

Allgemeinbildung  
Naturwissenschaften

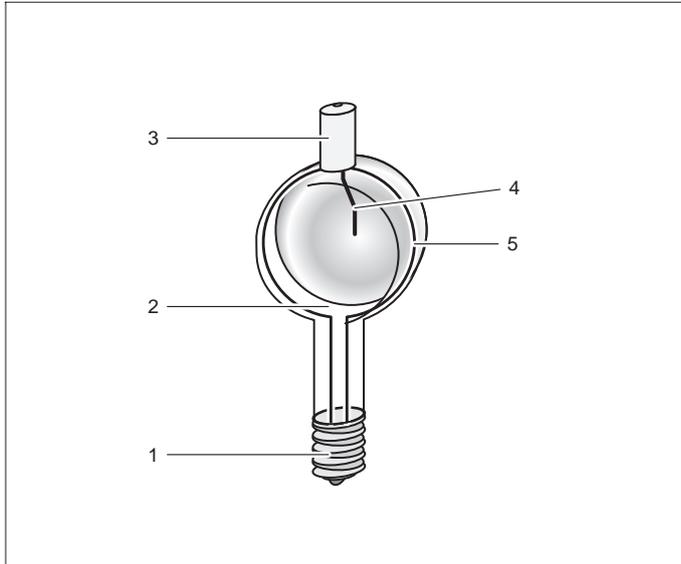
Berufliche  
Qualifizierung

Handel



LEYBOLD DIDACTIC GmbH

04/99-Pr-



## Gebrauchsanweisung 558 77

### Photozelle (558 77)

- 1 E14-Sockel, zur Kontaktierung des Anodenringes
- 2 Evakuierter Glaskolben
- 3 Messingkappe, zur Kontaktierung der Photokathode
- 4 Photokathode
- 5 Anodenring

## 1 Beschreibung

Die Photozelle dient zur Demonstration des Photoeffekts. Bei Bestrahlung der Photokathode mit Licht werden Elektronen aus der Photokathode ausgelöst, die bei geeigneter Beschaltung auf dem Anodenring als Photostrom nachgewiesen werden können. Es kann sowohl gezeigt werden, daß die Energie des Lichtes proportional zur Frequenz der Strahlung ist, als auch, daß die Energie unabhängig von der Intensität der Strahlung ist. Bei Bestrahlung der Photokathode mit monochromatischem Licht ist die Bestimmung des Planckschen Wirkungsquantums  $h$  möglich.

Die Einsteinsche Deutung dieser Experimente schrieb zusätzlich zum Planckschen Rechenansatz für die Strahlung des Schwarzen Körpers die Quantisierung des Lichtes endgültig fest.

## Sicherheitshinweise

Die Photozelle besteht aus einem evakuierten Glaskolben und ist bruchempfindlich:

- Photozelle keinen mechanischen Belastungen aussetzen. Bei starker Erwärmung der Photokathode kann die Photozelle irreparabel zerstört werden:
- Photozelle gegen Erwärmung schützen
- Photozelle gegen erhöhte Lichteinstrahlung schützen.
- Photozelle z.B. in der *Fassung für Photozelle (558 791)* bzw. der *Kompakt-Anordnung zur  $h$ -Bestimmung (558 79)* aufbewahren und diese gegen direkte Sonneneinstrahlung schützen.
- Vor Ausheizen des Anodenring unbedingt die Gebrauchsanweisung beachten.

