

Z Zakładu Chemii Nieorganicznej Uniwersytetu M. C. S. w Lublinie
Kierownik: prof. dr Włodzimierz Hubicki

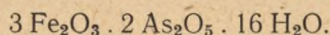
Włodzimierz HUBICKI i Kazimiera WIĄCEK

**Studia elektrometryczne nad strącaniem arsenianu
żelazowego**

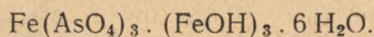
The electrometric studies on precipitation of ferric arsenate

Normalny arsenian żelazowy można uzyskać działaniem żelaza na kwas arsenowy, to znaczy na drodze podanej przez A. Verneuil'a i L. Bourgois (1), względnie sposobem podanym przez H. Metzke'go (2), polegającym na zadawaniu roztworów soli żelazowych roztworami arsenianów. O ile w pierwszej metodzie otrzymuje się ten związek w postaci błękitnawych kryształów, to stosując drugą uzyskuje się osady bezpostaciowe, których barwa jest wybitnie zależna od stosunku użytego alunu żelazowego i soli arsenowej. Osady w ten sposób otrzymane mogą posiadać barwę od białej do brunatnej. W przyrodzie występuje minerał o składzie bardzo zbliżonym do $\text{FeAsO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, noszący nazwę skorodytu.

H. Metzke wykazał w swej pracy, że przy użyciu dużego nadmiaru alunu żelazowego powstaje sól zasadowa, której wzór formułuje następująco:



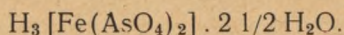
Z zasadowych soli należy również wymienić występujący w przyrodzie farmakosyderyt, określany wzorem:



Z żelazoarsenianów sodowych znane są połączenia otrzymane przez A. Rosenheima i S. Thoma (3) $\text{NaH}_2 [\text{Fe}(\text{AsO}_4)_2]$, oraz uzyskane na drodze suchej przez C. Lefèvre'a (4) $\text{Na}_3\text{Fe}_2(\text{AsO}_4)_3$.

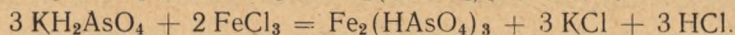
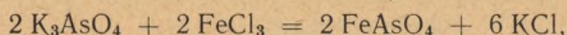
L. Dede (5), na podstawie pomiarów przewodnictwa elektrolitycznego roztworu kwasu arsenowego w miarę dodawania chlorku żelaza, doszedł do przekonania, że możliwym jest tworzenie się kwasu $\text{H}_3 [\text{Fe}(\text{AsO}_4)\text{Cl}_3]$, nato-

miast przez działanie na arsenian żelaza kwasem arsenowym można uzyskać kwas żelazodwuarsenowy o wzorze:



Ten krótki przegląd ortoarsenianów żelaza wskazuje, że związki te są bardzo podobne do odpowiednich soli żelazowych kwasu ortofosforowego. W. Hubicki i K. Sykut (6) w pracy swej nad strącaniem fosforanu żelaza wykazali w jakich warunkach przy zadawaniu chlorku żelaza ortofosforanem dwu- i trójsodowym i odwrotnie, tworzą się zasadowe względnie normalne ortofosforany żelaza.

G. Franceschi (7) uważa, że przy zadawaniu chlorku żelaza arsenianami zachodzą reakcje, które można oddać następującymi równaniami:



O ile pierwsza z tych reakcji jest możliwa, tak druga i trzecia mało prawdopodobne.

Tematem tej pracy było wykazanie czy mechanizm strącania ortoarsenianów żelaza jest identyczny z mechanizmem strącania się fosforanów tego metalu, i czy zdanie G. Franceschi'ego jest słuszne.

Aparatura i odczynniki

Do wszystkich pomiarów konduktometrycznych użyto aparatury składającej się z mostka firmy: Vereinigte Fabriken für Laboratoriumsbedarf G. m. b. H. Berlin, oraz oscylografu katodowego „Supreme Oscilloscope“ model 546, za pomocą którego wyznaczano punkt kompensacji.

Stałą naczynia użytego do pomiarów ustalono na podstawie zmierzonego oporu 0,1 n roztworu KCl w 22° i wynosiła ona $k = 0,0714 \text{ cm}^{-1}$.

Jako potencjometru użyto przyrządu firmy Radiometer Copenhagen type PHM 22e. Nasycona elektroda kalomelowa spełniała zadanie elektrody porównawczej, zaś elektroda szklana użyta była w charakterze elektrody wskaźnikowej.

Do pomiarów konduktometrycznych brano 2 cm³ roztworu i rozcieńczano 20 cm³ H₂O, do potencjometrycznego miareczkowania używano ilości podwójnych, gdyż kształt używanych elektrod nie pozwalał na wykonanie oznaczenia w mniejszej objętości. Objętość dodawanego odczynnika strącającego odmierzano za pomocą mikrobiuret i przeliczano na ilości równoważnikowe względem odczynnika strącanego.

Te wartości są podane w tabelach jako n/10.

Przy obu rodzajach miareczkowania roztwory silnie mieszano za pomocą mieszadła elektrycznego. Do pomiarów użyto następujących roztworów:

n/10 Na_2HAsO_4 $f = 1,063$, sporządzony z chemicznie czystego $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ produkcji polskiej, Gliwice,

n/10 Na_3AsO_4 $f = 1,036$ sporządzony z poprzedniego preparatu przez zadanie wyliczoną ilością n/10 NaOH ,

n/10 FeCl_3 sporządzony z Ferrum sesquichloratum pro analysi Mercka, $f = 1,040$ dla oznaczeń konduktometrycznych, $f = 1,064$ dla oznaczeń potencjometrycznych.

