

B. Skorobohatyj.

Über die Sorption der Gase im Quecksilberlichtbogen bei höherem Dampfdruck.¹⁾

O sorpcji gazów w lampie rtęciowej przy większej prężności pary.²⁾

Streszczenie.

W lampie rtęciowej, której schemat przedstawia rys. I, mierzono w pewnych odstępach czasu: natężenie prądu (J), napięcie na elektrodach (U), prężność (p) panującą w lampie czynnej, pochodzącą od mieszaniny pary rtęci i gazu doprowadzonego; prężność gazu (p_{H_2} i p_{N_2}) wprowadzonego do lampy przed jej zapaleniem, prężność gazu w niej pozostałego po jej zgaszeniu i długość łuku l .

Z pomiarów wynika, że dla zależności napięcia na elektrodach od długości łuku można przyjąć wzór linjowy: $U = A + Bl$.

Dla łuku z domieszką azotu B wzrasta, gdy p i p_{N_2} wzrasta, natomiast maleje, gdy J wzrasta.

Przy $p = 100$ mm Hg sorpcja azotu jest bardzo powolna. Im mniejsze jest p , tem prędszą jest sorpcja.

Dla łuku z domieszką wodoru B wzrasta, gdy p_{H_2} wzrasta i posiada większą wartość dla wodoru przy $p_{H_2} = 3$ mm Hg niż przy takim samym $p_{N_2} = 3$ mm Hg dla azotu.

Przy $p = 50$ mm Hg sorpcja wodoru jest bardzo prędką i całkowitą.

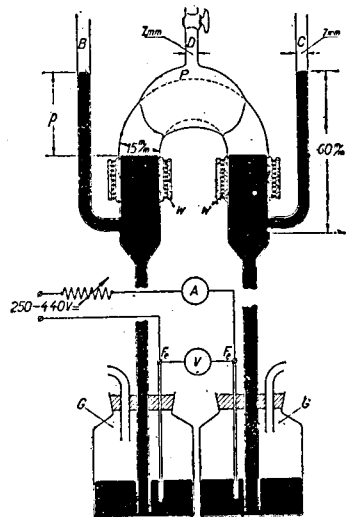


Fig. I.

¹⁾ Vorgetragen bei der VI. Tagung der Polnischen Physiker in Warschau, Oktober 1932.

²⁾ Praca referowana na VI Zjeździe Fizyków Polskich w Warszawie, w październiku 1932.

Prędkość sorpcji wodoru jest mniejsza dla większych l i większych p ; natomiast nie zależy od p_{H_2} .

Dla łuku z domieszką tlenu sorpcja jest tak prędką, że odpowiednich pomiarów jak dla azotu i wodoru wykonać nie można.

II Zakład Fizyczny Politechniki Lwowskiej.

Rękopis otrzymany dn. 8 listopada 1932.

Die Versuchsanordnung, in der eine Quarz- oder Siborglaslampe angewandt wurde, ist in der Fig. 1 dargestellt.

Die Stromzuführung zu den beiden Quecksilberelektroden geschah mittels zweier Eisenstäbe Fe , die mit dem zwei Glasgefäße G ausfüllenden Quecksilber in Berührung kamen und den gewünschten leitenden Kontakt herstellten. Die Quecksilberelektroden konnten mit Widerstandsöfen W geheizt werden.

Mit Hilfe des von der Lampe abzweigenden Röhrchens B konnte sie entweder mit der Pumpe oder mit dem Gasvorratsgefäß verbunden werden. Das andere abzweigende Röhrchen C bildete eine Verbindung der Lampe mit dem $MacLeod$ Manometer.

Die oben erwähnten Glasgefäße G haben ferner eine Verwendung als Organe der Steuerungsanordnung gefunden. Durch eine Zu- oder Abnahme des darin herrschenden Luftdrucks konnte entweder ein Zünden, ein Konstanthalten der Bogenlänge, oder ein Ausfüllen des Bogenraumes mit dem Gase aus dem Gasbehälter veranlasst werden.

