

L. HACKSPILL i W. BRONIEWSKI.

O elektrycznych własnościach metali alkalicznych rodu i irydu.¹⁾

(Sur les propriétés électriques des métaux alcalins, du rhodium et de l'iridium).

I. Metale alkaliczne.

Prace poprzedników. Opór elektryczny metali alkalicznych został zbada-
ny w poprzednich naszych pracach²⁾. Poza tem była jedynie badana zdol-
ność termoelektryczna sodu i potasu, ale zawsze na próbkach handlowych
niedosć czystych.

Matthiessen³⁾, który pierwszy badał ilościowo zjawiska termoelek-
tryczne, podał też kilka wskazówek, dotyczących siły termoelektrycznej sodu
i potasu w stosunku do srebra pomiędzy 5° i 27°. Za jednostkę siły elektro-
motorycznej służyła para srebro-miedź, działająca w tym samym obrębie tem-
peratur, jak i para badana. Odnosząc pomiary Matthiessena do ołowiu
i biorąc za jednostkę zdolność termoelektryczną rtęci w stosunku do ołowiu

$$\frac{dE}{dt} = -3,17 - 0,0172 t \quad (\text{No 11, 1894}),$$

otrzymamy na zdolność termoelektryczną przy 16°

dla sodu — 4,74 mikrovoltów

„ potasu — 10,30 „

¹⁾ Comptes rendus, **153**, 814, 1911; Ann. de chim. et de phys. (8), **29**, 455, 1913.

²⁾ Guntz i Broniewski, Comptes rendus, **147**, 1474, 1908, Prace mat.-fiz. **21**,
21, 1910. Hackspill, Comptes rendus, **151**, 305, 1910.

³⁾ Matthiessen, Pogg. Ann. **103**, 412, 1858

Zmianę zdolności termoelektrycznej sodu w zależności od temperatury badali Tait i Dewar¹⁾, zaznaczając jedynie że „linia (zdolności termoelektrycznej) sodu jest prawie równoległa do linii palladu i trochę ponad nią w diagramie“.

Dokładniejsze badania nad zdolnością termoelektryczną sodu i potasu pomiędzy 0 i 90° wykonali Naccari i Bellati²⁾. Pomiar, robione w stosunku do miedzi, odniesione były następnie do ołowiu; wyrażają je w mikro-voltach wzory następujące:

$$\text{sód stały} \quad \frac{dE}{dt} = -2,19 - 0,0353 t$$

$$\text{potas stały} \quad \frac{dE}{dt} = -8,75 - 0,0413 t$$

$$\text{potas ciekły} \quad \frac{dE}{dt} = -10,73 - 0,0253 (t - 62).$$

Battelli³⁾ odnajduje dla sodu pomiędzy 0 i 80° w przybliżeniu liczby, podane przez Naccari'ego i Bellati'ego.

Braun⁴⁾ znajduje, że siła termoelektryczna ciekłego sodu i potasu w stosunku do rtęci pomiędzy 100° i 370° jest niezupełnie regularna.

„Wtedy — mówi on — gdy większość, jeżeli nie wszystkie krzywe (siły termoelektrycznej ciekłych metali) wskazują wzrost bardziej szybki od zmiany temperatury, jedynie krzywa sód-rtęć, która na dość wielkim obszarze jest prawie prostolinijna, przybiera, jak się zdaje, przy wysokich temperaturach krzywiznę w kierunku odwrotnym“ (p. 294).

„Krzywa potas-rtęć jest prawie prostolinijna (w swych ogólnych zakresach), lecz wykazuje kilka osobliwości... wspina się ona wężowato“ (p. 297).

Barker⁵⁾ mierzy siłę termoelektryczną sodu i potasu pomiędzy 0 i 85° w stosunku do platyny, której zdolność termoelektryczna do rtęci została równocześnie zbadana.

Wyprowadzić można z tych liczb, jak poprzednio, zdolność termoelektryczną sodu i potasu w stosunku do ołowiu.