Do oznaczeń ilościowych brano osady otrzymane w większej ilości z zachowaniem tych samych warunków w jakich powstawały one podczas miareczkowania.

Tok analiz był następujący:

Po wysuszeniu osad rozpuszczano w HCl (1 : 1) i na gorąco zadawano 30% NaOH i kilku kroplami stęż. NH_3 . Wytrącony osad wodorotlenku żelazowego po odsączeniu rozpuszczano w kwasie solnym i ponownie strącano stężonym amoniakiem.

Z osadu tego oznaczano żelazo manganometrycznie.

Połączone oba przesącze zateżano do odpowiedniej objętości i zawartość arsenu oznaczano jodometrycznie.

Miareczkowanie elektrometryczne

FeCl_3 za pomocą Na_2HAsO_4

Tabela I podaje wyniki jednego z szeregu pomiarów konduktometrycznych tej reakcji. Wyniki te zostały zobrazowane przez wykres 1.

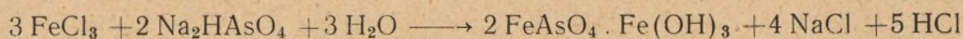
Pierwszy odcinek konduktogramu wykazuje wzrost przewodnictwa w miarę dodawania Na_2HAsO_4 , aż do punktu, który odpowiada 1,35 cm^3 odczynika strącającego.

To maksimum przewodnictwa ma swój odpowiednik w minimum potencjogramu przy 2,75 cm^3 Na_2HAsO_4 (ilości są podwójne, bo przy potencjometrycznym miareczkowaniu używano 4 cm^3 FeCl_3), przy tej bowiem ilości zużytego arsenianu dwusodowego roztwór miareczkowany zyskuje najniższą wartość pH 2,4, co wskazywałoby na powstawanie jonów wodorowych w czasie początkowego tworzenia się związku.

Przebieg zmiany pH podczas miareczkowania przedstawia tabela II i wykres 2.

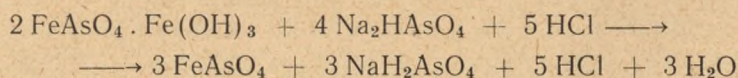
Obliczony stosunek stechiometryczny żelaza do arsenu w tym punkcie wynosi 3 Fe : 2 As. Istnienie związku o takim stosunku atomowym potwier-

dzają wspomniane poprzednio badania H. Metzke'go. Tworzenie się takiej soli następuje według niego przy nadmiarze jonów żelazowych, co ma miejsce w omawianym przypadku. Stąd przebieg pierwszego etapu reakcji może być następujący:



Analizy powstałego osadu nie wykonano z powodu jego nieodsączalności.

Dalsze dodawanie Na_2HAsO_4 powoduje wytrącanie się większej ilości osadu, spadek przewodnictwa i powolny wzrost pH, aż do punktu, kiedy w roztworze miareczkowanym jest dwukrotny nadmiar arsenianu dwusodowego. Otrzymane drugie załamanie na konduktogramie, oraz odpowiadający mu skok pH na potencjogramie wskazują na koniec reakcji strącania. Końcowy produkt powinien posiadać, jak to wynika z wykresów, podwójną ilość arsenianu w drobinie w stosunku do żelaza. Na podstawie badań Rosenheima i Thon'a (3) można by przypuścić tworzenie się tutaj wyodrębnionej przez nich soli sodowej kwasu żelazodwuarsenowego, $\text{NaH}_2[\text{Fe}(\text{AsO}_4)_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$. Gdyby jednak powstała rzeczywiście wyżej wspomniana sól, to dodany arsenian byłby całkowicie związany w osadzie; tymczasem analizy wykazały, że w przesączu znajduje się około połowa użytego arsenianu w formie niezwiązanej, to pozwala wnioskować, że reakcja zachodząca tutaj ma przebieg odmienny, a mianowicie może zachodzić według równania:



Powstała początkowo zasadowa sól reaguje dalej z arsenianem dwusodowym i w efekcie końcowym otrzymujemy osad obojętnego arsenianu żelaza. Analiza chemiczna osadu dała wyniki: 21% H_2O , 22,3% Fe, 29,5% As co daje stosunek atomowy Fe : As = 1 : 1 i wskazuje na wzór $\text{FeAsO}_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$.

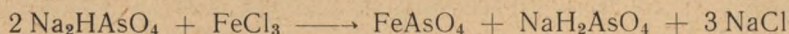
Miareczkowanie elektrometryczne

Na_2HAsO_4 za pomocą FeCl_3

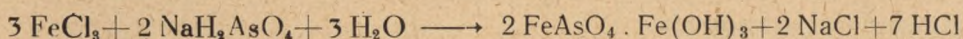
Tabela III i wykres 3 zawiera dane konduktometrycznego miareczkowania Na_2HAsO_4 za pomocą FeCl_3 .

Reakcja zachodząca w tej kolejności dodawania jest również dwustopniową jak to wynika z załamań na konduktogramie. Pierwsze załamanie występujące przy 1 cm³ dodanego chlorku żelazowego jest ostre, a odpowiadający mu skok pH na potencjogramie jest również gwałtowny. Potencjometryczne pomiary ilustruje wykres 4 i tabela IV.

