

Józef Kawa.

Ciepło katodowe łuku rtęciowego.¹⁾

Über die an der Kathode einer Quecksilberlampe entwickelte Wärmemenge.

Z u s a m m e n f a s s u n g.

Die Versuchsanordnung ist in der Fig. 1 dargestellt. Die Lampe besass eine hängende und vertikal verschiebbare Anode aus Eisen (*A*) und eine Kathode aus Quecksilber (*K*). Ein Dewargefäß mit Wasser ausgefüllt, in dem die Kathode eingetaucht war, diente als Wasserkalorimeter für Wärmemessungen der Kathodenwärme. Der Eisenblock (*A*) bildete zugleich ein Kalorimeter für die Anodenwärme.

Zuerst wurden gleichzeitig Messungen der Anoden- und Kathodenwärme für kleinere Bogenlängen durchgeführt.

Demnach entspricht der Kathodenwärme die Spannung von 3 Volt, der Anodenwärme die Spannung von 6 Volt; aus dem Umstande, dass die gesamte Elektrodenspannung überhaupt nur 9 Volt erreichte, lässt sich schliessen, dass die als Licht ausgestrahlte Energie bei diesen Verhältnissen sehr klein ist.

Die Fig. 2 enthält die Resultate der Messungen in Kurvenform, wobei die Zeiten als Abszissenwerte in Minuten, die Temperaturen des Kalorimeterwassers als Ordinatenwerte in Celsiusgraden ausgedrückt sind.

Die Zunahme der Temperatur bei kleineren (bis 5 cm) Bogenlängen ist etwas geringer (2,7 — 2,9 Volt), als bei grösseren (bei 12 cm) Bogenlängen (3,8 Volt).

Die Berechnung der Kathodenwärme für verschiedene Versuchsbedingungen (gekühlte und ungekühlte Lampe) führt zu einer Kurve, die in der Fig. 3 dargestellt ist. Die Abszissen bedeuten Bogenlängen, die Ordinaten — die Voltäquivalente der Kathodenwärme. Bei ungekühlter Lampe und kleinen Bogenlängen besitzt die Kathodenwärme einen Wert von 2,7 — 2,9 V. Dieser Wert bleibt bis zur Erscheinung der positiven

¹⁾ Praca referowana na V Zjeździe fizyków polskich w Poznaniu we wrześniu r. 1930.

Säule fast konstant. Die positive Säule entsteht bei der Bogenlänge von 6 cm, was durch eine geringe Vergrößerung der Kathodenwärme begleitet ist (3,8 Volt). Die Vergrößerung des Elektrodenabstandes, was auch der Verlängerung der positiven Säule entspricht, bleibt auf den erreichten Wert der Kathodenwärme ohne Einfluss.

Fügt man der Lampe eine Wasserkühlung zu (Fig. 1, Kühlung C) so bekommt man auch in Anwesenheit der positiven Säule einen kleineren und für den ganzen Messbereich konstanten Kathodenwärmewert 2,5 V. (Fig. 3, Punkte a, b, c, d).

Diese Erscheinungen lassen sich in folgender Weise erklären. An der Kathode wird das Quecksilber teilweise verdampft und teilweise verspritzt. Bei der nicht gekühlten Lampe wird die Verdampfungswärme des Quecksilbers durch die Kondensation des Quecksilberdampfes an der Kathode zurückgewonnen. Der Kondensationsvorgang erstreckt sich aber auch an diesen Teil des Quecksilbers, der durch die Verspritzung an die warmen Wände der Leuchtröhre gelangte und dort zur Verdampfung gebracht wurde. Die gemessene Kathodenwärme ist also zu gross (ca. 3,8 Volt).

Die Wasserkühlung der Lampe verursacht dagegen ein stetiges Abführen der Verdampfungswärme dieses Teiles des Quecksilberdampfes, der an den kühlen Wänden der Leuchtröhre kondensiert hat, wodurch die gemessene Kathodenwärme einen zu kleinen Wert besitzt (ca. 2,5 Volt).

Der richtige Kathodenwärmewert liegt also zwischen 2,5 und 3,8 Volt.

