

Z Katedry Chemii Nieorganicznej Wydziału Mat.-Fiz.-Chem. UMCS
Kierownik: prof. dr Włodzimierz Hubicki

Michalina DĄBKOWSKA

Polarograficzne wyznaczanie współczynników dyfuzji jonów Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Tl^{1+} w roztworach ciekłego amoniaku nadchloranu litu

Полярографическое определение коэффициентов диффузии ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} и Tl^{1+} в растворах жидкого аммиаката перхлората лития

Polarographische Bestimmung der Diffusionskoeffizienten von Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} und Tl^{1+} in Lösungen von flüssigen Lithiumperchloratammoniakat

Literatura prac dotyczących zagadnień związanych z wyznaczeniem współczynników dyfuzji w odniesieniu do badań polarograficznych w roztworach niewodnych jest bardzo uboga. Najdokładniej opracowane są badania dotyczące polarografii w ciekłym amoniaku prowadzone przez Laitinena i jego uczniów (8, 9, 10, 15). Pomiar polarograficzne były wykonywane przez tych badaczy w temperaturach bliskich -36°C ; do zwiększenia przewodnictwa cieczy dodawano przede wszystkim $(\text{C}_4\text{H}_9)_4\text{NJ}$, $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{NJ}$ lub sole potasowców najłatwiej rozpuszczalne w NH_3 i ulegające redukcji przy jak najniższych potencjałach; w większości przypadków do tłumienia maksimów prądu dodawano metylocelulozę. Laitinen i Nyman (8) wyliczali współczynniki dyfuzji w ciekłym amoniaku w oparciu o wzór Nernsta, do którego wartości przewodnictw równoważnikowych jonów w roztworach nieskończenie rozcieńczonych uzyskiwali drogą interpolacji pomiędzy danymi Pleskova i Monossona w temp. -40°C oraz danymi dla temp. $-33,5^{\circ}\text{C}$ z prac Franklina i Kraussa. Następnie porównywali swoje wyniki teoretyczne z pomiarami współczynnika dyfuzji na drodze polarograficznej w oparciu o równanie Ilkovic'a (7):

$$i_d = 605 \cdot n \cdot C \cdot D^{1/2} \cdot m^{2/3} \cdot t^{1/6}$$

Przyczynę różnic wartości teoretycznych z doświadczalnymi (w przypadku metali alkalicznych dochodzących do 14%) N y m a n wytłumaczył zbyt małym stężeniem dodanego elektrolitu obojętnego oraz zbyt krótkim czasem kroplenia rtęci w obecności metylocelulozy przy coraz bardziej ujemnych potencjałach (15).

Oznaczone przez L a i t i n e n a i jego współpr. współczynniki dyfuzji D dla poszczególnych jonów w roztworach ciekłego amoniaku w temp. -36°C zebrałam w tab. 1, gdzie pozycje od 12 do 17 zaznaczone gwiazdkami są przeliczone przeze mnie na podstawie równania średniego prądu

Tab. 1. Współczynniki dyfuzji jonów w ciekłym NH_3 w temp. -36°C

L. p.	J o n	Elektrolit	K_D $\text{mA} \cdot \text{equ}^{-1} \cdot$ $\cdot \text{mg}^{-2/3} \cdot \text{sek}^{-1/6}$	$D \cdot 10^5$ $\text{cm}^2 \text{sek}^{-1}$	Literatura
1	Li^{1+}	$(\text{C}_4\text{H}_9)_4\text{NJ}$		2,59	(8)
2	Na^{1+}	$(\text{C}_4\text{H}_9)_4\text{NJ}$		2,86	(8)
3	K^{1+}	$(\text{C}_4\text{H}_9)_4\text{NJ}$		3,69	(8)
4	Rb^{1+}	$(\text{C}_4\text{H}_9)_4\text{NJ}$		3,80	(8)
5	Cs^{1+}	$(\text{C}_4\text{H}_9)_4\text{NJ}$		3,82	(8)
6	Tl^{1+}	KNO_3 lub KCl		3,47	(9)
7	Cu^{2+}	KNO_3		1,80	(9)
8	NH_4^{1+}	$(\text{C}_4\text{H}_9)_4\text{NJ}$		2,95	(9)
9	Ca^{2+}	$(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{NJ}$		1,91	(15)
10	Sr^{2+}	$(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{NJ}$		1,94	(15)
11	Ba^{2+}	$(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{NJ}$		1,77	(15)
12	Cd^{2+}	$(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{NJ}$	4,73	1,53*	(10)
13	Zn^{2+}	$(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{NJ}$	5,01	1,71*	(10)
14	Ni^{2+}	$(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{NJ}$	4,68	1,50*	(10)
15	Pb^{2+}	KJ lub NH_4J	4,79	1,56*	(10)
16	Co^{3+}	NH_4J lub $(\text{C}_4\text{H}_9)_4\text{NJ}$	2,2 4,3	1,32* 1,22*	(10)
17	Cr^{3+}	NH_4J lub $(\text{C}_4\text{H}_9)_4\text{NJ}$	2,3 4,7	1,45* 1,51*	(10)