1) Tait i Dewar, Proc. Edinb. Soc. 8, 350, 1875.

2) Naccari i Bellati, Atti R. Inst. Veneto (5), 2, 599, 875, 1875/6.

3) Battelli, Atti R. Inst. Veneto, (6), 5, 1138, 1886/7.

4) Braun, Berl. Ber. 1885, p. 289.

5) Barker, Amer. J. of Sc. (4), 24, 159, 1907.

$$\text{sód stały} \quad \frac{dE}{dt} = -4,56 - 0,0170 t \text{ mikrovoltów}$$

$$\text{potas stały} \quad \frac{dE}{dt} = -11,5 - 0,0330 t \text{ mikrovoltów.}$$

Nareszcie Bernini¹⁾ wyraża zdolność termoelektryczną sodu w stosunku do ołowiu pomiędzy -182° i $+172^{\circ}$ przez wzór

$$\frac{dE}{dt} = -4,339 - 0,0226 t \text{ mikrovoltów,}$$

który świadczy o ciągłości krzywej w punkcie topienia.

Widzimy więc, że liczby, dotyczące zdolności termoelektrycznej sodu i potasu, różnią się bardzo znacznie zależnie od badaczy i pozostawiają nierozstrzygniętem pytanie o przebiegu krzywych podczas topienia i dla metali ciekłych.

Zagadnienie o postaci krzywych siły termoelektrycznej i zdolności termoelektrycznej metali podczas topienia i w stanie ciekłym badane było wielokrotnie, dając wyniki dość sprzeczne.

Obermayer²⁾ znalazł, że siła termoelektryczna pozostaje niezmienna podczas topienia ołowiu, cyny i cynku, wzrasta zaś zlekka dla bizmutu.

Fitz Gerald Minarelli³⁾, podjąwszy ponownie te badania, doszedł do wyniku, że krzywe siły termoelektrycznej ołowiu, cyny i bizmutu zmieniają kierunek po przejściu metalu do stanu ciekłego, lecz nie wykazują nieciągłości.

Do tego samego wniosku dochodzi Beckett Burnie⁴⁾. Znajduje on, mianowicie, że zmiana kierunku krzywej siły termoelektrycznej po stopieniu metalu przejawia się słabo u ołowiu i cyny, znacznie mocniej u rtęci i u bizmutu.

Peddie i Shand⁵⁾ zauważyli natomiast tylko bardzo nieznaczną różnicę pomiędzy zdolnością termoelektryczną rtęci w stanie ciekłym i w stanie stałym.

Cermak⁶⁾ znajduje, że krzywe siły termoelektrycznej ołowiu, cyny, kadmu i rtęci nie wykazują ani nieciągłości, ani zmiany kierunku, gdy przechodzą przez punkt topienia. Odmiennie wyniki, otrzymane przez poprzedników, przypisuje on zanieczyszczeniu metali.

¹⁾ Bernini, N. Cim. (5), 5, 29, 1908.

²⁾ Obermayer, Wiener Ber. 66, 2-e Abt., 63, 1872.

³⁾ Fitz-Gerald Minarelli, Wiener Ber. 71, 2-e Abt., 694, 1875.

⁴⁾ Beckett Burnie, Phil. Mag. (5), 43, 397, 1897.

⁵⁾ Peddie i Shand, Proc. Edinb. Soc. 23, 15, 1899.

⁶⁾ Cermak, Ann. d. Phys. (4), 26, 521, 1908.

Wynikom tej pracy, odnoszącym się do cyny, zaprzeczają Königsberger i Weiss¹⁾, gdy Cermak, przedsięwzięwszy wspólnie ze Schmidtem²⁾ ponowne badania nad cyną i ołowiem, potwierdza swe wnioski poprzednie.

Uważaliśmy tedy za pożyteczne podjąć badania nad własnościami elektrycznymi metali alkalicznych, które posiadają tę wyższość nad wielu innymi metalami, że z większą łatwością doprowadzone być mogą do stanu zupełnej czystości przez kilkakrotną dystylację. Bardzo niski punkt topienia tych metali ułatwia też obserwację zjawisk termoelektrycznych podczas topienia i w stanie ciekłym.