Konduktogram tej reakcji wskazuje na to, że w tych warunkach w końcowym etapie powstaje trójpodstawny ortoarsenian. Analiza chemiczna zupełnie to potwierdza, gdyż skład procentowy osadu jest taki sam jak poprzednio. Zachodzącą więc reakcję można przedstawić równaniem:



Wzrost przewodnictwa na tym odcinku jest bardzo nieznaczny, ponieważ na miejsce wytrącających się jonów arsenianowych pojawiają się mało ruchliwsze jony chlorkowe. Punkt przegięcia na potencjogramie przy pH 4 wykazuje słuszość powyższej reakcji bo powstały roztwór arsenianu jednosodowego powinien właśnie takie pH posiadać. Od pierwszego załamania przewodnictwo przy dalszym wkraplaniu chlorku żelazowego rośnie bardzo szybko otrzymuje się drugie załamanie przy 2,5 cm³ odczynnika strącającego, co pozwala przypuszczać, że końcowym produktem jest sól zasadowa, gdyż na pozostały w roztworze jeden cm³ NaH₂AsO₄ przypada 1,5 cm³ FeCl₃, stąd dalsze równanie będzie miało przebieg:



Całkowity osad będzie więc zawierał obok obojętnego, również i zasadowy arsenian żelaza. Osad ten poddany analizie wykazał stosunek atomowy: Fe : As = 5 : 4,3 zamiast teoretycznego 5 Fe : 4 As. Nadmiar arsenu można by wytłumaczyć tym, że część zasadowej soli znajduje się w roztworze w postaci speptyzowanej i silnie adsorbuje jony arsenianowe.

Miareczkowanie elektrometryczne

FeCl₃ za pomocą Na₃AsO₄

Przebieg reakcji zachodzącej przy miareczkowaniu chlorku żelaza za pomocą arsenianu trójsodowego podają tabelka V i VI oraz wykres 5 i 6. Pokrywa się on w ogólnym zarysie jak to widać z porównania konduktogramów obu tych reakcji z wytrącaniem arsenianu żelaza przy działaniu arsenianu dwusodowym. Tak jak poprzednio pierwsze załamanie dowodzi tworzenia się przejściowo zasadowej soli, która może posiadać skład określony nie tylko poprzednim wzorem 2 FeAsO₄ · Fe(OH)₃, lecz równie dobrze może zawierać więcej drobin wodorotlenku żelaza, na co wskazuje pierwsze załamanie na konduktogramie tej reakcji, przypadające już około 1,5 cm³ arsenianu, a nie jak poprzednio 1,35 cm³.

Analizy ilościowej tej zasadowej soli nie wykonano z powodu nieodśączalności osadu. Podczas gdy przy arsenianie dwusodowym potrzeba było

do całkowitego strącenia dwukrotnej jego ilości, to przy trójsodowym zużywa się o połowę mniej.

Analizy ilościowe produktu końcowego wykazały stosunek atomowy 1 Fe : 0,9 As, zamiast teoretycznego 1 Fe : 1 As. Można by przypuszczać, że powstała zasadowa sól przechodzi z kolei w obojętną, należy jednak podkreślić, że wynik analizy wskazuje na nadmiar żelaza, gdy natomiast konduktogram i potencjogram wskazują, że do strącenia osadu zużyto nadmiar Na_3AsO_4 .

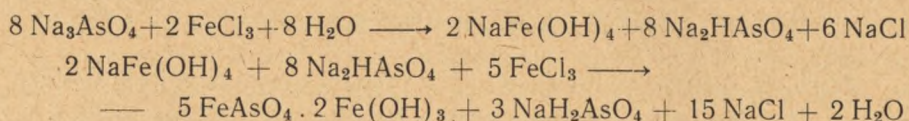
Miareczkowanie elektrometryczne

Na_3AsO_4 za pomocą FeCl_3

Konduktometryczne pomiary oddaje tabelka VII i wykres 7.

Konduktogram tego miareczkowania jest odmienny od poprzednich. Występują tutaj nie dwa, lecz trzy wyraźne załamania. Dwom pierwszym odpowiadają punkty przegięcia na potencjogramie (wykres 8) trzecie zaś takiego odpowiednika nie posiada.

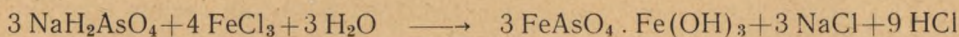
Szczególnie ciekawe jest załamanie pierwsze, występujące już przy $0,5 \text{ cm}^3$ chlorku żelaza. Jeśli weźmie się pod uwagę, że roztwór arsenianu trójsodowego jest wskutek hydrolizy silnie alkaliczny ($\text{pH} = 11,0$), to można przyjąć tworzenie się w pierwszej chwili żelazinu sodowego, który pod wpływem dalszego wkraplania chlorku żelaza ulega szybko zmianie na wodorotlenek żelazowy i wytwarza z równocześnie strącającym się arsenianem żelaza zasadową sól — drugi punkt załamania ($1,75 \text{ cm}^3$). Możemy więc tu przyjąć następujący przebieg reakcji.



Analiza zasadowej soli dała stosunek atomowy 7 Fe : 5, 6 As zamiast 7 Fe : 5 As. Nadmiar arsenianu można wytłumaczyć adsorpcją pozostających w roztworze jonów H_2AsO_4^- .

Na tym etapie reakcja nie kończy się jeszcze, bo na konduktogramie następuje gwałtowny wzrost przewodnictwa, który trudno wytłumaczyć tylko dodaniem chlorku żelazowego. Bardzo prawdopodobnym jest tworzenie się tutaj kwasu solnego na skutek działania chlorku żelaza na powstały z poprzednich reakcji arsenian jednosodowy, analogicznie do reakcji zachodzącej przy miareczkowaniu arsenianu dwusodowego chlorkiem żelaza (drugi etap reakcji).

Trzeci odcinek konduktogramu wskazywałby więc na następującą reakcję:



zatem przy miareczkowaniu chlorkiem żelaza roztworu Na_3AsO_4 otrzymuje się mieszaninę zasadowych soli.