## 2 Technische Daten

### Photokathode:

Material: Kalium  
auf oxidierte Silberschicht

Abmessungen: 40 mm  $\varnothing$

Kontaktierung: zylindrische Messingkappe,  
10 mm  $\varnothing$

### Anodenring:

Material: Platin-Rhodium Legierung

Abmessungen: 30 mm  $\varnothing$

Kontaktierung: zweipolig auf E14-Sockel,  
zum Ausheizen des Ringes

Widerstand: 1-2  $\Omega$

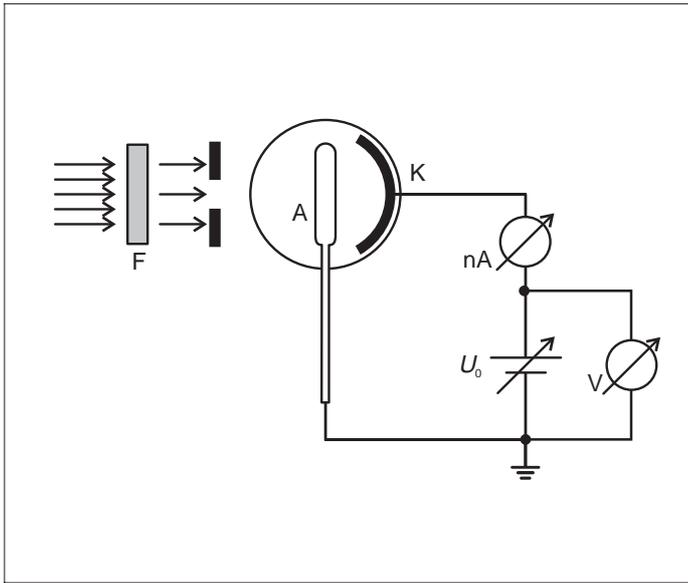
### Allgemeine Daten:

typischer Photostrom: 0,1-1  $\mu\text{A}$   
(bei Bestrahlung mit dem ungefilterten Licht der Hg-Lampe)

Abmessungen: 11 cm  $\times$  4 cm  $\times$  2,5 cm

Masse: 20 g

### 3 Bedienung



- Geeignete monochromatische Lichtquellen verwenden.
- Geeignete elektrische Beschaltung der Photozelle vornehmen (siehe auch Gebrauchsanweisungen zur *Fassung für Photozelle* (558 791) bzw. zur *Kompakt-Anordnung zur h-Bestimmung* (558 79).
- Sorge tragen, daß weder der Anodenring noch der Anschlußdraht der Photokathode vom Lichtbündel getroffen wird.
- Beim Wechsel der Wellenlänge dafür sorgen, daß immer derselbe Ort auf der Photokathode ausgeleuchtet wird.

*Hinweis:* Die Bedeckung der Photokathode kann örtlich inhomogen sein und daher kann die Auslösearbeit für die Photoelektronen örtlich variieren. Dies kann zu einer Verfälschung der Meßergebnisse führen, wenn der Lichtfleck auf der Photokathode bei einem Wechsel der Wellenlänge verändert wird. Dieser Umstand ist bei der *Fassung für Photozelle* (558 791) und der *Kompakt-Anordnung zur h-Bestimmung* (558 79) durch entsprechende Blenden konstruktiv berücksichtigt.

### 4 Prinzip der h-Bestimmung

#### Grundlagen:

Wird die Photokathode der Photozelle mit hinreichend kurzwelligem Licht beleuchtet, so können aus ihr Elektronen ausgelöst werden. Die Energie der Photonen wird verwandt, um die Austrittsarbeit  $W$  zu überwinden. Die überschüssige Energie geht in kinetische Energie der Elektronen über. Es gilt daher:

$$h \cdot \nu = \frac{m}{2} \cdot v^2 + W$$

Zu beachten ist hier, daß die Austrittsarbeit  $W$  eine Materialkonstante ist, in die die verschiedenen Austrittspotentiale von Kathode und Anode eingehen. Insbesondere das Austrittspotential der Kathode ist dabei eine schwer abzuschätzende Größe, da durch den Herstellungsprozeß bedingt die Kathodenoberfläche nicht homogen ist. Sie setzt sich aus einem Gemisch von Kalium, Kaliumoxid und oxidiertem Silber zusammen. Daher ist dafür Sorge zu tragen, daß bei Bestrahlung der Kathode mit Licht verschiedener Wellenlänge immer derselbe Bereich ausgeleuchtet wird.

