

dup

PROF. DR. JAN ZAWIDZKI

CHEMIA NIEORGANICZNA

ZE 186 RYSUNKAMI

WYDANIE POŚMIERTNE

PRZEJRZAŁ I UZUPEŁNIŁ

PROF. D-R M. CENTNERSZWER

Z UDZIAŁEM

INŻ. M. ŁĄŻNIEWSKIEGO

T O M II

Z FUNDUSZU WIECZYSTEGO IM. JÓZEFA NATANSONA

WYDAWNICTWO
KASY IM. MIANOWSKIEGO-INSTYTUTU POPIERANIA NAUKI
WARSZAWA, PAŁAC STASZICA

1936

Arch. 329

Pomiędzy ukazaniem się w druku pierwszego i drugiego tomu Chemji Nieorganicznej prof. J. Zawidzkiego minął okres czterech lat. W okresie tym rozwinęły się i dojrzały teorie budowy materji, stanowiące obecnie piękną i harmonijną całość. Rewolucyjny przewrót zasadniczych poglądów na budowę jądra atomu, zdobycze eksperymentalne, osiągnięte w dziedzinie przemian pierwiastków, odkrycie nowych odmian wodoru i jego związków, udowodnienie przemiany materji na energję i wreszcie przerzucenie mostu pomiędzy promieniowaniem falowem a promieniowaniem materjalnem — oto najdonioślejsze odkrycia, rzucające zupełnie nowe światło na zjawiska świata nieorganicznego i wymagające szczegółowego uwzględnienia w nowoczesnym podręczniku Chemji Nieorganicznej.

Dotyczy to w szczególności V-ego i VI-ego rozdziału niniejszego dzieła, poświęconych »promieniotwórczości« i »budowie materji«. Rozdziały te zostały znacznie rozszerzone i na nowo opracowane. W opracowaniu tych dwóch rozdziałów korzystałem z dzieł polskich i zagranicznych, poświęconych najnowszemu teoretycznym i doświadczalnym badaniom nad budową materji. Spis prac, z których korzystałem i które zalecam czytelnikom w charakterze źródeł do głębszego poznania tych teoryj, został umieszczony w końcu rozdziału VI-ego (str. 393). Bardzo wiele zawdzięczam w tym względzie doskonałej pracy pp. Szczepana Szczeniowskiego i Stanisława Ziemeckiego p. t. »Promieniowanie i Materja«, której przestudjowanie zalecam czytelnikom Chemji Nieorganicznej równolegle ze

studjum niniejszego dzieła. Z tej samej pracy zapożyczyłem też pewne rysunki (o czym wspomniano w ich opisie). Korzystam ze sposobności, aby wyrazić serdeczne podziękowanie p. dr. Ignacemu Złotowskiemu, adjunktowi Zakładu chemji fizycznej U.J.P., za przejrzenie wymienionych dwóch rozdziałów i udzielenie mi nader cennych uwag, dotyczących wielu spraw, tam poruszonych.

Poza tem rękopis profesora J. Zawidzkiego został uzupełniony przez pewne rozdziały chemji fizycznej, która obecnie tak mocno jest związana z chemją nieorganiczną i tak głęboko przenika ją w najrozmaitszych dziedzinach. Uzupełnienia te dotyczą układu perjodycznego pierwiastków, teorii stopów metalicznych, osmotycznej teorii ogniw galwanicznych, nowych poglądów na budowę związków »zespolonych« i innych działów. Wiele rozdziałów, dotyczących opisu związków nieorganicznych, zostało rozszerzonych i uzupełnionych przez opis pewnych związków charakterystycznych dla danego pierwiastka, albo też ważnych ze względu na ich zastosowania techniczne.

Ze względu na ogromne znaczenie, jakie posiada obecnie układ perjodyczny Mendelejewa, pierwotny układ rękopisu został zasadniczo zmieniony, i podział materji II-go tomu ściśle przystosowany do układu perjodycznego.

Podobnie jak w tomie pierwszym ustępy, opracowane przez niżej podpisanego, oznaczone zostały w druku znakiem ☒.

