

Über die Photoelektronen der Gelatine-Farbstoffphosphore.

Von LAJOS GOMBAY (Szeged, Ungarn).

1. Einleitung.

Millikán¹ stellte fest, dass die Kontaktpotentialdifferenz zwischen Na und Li gleich der Differenz der Anregungsgrenzen des Photoeffektes ist. Hieraus folgerte er, dass die freien Elektronen der Metalle beim Photoeffekt entrissen werden. P. Lukirsky und S. Prilezaev² untersuchten mehr Metalle, und bewiesen, dass die Gleichung

$$h\nu_1 - h\nu_2 = e k_{1,2};$$

wobei $h\nu_1$ bzw. $h\nu_2$ die Anregungsgrenzen, und $k_{1,2}$ die Kontaktpotentialdifferenz zwischen zwei Metallen bedeutet, stets erfüllt ist. Aus dieser Tatsache schliessen sie, dass die Träger des normalen Photoeffektes bei Metallen im Bereich der optischen Wellenlängen die nämlichen Elektronen sind, welche deren Leitfähigkeit bedingen. Von der Natur dieser Elektronen kann man mit Hilfe dieser Gesetzmässigkeit nicht mehr wissen, als man aus der Theorie der Leitfähigkeit der Metalle weiss.

Wenn man diese Frage bei den Gelatine-Farbstoffphosphoren erörtern will, darf man nicht ausser acht lassen, dass die Leitfähigkeit der Gelatine-Farbstoffphosphore verwickelter³ ist, als die Leitfähigkeit der Metalle. Man kann bei Gelatine-Farbstoffphosphoren nicht genau wissen, ob eine Elektronen- oder Ionenleitfähigkeit vorhanden ist. Obwohl eine Abscheidung der Materie nicht zu beobachten ist, ist es doch nicht möglich, hieraus auf die Natur der Leitfähigkeit zu schliessen, da die Gelatine-Farbstoffphosphore, besonders die entwässerten⁴, sehr schlechte Leiter sind. Wenn die Anregungsgrenze des Lichtelektrischen Effektes auch bei Gelatine-Farbstoffphosphoren gerade die Ablösearbeit der Elektronen bestimmt, dann kann man folgern: auch hier werden dieselben Elektronen entrissen, welche deren Leitfähigkeit bedingen.

2. Methode und Versuchsanordnung.

Es wurde die Methode des verzögernden elektrischen Feldes im spärlichen Kondensator angewandt. Wenn die als Sender gebrauchte innere Kugel gegenüber dem Auffänger (der äusseren Kugel) genügend angenähert als Punkt behandelt werden kann, kehren bei angelegter

verzögernder Potentialdifferenz V alle Elektronen mit der Anfangsenergie $\frac{1}{2}mv^2$, welche die Bedingung

$$eV \geq \frac{1}{2}mv^2$$

erfüllen, auf die innere Kugel zurück. Elektronen mit der Anfangsenergie

$$eV < \frac{1}{2}mv^2$$

erreichen immer die äussere Kugel.

Bei meiner Versuchsanordnung war das Verhältnis der Halbmesser der Kugeln 10:1. Man kann zeigen⁶, dass in diesem Fall sämtliche Elektronen bei verzögernder Potentialdifferenz

$$eV = 0,99 \frac{1}{2}mv^2$$

die äussere Kugel erreichen, dagegen bei der Potentialdifferenz

$$eV = \frac{1}{2}mv^2$$

sämtlich zurückkehren.

Durch graphische Differentiation bekommen wir aus den Kurven Stromstärke-verzögerndes Feld mit einer Genauigkeit von 1% die wahre Geschwindigkeitsverteilung der Elektronen. Zur Bestimmung von Höchstgeschwindigkeiten ist diese Methode ganz genau.