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

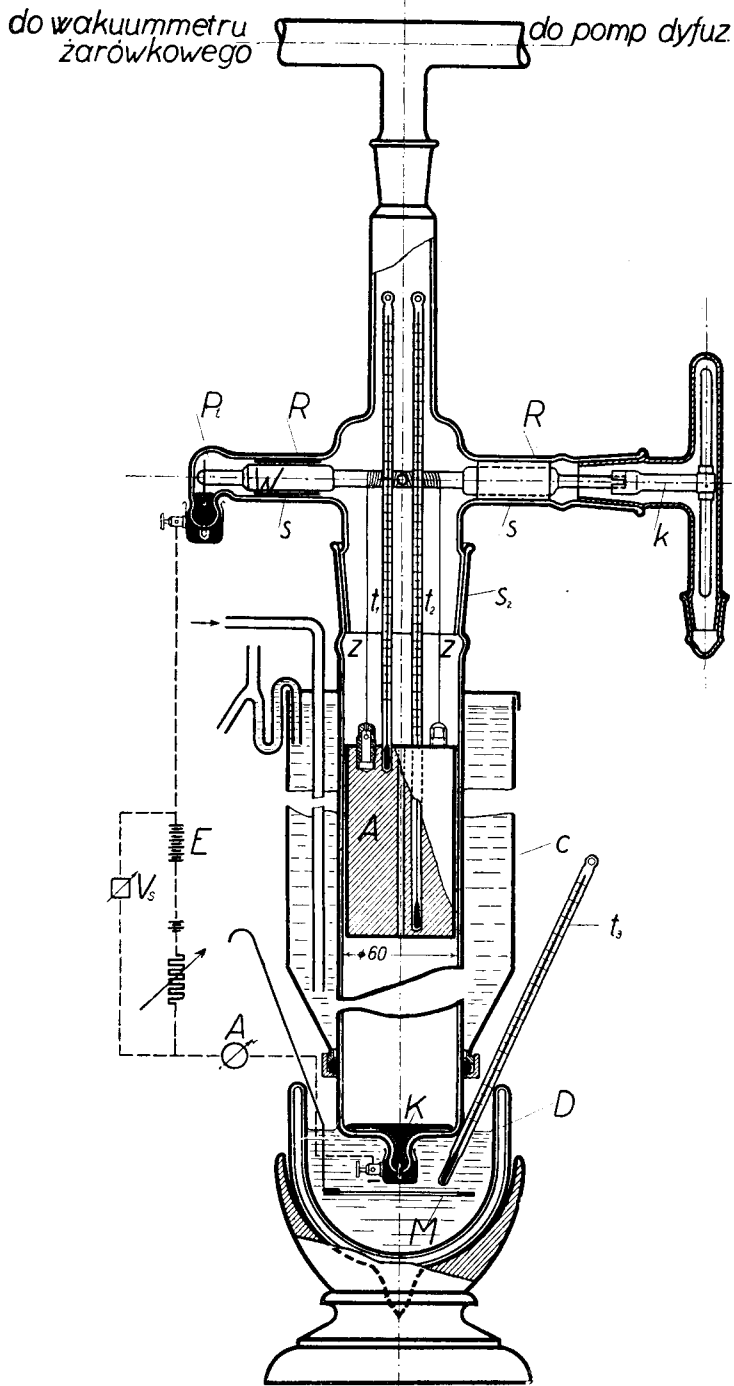
Eingegangen am 23. März 1931.

Podczas palenia się łuku rtęciowego zużywa się energja elektryczna. Energja ta zamienia się prawie całkowicie w energję cieplną — znikomo mała jej część zostaje wypromieniowana jako światło.

Energję cieplną wydzielaną przez łuk podzielić możemy ogólnie na 3 części: a) ciepło wydzielone na katodzie, które zwać będziemy krótko ciepłem katodowym, dalej b) ciepło wydzielone na anodzie (ciepło anodowe), wreszcie c) ciepło wydzielone na ściankach lampy.