* przeliczone przeze mnie w oparciu o cytowane stałe dyfuzji K_D

dyfuzyjnego Ilkovic'a w oparciu o cytowane stałe dyfuzji K_D w pracy Mc Elroy'a i Laitinena (10). Przy tym należy podkreślić, że współczynniki dyfuzji w dużym stopniu zależą od składu roztworu, a więc i od rodzaju i stężenia dodanego obojętnego elektrolitu; przedstawione wyniki w tab. 1 są oparte na pomiarach w różnych elektrolitach podstawowych.

Celem mojej pracy było wyznaczenie współczynników dyfuzji kilku jonów w roztworach bezwodnego ciekłego amoniaku nadchloranu litu.

Ciekłe amoniakaty, zastosowane po raz pierwszy przez Hubickiego do badań polarograficznych (3, 4, 5), same przez się są dobrymi przewodnikami elektryczności, dzięki czemu mogą być użyte bezpośrednio jako ciecz podstawowe bez dodatkowych elektrolitów wpływających na zmiany warunków polarograficznych. Na ogół są gorszymi rozpuszczalnikami w porównaniu z ciekłym amoniakiem, ale wykazują nad nim wyższość w tym, że pomiary z nimi można przeprowadzać w dużo łatwiejszych warunkach eksperymentalnych.

Niezależnie od prac prowadzonych przez Hubickiego i jego współpracowników ciekłymi amoniakatai zajmowali się także Curti i Locchi (1) oraz Vecchi (16), stosując je jako ciecz podstawowe w pomiarach polarograficznych. Na podstawie wyników polarograficznych i w oparciu o wzór Ilkovic na chwilowy (!) prąd dyfuzyjny Curti i Locchi wyliczyli wartości współczynników dyfuzji dla kilku soli w ciekłym amoniakacie tiocyjanianu amonowego w temp. 0° C; wyniki ich zebrałam w tab. 2.

Tab. 2. Współczynniki dyfuzji jonów w ciekłym $\text{NH}_4\text{SCN} \cdot 3\text{NH}_3$ w temp. 0°C

S ó l	J o n	$\frac{i_d}{c}$	$m^{2/3} \cdot t^{1/6}$	$D \cdot 10^5$	Literatura
Cd SO ₄	Cd ²⁺	2,40	1,24	0,255	(1)
Cu SO ₄	Cu ²⁺	2,43	1,04	0,370	(1)
TlI	Tl ¹⁺	1,40	1,002	0,42	(1)
Zn SO ₄	Zn ²⁺	1,95	0,99	0,263	(1)
Na ClO ₂	ClO ₂ ¹⁻	9,54	1,557	0,65	(1)
Na BrO ₃	BrO ₃ ¹⁻	16,31	1,558	0,82	(1)