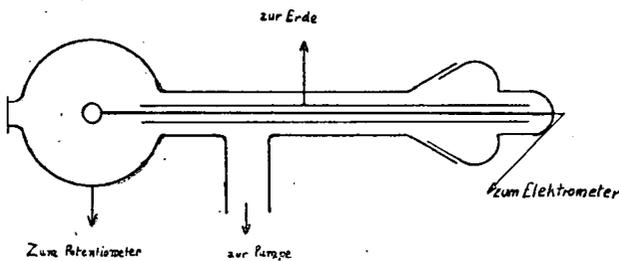


Fig. 1.

Eine von innen versilberte Glaskugel S (Fig. 1) diente als äussere Elektrode (Empfänger) des spärlichen Kondensators. Eine kleine Metallkugel M, auf der die Gelatine-Phosphorschicht aufgetragen war, bildete die innere Elektrode (Sender). Das Licht der Funkenstrecke wurde auf die Mitte des Senders fokussiert, um die Strahlung normal zur Oberfläche einfallen zu lassen. Übrigens war meine Versuchsanordnung und Messmethode dieselbe, wie bei meiner nächste Arbeit.⁶

3. Messergebnisse.

Es wurde der Photostrom des Gelatine-Farbstoffphosphors mit der Konzentration 10^{-1} gr Rhodulin Orange N/cm³ trockene Gelatine gemessen. Die bei Bestrahlung mit $\lambda = 186 \mu$ und $\lambda = 214 \mu$

gewonnene Messergebnisse sind in Fig. 2 wiedergegeben. Mit Hilfe des Rückstroms und Sättigungsstroms bekommen wir aus den Kurven den Wert für die Kontaktpotentialdifferenz 2.2 Volt. Es werden alle gemessenen Resultate um die Kontaktpotentialdifferenz korrigiert, um die wahren Elektronengeschwindigkeiten zu ermitteln.

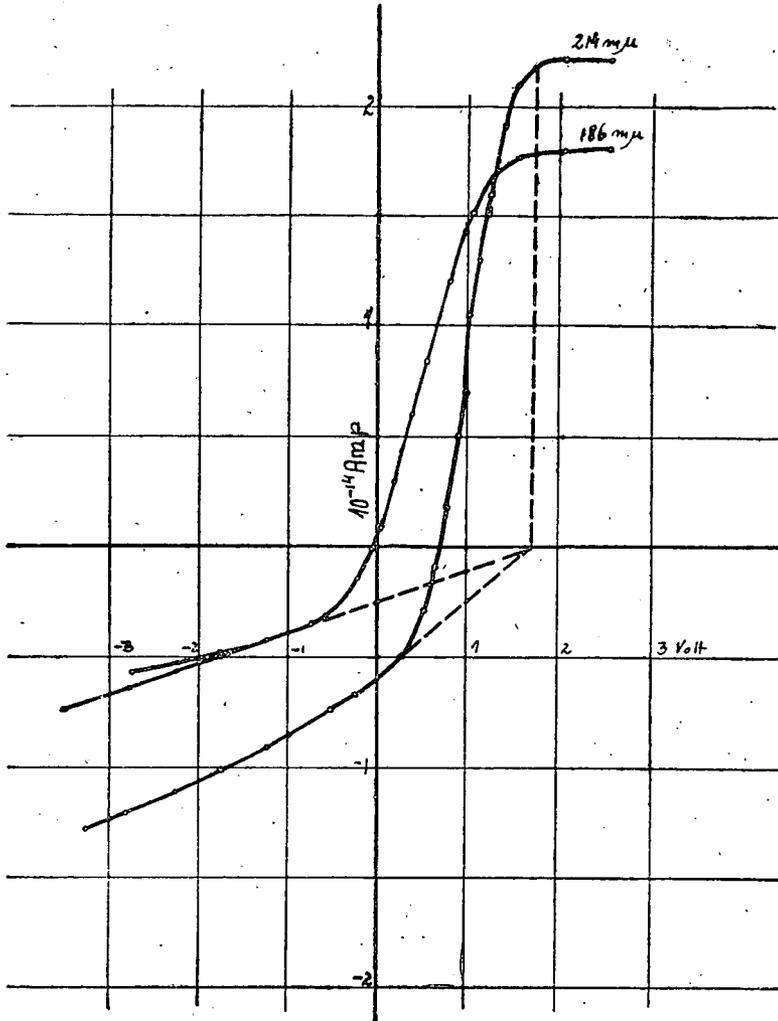


Fig. 2.