Jednym ze sposobów badania łuku rtęciowego jest metoda kalorymetryczna. Metoda ta, przy pomocy której udało się wykryć cały szereg zjawisk zachodzących na anodzie, bądź też w samej zorzy, zastosowaną została w pracy niniejszej. Jest to dalszy ciąg pomiarów cieplnych w łuku rtęciowym zapoczątkowanych w pracy poprzedniej¹⁾. Metoda ta polega

¹⁾ J. K a w a, Sprawozd. i Prace Pol. Tow. Fiz., *IV*, zes. 1, 1929.



Rys. 1.

na pomiarze ilości ciepła wydzielanego na poszczególnych częściach łuku w zależności od zmiennych parametrów, jakimi mogą być długość łuku, natężenie prądu, przekrój lampy i ciśnienie.

Lampa rtęciowa, na której przeprowadzone zostały pomiary, przedstawiona jest na rys. 1; składała się ona z dwóch części połączonych ze sobą szlifem S_2 . W cylindrycznej części dolnej o średnicy wewnętrznej 60 mm i długości czynnej 32 cm przesuwiał się walec żelazny A o średnicy 57 mm i masie około 2 kg (2060 gr), który służył jako anoda. Walec ten zawieszony był na dwóch plecionych linkach stalowych z nawiniętych częściowo na wałek W . Na zgrubieniach wałka nałożone były stalowe spirale S , umieszczone w ramionach górnej części lampy. Zmianę długości łuku uskutecziano przez obracanie wałka W przy pomocy klucza k umieszczonego w osłonie szklanej, która szerokim szlifem łączyła się z jednym ramieniem.

Prąd do anody doprowadzano linkami zawieszeniowemi ε , dalej wałkiem W i okrągłą płytką platynową Pt , przykręconą do końca wałka. Płytką platynową częściowo zanurzała się w zbiorniczku rtęci, w którym od dołu wlotowane były platynowe doprowadzenia prądu.

Do pomiaru temperatury anody służyły dwa termometry t_1 i t_2 umieszczone w dolnej i górnej części walca anodowego. Dobry kontakt termiczny termometrów z anodą zapewniała folja platynowa.

Katodą łuku K była rtęć w ilości 380 — 460 gr, znajdująca się w specjalnie ukształtowanej dolnej części lampy. W ten sposób ciepło wywiązujące się na katodzie mogło być szybko odprowadzone na zewnątrz, a temperatura katody niewiele była wyższa od temperatury wody kalorymetru zewnętrznego.

Jako kalorymetr katodowy służyło naczynie Dewara D wypełnione wodą. Początkowo używano naczynia Dewara wąskiego a wysokiego — następnie zastosowano szerokie i niskie jak na rysunku. Poziom wody w kalorymetrze utrzymywany był na wysokości poziomu rtęci katody. Wodę mieszano mieszadłem M , a do odczytywania temperatury służył termometr t_3 .

Dla pewnej ilości pomiarów ścianki lampy chłodzone były wodą. Chłodnica C umocowana była na lampie w odległości 3 cm od powierzchni katody.

Lampa tak urządzona, połączona była z pompą dyfuzyjną oraz wakuummetrem żarówkowym, celem ciągłego kontrolowania ciśnienia w lampie.

Jako źródło prądu do zasilania łuku służyła bateria akumulatorów E o napięciu 250 V. Napięcie na końcówkach lampy mierzono woltomierzem samopiszącym V_s . Posuw papieru można było zmieniać w granicach 1—12 cm/min. Woltomierz ten posiadał jeszcze znacznik urucha-