Otrzymane wyniki naprowadzają nas na to, że obojętny ortoarsenian żelazowy otrzymuje się przez zadawanie chlorku żelaza tak dwu- i trójsodowymi arsenianami. Natomiast przez działanie odwrotne powstają w obu wypadkach sole zasadowe. Żaden z potencjogramów nie wykazał danych tworzenia się w tych warunkach kwaśnego ortoarsenianu żelaza, powstanie którego zakłada G. Franceschi (7).

Ogólny przebieg strącania się arsenianu żelaza jest taki sam jak i fosforanu, gdyż otrzymane konduktogramy i potencjogramy są prawie identyczne z takimi samymi oznaczeniami przy strącaniu fosforanu żelaza, opracowanymi przez W. Hubickiego i K. Sykuta (6). Jedynie miareczkowanie arsenianu trójsodowego za pomocą chlorku żelazowego wykazuje jeszcze jeden punkt załamania nie występujący na konduktogramie miareczkowania Na_3PO_4 za pomocą roztworu FeCl_3 .

P I S M I E N N I C T W O

1. Verneuil — Bourgeois, Bull. Soc. Min. 7, 220, 1884.
 2. Metzke — Zeit. Anorg. Chem. 19, 457, 1899.
— — Neues Jahrb. Min. 169, 1898.
— — Über einige Arsenate des Eisenoxydes. Rostock 1898
 3. Rosenheim — Thon — Zeit. Anorgan. Chem. 167, 1927.
 4. Lefèvre — Compt. Rend. 111, 36, 1890.
— — Sur les arseniates cristallisés, Paris 1891.
 5. Dede — Zeit. Anorg. Chem. 125, 28, 1922.
 6. Hubicki—Sykut — Annales UMCS, Sec. AA, Vol. II, 10, 1947.
 7. Franceschi — L'Orosci 15, 192, 1892.
-

SUMMARY

The authors have investigated the reactions occurring during precipitations of ferric arsenate.

The measurements were made after of potentiometric and conductometric method and based on gravimetric analysis. From obtained data authors arrived at the following conclusions.

- 1) If the solution of Na_2HAsO_4 is dropped into that of FeCl_3 the reaction occurs in two stages:
 - a. $3\text{FeCl}_3 + 2\text{Na}_2\text{HAsO}_4 + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{FeAsO}_4 \cdot \text{Fe}(\text{OH})_3 + 4\text{NaCl} + 5\text{HCl}$,
 - b. $2\text{FeAsO}_4 \cdot \text{Fe}(\text{OH})_3 + 4\text{Na}_2\text{HAsO}_4 + 5\text{HCl} \longrightarrow 3\text{FeAsO}_4 + 3\text{NaH}_2\text{AsO}_4 + 5\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{O}$
- 2) If the solution of Na_3AsO_4 is dropped into that of FeCl_3 the reaction occurs in two stages:
 - a. $3\text{FeCl}_3 + 2\text{Na}_3\text{AsO}_4 + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{FeAsO}_4 \cdot \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} + 6\text{NaCl}$,
 - b. $2\text{FeAsO}_4 \cdot \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} + \text{Na}_3\text{AsO}_4 \longrightarrow 3\text{FeAsO}_4 + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{NaCl}$,
- 3) If the solution of FeCl_3 is dropped into that of Na_2HAsO_4 the reaction occurs in two stages:
 - a. $2\text{Na}_2\text{HAsO}_4 + \text{FeCl}_3 \longrightarrow \text{FeAsO}_4 + \text{NaH}_2\text{AsO}_4 + 3\text{NaCl}$,
 - b. $3\text{FeCl}_3 + 2\text{NaH}_2\text{AsO}_4 + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{FeAsO}_4 \cdot \text{Fe}(\text{OH})_3 + 2\text{NaCl} + 7\text{HCl}$.

The end precipitate contains normal and basic ferric arsenate.

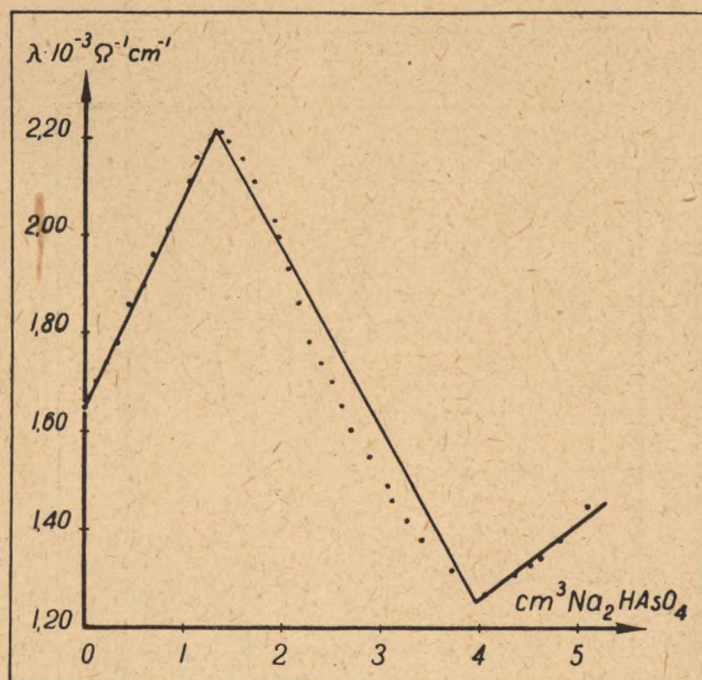
- 4) If the solution of FeCl_3 is dropped into that of Na_3AsO_4 the reaction occurs in three stages:
 - a. $8\text{Na}_3\text{AsO}_4 + 2\text{FeCl}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NaFe}(\text{OH})_4 + 8\text{NaFe}(\text{OH})_4 + 6\text{NaCl}$,
 - b. $2\text{NaFe}(\text{OH})_4 + 8\text{Na}_2\text{HAsO}_4 + 5\text{FeCl}_3 \longrightarrow 5\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{NaH}_2\text{AsO}_4 + 15\text{NaCl}$,
 - c. $3\text{NaH}_2\text{AsO}_4 + 4\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{FeAsO}_4 \cdot \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{NaCl} + 9\text{HCl}$

In such case we obtain a mixture of basic and normal arsenates of iron.