Praca Vecchiego (16) dotyczy pomiarów polarograficznych soli ołowiu i kadmu w ciekłym amoniakacie azotanu amonu w temp. 16° do 18° C; zawiera dane stosunku $\frac{i_d}{c}$ dla jonów Pb²⁺ i Cd²⁺ oraz charakterystykę kapilary (bez przyłożonego z zewnątrz napięcia) o czasie kroplenia w ciekłym amoniaku. Dane te wykorzystał Matysik (11) do wyliczenia przybliżonych wartości współczynników dyfuzji jonów Pb²⁺ oraz Cd²⁺ w ciekłym amoniakacie azotanu amonu:

$$D_{\text{Pb}} = 0,38 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ sek}^{-1}$$

$$D_{\text{Cd}} = 0,15 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ sek}^{-1}$$

(w cytowanej pracy jest błąd drukarski 0,23 zamiast 0,15)

Dotychczasowe badania polarograficzne w ciekłym amoniakacie nadchloranu litu (2, 6) wykazały linearną zależność pomiędzy wartościami natężenia obserwowanego prądu dyfuzyjnego i stężeniami badanych depolaryzatorów, co skłoniło mnie do polarograficznego wyznaczenia współczynników dyfuzji w oparciu o równanie Ilkovic'a na średni prąd dyfuzyjny. Decyzję swą o zastosowaniu do obliczeń niezmodyfikowanego równania Ilkovic'a oparłam na wynikach pracy Wanga i Polestra (17), którzy wykorzystali bezpośrednio pomiary natężenia obserwowanych prądów dyfuzyjnych (w wodnych roztworach Tl^{1+} z KCl) do wyliczenia współczynników dyfuzji na podstawie równań Ilkovic'a, Strehlova i Stackelberga oraz Lingane'a i Loveridge'a; otrzymane przez nich wartości współczynników dyfuzji były zawarte w granicach $1,79 \cdot 10^{-5}$ do $1,9 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ sek}^{-1}$, a więc w granicach błędów doświadczalnych w moich warunkach pomiaru.

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Do pomiarów polarograficznych używałam mikropolarografu Heyrovskiego M 102, dwóch ołowianych 2-woltowych akumulatorów połączonych szeregowo, normalnej kapilary kroplowej oraz anody rtęciowej wewnętrznej spoczynkowej utrzymującej w badanych warunkach stałą potencjał. Niestety, nie dysponowałam elektrodą o kontrolowanym czasie kroplenia, dzięki której uzyskane wyniki byłyby bardziej dokładne. Charakterystykę stosowanej kapilary w zależności od przyłożonego z zewnątrz napięcia przedstawia tab. 3.

Ciecz podstawową moich pomiarów w temp. 22°C $\text{LiClO}_4 \cdot 3\text{NH}_3$ o gęstości ca $1,21 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ i przewodnictwie właściwym $42,83 \cdot 10^{-3} \text{ om}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ otrzymywałam według metody szczegółowo opisanej w po-

Tab. 3. Zależność charakterystyki kapilary w ciekłym amoniakacie nadchloranu litu od przyłożonego z zewnątrz napięcia

Napięcie	$k = m^{2/3} \cdot t^{1/6}$	
0 volt	$1,98 \text{ mg}^{2/3} \cdot \text{sek}^{1/6}$	
0,2	2,02	temp. = 22°C $h = 50 \text{ cm}$ $m = 5,75 \text{ mg Hg}$
0,4	2,05	
0,6	2,02	
0,8	1,99	
1,0	1,91	
1,2	1,82	
1,4	1,75	
1,6	1,59	

przedniej pracy (2) z Li_2CO_3 produkcji BOO Gliwice, 60 % cz.d.a. HClO_4 firmy Xenon Łódź i technicznego, skroplonego w butlach stalowych amoniaku produkcji FZA Tarnów.

Do pomiarów stosowałam proste naczynka polarograficzne, zatykane korkiem gumowym, pozwalające na przepuszczenie gazowego NH_3 nad roztworem badanego depolaryzatora w ciekłym amoniakacie nadchloranu litu. Amoniak przepuszczany nad powierzchnią badanych roztworów był uprzednio suszony sodem metalicznym. Do badań używałam roztworów o różnych stężeniach w granicach 0,0005 n do 0,02 n odpowiednich soli, które starałam się przed badaniem odwodnić lub spreparować w stanie bezwodnym, czego jednak nie udało mi się uzyskać w przypadku nadchloranów cynku, kadmu i talu.