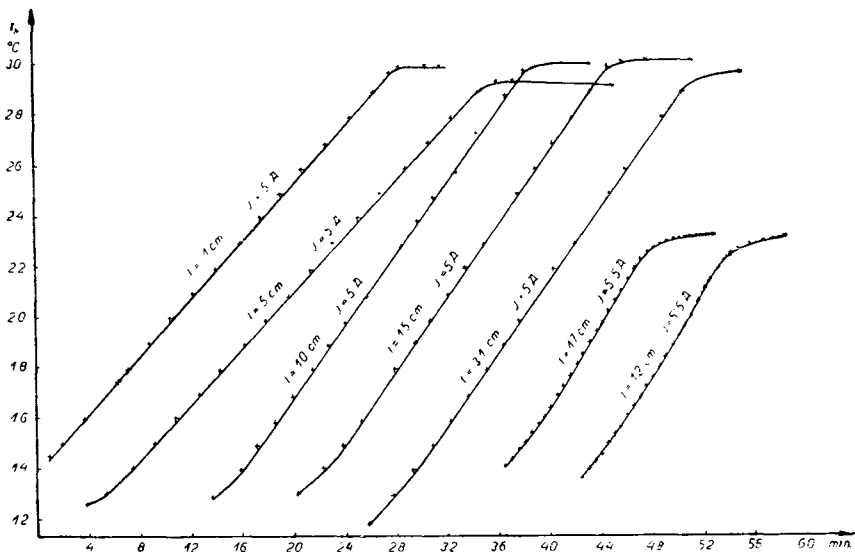
miany elektromagnetycznie, który pozwalał na notowanie na tej samej taśmie oprócz napięcia, także chwilowej temperatury kalorymetru katodowego oraz temperatury anody.

Łuk zapalano wysokim napięciem z induktora, którego jeden biegun połączony był na stałe z katodą, a drugi dotykał ścianki lampy powyżej rtęci katody.

Podczas każdego pomiaru natężenie prądu utrzymywano na stałej wartości.

Przy pomiarach ciepła wydzielonego na katodzie parametrami zmieniami były długość łuku (0—32 cm), oraz natężenie prądu (5—10 A).

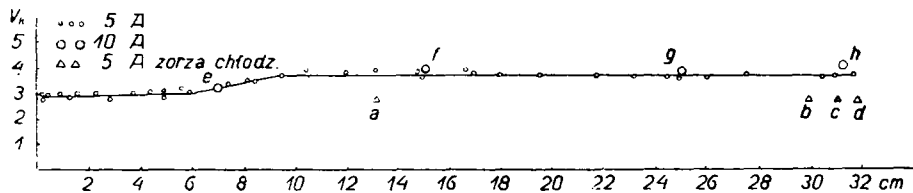
Celem obliczenia ciepła katodowego notowano podczas pomiaru zmiany temperatury w kalorymetrze katodowym. Na rys. 2 mamy kilka takich krzywych przy różnych długościach łuku i stałej pojemności cieplnej katody. (Oś odciętych: czas w minutach, oś rzędnych: temperatura wody kalorymetru katodowego w °C). Zorza przy tych



Rys. 2.

pomiarach nie była chłodzona. Z rys. 2 widzimy, że nachylenie dwóch pierwszych krzywych temperatury jest mniejsze od następnych, zatem przy małych odległościach elektrod ilość wydzielonego ciepła na katodzie jest mniejsza od ciepła przy dużych odległościach. Zestawienie wyników obliczeń ciepła wydzielonego na katodzie mamy na rys. 3. (Oś odciętych — długość łuku w cm, oś rzędnych — odpowiednik ciepła katodowego w voltach). Ciepło katodowe wyrażone zostało w równoważniku napięciowym, odpowiadającym spadkowi napięcia, który przy danem

natężeniu prądu wydzieliłby tę samą ilość ciepła. Z rys. 3 widzimy, że przy niewielkich odległościach elektrod ciepło katodowe jest stałe i wynosi 2,7 — 2,9 V, następnie wzrasta do 3,8 V przy 5 A i na tej wartości utrzymuje się mimo coraz to większych odległości elektrod. Zmiana wartości ciepła wydzielonego na katodzie stoi widocznie w związku z wy-



Rys. 3.

stąpieniem zorzy. Przy małych długościach łuku (do 3 cm) zorza nie występowała. Dalej zaczyna się zorza tworzyć, początkowo jako mała wiązka świetlna, wypełniając przy ok. 6 cm długości łuku cały przekrój lampy. Temperatura anody podczas tych pomiarów zbliżona była do temperatury katody tak, że oddziaływania anody na katodę nie było, względnie było tak małe, że można je było pominąć.