Przygotowywanie próbek. Cez, rubid i potas zostały przygotowane za pomocą metody ogłoszonej przez jednego z nas³⁾ (działanie wapnia na chlorki) i oczyszczone przez dystylację w próżni. Dystylację odbywano przy temperaturze możliwie niskiej, nie przynoszącej 300°. Na końcu aparatu służącego do dystylacji dolutowana była rurka szklana, mająca 30 cm. długości i 1 mm. wewnętrznej średnicy, zalutowana na jednym końcu i zaopatrzona na obu końcach w elektrody platynowe. Metal alkaliczny wprowadzany był po dystylacji bezpośrednio do tej rurki, w której zachowywano próżnię, wynoszącą około 0,001 mm. rtęci. Próbki, w ten sposób przygotowane, służyły nam do badań nad zdolnością termoelektryczną metali alkalicznych pomiędzy 0° i -183°, podczas topienia i w stanie ciekłym, a także do badań nad siłą elektromotoryczną rozpuszczalności.

Zdolność termoelektryczna pomiędzy 0° i -183°. Dla dokonania tych pomiarów rurkę *M*, zawierającą metal alkaliczny, otaczano w części górnej rezerwoarem szklanym *A*, przymocowanym do rurki za pomocą korka *B* (fig. 1).

Dolną część rurki opuszczano do naczynia Dewara *D*. Druty miedziane *e* i *e'* przylutowano do platynowych elektrodów rurki.

Rezerwoar *A* napełniano topniejącym lodem, naczynie zaś *D* mogło zawierać roztwór bezwodnika węglowego w acetonie (-78°,3) albo ciekły tlen (-183°).

Pomiary robiono metodą odchylenia za pomocą galwanometru Deprezd'Arsonvala (stała $4,5 \cdot 10^{-8}$ amperów, opór 200 ohmów).

Przez badania wstępne określono zdolność termoelektryczną przewodów miedzianych *e* i *e'* w stosunku do czystego ołowiu, co pozwoliło nam na odniesienie do ołowiu zdolności termoelektrycznej metali alkalicznych.

1) Königsberger i Weiss, Ann. d. Phys. (4), **35**, 1, 1911.

2) Cermak i Schmidt, Ann. d. Phys. (4), **36**, 575, 1911.

3) Hackspill, C. R. **141**, 103, 1902; Bull. Soc. Chim. (4), **9**, 446, 1911.

Otrzymałobyśmy w ten sposób następujące dane wyrażone w mikro-voltach.

| Metal | Zdolność termoelektryczna $\frac{dE}{dt}$ w stosunku do ołowiu |
|-------|---|
| cez | + 0,66 — 0,0010 <i>t</i> |
| rubid | — 8,26 — 0,0302 <i>t</i> |
| potas | — 11,33 — 0,0376 <i>t</i> |
| sód | — 4,16 — 0,0144 <i>t</i> . |

Zdolność termoelektryczna podczas topienia i w stanie ciekłym. Prace poprzedników nad własnościami termoelektrycznymi metali podczas topienia i w stanie ciekłym pokazały nam, że, o ile krzywa siły termoelektrycznej nie jest ciągła podczas topienia, nieciągłość ta z trudnością tylko zauważyć się daje.

Użyliśmy więc do tych badań rejestrowania fotograficznego, za pomocą którego punkty krytyczne dają się ustalić z większą łatwością niż przy kreśleniu krzywej na podstawie oderwanych pomiarów.

Użyty do tego aparat rejestrujący opisany został przez jednego z nas wspólnie z Prof. H. le Chatelier¹⁾. Schemat tego aparatu podany jest na figurze 2.