Pomiary polarograficzne przeprowadzałam w temperaturze pokojowej (22°C) przy stałej wysokości zbiornika z rtęcią ($h = 50\text{ cm}$), przy różnych czułościach galwanometru — najczęściej 1:100 oraz 1:50. Przy czułościach wyższych występowałby już prąd pojemnościowy; w pomiarach swoich celowo nie stosowałam kompensacji. Przeprowadzając pomiary w roztworach ciekłych amoniaków jako w cieczach podstawowych z góry mogłam założyć, że w tych warunkach wartości natężenia prądu granicznego i prądu dyfuzyjnego pokrywają się ze sobą. Ponadto godny podkreślenia jest fakt, że polarografowane roztwory badanych soli w ciekłym amoniakacie nadchloranu litu nie wykazują maksimów tlenowych (tak często przeszkadzających w roztworach wodnych), nie wymagają dodatku żelatyny do tłumienia maksimów, co prawdopodobnie sprzyja utrzymaniu stałości prądu dyfuzyjnego. Zmiany wartości stałego prądu dyfuzyjnego w miarę dodawania żelatyny do polarografowanych roztworów wodnych zauważyli Meitesowie (12).

Dobrana przez mnie wysokość zbiornika z rtęcią, a z tym związany jej czas kroplenia w dość niskich granicach w miarę wzrastającego napięcia przykładanego z zewnątrz, były podyktowane optymalnymi warunkami do otrzymania dobrze wykształconych fal dla poszczególnych jonów ulegających redukcji w ciekłym amoniakacie nadchloranu litu. Ponadto oparłam się na pracy Meitesa, który wyliczył stałe prądu dyfuzyjnego kilku jonów w różnych środowiskach wodnych w nieobecności żelatyny i wykazał, że wartości ich są niezależne od czasu kroplenia rtęci w granicach od 2 do 7 sek (13, 14).

W celu wyznaczenia współczynników dyfuzji poszczególnych jonów oparłam się tylko na równaniu Ilkovicza dla średniego prądu dyfuzyjnego, podstawiając w nim własne wyniki doświadczalne. Ze sposobu wyznaczenia współczynników dyfuzji w oparciu o wzór Nernsta nie mogłam skorzystać w przypadku roztworów ciekłego amoniaku

$\text{LiClO}_4 \cdot n\text{NH}_3$ ze względu na znaczne (niemal nie ulegające zmianom) stężenie macierzystej soli amoniaku. Wnioski N y m a n a o lepszej zgodności wyników teoretycznych z doświadczalnymi, w przypadku użycia elektrolitu obojętnego łatwiej rozpuszczającego się w ciekłym amoniaku (15), pozwalają na przypuszczenie, że w przypadku roztworów ciekłych amoniaków zgodność z równaniem Ilkovic'a może być jeszcze większa.

Wyniki swoich pomiarów polarograficznych kilku soli w roztworach amoniaku nadchloranu litu wraz z wyliczonymi współczynnikami dyfuzji dla poszczególnych jonów zebrałam w tab. 4.

Tab. 4. Współczynniki dyfuzji jonów w ciekłym $\text{LiClO}_4 \cdot 3\text{NH}_3$ w temp. 22°C

Sole	Jon	$E_{1/2}$ volt	$\frac{i_d}{c}$ $\text{mA} \cdot \text{equ}^{-1}$	$m^{2/3} \cdot t^{1/6}$ $\text{mg}^{2/3} \cdot \text{sek.}^{1/6}$	K_D $\text{mA} \cdot \text{equ}^{-1} \cdot$ $\cdot \text{mg}^{-2/3} \text{sek.}^{-1/6}$	$D \cdot 10^5$ $\text{cm}^2 \cdot \text{sek.}^{-1}$
$\text{Zn}(\text{ClO}_4)_2, \text{ZnCO}_3$	Zn^{2+}	— 1,36	4,31	1,75	2,46	0,45
$\text{PbSO}_4, \text{PbJ}_2$	Pb^{2+}	— 0,40	4,50	2,05	2,20	0,33
$\text{Cd}(\text{ClO}_4)_2, \text{CdSO}_4$	Cd^{2+}	— 0,80	3,72	1,99	1,87	0,24
$\text{Ti}(\text{ClO}_4)_3, \text{TiJ}_3$	Ti^{3+}	— 0,27	2,25	2,02	1,11	0,34
$\text{CuCl}_2, \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	Cu^{2+}	— 0,24 — 0,51	2,27 3,51	2,02	1,11	0,33

