

11/96-Kr-

## Gebrauchsanweisung Instruction Sheet

451 13/14/41

### Balmer-Lampe Betriebsgerät zur Balmer-Lampe Balmer-Lampe deuteriert

### Balmer Lamp Power Supply Unit for Balmer Lamp Balmer Lamp, Deuterated

Die Balmer-Lampe (451 13) liefert in Verbindung mit einer schulüblichen Spektrometer-Anordnung die vier sichtbaren Linien  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$  und  $H_\delta$  des Wasserstoff-Spektrums (Balmer-Serie). Die quantitative Auswertung des Spektrums ermöglicht die Bestimmung der Wellenlängen, so daß sich die Balmersche Serienformel

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

$$R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$$

(Rydberg-Frequenz)

experimentell bestätigen läßt.

Steht eine hochauflösende Spektralapparatur (Auflösung ca. 0,1 nm) zur Verfügung, so kann man mit der Balmer-Lampe, deuteriert (451 41) die Linien-Doubletten eines Wasserstoff-Deuterium-Gemisches demonstrieren.

Literatur:

Katalog-Versuchsbeschreibungen "Atom- und Kernphysik" (599 861), Versuch 6.2.2.1.

## 1 Sicherheitshinweise



- Vor allen Manipulationen an der Balmer-Anordnung – insbesondere beim Ein- oder Ausbau der Balmer-Lampe – Netzstecker ziehen.
- Sicherungswchsel gemäß Abschnitt 4 bei gezogenem Netzstecker durchführen.
- Die heiße Balmer-Lampe nicht anfassen!

## 2 Beschreibung, technische Daten

### 2.1 Balmer-Lampe (451 13)

Die Balmer-Lampe ist eine wechselstrombetriebene Gasentladungsröhre mit Wasserdampffüllung. Die abgeschmolzene Röhre wird durch einen an hygroscopischer Grundlage gebundenen Wasservorrat mit Wasserdampf versorgt. Die Wassermoleküle werden durch die elektrische Entladung in atomarem Wasserstoff und eine Hydroxylgruppe aufgespalten. Eine hochtemperaturbeständige Kapillare im Innern der Lampe zwingt die Entladung auf einen engen Raum, so daß dort eine hohe Konzentration an atomarem Wasserstoff entsteht. Dieser atomare Wasserstoff ist für die intensiven Balmer-Spektrallinien verantwortlich; störende Banden von molekularem Wasserstoff treten nicht auf.

The Balmer lamp (451 13) provides - in conjunction with a spectrometer array of the type used in schools - the four visible lines  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$  and  $H_\delta$  of the hydrogen spectrum (Balmer series). The quantitative evaluation of the spectrum permits determination of the wavelengths, so that the Balmer series formula

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

$$R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$$

(Rydberg frequency)

can be confirmed by experiment.

If a high-resolution spectrometer (resolution approx. 0.1 nm) is available, the line doublets of a hydrogen/deuterium mixture can be demonstrated using the Balmer lamp, deuterated (451 41).

Literature:

Physics Experiments (Cat. No. 599 861, in German): Atomic and Nuclear Physics, experiment 6.2.2.1

## 1 Safety Notes



- Always disconnect the mains plug from the wall outlet before making any changes to the Balmer experiment setup - particularly when changing the Balmer lamp!
- Always disconnect the mains plug from the wall outlet before changing the fuse as described in section 4.
- Caution: do not touch the Balmer lamp - very hot!

## 2 Description, Technical Data

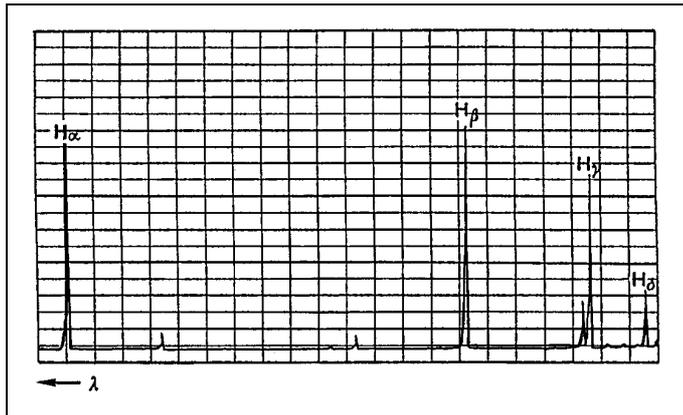
### 2.1 Balmer lamp (451 13)