Podczas druku niniejszego (ostatniego) tomu Chemji Nieorganicznej korzystałem w dalszym ciągu z cennej współpracy p. Inż. Jana Gustawa Zawidzkiego, syna autora niniejszego dzieła, który prowadził korektę i w czasie druku nie szczędził mi swej pomocy. Wiele pracy w wydanie drugiego tomu niniejszego dzieła włożył p. inż. M. Łażniewski, starszy asystent Politechniki Warszawskiej, który przejrzał i poprawił wszystkie dane liczbowe oraz tablice stałych fizycznych, opracował część technologiczną i zebrał materiały do wielu

rysunków, zamieszczonych w niniejszym tomie. Przez p. Łażniewskiego został wykonany skorowidz autorów i rzeczy. Rysunki do drugiego tomu wykonane zostały, podobnie jak rysunki do pierwszego tomu, przez pp. inż. Cz. Dobrowolskiego i inż. W. Wiórogórskiego. Korekta językowa obu tomów została wykonana przez p. Marję Danilewiczową.

Mieczysław Centnerszwer.

Warszawa, dnia 7 lutego 1936 r.

SPIS RZECZY.

str.

I. SYSTEMATYKA PIERWIASTKÓW	1
1. Początki układu perjodycznego pierwiastków	1
A. Pierwsze próby	1
B. Układ perjodyczny Mendelejewa	4
C. Współczesna tabela układu perjodycznego.	8
D. Objętości atomowe.	17
2. Metale	18
A. Charakterystyka ogólna	18
B. Własności fizyczne. Połysk.	20
C. Własności cieplne	20
D. Ciepła właściwe	21
E. Ciepło topnienia	21
F. Przewodnictwo elektryczne	22
G. Elektrolityczna prężność roztwórcza	23
H. Istota stanu metalicznego	26
I. Zachowanie się chemiczne metali	33
J. Rozpuszczalność metali	34
K. Występowanie w przyrodzie	34
L. Produkcja światowa metali	35
M. Podział metali	36
3. Stopy metaliczne	38
A. Wzajemna rozpuszczalność metali w stanie ciekłym	38
B. Wzajemna rozpuszczalność metali w stanie stałym i powstawanie związków metalicznych.	40
C. Analiza termiczna.	41
D. Analiza mikroskopowa	47
II. POTASOWCE	50
1. Charakter ogólny	50
2. Lit	51

	str.
A. Występowanie	51
B. Związki	52
3. Sód	54
A. Występowanie	54
B. Sód metaliczny	54
C. Chlorek sodu (<i>sól kamienna</i>)	56
a) Własności 56, b) Występowanie w przyrodzie 57, c) produkcja światowa soli kamiennej 61, e) Rola soli mineralnych w organizmie zwierzęcym 63, f) Zastosowanie techniczne soli 64, g) Zasoby soli kamiennej na ziemiach polskich 65.	
D. Związki tlenowe sodu. Wodorotlenek sodu. Związki z siarką	67
E. Saletra	71
a) Azotan sodowy 71, b) Występowanie saletry chilijskiej 72.	
F. Działanie nawozów mineralnych	73
G. Soda	76
a) Początki wielkiego przemysłu chemicznego 77, b) Fabrykacja sody sposobem Leblanca 78, c) Fabrykacja sody sposobem amonjakalnym 80.	
4. Potas	84
A. Występowanie	84
B. Własności i otrzymywanie potasu	86
C. Stopy i amalgamaty potasu	87
D. Tlenki potasu	87
E. Wodorotlenek potasu	88
F. Chlorek potasu	92
G. Bromek potasu. Jodek potasu	93
H. Siarczan potasu	93
I. Azotan potasu	94
J. Procesy nitrifikacji	95
K. Saletra konwersyjna	97
L. Zastosowanie reguły faz	98
Chloran potasu	101
M. Nadchloran potasu	104
N. Węglan potasu (<i>potaż</i>)	105
O. Cyjanek potasu	106
P. Trudnorozpuszczalne sole potasowe	106
5. Rubid	107
6. Cez	107
7. Sole amonowe	108
A. Rodnik amonu	108
B. Sole amonowe	111