Die Regulierung des Heizstromes in den Widerstandsöfen W ermöglichte es, den Überdruck P in dem Bogenraum auf einem konstanten Werte aufrecht zu erhalten.

Die über der Lampe angeschmolzene Glashülle P , die mit dem $MacLeod$ Manometer verbunden war, bildete eine Prüfanordnung zur Feststellung, ob die Gase nicht eventuell durch das Quarz, beziehungsweise Siborglas, entweichen.

Die Druckmessungen des eingelassenen oder übriggebliebenen Gases wurden im kalten Zustande, d. h. vor und nach dem Brennen der Lampe, durchgeführt. Dagegen während des Brennens erstreckten sich die Messungen auf den Druck des Quecksilberdampfes und des eingelassenen Gases, also auf den Gesamtdruck des heissen Zustandes p .

Ergebnisse der Messungen. — Es wurde die Elektrodenspannung (U) in Abhängigkeit von der Bogenlänge (l) für verschiedene Stromstärken (J) gemessen. Der während einer Messung konstant bleibende Gesamtdruck des Quecksilberdampfes und des zugesetzten Gases

(ϕ) wurde bei brennender Lampe in heissem Zustande gemessen. Der Anfangsdruck des zugesetzten Gases (ϕ_{H_2} , ϕ_{N_2}) wurde vor dem Zünden der Lampe in kaltem Zustande gemessen.

Die Fig. 2 zeigt die Abhängigkeit der Elektrodenspannung von der Bogenlänge $U = f(l)$ für sechs verschiedene Anfangsdrücke des Stickstoffs ($\phi_{N_2} = 0,05, 1, 3, 6$ und 11 mm Hg) bei konstant gehaltenen Werten des Gesamtdruckes $\phi = 50$ mm Hg und der Stromstärke $J = 0,5$ A.

Bei diesen Versuchsbedingungen kann die Abhängigkeit der Elektrodenspannung von der Bogenlänge in der Form

$$U = A + Bl$$

ausgedrückt werden, wobei mit A die Summe des Kathoden- und Anodenfalls, mit B — der Spannungsgradient an der Lichtsäule bezeichnet wird.

Die Fig. 3 zeigt dieselbe Abhängigkeit für drei verschiedene Ge-

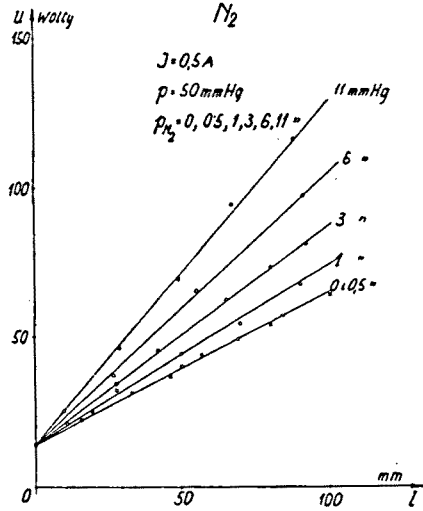


Fig. 2.

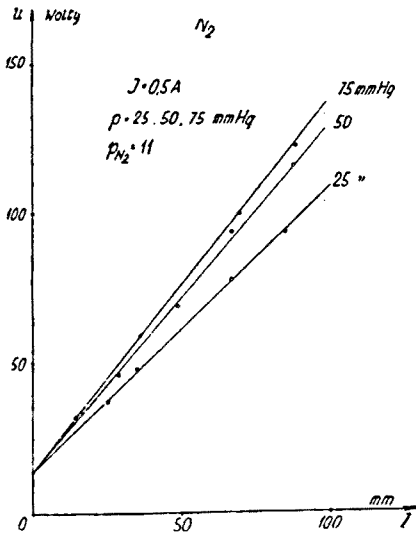


Fig. 3.