The Balmer lamp is an AC operated gas discharge tube filled with water vapor. The fused tube is supplied with water vapor by means of a water supply bound in hygroscopic material. The water molecules are broken down by the electric discharge into atomic hydrogen and a hydroxyl group. A high-temperature resistant capillary inside the lamp confines the discharge within a narrow space so that a high concentration of atomic hydrogen is realized. This atomic hydrogen is responsible for the intense Balmer spectrum; interference due to molecular hydrogen bands cannot occur.

Eine oxidierende Substanz, unterstützt von geeigneten Katalysatoren, sorgt dafür, daß während des Betriebes gebildeter Wasserstoff zu Wasser oxidiert wird, so daß ein Wasserkreislauf im Innern der Röhre stattfindet. Dieser Kreislauf ist mit einer Ablagerung von rot-braunen Metalloxiden verbunden, die sich allerdings nicht im kapillaren Teil der Röhre störend bemerkbar macht.

n	Linie	Wellenlänge $\lambda = \frac{c}{f}$
3	H $\alpha$	656,28 nm (rot)
4	H $\beta$	486,13 nm (türkis)
5	H $\gamma$	434,05 nm (blau)
6	H $\delta$	410,17 nm (violett)

Tabelle 1  
Wellenlänge der mit der Balmer-Lampe beobachtbaren Linien



An oxidant, assisted by suitable catalysts, ensures that hydrogen formed during operation is oxidized to water so that the water inside the tube is recycled. This recycling of water involves the deposition of reddish-brown metal oxides which, however, will not have a negative effect on the capillary part of the tube.

n	Line	Wavelength $\lambda = \frac{c}{f}$
3	H $\alpha$	656.28 nm (red)
4	H $\beta$	486.13 nm (turquoise)
5	H $\gamma$	434.05 nm (blue)
6	H $\delta$	410.17 nm (violet)

Table 1  
Wavelengths of the lines observable with the Balmer lamp

Fig. 1  
Balmer-Linien des Wasserstoff-Spektrums (sichtbarer Bereich)  
Balmer lines of the hydrogen spectrum (visible range)

## 2.2 Balmer-Lampe, deuteriert (451 41)

Bei der Balmer-Lampe, deuteriert, besteht die Wasserfüllung zu etwa 10% aus deuteriertem Wasser. Die Balmer-Spektren von Wasserstoff und Deuterium weichen geringfügig in der Lage der einzelnen Linien voneinander ab.

Linien	Linienabstand $\Delta\lambda$ (nm)
H $\alpha$ - D $\alpha$	0,177
H $\beta$ - D $\beta$	0,131
H $\gamma$ - D $\gamma$	0,117
H $\delta$ - D $\delta$	0,111

Tabelle 2  
Linienabstand der Doubletten im Spektrum der Balmer-Lampe, deuteriert

## 2.2 Balmer lamp, deuterated (451 41)

In the Balmer lamp, deuterated, the water filling consists of about 10 % deuterated water. The individual lines of the Balmer spectra of hydrogen and deuterium differ slightly in position.

Line	Line spacing $\Delta\lambda$ (nm)
H $\alpha$ - D $\alpha$	0.177
H $\beta$ - D $\beta$	0.131
H $\gamma$ - D $\gamma$	0.117
H $\delta$ - D $\delta$	0.111

Table 2  
Line spacing of doublets in the spectrum of the Balmer lamp, deuterated