W aparacie tym promień świetlny odbija się od zwierciadełka pierwszego galwanometru *g*, przechodzi przez pryzmat *P*, zmieniając odchylenia poziome na pionowe, odbija się od zwierciadełka drugiego galwanometru *G* i pada na płytę fotograficzną *R*. Gdy drugi galwanometr kreśli rzędne, odpowiadające temperaturom wskazanym przez parę termoelektryczną, pierwszy galwanometr kreśli odcięte krzywej, odpowiadające sile termoelektrycznej badanej pary.

Próbki badanych metali alkalicznych ustawione były przy rejestrowaniu ich siły termoelektrycznej według schematu podanego na figurze 1.

Dolna część rurki *M* zawierającej metal alkaliczny umieszczona była w naczyniu *D* i otoczona topniejącym lodem. Rezerwoar *A*, otaczający górną część tej rurki, napełniony był proszkiem glinu zmoczonym toluenem, co pozwoliło otrzymać dość znaczną pojemność cieplną przy dostatecznym przewodnictwie cieplnym. Rezerwoar *A* oziębiony bezwodnikiem węglowym wsuwano do elektrycznego piecyka oporowego *F*, który pozwalał na równomierne, powolne ogrzewanie aż do jakich 100°. Temperaturę wskazywała para termoelektryczna z konstantanu i srebra (*C*), przymocowana do rurki *M* wewnątrz rezerwoaru *A*.

¹⁾ H. le Chatelier i W. Broniewski, *Revue de Métall.* 9, 133, 1912; *Czasopismo techniczne*, 31, 1, 29, 1913.

Krzywe otrzymane w ten sposób dla cezu i dla rubidu podane są na figurze 3.

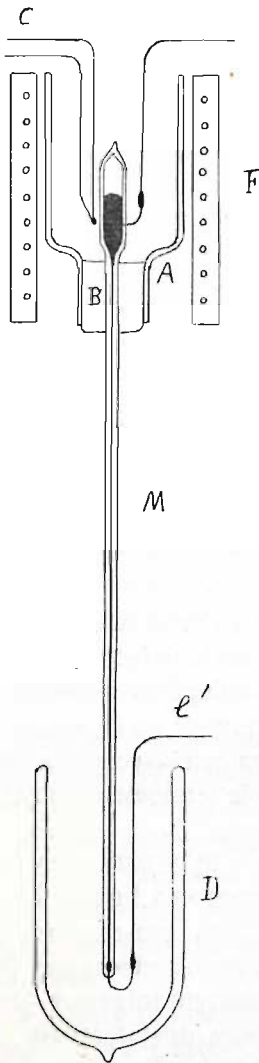


Fig. 1. Schemat instalacji dla badania termoelektryczności metali alkalicznych.

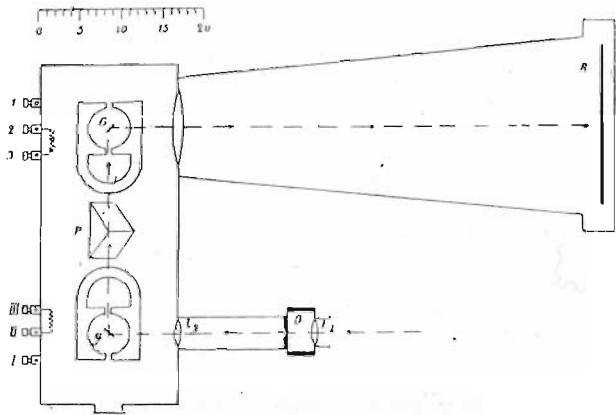


Fig. 2. Schemat aparatu rejestrującego.

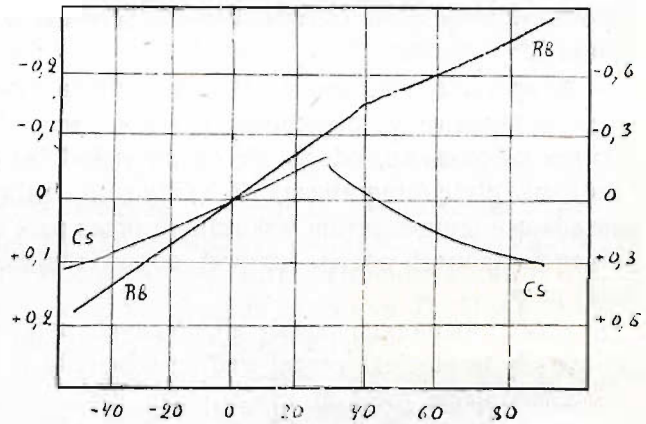


Fig. 3. Zmiana siły termoelektrycznej cezu i rubidu w stosunku do miedzi.