Porównanie wyznaczonych wartości współczynników dyfuzji jonów w ciekłym $\text{LiClO}_4 \cdot 3\text{NH}_3$ w temp. 22°C z wartościami tychże obliczonych przez Curtiego i Locchiego dla roztworów w ciekłym amoniaku $\text{NH}_4\text{SCN} \cdot 3\text{NH}_3$ w temperaturze 0°C wykazuje zgodność rzędu wielkości tych współczynników mimo różnic w temperaturach pomiarów. Wartości współczynników dyfuzji jonów w roztworach ciekłego NH_3 (z elektrolitem dodatkowym!) wyliczone przez Laitinen'a i jego współpracowników są 10-krotnie wyższe, mimo przeprowadzonych pomiarów w temp. -36°C .

Natężenia prądów granicznych mają wartości stosunkowo niższe w roztworach niewodnych w porównaniu z roztworami wodnymi. Wpływa to głównie ze wzrostu wartości współczynnika lepkości roztworów niewodnych, powodujących z kolei zmniejszenie wartości współczynników dyfuzji. Oczywiście, we wszelkich pomiarach należy utrzymywać stałą temperaturę, która ma decydujący wpływ dla niezmienności współczynnika lepkości. Nie można także zapominać o tym, że na zmianę współczynnika dyfuzji może w dużym stopniu wpłynąć jeszcze i zjawisko solwatacji, zmieniające wielkości dyfundujących cząsteczek.

PIŚMIENNICTWO

1. Curti R., Locchi S.: Acta do Congresso, vol. I Lisboa 1957, XV Congresso Internacional de Quimica Pura e Aplicada.
2. Dąbkowska M.: Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Lublin, sectio AA, vol. **XIII**, 13, (1958).
3. Hubicki W.: Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Lublin, sectio AA, vol. **X**, 43 (1955).
4. Hubicki W., Matysik J.: Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Lublin, sectio AA, vol. **IX**, 1 (1954).
5. Hubicki W., Zychiewicz Z.: Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Lublin, sectio AA, vol. **IX**, 71 (1954).
6. Hubicki W., Dąbkowska M.: Anal. Chem., **33**, 90 (1961).
7. Ilkovic D.: Coll. Czech. Chem. Commun., **6**, 498 (1934).
8. Laitinen H. A., Nyman C. J.: J. Am. Chem. Soc., **70**, 2241 (1948).
9. Laitinen H. A., Shoemaker C. E.: J. Am. Soc. **72**, 4975 (1950).
10. Mc Elroy A., Laitinen H.: J. Phys. Chem. **57**, 564 (1953).
11. Matysik J.: Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Lublin, sectio AA, vol. **XIII**, 43 (1958).
12. Meites L., Meites T.: J. Am. Chem. Soc. **72**, 3686 (1950).
13. Meites L.: J. Am. Soc., **73**, 1581 (1951).
14. Meites L.: J. Am. Chem. Soc., **73**, 3724 (1951).
15. Nyman C. J.: J. Am. Chem. Soc., **71**, 3914 (1949).
16. Vecchi E.: Rendiconti dell'Accad. Naz. dei Lincei, serie VIII, **XIV**, 290 (1953).
17. Wang J. H., Polestra F. M.: J. Am. Chem. Soc., **76**, 1584 (1954).

РЕЗЮМЕ

На основании собственных экспериментальных данных из уравнения Ильковича на средний диффузионный ток $i_d = 605 \cdot n \cdot D^{1/2} \cdot C \cdot m^{1/2} \cdot t^{1/2}$, автор определяет при температуре 22° коэффициенты диффузии нескольких деполяризаторов в неводном жидком аммиакате перхлората лития.