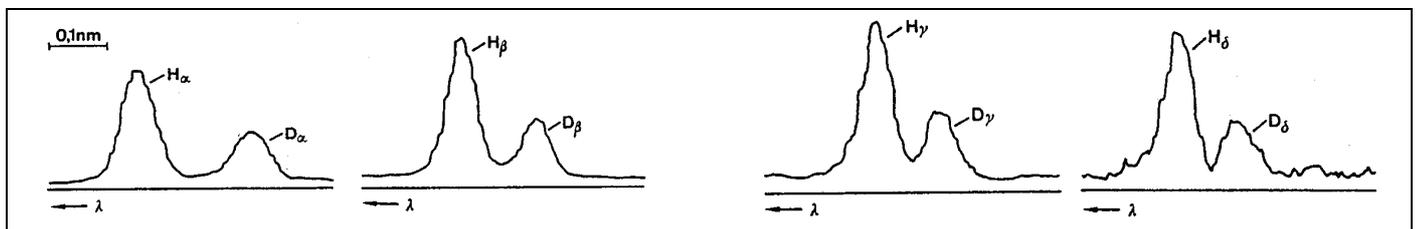


Fig. 2\*  
Doubletten der Balmer-Linien von deuteriertem Wasserstoff  
Doublets of Balmer lines of deuterated hydrogen.

\*) Herrn Dr. Klein vom 1. Physikalischen Institut der Universität zu Köln danken wir für die Aufnahme und Bereitstellung der Spektren. Sie wurden aufgenommen mit einem hochauflösenden Spektralapparat Heath Scanning Monochromator, Modell EU 700, mit RCA-Fotomultiplier 931 A.

\*) We would like to thank Dr. Klein of the Physical Institute of the University of Cologne for his kind permission to reproduce the spectra shown here. These were recorded using a high-resolution Heath scanning monochromator, model EU 700, with RCA photomultiplier 931 A.

### 2.3 Betriebsgerät zur Balmer-Lampe (451 14)

Das Betriebsgerät ist aufgeteilt in die aus dem Wechselstromnetz betriebene Versorgungseinheit (a) und die mit dieser fest, hochspannungssicher und berührungssicher verkabelten Fassung der Balmer-Lampe. In dem Hochspannungs-Netzgerät wird durch einen Streufeld-Transformator die zum Betrieb der Balmer-Lampe erforderlich hohe Wechselspannung erzeugt.

Das auf der Gehäuse-Rückseite herausgeführte Hochspannungskabel endet an einem Verteilerkästchen (h) (s. Fig. 3). Die an dem Verteilerkästchen befestigten Rohre (g) erfüllen zwei Aufgaben:

- 1) Haltefunktion für die Balmer-Lampe
- 2) Durchführung der Hochspannungsanschlüsse

An den Enden der Rohre (g) befinden sich die Lampenfassungen aus Kunststoff. Die untere Fassung (d) ist fest mit dem Rohr (g) verbunden, die obere Fassung (e) läßt sich durch Lösen der Schelle (f) abmontieren. Die Lampenhalterung kann über die Stativstange (c) wahlweise an dem tragbaren Hochspannungs-Netzgerät (Muffe mit Rändelschraube (b)), auf dem Reiter einer optischen Bank oder auf Stativmaterial befestigt werden.

Auf der Rückseite des Gehäuses befinden sich der Ein- Ausschalter mit Betriebsanzeigeleuchte sowie der Netzspannungswähler (k) mit integriertem Sicherungshalter (s. Fig. 5)

#### Technische Daten

Netzanschlußspannung: 230 V~ ; 50/60 Hz; bei Lieferung eingestellt auf 115 V~ umrüstbar  
 Leerlaufspannung: ca. 3500 V<sub>eff</sub>  
 Betriebsdaten bei angeschlossener Lampe: Brennspannung: ca. 1500 V  
 Brennstrom: ca. 50 mA  
 Sicherungen: für 230 V~ : T 1,25 B (bei Lieferung eingesetzt)  
 für 115 V~ : T 2,5 D (im Lieferumfang)

### 2.3 Power supply unit for the Balmer lamp (451 14)

The power supply (a) F2 consists of the power supply unit operated from the AC mains outlet and the Balmer lamp socket, which is permanently connected with this unit, contact-protected and high voltage-proof. The high AC voltage required to operate the Balmer lamp is produced in the high-voltage power supply by means of a high-reactance transformer.