Widzimy, że punkt topienia rubidu (38°) wskazany jest przez załamanie się krzywej. U cezu ciągłość krzywej urywa się przy punkcie topienia (28°), co można objaśnić, przyjmując, że przy temperaturze topienia metal ciekły ma potencjał o 20 mikrovoltów wyższy, aniżeli metal stały.

Wyniki te zostały stwierdzone przez rejestrowanie kilku krzywych, które dały wyniki zupełnie zgodne.¹⁾

Użyte metale mogły być z pewnością uważane za zupełnie czyste i żadne działanie na szkło lub na elektrody platynowe nie zostało zauważone. Otrzymane w tych warunkach wyniki przemawiają więc za teorią nieciągłości własności termoelektrycznych podczas topienia. Sądzymy jednak, że wyrażenie tego twierdzenia w formie ogólnej byłoby możliwe jedynie po wykonaniu znacznie obszerniejszych badań tą samą metodą i ze szczególnem uwzględnieniem metali, które dotąd dały powód do wniosków sprzecznych.²⁾

Zdolność termoelektryczna cezu i rubidu w stanie ciekłym, obliczona według zarejestrowanych krzywych i odniesiona do ołowiu, wyraża się przez wzory następujące.

$$\text{Dla cezu} \quad \frac{dE}{dt} = +6,80 - 0,0334 (t - 28)$$

$$\text{„ rubidu} \quad \frac{dE}{dt} = -2,56 - 0,0600 (t - 38).$$

Siła elektromotoryczna rozpuszczalności. Te same próbki metali alkalicznych służyły nam do badania siły elektromotorycznej rozpuszczalności.

Rurki napełnione metalami alkalicznymi, otwarte z jednego końca a zaopatrzone w platynową elektrodę z drugiego, pogrążone były w skoncentrowany roztwór chlorku amonowego, zawierający małą ilość soli badanych metali. Po kilku minutach metal alkaliczny zostawał w stałym zetknięciu z bardzo skoncentrowanym roztworem swego tlenku, który hamował szybkość reakcji.

Płytki węgla, zdepolaryzowanej dwutlenkiem manganowym, używano jako anody. Błąd, wywołany przez opór bardzo znaczny i stale zmienny tak zbudowanego stosu, zmniejszano przez włączenie megohmu do obwodu. Pomiaru robiono za pomocą czułego galwanometru.

Liczby, otrzymane w ten sposób, są prawie jednakowe dla wszystkich metali alkalicznych.

| | | |
|--------------------|-----|--------|
| Dla cezu | 3,3 | voltów |
| „ rubidu | 3,1 | „ |
| „ potasu | 3,2 | „ |
| „ sodu | 3,2 | „ |

¹⁾ Inna krzywa siły termoelektrycznej cezu została ogłoszona w opisie aparatu rejestrującego, loco cit.

²⁾ Po ogłoszeniu tej pracy w języku francuskim zdołaliśmy stwierdzić, że krzywa siły termoelektrycznej potasu nie wykazuje żadnej nieciągłości przy temperaturze topienia, krzywa zaś sodu podobna jest do krzywej rubidu.