И о н	Козффициенты диффузии в разных средах			
	жидкий NH ₃ — 36° C	NH ₄ SCN · 3NH ₃ 0° C	NH ₄ NO ₃ · nNH ₃ 16 — 18° C	Li ClO ₄ · 3NH ₃ 22° C
Zn ²⁺	*1,71 · 10 ⁻⁵	0,263 · 10 ⁻⁵		0,45 · 10 ⁻⁵
Pb ²⁺	*1,56 · 10 ⁻⁵		0,38 · 10 ⁻⁵	0,33 · 10 ⁻⁵
Cd ²⁺	*1,53 · 10 ⁻⁵	0,255 · 10 ⁻⁵	0,15 · 10 ⁻⁵	0,24 · 10 ⁻⁵
Tl ¹⁺	3,47 · 10 ⁻⁵	0,420 · 10 ⁻⁵		0,34 · 10 ⁻⁵
Cu ²⁺	1,8 · 10 ⁻⁵	0,370 · 10 ⁻⁵		0,33 · 10 ⁻⁵

* Величины рассчитаны автором из констант диффузии на основании работы МакЭльрой — Лейтинен (10).

Полученные величины коэффициентов диффузии (табл. 4) автор статьи сравнивает с величиной коэффициентов диффузии полученной в разных средах; Лейтиненом — в жидком NH_3 (табл. 1), Курти и Локки — в жидком аммиаке роданида аммония (табл. 2), и с величинами вычисленными Матысыком (на основании экспериментальных данных Векки) — в жидком аммиаке азотнокислого аммония.

Величины коэффициентов диффузии исследованных ионов приведены в сопоставлении.

ZUSAMMENFASSUNG

Auf Grund eigener experimenteller Ergebnisse hat die Verfasserin, unter Benutzung der Formel von Ilkovic für den mittleren Diffusionsstrom $i_d = 605 \cdot n \cdot D^{1/2} \cdot C \cdot m^{3/2} \cdot t^{1/2}$ die Diffusionskoeffizienten einiger Depolarisatoren in wasserfreiem Lithiumperchloratammoniakat in der Temperatur von 22°C bestimmt.

Die von ihr bestimmten Werte der Diffusionskoeffizienten (Taf. 4) hat die Verfasserin mit denjenigen Werten der Diffusionskoeffizienten verglichen, die von Laitinen (Taf. 1) in flüssigem NH_3 , von Curti und Locchi (Taf. 2) in flüssigem Ammoniumthiocyanatammoniakat sowie von Matysik (in Anlehnung an experimentelle Ergebnisse von Vecchi) in Ammoniumnitratammoniakat berechnet wurden.

Die Werte der ermittelten Diffusionskoeffizienten der untersuchten Ionen sind in der folgenden Zusammenstellung wiedergegeben:

Ion	Diffusionskoeffizienten in verschiedenen Medien			
	flüssiges NH_3 — 36°C	$\text{NH}_4\text{SCN} \cdot 3\text{NH}_3$ 0°C	$\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot n\text{NH}_3$ $16 - 18^\circ\text{C}$	$\text{Li ClO}_4 \cdot 3\text{NH}_3$ 22°C
Zn^{2+}	$1,71 \cdot 10^{-5*}$	$0,263 \cdot 10^{-5}$		$0,45 \cdot 10^{-5}$
Pb^{2+}	$1,56 \cdot 10^{-5*}$		$0,38 \cdot 10^{-5}$	$0,33 \cdot 10^{-5}$
Cd^{2+}	$1,53 \cdot 10^{-5*}$	$0,255 \cdot 10^{-5}$	$0,15 \cdot 10^{-5}$	$0,24 \cdot 10^{-5}$
Tl^{1+}	$3,47 \cdot 10^{-5}$	$0,420 \cdot 10^{-5}$		$0,34 \cdot 10^{-5}$
Cu^{2+}	$1,80 \cdot 10^{-5}$	$0,370 \cdot 10^{-5}$		$0,33 \cdot 10^{-5}$

* Von der Verfasserin auf Grund der Diffusionskonstanten aus der Arbeit von Mc Elroy und Laitinen (10) errechnete Werte.