The high-voltage cable from the rear of the power supply unit ends at a distributor box (h) (see fig. 3). The tubes (g) fitted to the distributor box are used for two purposes:

- 1) to support the Balmer lamp, and
- 2) to enclose the high-voltage connections.

At the ends of the tubes (g) are the plastic lamp sockets. The lower socket (d) is permanently connected with the tube (g) while the upper socket (e) can be demounted by detaching the clip (f). The lamp holder can be attached via the stand rod (c) either on the portable high-voltage power supply (clamp with knurled screw (b)) or to the rider of an optical bench or to stand material.

The on-off switch with operating indicator lamp and the mains-voltage selector switch (k) with integrated fuse holder (see Fig. 5) are located on the rear of the device.

#### Technical data

Mains connection voltage: 230 V AC; 50/60 Hz, set at works; convertible to 115 V AC  
 No-load voltage: approx. 3500 V<sub>rms</sub>  
 Operating data with lamp connected: arc voltage approx. 1500 V  
 arc current approx. 50 mA  
 Fuses: for 230 V AC: T 1.25 B (fitted at works)  
 for 115 V AC: T 2.5 D (included in scope of supply)

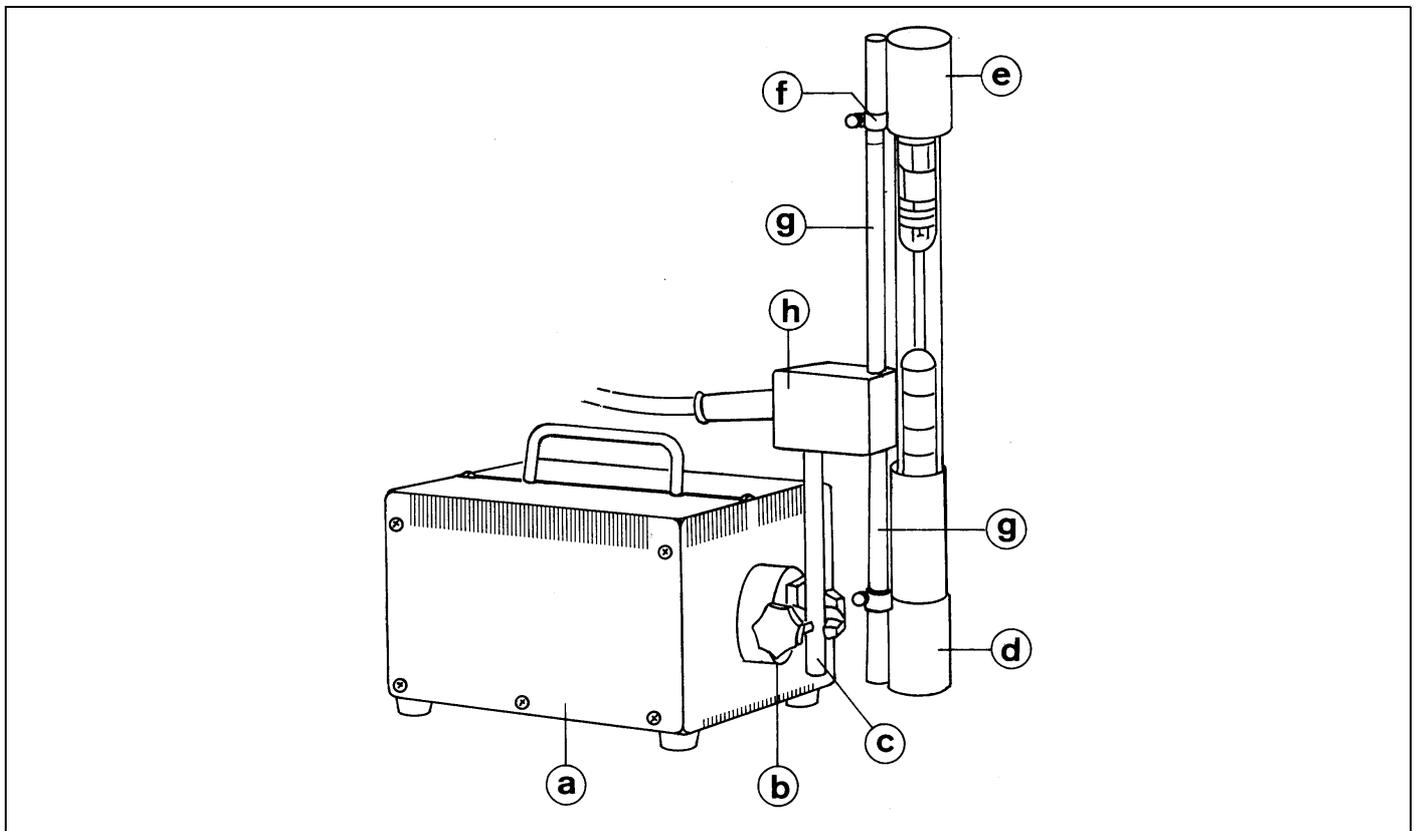


Fig. 3

### 3 Bedienung

#### 3.1 Einbau der Balmer-Lampe (s. Fig. 3)

Wichtig!

Beim Einbau der Balmer-Lampe darf das Betriebsgerät nicht an das Netz angeschlossen sein.

1. Lampenhalterung mit dem Stativstab ③ an der Muffe ② des Hochspannungs-Netzgerätes befestigen.
2. Schelle ① an der oberen Lampenfassung ⑤ lösen, nach unten abziehen und auf das Verteilerkästchen ④ legen.
