia-frequência.
- Adaptar uma reta aos valores e determinar a constante de Planck h da subida e trabalho de saída W da secção de eixo Y.

Indicação: a avaliação se fará mais simples, antes de tudo em relação à reta de compensação do programa Excel fornecido, porque se tem que anotar os valores medidos para a tensão limite na tabela correspondente. Seguidamente a subida h e o corte axial y , W podem ser lidas no diagrama e pode ser calculado o erro em relação ao valor de literatura, ao anotar esses valores no lugar correspondente da segunda tabela.

6.3 Comprovação da independência da tensão limite da intensidade luminosa.

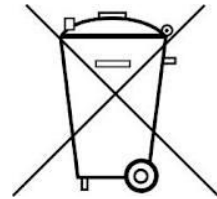
- Escolher um LED.
- Ajustar para intensidade máxima e verificar a tensão limite U_0 .
- Reduzir a intensidade passo a passo para zero e verificar a cada vez a tensão limite U_0 .

7. Limpeza

- Utilizar somente detergente suave corrente, mais nenhum produto corrosivo para esfregar.
- Incondicionalmente tomar cuidado, que nenhum líquido entre no interior do aparelho.
- Retirar a peça da fonte de alimentação para desligar o aparelho.
- Limpar o aparelho levemente (!) com um pano livre de fiapos, ligeiramente umedecido.

8. Eliminação de resíduos (REEE)

O símbolo do caixote do lixo com uma cruz indica que este dispositivo deve ser recolhido separadamente dos resíduos urbanos indiferenciados no final da sua vida útil. O dispositivo não deve ser eliminado no lixo doméstico normal. Para a devolução, utilize os sistemas locais de recolha e devolução gratuitos disponibilizados pelos municípios (por exemplo, ecocentros) ou as opções de retoma dos distribuidores.



- Pilhas e lâmpadas: Remova as pilhas e acumuladores usados que não estejam integrados no equipamento, bem como as lâmpadas que possam ser removidas sem serem destruídas, antes de entregar o equipamento num ponto de recolha.
- Proteção de dados: Como utilizador final, é legalmente responsável pela eliminação dos dados pessoais constantes dos equipamentos usados a eliminar.
- Embalagem: Elimine os materiais de embalagem separadamente nos pontos de reciclagem locais (por exemplo, papel/cartão no contentor do papel, plásticos nos contentores de reciclagem adequados).

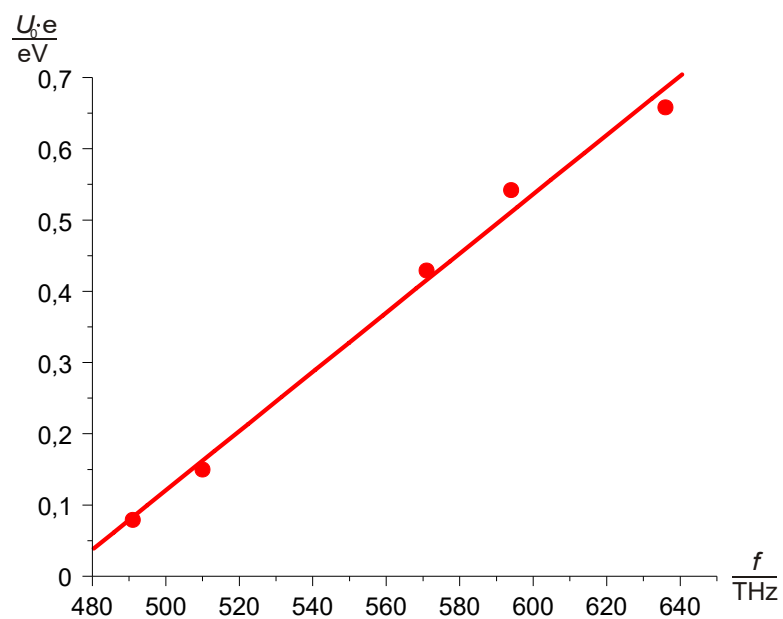


Fig.1 Energia limite $U_0 \cdot e$ em dependência da frequência f

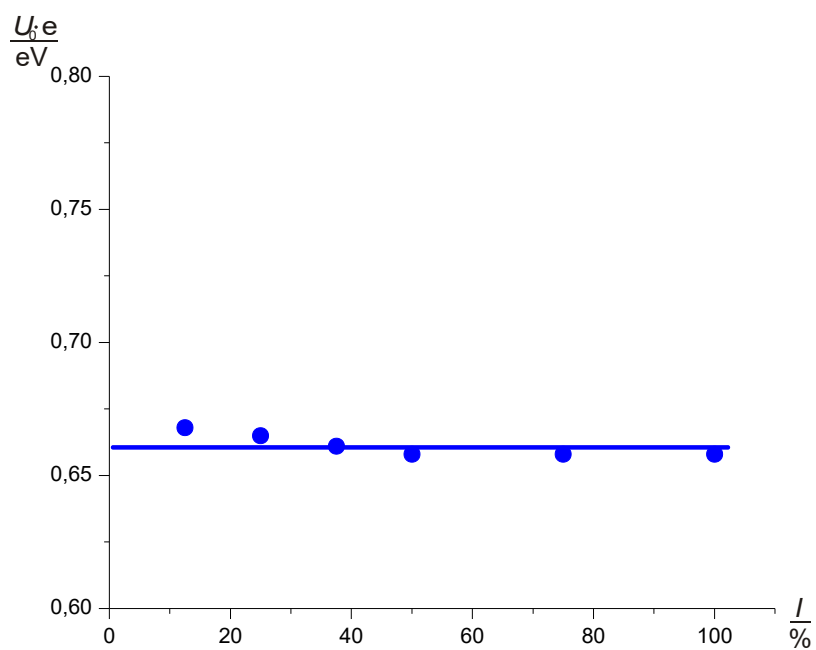


Fig. 2 Tensão limite U_0 em dependência da intensidade luminosa I com um comprimento de onda de 472 nm