The results of this work are identical with those obtained in the analogous investigations on the mechanism of precipitation of iron phosphate.

Tabela I.

$\text{cm}^3 \text{ O.ln. Na}_2\text{HAsO}_4$	Ω	$\lambda = \frac{1}{\Omega} \cdot k$	$\text{cm}^3 \text{ O.ln. Na}_2\text{HAsO}_4$	Ω	$\lambda = \frac{1}{\Omega} \cdot k$
0,00	43.0	$1.65 \cdot 10^{-3}$	2.17	38.2	$1.86 \cdot 10^{-3}$
0,12	42.0	1.70	2.28	40.0	1.78
0,23	41.0	1.74	2.40	40.8	1.74
0,37	40.0	1.78	2.51	42.0	1.70
0,47	38.2	1.86	2.62	43.0	1.65
0,59	37.5	1.90	2.72	44.5	1.60
0,70	36.8	1.96	2.90	46.0	1.55
0,84	35.5	2.01	3.06	47.7	1.49
1,05	33.8	2.11	3.11	48.5	1.46
1,16	33.0	2.16	3.27	50.0	1.42
1,28	32.5	2.19	3.43	51.5	1.38
1,39	32.2	2.21	3.73	54.0	1.32
1,49	32.6	2.19	3.88	55.5	1.28
1,61	33.0	2.16	4.08	56.0	1.27
1,73	33.8	2.11	4.36	54.5	1.31
1,83	35.0	2.03	4.51	53.5	1.33
1,95	35.8	1.99	4.62	53.0	1.34
2,06	36.8	1.93	4.83	51.3	1.38
			5.10	49.2	1.45

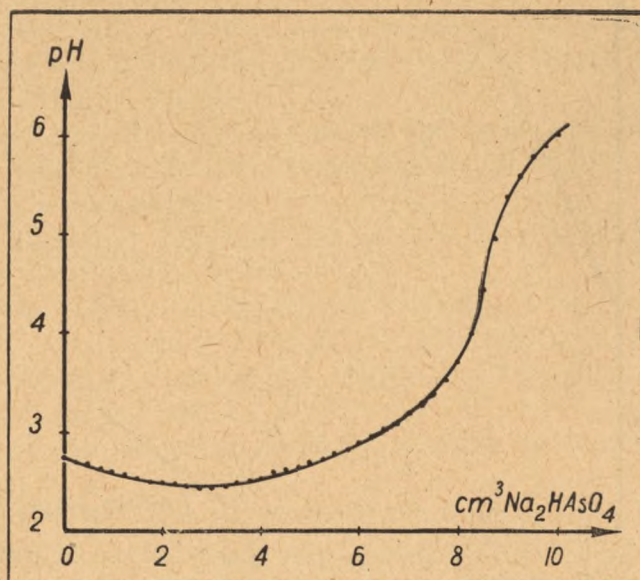


Wykres 1.

Konduktometryczne miareczkowanie 2 cm^3 $n/10 \text{ FeCl}_3$ za pomocą $n/10 \text{ Na}_2\text{HAsO}_4$.
 Conductometric titration of 2 cc $n/10 \text{ FeCl}_3$ by means of $n/10 \text{ Na}_2\text{HAsO}_4$.

Tabela II.

cm ³ 0,1n. Na ₂ HAsO ₄	pH	cm ³ 0,1n. Na ₂ HAsO ₄	pH
0.00	2.74	5.00	2.70
0.25	2.70	5.25	2.79
0.50	2.68	5.50	2.79
0.75	2.63	5.75	2.83
1.00	2.60	6.00	2.90
1.25	2.58	6.25	2.96
1.50	2.53	6.50	3.04
1.75	2.50	6.75	3.10
2.00	2.50	7.00	3.20
2.25	2.48	7.25	3.30
2.50	2.46	7.50	3.40
2.75	2.43	7.75	3.53
3.00	2.43	8.00	3.72
3.25	2.45	8.25	4.00
3.50	2.48	8.50	4.44
3.75	2.50	8.75	4.98
4.00	2.52	9.00	5.38
4.25	2.60	9.25	5.63
4.50	2.61	9.50	5.80
4.75	2.66	9.75	5.90
		10.00	6.02