3. Obere Lampenfassung ⑤ nach oben entfernen. Hochspannungszuführungskabel mit Kontaktfederbuchse wird sichtbar.
4. Aluminiumsockel der Balmer-Lampe wird zentrisch in die untere, fest montierte Lampenfassung ④ eingesetzt und nach unten angedrückt. Es ist darauf zu achten, daß der Metallstift der Lampe in der Kontaktbuchse der Fassung steckt.
5. Das aus dem Rohr ⑥ führende Kabel wird über die Kontaktfederbuchse der Fassung gesteckt.
6. Die obere Lampenfassung ⑤ ist so weit anzudrücken, bis die Riffelung im Rohr ⑥ teilweise verdeckt wird.
7. Obere Lampenfassung ⑤ durch die Schelle ① am Rohr ⑥ festklemmen.

#### 3.2 Inbetriebnahme der Balmer-Lampe

1. Hochspannungs-Netzgerät am Wahlschalter auf die gewünschte Netzspannung einstellen.
2. Netzverbindung herstellen.
3. Schalter am Hochspannungs-Netzgerät auf "ein" schalten. Der eingeschaltete Zustand wird durch ein über dem Schalter befindliches rotes Lämpchen angezeigt. Die Balmer-Lampe zündet sofort.

#### 3.3 Betriebshinweise

1. Für ein stabiles Brennen der Balmer-Lampe ist eine bestimmte Betriebstemperatur erforderlich (ca. 55 °C), gemessen am Aluminiumsockel). Bei zu niedriger Betriebstemperatur (direkt nach dem Einschalten) können Entladungen außerhalb der Kapillare auftreten, was zu einem flackernden Betrieb der Lampe führt. Stabile Entladungsbedingungen werden nach ca. 10 bis 15 Minuten Betriebszeit erreicht.

Wird bei hohen Umgebungstemperaturen die Betriebstemperatur zu hoch (größer als ca. 70°C, gemessen am Aluminiumsockel), kann die Lampe bei längerer Betriebszeit unter Umständen erlöschen. In diesem Fall kann die Lampe normal weiterbetrieben werden, nachdem sie sich wieder abgekühlt hat.