	str.
C. Siarczan amonu	112
D. Chlorek amonu	112
E. Bromek amonu. Jodek amonu. Fluorek amonu . . .	113
F. Siarczek amonu	114
G. Azotan amonu	114
H. Węglan amonu. Dwuwęglan amonu	114
8. Substancje wybuchowe	115
A. Uwagi ogólne	115
B. Proste wybuchowe związki chemiczne	118
C. Wybuchowe mieszaniny pierwiastków i związków che- micznych	120
D. Mieszaniny wybuchowe stosowane w praktyce. Prochy strzelnicze	121
E. Historia substancyj wybuchowych	123
F. Charakterystyka substancyj wybuchowych	124
G. Prochy rozsadnicze	125
H. Detonatory	127
I. Oksylikwit	128
III. MIEDZIOWCE	129
1. Własności ogólne	129
2. Miedź	130
A. Historia	130
B. Występowanie	131
C. Otrzymywanie	132
D. Rafinacja miedzi	134
E. Własności fizyczne i chemiczne	134
F. Zastosowanie i produkcja	136
G. Stopy	137
Stopy techniczne miedzi z cyną 138, Mosiądze 141.	
H. Związki miedziawe	142
a) Tlenek miedziawy 143, b) Wodorotlenek miedziawy 143, c) Siarczek miedziawy 143, d) Chlorek miedziawy 144, e) Jodek miedziawy 145, f) Cyjanek miedziawy 145, g) Rodanek miedziawy 145.	
I. Związki miedziowe	146
a) Tlenek miedziowy 147, b) Wodorotlenek miedziowy 148, c) Siarczek miedziowy 149, d) Chlorek miedziowy 149, e) Siar- czan miedziowy 149, f) Azotan miedziowy 150, g) Węglan miedziowy 150, h) Octan miedziowy 150, i) Sól Seignette'a 150, j) Arsenian miedziowy 151.	
3. Srebro	151
A. Występowanie	151

	str.
<i>B. Otrzymywanie</i>	152
a) Metoda ołowiowa 152, b) Metoda Pattisona 153, c) Metoda Karstena i Parkera 153, d) Odciąganie 154, e) Metoda otrzymywania srebra przez rozpuszczanie w miedzi 154, f) Metoda amalgamacji 155, g) Otrzymywanie srebra z rud na drodze mokrej 156, h) Metoda cyjanowa 156, i) Rafinowanie srebra 157, j) Oczyszczanie srebra zapomocą elektrolizy 157, k) Produkcja 157.	
<i>C. Własności fizyczne i chemiczne</i>	158
<i>D. Zastosowania</i>	160
<i>E. Związki srebra</i>	160
a) Tlenek srebra 160, b) Nadtlenek srebra 161, c) Siarczek srebra 161, d) Fluorek srebra 161, e) Chlorek srebra 162, f) Bromek srebra 163, g) Jodek srebra 163, h) Przewodnictwo soli srebra w stanie stałym 163, i) Fotografja 164, j) Wywoływanie i utrwalanie płyt 165, k) Azydek srebra 166, l) Acetylenek srebra 167, m) Azotan srebra 167, n) Węglan srebra 167, o) Siarczian srebra 168, p) Tiosiarczian srebra 168, q) Cyjanek srebra 169, r) Rodanek srebra 169.	
4. Złoto	169
<i>A. Odkrycie i występowanie</i>	169
<i>B. Otrzymywanie</i>	171
a) Szlamowanie 171, b) Metoda amalgamacji 171, c) Sposób chlorowania 172, d) Sposób cyjanowy 172.	
<i>C. Oczyszczanie złota</i>	172
a) Rozdzielanie srebra od złota zapomocą kwasu azotowego 173, b) Rozdzielanie złota od srebra zapomocą kwasu siarkowego 173, c) Oczyszczanie złota zapomocą elektrolizy 174.	
<i>D. Własności fizyczne i chemiczne</i>	174
<i>E. Koloidalne złoto</i>	175
<i>F. Własności chemiczne</i>	176
<i>G. Stopy złota</i>	177
<i>H. Zastosowania</i>	177
<i>I. Związki złotawe</i>	178
a) Chlorek złotawy 178, b) Bromek złotawy 178, c) Jodek złotawy 178, d) Tlenek złotawy 178, e) Wodorotlenek złotawy 179, f) Siarczian złotawy 179, g) Cyjanek złotawy 179, h) Sole zespolone 179.	
<i>J. Związki złotowe</i>	180
a) Chlorek złotowy 180, b) Kwas chlorozłotowy 181, c) Bromek złotowy 181, d) Jodek złotowy 181, e) Wodorotlenek złotowy (kwas złotowy) 181, f) Siarczek złotowy 182, g) Cyjanek złotowy 182, h) Złoto piorunujące 183.	
IV. WAPNIOWCE	183
1. Charakter ogólny	183
2. Beryl	186
<i>A. Historia odkrycia</i>	186
<i>B. Beryl metaliczny</i>	186