Wynik ten mógł być przewidziany z góry, gdy się zważy, że metale alkaliczne mają prawie jednakowe ciepło rozpuszczalności. Tak więc Rengade¹⁾ podaje na ciepło rozpuszczalności w wodzie następujące wartości:

| | |
|--------------------|---------------|
| Dla cezu | 48,45 kg.-cal |
| „ rubidu | 47,25 „ |
| „ potasu | 46,40 „ |
| „ sodu | 44,10 „ |

Siła elektromotoryczna rozpuszczalności rubidu jest nieco mniejsza niż innych metali alkalicznych, gdy według ciepła rozpuszczalności powinna by się zbliżyć do cezu. Może to pochodzić z większego oporu tlenku rubidowego, który, jak się zdaje, rozpuszcza się mniej regularnie, aniżeli tlenki innych metali alkalicznych.

Przyjmując wzór Helmholtza na siłę elektromotoryczną stosów, zastosowany w formie bardziej ogólnej przez jednego z nas²⁾ do stosów nieodwracalnych, oczekiwać musimy dodatniego współczynnika temperatury na siłę elektromotoryczną rozpuszczalności metali alkalicznych, mianowicie w przybliżeniu

$$0,004 \text{ voltów na stopień.}$$

Wartość ta wskazuje nam, że ogrzewanie stosu podczas reakcyi może nie być brane pod uwagę w granicach dokładności naszych pomiarów.

Zbadaliśmy też siłę elektromotoryczną rozpuszczalności amalgamowanych metali alkalicznych. W tym celu koniec rurki zawierającej metal alkaliczny odłamywano pod rtęcią, następnie zaś używano tej rurki jako elektrody w tych samych co poprzednio warunkach. Następujące liczby zostały w ten sposób otrzymane:

| | |
|--------------------|------------|
| Dla cezu | 2,5 voltów |
| „ rubidu | 3,2 „ |
| „ potasu | 3,3 „ |
| „ sodu | 2,4 „ |

Widzimy, że siła elektromotoryczna rozpuszczalności rubidu i potasu nie zmienia się prawie zupełnie przez amalgamowanie, przeciwnie, zmienia się ona bardzo znacznie dla cezu i sodu. Objaśnić można te wyniki przypuszczając, że rtęć tworzy z cezem i sodem związki chemiczne, których siła elektromotoryczna rozpuszczalności mniejsza jest niż dla metali czystych.

¹⁾ Rengade, Ann. chim. et phys. (8), 14, 548, 1908.

²⁾ Broniewski, Prace mat.-fiz. 20, 189, 1909.

II. Rod i iryd.

Prace poprzedników. Matthiessen¹⁾ podaje zdolność termoelektryczną irydu przy 15°. Obliczając ponownie jej wartość, jak to uczyniliśmy dla metali alkalicznych, otrzymamy +1,99 mikrovoltów w stosunku do ołowiu.

Holborn i Wien²⁾ podają kilka liczb, odnoszących się do siły termoelektrycznej rodu pomiędzy 400° i 1300° w stosunku do platyny. Na diagramie wskazują oni dla rodu zmianę oporu elektrycznego pomiędzy 0° i 1600° i znajdują na spółczynnik temperatury oporu pomiędzy 0 i 100°

| | |
|-------------------------------------|---------------------|
| dla rodu walcowanego | $\alpha = 0,00297,$ |
| „ „ odżarzonego przy 1700°. | $\alpha = 0,00219,$ |
| „ „ irydu walcowanego | $\alpha = 0,00371.$ |

Holborn i Day³⁾ badają siłę termoelektryczną rodu i irydu w stosunku do platyny pomiędzy 250° i 1500°. Wobec tego, że siła termoelektryczna platyny zmienia się bardzo znacznie zależnie od stopnia czystości metali, odnieśliśmy liczby Holborna i Daya do srebra badanego równolegle, a na zdolność termoelektryczną którego przyjęto według Nolla (1894)

$$\frac{dE}{dt} = + 2,30 + 0,0076 t \text{ mikrovoltów.}$$

Odniesione do ołowiu liczby na zdolność termoelektryczną rodu i irydu tak się przedstawiają:

| Metal | Zdolność termoel. $\frac{dE}{dt}$ | Obręb temperatur | Spółcz. temperatury oporu elektrycznego |
|------------|--------------------------------------|---------------------|--|
| iryd . . . | + 3,11—0,0068 t | od 100° do 1200° | $\alpha = 0,00394$ |
| rodu . . . | + 3,75—0,0054 t | od 250° do 1300° | $\alpha = 0,00446.$ |