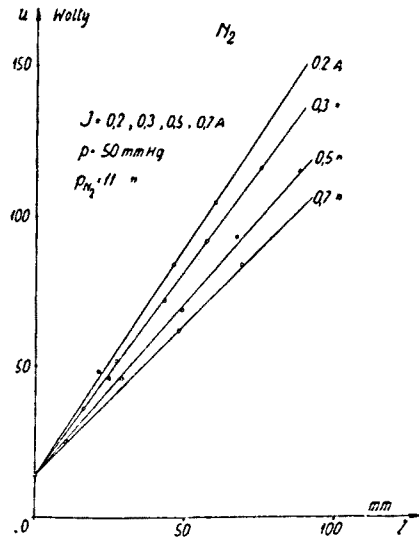


Fig. 4.

samtdrucke ($\phi = 25, 50$ und 75 mm Hg) und Fig. 4 — für vier verschiedene Stromstärken ($J = 0,7, 0,5, 0,3$ und $0,2$ A). Der Zahlenwert A

(etwa 14 Volt) ist in den erwähnten Kurvenscharen überall derselbe. Der Zahlenwert B steigt mit wachsendem Gesamt- und Partialdruck p und p_{N_2} , sinkt aber mit wachsender Stromstärke J .

Um eventuelle Sorption des Stickstoffs während der Bogenentladung nachzuweisen, wurde folgendes Verfahren angewandt. Nach der Messung des Stickstoffdruckes ($p_{N_2} = 12 \text{ mm Hg}$) im kalten Zustande der Lampe, zündete man die Lampe und regulierte die Stromstärke ($J = 0,5 \text{ A}$), die Bogenlänge ($l = 15 \text{ mm}$) und den Gesamtdruck ($p = 100 \text{ mm Hg}$) auf konstante Werte. Die Speisung der Lampe unterbrach man erst nach 15 Minuten. Sobald sie wieder ihren kalten Zustand erreicht hatte, wurde die Messung des übriggebliebenen Stickstoffs ausgeführt. Bei allen nachfolgenden Lampenentladungen wurde bei einem immer kleineren Gesamtdruck (z. B. $p = 80 \text{ mm Hg}$) dasselbe Verfahren angestellt. Die sich dabei ergebenden Werte des Gesamtdrucks der Lampe im heißen Zustand wurden auf die Ordinatenachse, die des Enddrucks des übriggebliebenen Stickstoffs auf die Abszissenachse aufgetragen, woraus die entsprechenden Kurven erhalten wurden.

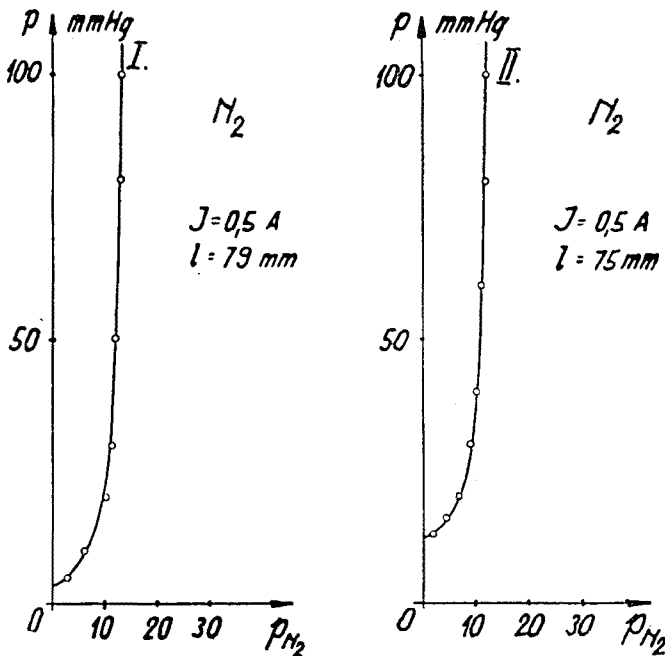


Fig. 5.