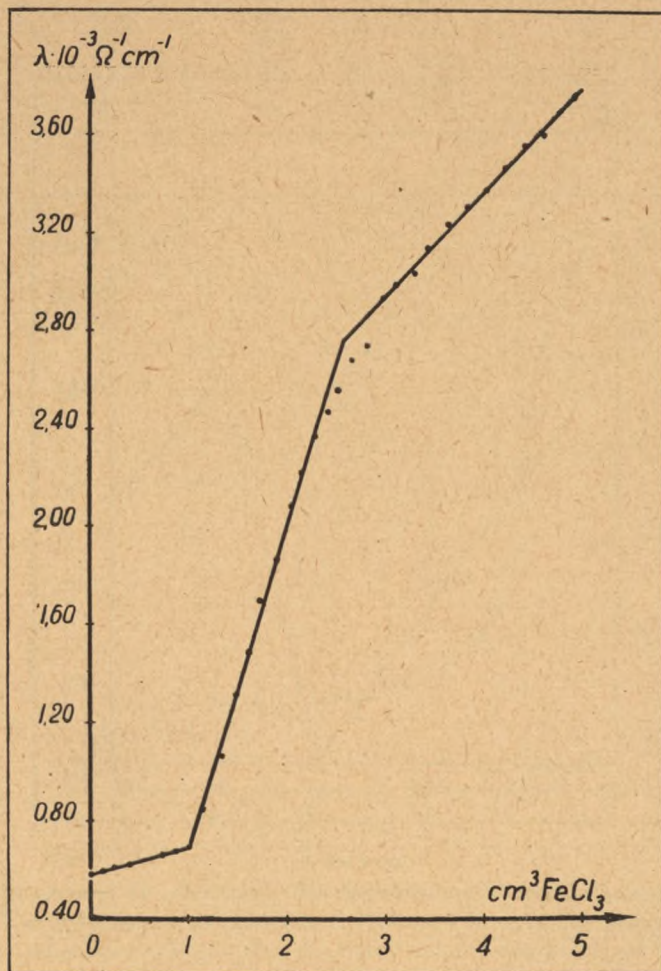


Wykres 2.

Potencjometryczne miareczkowanie 4 cm³ n/10 FeCl₃ za pomocą n/10 Na₂HAsO₄.
 Potentiometric titration of 4 cc n/10 FeCl₃ by means of n/10 Na₂HAsO₄.

Tabela III.

$\text{cm}^3 \text{ O.ln. FeCl}_3$	Ω	$\lambda = \frac{1}{\Omega} \cdot k$	$\text{cm}^3 \text{ O.ln. FeCl}_3$	Ω	$\lambda \cdot \frac{1}{\Omega} \cdot k$
0.00	119.0	$0.59 \cdot 10^{-3}$	2.27	30.0	$2.37 \cdot 10^{-3}$
0.14	117.5	0.60	2.41	28.8	2.47
0.25	116.5	0.61	2.50	27.8	2.56
0.41	114.8	0.62	2.66	26.5	2.69
0.73	112.0	0.64	2.81	26.0	2.74
0.83	108.2	0.66	2.98	24.2	2.94
1.03	95.0	0.70	3.09	23.8	2.99
1.15	83.0	0.86	3.26	23.4	3.04
1.33	66.5	1.07	3.41	22.7	3.14
1.47	54.0	1.32	3.62	22.0	3.24
1.62	47.8	1.49	3.82	21.5	3.31
1.73	43.0	1.65	4.02	21.0	3.39
1.90	38.0	1.87	4.21	20.5	3.47
2.03	34.0	2.09	4.41	20.0	3.56
2.15	32.0	2.22	4.60	19.8	3.60
			4.90	19.0	3.75

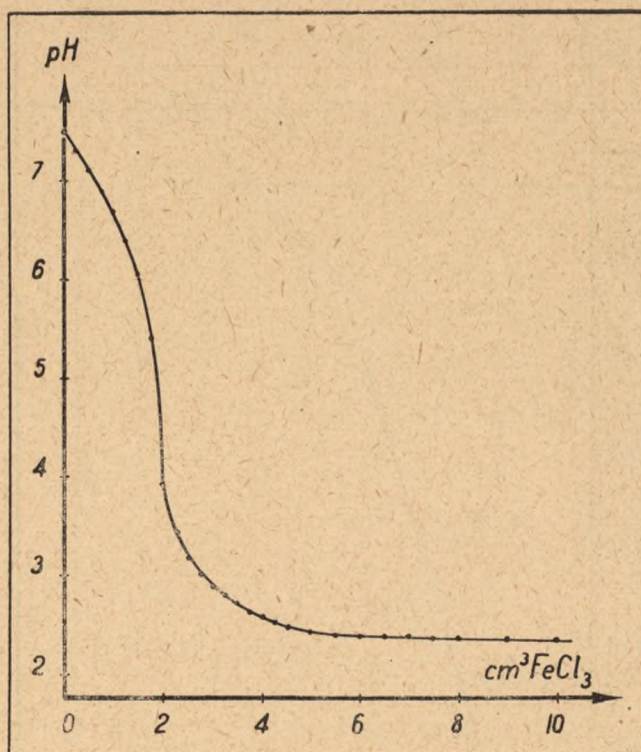


Wykres 3.

Konduktometryczne miareczkowanie 2 cm^3 n/10 Na_2HAsO_4 za pomocą n/10 FeCl_3 .
Conductometric titration of 2 cc n/10 Na_2HAsO_4 by means of n/10 FeCl_3 .

Tabela IV.

cm ³ O,ln. FeCl ₃	pH	cm ³ O,ln. FeCl ₃	pH
0.00	7.50	3.50	2.70
0.25	7.30	3.75	2.62
0.50	7.10	4.00	2.58
0.75	6.90	4.25	2.51
1.00	6.70	4.50	2.48
1.25	6.40	5.00	2.42
1.50	6.06	5.50	2.40
1.75	5.42	6.00	2.38
2.00	3.92	6.50	2.37
2.25	3.45	7.00	2.33
2.50	3.18	7.50	2.32
2.75	3.00	8.00	2.32
3.00	2.88	9.00	2.30
3.25	2.78	10.00	2.30

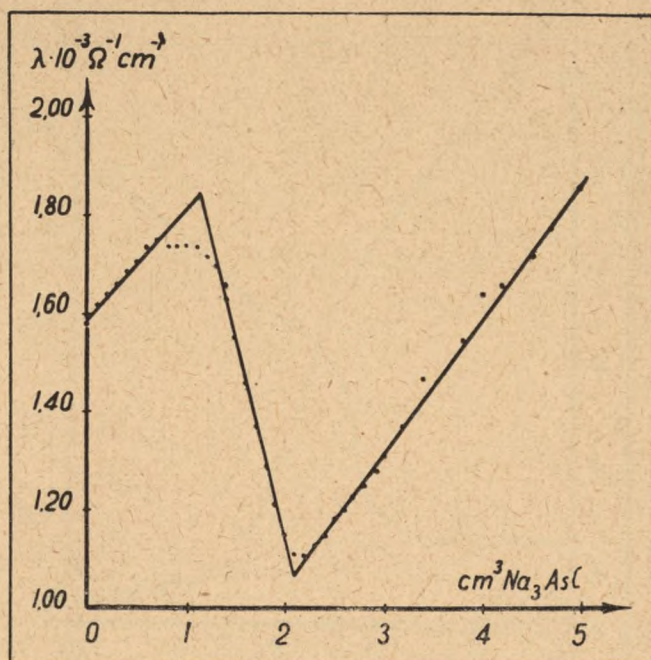


Wykres 4.