Wyniki przeprowadzonych pomiarów z lampą o ściankach chłodzonych na długości zorzy, zaznaczone na rys. 3 trójkątami (2,5 V), wskazują, że owo bezpośrednie oddziaływanie zorzy na katodę jest znikomo małe, natomiast zachodzi tu wpływ gorących ścianek lampy. Oddziaływanie gorących ścianek przez przewodnictwo cieplne, jak przekonywa nas rachunek, jest niezbyt duże.

Przy znacznym rozsunieciu elektrod i ściankach chłodzonych tak, by ich temperatura była bliska temperatury katody, obserwujemy osiadanie kropelek rtęci na ściankach; nie jest to tylko kondensacja par rtęci, gdyż wówczas zagęszczanie kondensatu na ściankach byłoby jednostajne, tymczasem obserwujemy jakby uderzanie w ścianki kropelek rtęci pędzących od katody. Przy ściankach gorących tego nie obserwujemy.

J. v. Issendorff¹⁾ w swoich badaniach przeprowadzonych nad parowaniem rtęci z plamki katodowej zauważył, że nie wszystka rtęć opuszczająca katodę zostaje z niej wyparowana — część jej pochodzi z rozpryskiwania w plamce katodowej.

Otóż w podwyższeniu się ciepła wydzielonego na katodzie przy lampie niechłodzonej i długim łuku znajdujemy potwierdzenie istnienia rozbryzgiwania rtęci w plamce katodowej.

¹⁾ J. v. Issendorff Phys. ZS. 29, 857, 1928.

W naszych doświadczeniach bowiem z lampą o ściankach chłodzonych na długości zorzy, rtęć wyparowana z katody pobiera pewną ilość ciepła i oddaje ją zimniejszemu ściankom. Rtęć pochodząca z rozbryzkania udziału w transporcie ciepła nie bierze. Ilość ciepła wydzielonego na katodzie jest wówczas mała (rys. 3, punkty *a, b, c, d*).

Natomiast przy ściankach gorących wyparowana w plamce rtęć kondensuje się z powrotem na powierzchni rtęci katody, do tego dochodzi rtęć wyparowana z gorących ścianek lampy oddając ciepło kondensacji. Uprzednio rtęć ta, będąc wyrzucona mechanicznie z plamki, ciepła z katody nie pobrała.

Przy większych natężeniach prądu ciepło wydzielone na katodzie jest większe tylko w przypadku, gdy występuje zorza, a ścianki lampy nie są chłodzone; (rys. 3, punkty *e, f, g, h*). Świadczy to o obfitszem rozbryzgiwaniu. Dla długości łuku gdy zorzy brak — ciepło wydzielone na katodzie nie zależy od natężenia prądu.

W lampie prostowniczej mierzył ciepło wydzielone na katodzie G ü n t h e r s c h u l z e¹⁾, otrzymując wartość 2,6 V.

Równocześnie z pomiarami ciepła wydzielonego na katodzie przeprowadzone były pomiary ciepła anodowego. Przy małych odległościach elektrod, gdy zorza nie występowała, suma ciepła katodowego i anodowego była równa energii zużywanej przez łuk.

Całkowite napięcie dla tych długości łuku wynosiło 9 V, a ciepło anodowe 6 V.

Dla łuku dłuższego — gdy istnieje zorza, ciepło anodowe jest zależne od długości łuku oraz prężności pary rtęci w lampie. Posługując się aparaturą podaną w tej pracy uzyskano charakterystyczne krzywe ciepła anodowego w początkach palenia się łuku. Pozwalają nam one wnioskować o zjawiskach zachodzących w zorzy, a szczególnie w pobliżu anody podczas tworzenia się zorzy. Omówienie tych wyników będzie tematem następnej publikacji.

Panu Prof. Dr. Cz. Reczyńskiemu składam serdeczne podziękowanie za kierownictwo i cenne rady podczas niniejszej pracy.

II. Zakład Fizyczny Politechniki Lwowskiej.

Rękopis otrzymany dn. 23 marca 1931.

1) G ü n t h e r s c h u l z e, ZS. f. Phys. 11, 74, 1922.