2. Wenn nach längerer Betriebsdauer die heiße Balmer-Lampe nach Aus- und sofortigem Wiedereinschalten nicht zündet, muß mit dem Einschalten der Lampe so lange gewartet werden, bis sie sich wieder abgekühlt hat.
3. Die Lampe sollte nur in vertikaler Lage, mit dem Aluminiumsockel nach unten, betrieben werden. Andere Betriebslagen führen nach einigen Minuten zu flackerndem Licht oder sogar zum Erlöschen der Lampe.
4. Bei der allerersten Inbetriebnahme tritt neben dem kräftigen Balmer-Spektrum noch ein bandenartiger Untergrund auf. Dieser Untergrund ist nach etwa einstündiger Betriebszeit verschwunden. Die im Vergleich zu den Balmer-Linien sehr schwachen Sauerstoff-Linien im roten und grünen Spektralbereich bleiben bestehen (vgl. Fig. 1).
5. Bei heißen Balmer-Lampen ist gelegentlich im Mittelteil der Kapillaren die gelbe Natrium-Linie zu beobachten. In diesem Falle wird empfohlen, die oberen bzw. unteren Randzonen der Kapillaren zu beobachten, wo diese störende gelbe Linie nicht mehr in Erscheinung tritt.

### 3 Operation

#### 3.1 Preparing the Balmer lamp (see fig. 3)

Important!

When setting up the Balmer lamp, make sure the power supply is not connected to the mains.

1. Fit the lamp holder with stand rod ③ to clamp ② of the high-voltage power supply.
2. Detach the clip ① at the upper lamp socket ⑤, pull it off downward and place it on the distributor box ④.
3. Remove the top lamp socket ⑤ by pulling it upward. The high-voltage cable with contact spring bushing is exposed.
4. Insert the aluminium socket of the Balmer lamp into the center of the lower, permanently mounted lamp socket ④ and press it down. Make sure that the metal pin of the lamp is seated in the contact spring bushing of the socket.
5. Connect the cable, led from the tube ⑥ via the contact spring bushing.
6. Press on the upper lamp socket ⑤ until part of the ribbing in tube ⑥ is covered.
7. Fix the upper lamp socket ⑤ to tube ⑥ by means of clip ①.

#### 3.2 Putting the Balmer lamp into operation

1. Set the high-voltage power supply to the correct mains voltage by means of the selector switch.
2. Connect to the mains.
3. Set the switch on the high-voltage power supply to "ON". The ON state is indicated by a red lamp above the switch. The Balmer lamp is ignited at once.

#### 3.3 Notes on operation

1. To ensure steady burning of the Balmer lamp, a certain operating temperature is required (approx. 55 °C, measured at the aluminium socket). If the operating temperature is too low (e.g. immediately upon switching on), discharges outside the capillary may occur, causing the lamp to flicker. Steady discharge conditions will be reached after an operating time of approx. 10 to 15 minutes.

If at high ambient temperatures the operating temperature becomes too high (above approx. 70 °C, measured at the aluminium socket), the lamp may go out after a longer period of operation. In this case the lamp can be normally operated again after it has cooled down.

2. If after a long period of operation the hot Balmer lamp does not ignite after being switched off and immediately switched on again, wait until it has cooled down before switching it on once more.
3. The lamp should only be operated in the vertical position, with the aluminium socket facing downward. In other operating positions the light will start to flicker after some minutes or will even go out.
4. At initial operation, a band-like background will appear in addition to the strong Balmer spectrum. This background will disappear after approx. one hour's operation. The oxygen lines in the red and green spectral region, which are very weak compared to the Balmer lines, will remain (cf. Fig. 1).
5. With hot Balmer lamps the yellow sodium line will occasionally be visible in the middle section of the capillary. In this case it is advisable to observe the upper and lower ends of the capillary where the disturbing yellow line will not appear.

### 3.4 Beobachtungsmöglichkeiten

#### 3.4.1 Spektrum der Balmer-Lampe (451 13)

Subjektive Betrachtung:

Taschenspektroskop oder Übungsspektroskop oder Spektrometer und Goniometer oder Kopie eines Rowlandgitters, ca. 6000 Striche/cm	467 02 467 112 467 23 471 23
--	---------------------------------------

Objektive Beobachtung (Projektionsaufbau, s. Fig. 4):

1 Kopie eines Rowlandgitters	471 23
1 Optische Bank	z.B. 460 43
1 Tischklemme	301 06
1 Verstellbarer Spalt	460 14
1 Halter mit Federklemmen	460 22
1 Durchscheinender Schirm	441 53
1 Sammellinse, $f = 50$ mm	460 02
1 Sammellinse, $f = 100$ mm	
6 Leybold-Muffen	301 01

Anordnung gemäß Fig. 4 zunächst ohne Gitter aufbauen.  
Im verdunkelten Raum Balmer-Lampe scharf mit Linse,  $f = 50$  mm auf den Spalt abbilden; Spalt durch Verschieben von Linse,  $f = 100$  mm scharf auf den transparenten Schirm abbilden; danach Gitter im Halter mit Federklemmen befestigen.  
Den Spalt so weit öffnen, daß ein vernünftiger Kompromiß zwischen Helligkeit und Trennung (Auflösung) der Linien zustande kommt.