Die Fig. 5 enthält zwei derartige Kurven die mit II und I bezeichnet sind. Die Kurve II wurde mit einer Quarzglaslampe, I — mit einer Siborglaslampe bei etwas anderen Versuchsbedingungen erhalten. Die

Sorption, die während 15 Minuten Brennzeit bei dem Gesamtdruck $p = 100 \text{ mm Hg}$ kaum merklich ist, wird bei kleineren Gesamtdrücken grösser, was aus den Kurven ersichtlich ist. Dieses Resultat stimmt mit den Versuchen von Cz. Reczyński¹⁾ überein, der mit viel geringeren Dampfdrücken gearbeitet hat (0,1 bis 0,01 mm Hg) und sehr schnelle und vollkommene (bis $p_{N_2} = 0,002 \text{ mm Hg}$) Sorption des Stickstoffs erhalten hat.

Bei höheren Dampfdrücken des Quecksilbers ist nämlich die mittlere Temperatur des Bogens höher und das Quecksilbernitrid, das sich beim Brennen bildet, ist bei diesen Temperaturen nicht beständig.

Bei den Messungen an der Lampe mit Wasserstoffatmosphäre ergab sich zuerst, dass die erhaltenen Werte wegen schneller Sorption des Gases nicht reproduzierbar sind. Der Vorgang ist durch die Kurve in Fig. 6

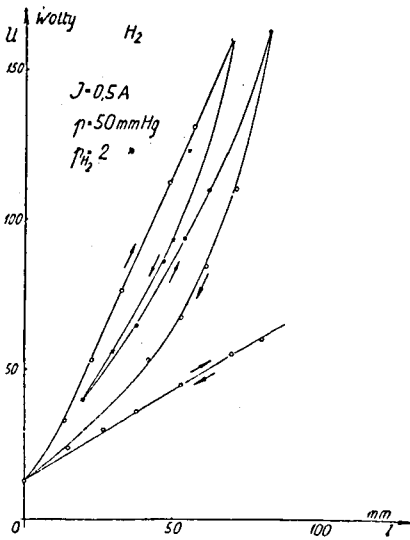


Fig. 6.

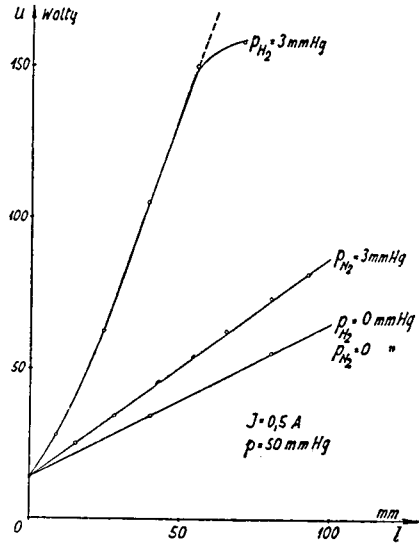


Fig. 7.

(Elektrodenspannung — Ordinaten) bei wachsenden und sinkenden Bogenlängen (Abszissen) dargestellt. Die Pfeile zeigen die Richtung der Änderung der Bogenlänge. Nur der tiefste Zweig der Kurve gibt dieselben Werte der Spannung bei wachsender und sinkender Bogenlänge an. Der Vergleich aber mit der Charakteristik des reinen Quecksilberbogens weist eine vollkommene Sorption des Wasserstoffes auf.

Durch sehr rasch ausgeführte Messungen kann man jedoch für Wasserstoffzusatz Werte feststellen, die mit den Werten für den Stickstoffzusatz vergleichbar sind, was in der Fig. 7 durchgeführt wurde.

¹⁾ Cz. Reczyński, C. R. de la Soc. Pol. de Physique, fasc. III, 18, 1925.