Legt man nun zwischen Kathode und Anode eine Gegenspannung  $U$  an, so wird ein Strom fließen, solange gilt:

$$\frac{m}{2} \cdot v^2 < e \cdot U$$

Sobald die Gegenspannung so hoch ist, daß keine Elektronen mehr gegen sie anlaufen können, fließt kein Strom mehr. Für den Grenzwert

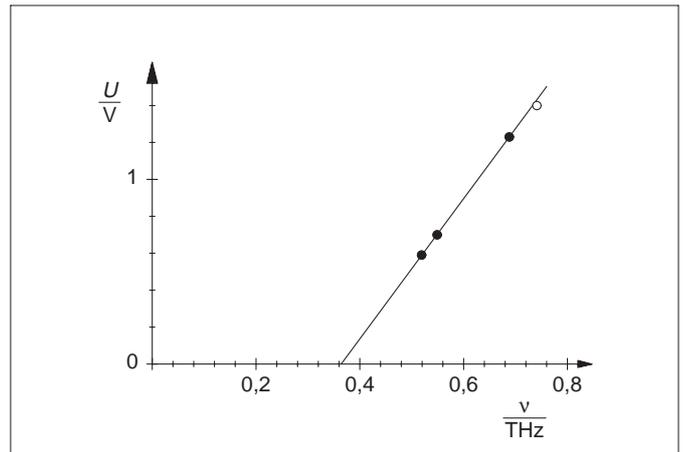
$$U_0 = \frac{1}{e} \cdot \frac{m}{2} \cdot v^2$$

gilt

$$U_0 = \frac{1}{e} \cdot (h \cdot \nu - W)$$

Trägt man ihn gegen die Frequenz  $\nu$  auf, so ergibt sich aus der Steigung der Geraden bei bekannter Elementarladung  $e$  das Plancksche Wirkungsquantum  $h$ .

#### Meßbeispiel:



| Farbe   | $\lambda$<br>nm | $\nu$<br>THz | $\frac{U_0}{V}$ |
|---------|-----------------|--------------|-----------------|
| gelb    | 578             | 0,519        | 0,59            |
| grün    | 546             | 0,549        | 0,70            |
| blau    | 436             | 0,688        | 1,23            |
| violett | 405             | 0,741        | 1,40            |

Geradensteigung:  $\frac{\Delta U_0}{\Delta \nu} = 3,8 \cdot 10^{-15} \frac{V}{Hz}$

Mit  $e = 1,602 \cdot 10^{-19} C$  erhält man  $h = 6,1 \cdot 10^{-34} Js$

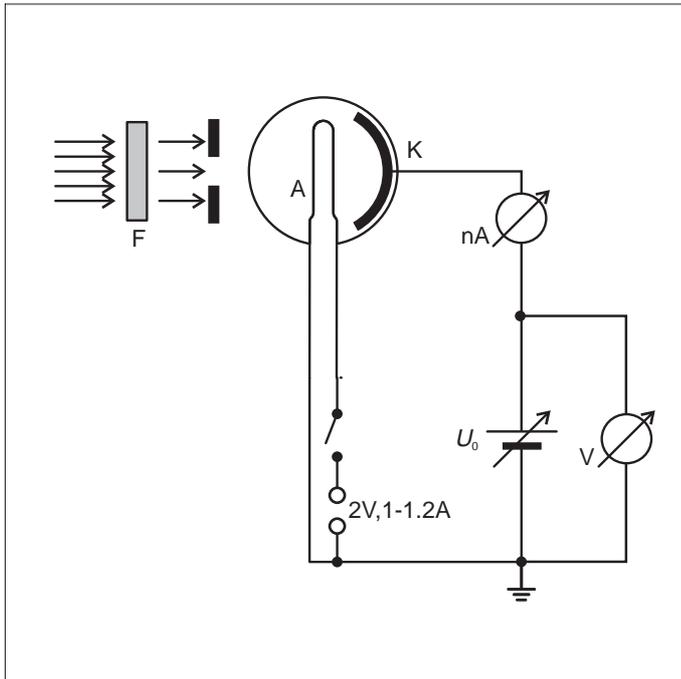
Literaturwert:  $h = 6,626 \cdot 10^{-34} Js$

*Hinweis:* Die in der Tabelle angegebenen Meßwerte für die Spannungen  $U_0$  können von Photozelle zu Photozelle, ja sogar abhängig vom ausgeleuchteten Bereich auf der Photokathode stark variieren können. Die Differenzen der Spannungen sind hingegen innerhalb der Meßfehler reproduzierbar.