### 3.4 Observation possibilities

#### 3.4.1 Spectrum of the Balmer lamp (451 13)

Subjective observation:

Pocket spectroscope or School spectroscope or Spectroscope and goniometer or Copy of a Rowland grating, approx. 6000 lines/cm	467 02 467 112 467 23 471 23
--	---------------------------------------

Objective observation (Projection arrangement see Fig. 4):

1 Copy of a Rowland grating	471 23
1 Optical bench e.g	460 43
1 Bench clamp	301 06
1 Adjustable slit	460 14
1 Holder with spring clips	460 22
1 Translucent screen	441 53
1 Lens in frame, $f = 50$ mm	460 02
1 Lens in frame, $f = 100$ mm	460 03
6 Leybold multiclips	301 01

Set up the experiment as shown in Fig. 4, but initially without the grating.  
In a darkened room, focus the Balmer lamp sharply on the slit using the lens  $f = 50$  mm. Focus the light from the slit sharply on the translucent screen by moving the lens  $f = 100$  mm back and forth; then attach the grating to its holder using the spring clips.  
Open the slit until a reasonable compromise is reached between brightness and separation (resolution) of the lines.

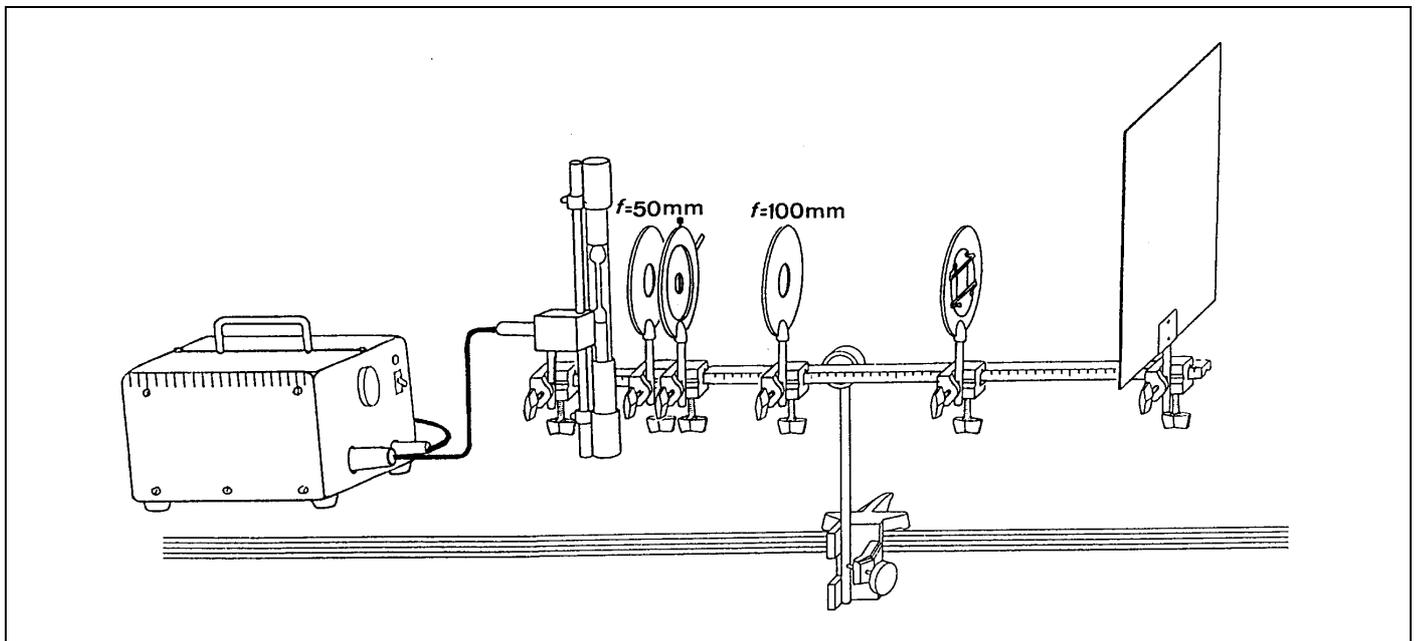


Fig. 4

### 3.5 Spektrum der Balmer-Lampe, deuteriert (451 41)

Mindestauflösung der Spektralapparatur zur Trennung der Linien-Doubletten: 0,1 nm (z.B. Heath Scanning Monochromator, Modell EU 700 und Fotomultiplier RCA 931A).

### 3.5 Spectrum of the Balmer lamp, deuterated (451 41)

Minimum resolution of spectral apparatus for separation of the line doublets: 0.1 nm (e.g. Heath scanning monochromator, model EU 700 and photomultiplier RCA 931 A).

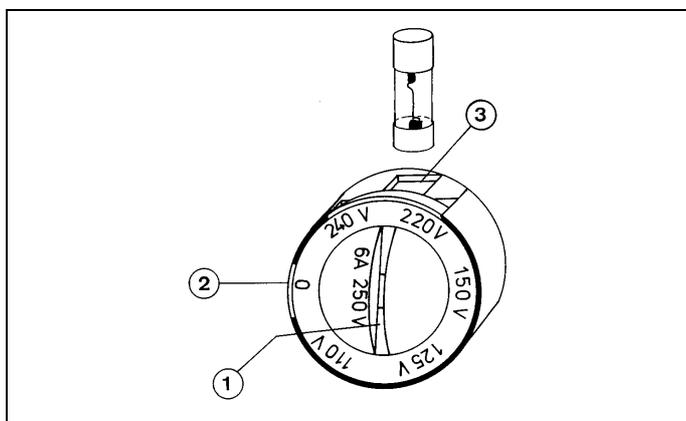
#### 4 Austausch der Sicherung ( s. Fig. 5)

Wichtig:

- Netzstecker ziehen
- Auf richtigen Sicherungswert achten: T 1,25 B bei 230 V~  
T 2,5 D bei 115 V~

Zum Austausch der Primärsicherung (erforderlich bei defekter Sicherung und zur Anpassung an 115 V~) Geldstück in Schlitz ① des Spannungswählers und Sicherungshalters stecken und so drehen, bis sich die "0", wie in Fig. 5 neben der weißen Markierung ② befindet; die in dieser Stellung aus der Öffnung ③ federnd herausgedrückte Schmelzsicherung mit der Hand abfangen; neue Sicherung in Öffnung schieben und mit einem spitzen Gegenstand (z.B. Kugelschreiber, Schraubenzieher) unter gleichzeitiger Drehung des Geldstücks in Schlitz ① nach unten drücken.

Spannungswähler so einstellen, daß der darauf angegebene Wert 220 V (für Netzwechselfspannung von 230 V) bzw. 110 V (für Netzwechselfspannung von 115 V) neben der weißen Markierung ② liegt.



#### 4 Replacing the fuse (Fig. 5)

Important:

- Disconnect the mains plug.
- Check the fuse for the correct value: T 1.25 B for 230 V AC  
T 2.5 D for 115 V AC

To exchange the primary fuse, (required when a fuse blows or when converting to 115 V AC) put a coin into slot ① of the voltage selector and fuse holder and turn it until the white mark ② is next to position "0" as shown in Fig. 5. Catch the fuse in your hand as it is pushed out of opening ③ by the spring. Insert the new fuse into opening ③ and press down by means of a pointed object (e.g. ball pen, screw-driver), at the same time turning and pressing down the coin in the slot ①.

Set the voltage so that the respective value of 220 V (for AC mains voltage of 230 V) or 110 V (for AC mains voltage of 115 V) is opposite the white mark ②.

Fig. 5