W ostatniej kolumnie wskazane są spółczynniki temperatury oporu elektrycznego, wyznaczone pomiędzy 0 i 100°. Przy temperaturach niższych od tych, dla których wzory zostały wyprowadzone, krzywe zdolności termoelektrycznej rodu i irydu bardziej się zbliżają do linii ołowiu, niż by to z wzorów wypadało. Tak więc:

| | | |
|---|------------|-------------|
| zdolność termoelektryczna irydu | przy — 40° | przy — 132° |
| | + 2,23 | + 2,19 |
| „ „ „ rodu | + 2,13 | + 1,83 |

¹⁾ Matthiessen, Pogg. Ann. **103**, 412, 1858.

²⁾ Holborn i Wien, Wied. Ann. **47**, 128, 1892; **56**, 382, 1895.

³⁾ Holborn i Day, Berl. Ber. **1899**, str. 691; Ann. d. Phys. (4), **2**, 522, 1900.

W pracy naszej wyznaczyliśmy opór właściwy rodu i irydu oraz zbadaliśmy dokładniej elektryczne własności tych metali przy niskich temperaturach.

Opór elektryczny. Próbki rodu i irydu, użyte do tych badań, przygotowane były dla nas przez zakład Heraeusa w Hanau i miały formy drutów o przekroju prostokątnym. Próbki te zostały odżarzone w próżni przy 1200° ; badane pod mikroskopem, okazały w przekroju budowę zupełnie jednorodną bez szczelin lub pęcherzyków. Opór elektryczny wyznaczony został za pomocą mostku Thomsona przy temperaturach $+100^{\circ}$, 0° , $-78,3^{\circ}$ i -186° .

Dla wyznaczenia oporu właściwego badanych metali potrzebna była znajomość przekroju drutów. Przekrój ten wyznaczono dwiema metodami. Pierwsza metoda polegała na wymierzeniu co centymetr śrubą Palmera obu wymiarów przekroju i na przyjęciu wartości średniej. Znalezione w ten sposób, że przekrój drutu zmienia się od 0,609 do 0,656 milimetrów kwadratowych. Metoda ta powodowała błąd systematyczny, wskazując przecięcie większe od istotnego a zależne od małych nierówności na powierzchni drutu.

Druga metoda, znacznie dokładniejsza, pozwalała na wyznaczenie średniego przekroju przy znajomości wagi, długości i gęstości próbek. Gęstość, wyznaczona za pomocą wagi hydrostatycznej, była przy 15°

$$\text{dla rodu} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad d = 12,48$$

$$\text{„ irydu} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad d = 22,36.$$

Ta druga metoda wskazała nam, jak to było do przewidzenia, mniejszy przekrój aniżeli pierwsza, mianowicie, od 0,542 do 0,563 milimetrów kwadratowych. Jedynie wartości, wskazane przez drugą metodę, użyte zostały do obliczenia oporu właściwego.

Liczby, znalezione na opór elektryczny rodu i irydu, zostały porównane z wartościami, obliczonymi za pomocą wzoru ¹⁾

$$r_t = (2F + T) T \times \text{const.},$$

gdzie F oznacza bezwzględną temperaturę topienia, T — bezwzględną temperaturę metalu i r_t — jego opór elektryczny. Aczkolwiek wzór ten nie daje się stosować do niskich temperatur, przy których u większości metali objawia się dość silna nieciągłość we wszystkich prawie własnościach fizycznych, służyć on jednak może pożytecznie do unaocznienia odchylenia oporu elektrycznego od biegu normalnego.