### 5 Ausheizen des Anodenringes

In sehr alten Photozellen, bei Lagerung der Photozelle unter erhöhten Umgebungstemperaturen oder bei Beleuchtung der Photozellen mit sehr hohen Intensitäten kann es vorkommen, daß sich Kalium auf dem Anodenring niederschlägt und der Anodenring ausgeheizt werden muß.

*Achtung: Das Ausheizen sollte nur dann erfolgen, wenn die Meßergebnisse durch keine andere Maßnahme verbessert werden, da sich die vom Anodenring abgedampften Kaliumatome in der gesamte Photozelle niederschlagen können. Insbesondere bei Fehlbedienungen kann die Kaliumschicht der Photokathode zu stark erwärmt werden, dadurch kommt weiteres Kalium frei, schlägt sich evtl. in der gesamten Photozelle nieder und kann so die Photozelle irreparabel zerstören.*



- Elektrischen Aufbau gemäß Abb. vornehmen
  - Gegenspannung  $U_0$  von 1-2 V zwischen Anode und Kathode anlegen.
  - Meßverstärker zur Messung des Photostroms in Betrieb nehmen.
  - Heizspannung für Anodenring einschalten (2 V, ca. 1,0-1,2 A) und dabei Anzeige des Photostroms beobachten.
- Sobald der Photostrom nach ca. 1-2 s das Vorzeichen wechselt (Der Vorzeichenwechsel ist das beste Kriterium für ausreichendes Ausheizen):
- Die Heizspannung sofort ausschalten.
  - Keinesfalls länger ausheizen oder länger bei kleineren Heizströmen arbeiten.

### 6 Fehlersuche

**Problem:** Die Meßwerte für die Gegenspannung  $U_0$  schwanken stark und sind nicht reproduzierbar.

| Ursache   | Maßnahmen   |
|---|---|
| Die Photoströme sind sehr klein, daher wirken sich Störungen extrem deutlich aus. Die Erdung ist nicht sorgfältig durchgeführt. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufbau sternförmig erden, keine Erdschleifen, die als Antennen wirken können, erzeugen.</li> <li>- Gehäuse der Photozelle erden.</li> <li>- Abschirmung des Koaxialkabels zur Strommessung erden.</li> <li>- Evtl. optische Bank erden.</li> <li>- Evtl. Erdungshandgriff benutzen.</li> </ul> |

**Problem:** Die Meßwerte für die Gegenspannung  $U_0$  sind stabil, jedoch fallen die Spannungsdifferenzen zu gering aus.

| Ursache   | Maßnahmen  |
|---|--|
| Die Isolierung der Photozelle ist gestört.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Photozelle, insbesondere den Glaskolben sauber halten.</li> <li>- Evtl. Photozelle mit Alkohol reinigen.</li> </ul>   |
| Korrodierte Kontakte führen zu Übergangswiderständen.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontakte sauber halten, evtl. vorsichtig z.B. mit Alkohol oder bei hartnäckiger Verschmutzung mit einem Ra-diergummi und nachfolgend Alkohol reinigen.</li> </ul> |
| Die Kathodenfläche ist inhomogen in ihrer Kaliumbelegung und damit in der Austrittsarbeit. Nach einem Wechsel der Wellenlänge wird nicht mehr die gleiche Fläche ausgeleuchtet. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Blende beim Eintritt in die Photozelle verwenden (in 558 79 und 558 791 bereits vorhanden).</li> </ul>  |
| Der Anodenring wird direkt beleuchtet. Elektronen werden aus dem Anodenring ausgelöst und tragen zu einem Gegenstrom bei.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Blende beim Eintritt in die Photozelle verwenden (in 558 79 und 558 791 bereits vorhanden).</li> </ul>  |
| Zu große Lichtintensitäten verursachen Reflexe auf den Anodenring.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lichtintensität nicht zu groß wählen, zur Abschwächung evtl. Irisblende als Raumfilter oder gekreuzte Polarisatoren verwenden.</li> </ul>                         |
| Kalium hat sich auf dem Anodenring abgelagert. Die Elektronen-Austrittsarbeit ist daher extrem gering und die Gegenströme sind sehr hoch.                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nur wenn keine der oben aufgezählten Maßnahmen erfolgreich ist:</li> <li>- Anodenring ausheizen, um das Kalium abzdampfen.</li> </ul>                             |