	str.
<i>C. Tlenek berylu</i>	187
<i>D. Wodorotlenek berylu</i>	187
<i>E. Chlorek berylu</i>	187
<i>F. Węglan berylu</i>	188
<i>G. Siarczan berylu</i>	188
3. Magnez	188
<i>A. Historia</i>	188
<i>B. Występowanie</i>	189
<i>C. Magnez metaliczny</i>	189
<i>D. Tlenek i wodorotlenek magnezu</i>	192
<i>E. Azotek magnezu</i>	195
<i>F. Chlorek magnezu</i>	196
<i>G. Karnalit</i>	197
<i>H. Bromek magnezu</i>	197
<i>I. Siarczan magnezu</i>	198
<i>J. Węglan magnezu</i>	198
<i>K. Fosforan amono-magnezowy</i>	199
<i>L. Działanie fizjologiczne</i>	199
4. Wapń	199
<i>A. Występowanie</i>	199
<i>B. Wapń metaliczny</i>	201
<i>C. Wodorek wapnia</i>	201
<i>D. Tlenek wapnia</i>	202
<i>E. Wodorotlenek wapnia</i>	204
<i>F. Zaprawa wapienna</i>	205
<i>G. Nadtlenek wapnia</i>	206
<i>H. Azotek wapnia</i>	206
<i>I. Fosforek wapnia</i>	206
<i>J. Siarczek wapnia</i>	206
<i>K. Węglik wapnia</i>	207
<i>L. Cyjanamid wapnia</i>	208
<i>M. Chlorek wapnia</i>	209
<i>N. Węglan wapnia</i>	210
<i>O. Kwaśny węglan wapniowy</i>	213
<i>P. Siarczan wapnia czyli gips</i>	215
<i>Q. Azotan wapnia</i>	218
<i>R. Fosforany wapnia</i>	218
<i>S. Podchloryn wapnia</i>	219
<i>T. Szczawian wapnia</i>	220

	str.
U. Działanie fizjologiczne	220
5. Cementy hydrauliczne	221
A. Skład	221
B. Mechanizm krzepnięcia cementów	229
C. Żużle wielkopiecowe	231
6. Stront	232
7. Bar	233
V. RAD I PIERWIASTKI PROMIENIOTWÓRCZE	235
1. Własności radu	235
A. Historia odkrycia pierwiastków promieniotwórczych	235
B. Promieniotwórczość jako cecha nowych pierwiastków	238
Wydzielanie radu	240
C. Ciężar atomowy radu	241
D. Własności promieniotwórcze preparatów radowych	242
E. Działania elektryczne	244
F. Działanie cieplne	246
G. Działania chemiczne	247
H. Działania fizjologiczne	249
2. Rodzaje promieniowania	250
A. Rozszczepienie promieni radu	250
B. Promienie α	252
C. Szybkość promieni α	253
D. Wielkość ładunku cząstek α	254
E. Ładunek pojedynczej cząstki α	255
F. Masa pojedynczej cząstki α	255
G. Zasięg promieni α	256
H. Promienie β	258
I. Promienie γ	261
3. Przemiany pierwiastków promieniotwórczych	262
A. Promieniotwórczość wywołana	262
B. Emanacja radu czyli radon	262
C. Prawo równowagi promieniotwórczej	265
D. Prawo rozpadu pierwiastków promieniotwórczych	267
E. Stała rozpadu i okres półtrwania	268
F. Źródło energii promieniotwórczej	270
G. Okres półtrwania radu	270
H. Doświadczalne potwierdzenie tożsamości cząstek α	
i atomów helu	271
I. Ile ciepła wydziela rad?	272