Die obere Linie entspricht der Wasserstoffatmosphäre bei $p_{H_2} = 3 \text{ mm Hg}$; die mittlere — der Stickstoffatmosphäre bei demselben Druck $p_{N_2} = 3 \text{ mm Hg}$; die untere — dem reinen Quecksilberdampf. Man ersieht daraus, dass der Gradient B grösser bei H_2 , kleiner bei N_2 und am kleinsten bei reinem Quecksilber ist.

Die Kurven in Fig. 8 sind in ähnlicher Weise erhalten worden. Mit steigendem Partialdruck des Wasserstoffs wächst auch der Gradient B , was auch für die Stickstoffatmosphäre schon beobachtet wurde (vgl. Fig. 2).

Da die Elektrodenspannung schnell mit der Partialdruckänderung variiert, kann man sie als Mass der jederzeit in der Lampe anwesenden Menge des Wasserstoffs benutzen. Ist die ganze Wasserstoffmenge verzehrt worden, so entspricht die Elektrodenspannung der bei reinem Quecksilberdampf auftretenden und von diesem Werte ab bleibt sie schon ganz unverändert. Auf diese Weise

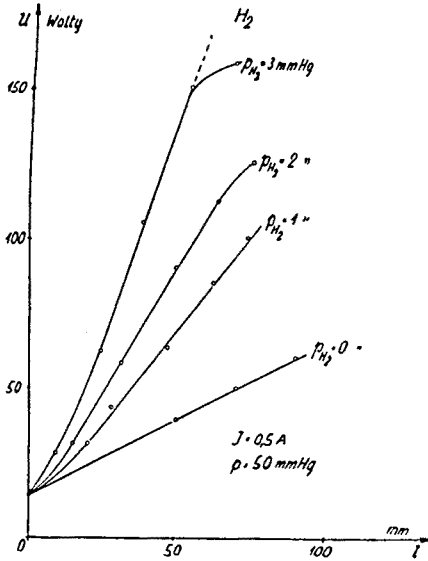


Fig. 8.

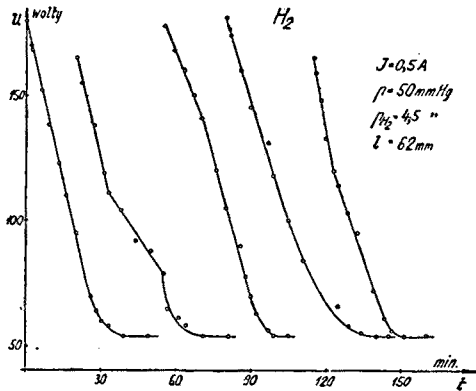


Fig. 9.

konnte man die Geschwindigkeit der Sorption des Wasserstoffs untersuchen. Die bezüglichen Resultate enthält die Fig. 9, worin die Elektrodenspannungen als Ordinaten und die Brennzeit der Lampe als Abszissen aufgezeichnet wurden. Man ersieht daraus eine schnelle Verringerung der Elektrodenspannung, folglich auch der Wasserstoffmenge während des Brennens der Lampe, bis schliesslich die Elektrodenspannung einen Wert erreicht, der dem des reinen Quecksilberdampfes entspricht. Die fünf Kurven der Fig. 9 sind kurz nacheinander aufgenommen worden. Jedesmal wurde eine neue Wasserstoffmenge in die Lampe eingeführt. Die Geschwindigkeit der Sorption blieb

trotz der grösseren Menge des eingeführten Gases dieselbe, und selbst nach 38-maliger Einführung neuer Gasportionen konnten keine merklichen Ermüdungserscheinungen beobachtet werden. Die sorbierte Gasmenge betrug dabei 0,5 cm³ Wasserstoff beim Atmosphärendruck.

Im weiteren Verlauf der Arbeit wurde noch die Abhängigkeit der Sorption von der Bogenlänge, dem Gesamtdruck und dem Partialdruck des Wasserstoffs untersucht.