Oznaczmy przez t temperaturę, przez r_t — opór elektryczny obliczony,

¹⁾ Broniewski, *Prace mat.-fiz.* **18**, 171, 1907; **19**, 77, 1908.

r_t' — opór elektryczny znaleziony, Δ — różnicę procentową, odniesioną do oporu właściwego przy 0° r_0 , a więc

$$\Delta = 100 \frac{r_t - r_t'}{r_0};$$

α_{0-100} jest spólczynnikiem temperatury oporu pomiędzy 0 i 100° .

R o d.

$$F = 2223^1) \quad r_0 = 4,70 \quad r_t = 0,000\,003\,648 (2F + T) T$$

| t | r_t obl. | r_t' znal. | Δ |
|--------|------------|--------------|----------|
| + 100 | 6,56 | 6,60 | — 0,8 |
| 0 | (4,70) | 4,70 | — |
| — 78,3 | 3,30 | 3,09 | + 4,8 |
| — 186 | 1,44 | 0,70 | + 15,8 |

$$\alpha_{0-100} \left\{ \begin{array}{l} \text{obl. . . } 0,00398 \\ \text{znalez. . } 0,00405 \end{array} \right.$$

I r y d.

$$F = 2476^2) \quad r_0 = 6,10 \quad r_t = 0,000\,004\,276 (2F + T) T$$

| t | r_t obl. | r_t' znal. | Δ |
|--------|------------|--------------|----------|
| + 100 | 8,49 | 8,31 | + 2,9 |
| 0 | (6,10) | 6,10 | — |
| — 78,3 | 4,29 | 4,28 | — 0,2 |
| — 186 | 1,88 | 1,92 | — 0,7 |

$$\alpha_{0-100} \left\{ \begin{array}{l} \text{obl. . . } 0,00393 \\ \text{znalez. . } 0,00363 \end{array} \right.$$

Liczby te wskazują nam, że rod zmienia prawdopodobnie bardzo znacznie swą budowę wewnętrzną przy niskich temperaturach i że słaby wpływ tej zmiany daje się odczuwać nawet przy zwykłej temperaturze.

Iryd, jak się zdaje, nie zmienia swej budowy przy temperaturach wyższych od punktu wrzenia ciekłego powietrza.

Ciekawe byłoby sprawdzenie tych wywodów przez badania nad innymi własnościami fizycznymi, jak ciepło właściwe, albo rozszerzalność.

¹⁾ Mendenhall i Ingersall, Phys. Rev. **25**, 1, 1907.

²⁾ Nernst, Phys. Zs. **4**, 733, 1903.

Termoelektryczność. Badania termoelektrycznych własności rodu i irydu wykonane zostały metodą, poprzednio zastosowaną do metali alkalicznych. Siłę termoelektryczną mierzono w stosunku do miedzi i odnoszono następnie do ołowiu. Jeden kontakt utrzymywano przy 0° , drugi zaś przy $+100^{\circ}$, $-78,3$ i -186° .

Otrzymaliśmy na siłę termoelektryczną w stosunku do ołowiu liczby następujące wyrażone w mikrovoltach:

| Temperatura | Siła termoelektryczna | |
|----------------------------------|-----------------------|-------------|
| | rod — ołów | Iryd — ołów |
| od 0° do $+100^{\circ}$ | + 219 | + 237 |
| od 0° do $-78,3$ | - 168 | - 195 |
| od 0° do -186° | - 361 | - 461 |

Widzimy, że krzywa zdolności termoelektrycznej rodu zbliża się bardzo znacznie do linii ołowiu poniżej -80° . Zdolność termoelektryczna irydu mało się zmienia pomiędzy $+100^{\circ}$ i -186° .

Pomiędzy $+100^{\circ}$ i -80° można wyrazić zdolność termoelektryczną rodu i irydu przez wzory następujące:

$$\text{dla rodu } \frac{dE}{dt} = + 2,17 + 0,0005 t,$$

$$\text{„ irydu } \frac{dE}{dt} = + 2,44 - 0,0014 t.$$

Zdolność termoelektryczna tych metali pomiędzy $+100^{\circ}$ i -186° może być wyrażona tylko przez wzory drugiego stopnia.