Nach Eliminierung des Rückstroms wurden die Kurven auf die gleiche Elektronenzahl (auf denselben Sättigungsstrom) reduziert. Die Resultate zeigen die Kurven der Fig. 3.

Die Kurven in Fig. 4 enthalten die Geschwindigkeitsverteilungen, die man aus den Kurven der Fig. 3. nach reduzieren auf die gleichen Höchstgeschwindigkeiten durch graphische Differentiation bekommt. In

dieser Figur bedeutet die Ordinate die Anzahl der Elektronen, und die Abszisse den Bruchteil der Höchstgeschwindigkeiten. Es ist leicht zu ersehen, dass die bei zwei verschiedenen Wellenlängen gewonnenen Geschwindigkeitsverteilungen verschieden sind: Die häufigsten Geschwindigkeiten sind bei $\lambda = 186 \text{ m}\mu$ etwas kleiner, bei $\lambda = 214 \text{ m}\mu$ etwas grösser, als die Hälfte der Höchstgeschwindigkeiten. Bei der Absorption von kürzeren Wellen emittiert der Gelatine-Farbstoffphosphor mehr Elektronen mit kleineren Geschwindigkeiten, als bei der Absorption der längeren Wellen.

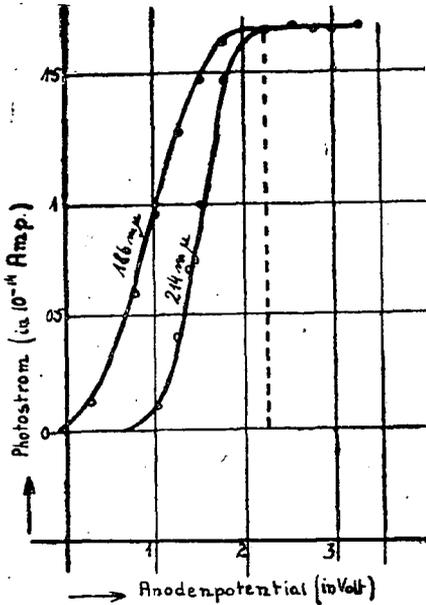


Fig. 3.

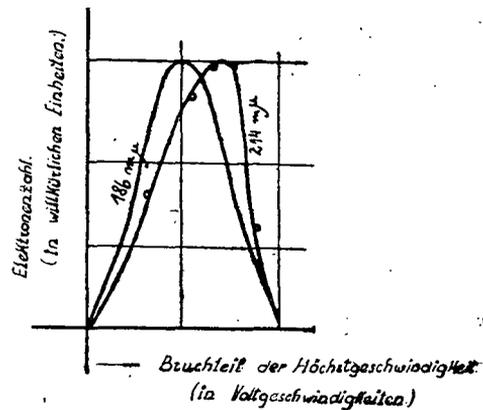


Fig. 4.