Die Geschwindigkeit der Sorption wird bei grösseren Bogenlängen grösser: die Spannung sinkt bei einer Bogenlänge $l = 62$ mm in 15 Minuten von 137 auf 54 Volt, bei $l = 45$ mm in 45 Minuten von 85 auf 45 Volt, und bei $l = 26$ mm während 6 Stunden von 52 auf 31 Volt, wobei $p = 50$ mm Hg, $p_{H_2} = 2$ mm Hg und $I = 0,5$ A ist.

Bei grösseren Gesamtdrucken ist die Geschwindigkeit der Sorption etwas kleiner: die Spannung sinkt z. B. bei $p = 0$ mm Hg in 15 Minuten von 137 auf 54 Volt und bei $p = 25$ mm Hg in 9 Minuten von 130 auf 43 Volt, wobei $l = 62$ mm, $p_{H_2} = 2$ mm und $J = 0,5$ A ist.

Vom Partialdruck des Wasserstoffs ist dagegen die Geschwindigkeit der Sorption unabhängig, was aus der Fig. 9 ersichtlich ist, in der die Ergebnisse für $p_{H_2} = 2, 3, 4,$ und $4,5$ mm Hg wiedergegeben sind.

Manche Kurven, die den Verlauf der Elektrodenspannung in Abhängigkeit von der Zeit wiedergeben, zeigen gewisse Abweichungen von dem geradlinigen Verlauf (z. B. die zweite links in Fig. 9, die dritte links in Fig. 10).

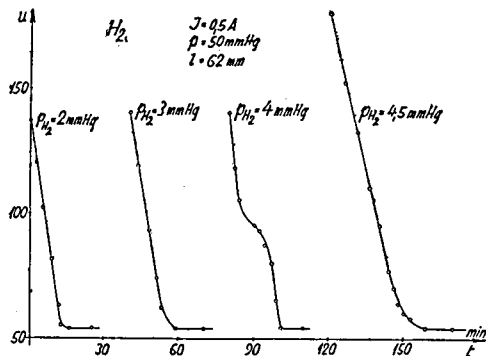


Fig. 10.

Diese Verlangsamung der Sorption kann man folgender Erscheinung zuschreiben. Während des Brennens der Lampe entstehen zwischen der Glaswand und der Quecksilbersäule, nicht weit unter der Oberfläche der Elektroden, kleine Gasbläschen, die sich allmählich vergrössern und von Zeit zu Zeit in die Lampe zurückweichen. Wenn ein grösseres Bläschen in den Licht-

bogenraum zurücksteigt, vergrößert sich der Partialdruck und infolgedessen wird die Elektrodenspannung vorübergehend grösser. Die Fig. II

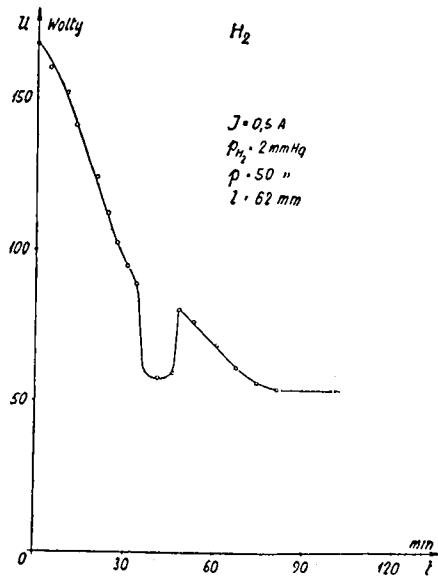


Fig. II.

zeigt den Verlauf der Spannung im Falle, wo ein enorm grosses Gasbläschen aus dem Quecksilber in den Bogenraum zurückgewichen ist.

II. *Physikalisches Institut der Technischen Hochschule, Lwów.*

Eingegangen am 8. November 1932.