Potencjometryczne miareczkowanie 4 cm³ n/10 Na₂HAsO₄ za pomocą n/10 FeCl₃.
 Potentiometric titration of 4 cc n/10 Na₂HAsO₄ by means of n/10 FeCl₃.

Tabela V.

$\text{cm}^3 \text{O.ln. Na}_3\text{AsO}_4$	Ω	$\lambda = \frac{1}{\Omega} \cdot k$	$\text{cm}^3 \text{O.ln. Na}_3\text{AsO}_4$	Ω	$\lambda = \frac{1}{\Omega} \cdot k$
0.00	45.0	$1.58 \cdot 10^{-3}$	2.00	61.8	$1.15 \cdot 10^{-3}$
0.10	44.0	1.62	2.10	64.0	1.11
0.20	43.5	1.64	2.15	64.2	1.11
0.30	43.0	1.66	2.20	64.0	1.11
0.40	42.2	1.69	2.30	62.8	1.13
0.50	41.5	1.71	2.40	62.0	1.15
0.60	41.0	1.74	2.50	60.0	1.18
0.70	40.8	1.75	2.60	59.2	1.20
0.80	41.0	1.74	2.70	58.0	1.25
0.90	41.0	1.74	2.80	57.0	1.25
1.00	41.0	1.74	2.90	55.8	1.28
1.10	41.0	1.74	3.00	54.3	1.31
1.20	41.5	1.72	3.20	52.0	1.37
1.30	42.0	1.70	3.40	48.5	1.47
1.40	43.8	1.63	3.60	47.0	1.51
1.50	46.0	1.55	3.80	45.8	1.55
1.60	48.8	1.46	4.00	44.5	1.54
1.70	52.0	1.37	4.20	43.0	1.66
1.80	55.3	1.29	4.50	41.3	1.72
1.90	58.6	1.21	4.70	40.0	1.78



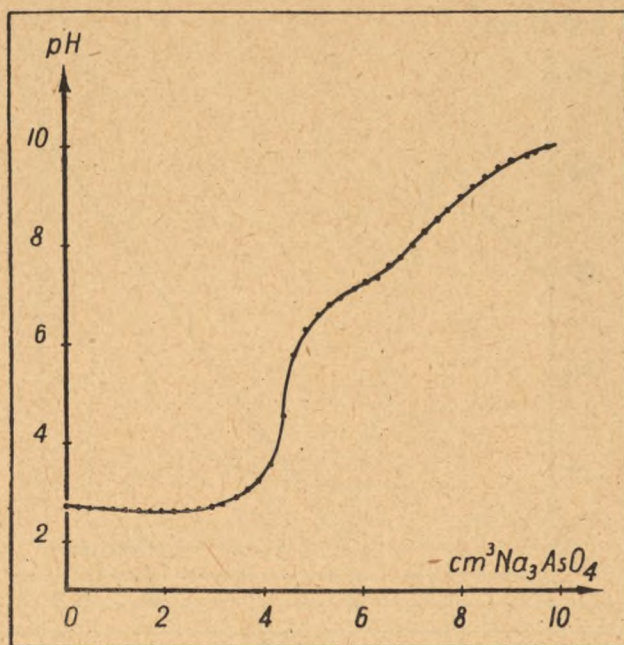
Wykres 5.

Konduktometryczne miareczkowanie 2 cm^3 n/10 FeCl_3 za pomocą n/10 Na_3AsO_4 .

Conductometric titration of 2 cc n/10 FeCl_3 by means of n/10 Na_3AsO_4 .

Tabela VI.

cm ³ O, ln. Na ₃ AsO ₄	pH	cm ³ O, ln. Na ₃ AsO ₄	pH
0.00	2.74	4.87	6.30
0.24	2.72	5.11	6.61
0.49	2.71	5.35	6.81
0.73	2.70	5.59	6.96
0.97	2.70	5.84	7.12
1.22	2.69	6.08	7.28
1.46	2.68	6.32	7.40
1.70	2.68	6.57	7.60
1.95	2.67	6.81	7.77
2.19	2.68	7.05	8.00
2.43	2.68	7.30	8.25
2.68	2.70	7.54	8.50
2.92	2.72	7.78	8.70
3.16	2.82	8.02	9.00
3.41	2.92	8.25	9.20
3.65	3.08	8.51	9.40
3.89	3.29	8.75	9.52
4.13	3.60	9.00	9.70
4.38	4.58	9.24	9.80
4.62	5.80	9.48	9.92