Um auch von der Natur der Photoelektronen etwas ermitteln zu können, wurde die Gleichung

$$h\nu_1 - h\nu_2 = ek_{1,2}$$

geprüft. Aus Fig. 2 ergibt sich die Kontaktpotentialdifferenz zwischen den untersuchten Gelatine-Farbstoffphosphor und der äusseren Kugel

$$k_1 = 2,2 \text{ Volt}$$

Aus der Einsteinschen Gleichung:

$$h\nu = eV + e\Phi$$

können wir das Austrittspotential Φ ausrechnen. Aus der Fig. 3. ist ersichtlich: die Höchstpotentiale der Elektronen $V_m = 2,3$ Volt bzw. $V_m = 1,55$ Volt bei $\lambda = 186 \text{ m}\mu$ bzw. $\lambda = 214 \text{ m}\mu$. So bekommen wir im Mittelwert $\Phi = 4,34$ Volt, und die langweilige Grenze $\lambda' = 285 \text{ m}\mu$ oder $\nu' = 10,5 \cdot 10^{14} \text{ sec}^{-1}$ und die Anregungsgrenze $h\nu'_1 = 4,34 \text{ eVolt}$.

Als zweiter Sender wurde eine Kupferkugel gebrauchte. Bei meinen Messungen ergibt sich:

$$k_2 = 2,82 \text{ Volt}$$

$$\lambda_2' = 310 \text{ m}\mu$$

$$\nu_2' = 9,78 \cdot 10^{14} \text{ sec}^{-1}$$

$$h\nu_2' = 3,99 \text{ e Volt}$$

So bekommen wir $h\nu_1' - h\nu_2' = 0,65 \text{ e Volt}$

und $k_1 - k_2 = 0,62 \text{ Volt}$

Die Zahlenwerte zeigen uns, dass die Differenz der Anregungsgrenzen des normalen Photoeffekts auch bei Gelatine-Farbstoffphosphoren innerhalb der Messfehlergrenzen die Kontaktpotentialdifferenz liefert. So können wir annehmen, dass auch bei den Gelatine-Farbstoffphosphoren dieselben Elektronen entrissen werden, die deren Leitfähigkeit bedingen.

4. Zusammenfassung.

Die Photoelektronen der Gelatine-Farbstoffphosphore wurde mit der Methode des verzögernden elektrischen Feldes im sphärischen Kondensator untersucht. Das Verhältnis der Halbmesser der Kugel war 10:1. Die Kontaktpotentialdifferenz war 2,2 Volt.

Es ergab sich, dass bei zwei verschiedenen Wellenlängen gewonnenen Geschwindigkeitsverteilungen verschieden sind: Die häufigsten Geschwindigkeiten sind bei $\lambda = 186 \text{ m}\mu$ etwas kleiner, bei $\lambda = 214 \text{ m}\mu$ etwas grösser, als die Hälfte der Höchstgeschwindigkeiten. Die Differenz der Anregungsgrenzen des normalen Photoeffekts liefert auch bei Gelatine-Farbstoffphosphoren die Kontaktpotentialdifferenz. So kann man annehmen, dass bei Gelatine-Farbstoffphosphoren dieselben Elektronen entrissen werden, die deren Leitfähigkeit bedingen.

Für die freundliche Anregung und für das ständige Interesse möchte ich auch an dieser Stelle dem Direktor des Instituts für Experimentalphysik Herrn Professor Fröhlich und Herrn Professor Pohl herzlich danken. Die Erscheinung dieses Artikels wurde möglich durch die Unterstützung des Ungarischen Unterrichts- und Kultusministeriums, dafür bin ich Herrn Sectionchef Dr. Zoltán Zsebök, zum grossen Danke verpflichtet.

¹ Millikán: Phys. Rev. 7, 355 (1916)

² P. Lukirsky u. S. Prilezaev: ZS. f. Phys. 49, 236 (1928)

³ L. Gombay: Acta Chem. Min. et Phys. 7, 2, (1939) und Kolloid Z. 99, 1 (28) (1942).

⁴ L. Gombay: Kolloid Z. 100, 3, 350 (1942).

⁵ P. L. Lukirsky: ZS. f. Phys. 22, 355 (1924).

⁶ Wegen Platzmangel siehe meine nächste Arbeit. L. Gombay: Über den lichtelektrischen Effekt der Gelatinefarbstoffphosphore Acta chem. mineral et phys. 1948.