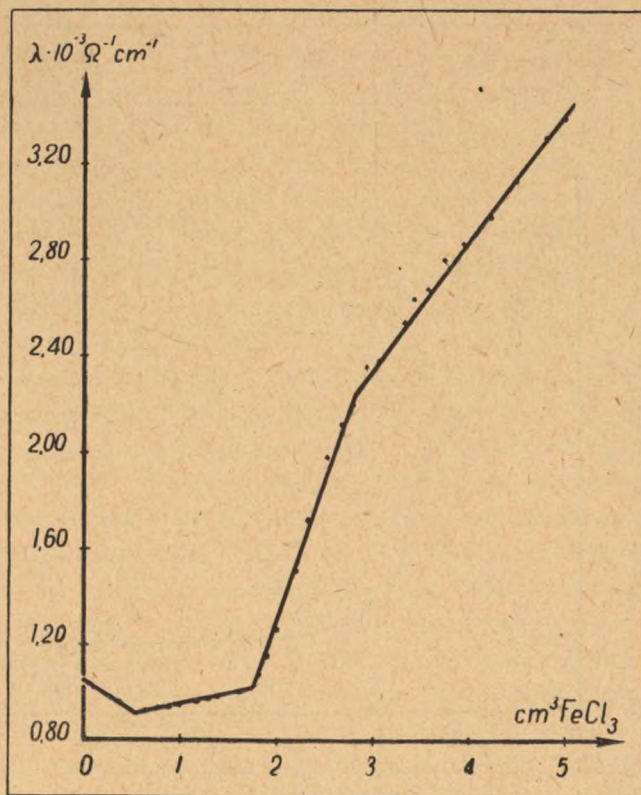


Wykres 6.

Potencjometryczne miareczkowanie 4 cm³ n/10 FeCl₃ za pomocą n/10 Na₃AsO₄.
 Potentiometric titration of 4 cc n/10 FeCl₃ by means of n/10 Na₃AsO₄.

Tabela VII.

$\text{cm}^3 \text{O.ln.}$ FeCl_3	Ω	$\lambda = \frac{1}{\Omega} \cdot k$	$\text{cm}^3 \text{O.ln.}$ FeCl_3	Ω	$\lambda = \frac{1}{\Omega} \cdot k$
0.00	68.0	$1.05 \cdot 10^{-3}$	2.20	47.0	$1.51 \cdot 10^{-3}$
0.11	69.5	1.02	2.33	41.5	1.72
0.27	72.7	0.98	2.57	36.0	1.98
0.37	74.4	0.97	2.67	33.5	2.12
0.53	77.2	0.92	2.80	32.3	2.20
0.64	76.8	0.93	2.93	30.2	2.36
0.77	76.0	0.94	3.07	29.8	2.39
0.88	76.0	0.94	3.33	28.0	2.54
1.00	75.0	0.95	3.42	27.0	2.64
1.18	74.0	0.96	3.56	26.5	2.68
1.30	73.5	0.97	3.76	25.1	2.80
1.43	72.3	0.98	3.96	24.8	2.87
1.60	71.0	1.00	4.24	23.8	2.99
1.81	66.0	1.08	4.50	22.8	3.12
1.90	61.0	1.16	4.80	21.5	3.31
2.00	55.8	1.27	5.00	21.0	3.39

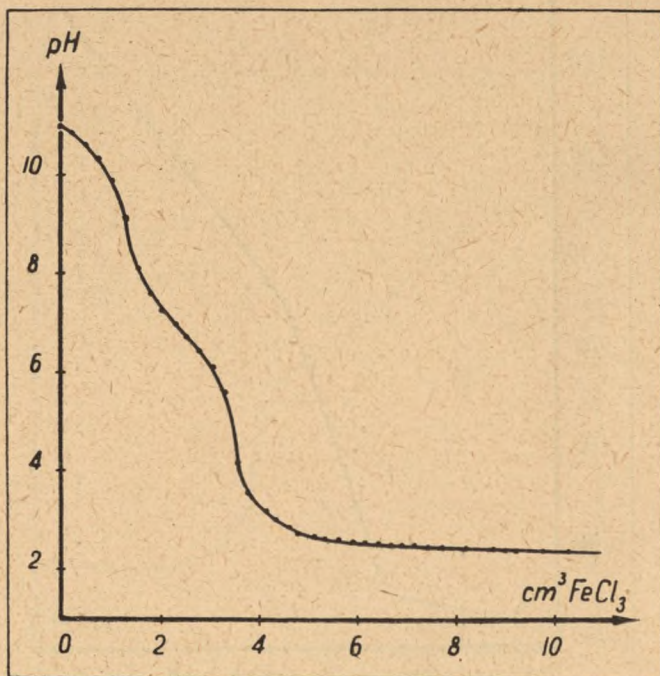


Wykres 7.

Konduktometryczne miareczkowanie 2 cm^3 n/10 Na_3AsO_4 za pomocą n/10 FeCl_3 .
Conductometric titration of 2 cc n/10 Na_3AsO_4 by means of n/10 FeCl_3 .

Tabela VIII.

cm ³ O, ln. FeCl ₃	pH	cm ³ O, ln. FeCl ₃	pH
0.00	11.00	4.62	2.88
0.26	10.87	4.88	2.79
0.51	10.65	5.13	2.71
0.77	10.37	5.39	2.68
1.03	9.90	5.65	2.62
1.28	9.10	5.91	2.60
1.54	8.10	6.16	2.58
1.80	7.60	6.42	2.55
2.06	7.28	6.68	2.52
2.31	7.00	6.93	2.51
2.57	6.73	7.19	2.51
2.82	6.47	7.45	2.49
3.08	6.12	7.70	2.50
3.34	5.52	8.22	2.48
3.59	4.20	8.73	2.47
3.85	3.56	9.24	2.43
4.11	3.22	9.76	2.42
4.37	3.02	10.27	2.41



Wykres 8.

Potencjometryczne miareczkowanie 4 cm³ Na₃AsO₄ n/10 przy pomocy n/10 FeCl₃.Potentiometric titration of 4 cc n/10 Na₃AsO₄ by means of n/10 FeCl₃.