	str.
<i>J. Dalsze losy radonu</i>	273
<i>K. Spadek promieniotwórczości »aktywnego osadu« . . .</i>	274
<i>L. Długowieczny osad promieniotwórczy</i>	276
<i>M. Rad F.</i>	277
<i>N. Ciężary atomowe pierwiastków promieniotwórczych .</i>	277
<i>O. Rad G czyli ołów radowy</i>	278
<i>P. Izotopy</i>	278
<i>Q. Pochodzenie radu</i>	278
<i>R. Okres półtrwania uranu</i>	279
4. Szeregi promieniotwórcze	280
<i>A. Szereg uranowy</i>	280
<i>B. Szereg aktynowy</i>	282
<i>C. Szereg torowy</i>	284
<i>D. Potas i rubid</i>	288
5. Miejsca pierwiastków promieniotwórczych w układzie okresowym	289
<i>Reguła Fajansa i Soddy'ego</i>	289
6. Energetyka przemian promieniotwórczych	294
7. Rozpowszechnienie pierwiastków promieniotwórczych w przyrodzie	296
VI. BUDOWA ATOMÓW	298
1. Realność atomów	298
<i>A. Dane historyczne</i>	298
<i>B. Stała Loschmidta</i>	299
<i>C. Wymiary atomów</i>	306
2. Składniki atomów	312
<i>A. Uwagi ogólne</i>	312
<i>B. Elektron jako składnik atomu.</i>	313
<i>C. Elektrododatnie składniki atomów</i>	314
<i>D. Pozytony</i>	315
<i>E. Neutrony</i>	316
3. Wewnętrzna sfera atomu	317
<i>A. Dwie sfery atomu</i>	317
<i>B. Ładunek jądra i liczba elektronów w sferze zewnętrz- nej</i>	318
<i>C. Prawo Moseley'a</i>	320
<i>D. Powstawanie promieni roentgenowskich</i>	323
<i>E. Naturalny układ pierwiastków</i>	324
<i>F. Hipoteza Prouta</i>	327

	str.
G. Promienie kanalikowe	329
H. Metoda Astona	330
I. Próby rozszczepienia pierwiastków na izotopy	335
J. Ciężki wodór	336
K. Trzeci izotop wodoru	340
L. Skład jądra	341
M. Strata masy	343
N. Teorja Gamowa	346
4. Przemiany jądrowe	349
A. Wymuszone przemiany pierwiastków lekkich	349
B. Przemiany jądrowe, wywołane przez protony	355
C. Ogólny pogląd	356
D. Sztuczne pierwiastki promieniotwórcze	357
5. Zewnętrzna sfera atomów	361
A. Modele budowy atomów	361
B. Teorja kwantów	361
C. Atom Bohra	362
D. Powstawanie widm promieni Roentgena	367
E. Atomy innych pierwiastków	368
F. Liczby kwantowe	372
G. Ortowodór i parawodór	373
H. Zasada Pauli'ego	375
I. Modele wewnętrznej budowy atomów	375
J. Rozbudowa układu okresowego	379
K. Wartościowość pierwiastków i ich jonów	382
6. Nowe kierunki teorji budowy atomów	383
A. Sprzeczności z teorją Bohra	383
B. Idee do Broglie'a	385
C. Stwierdzenie doświadczalne idei de Broglie'a	385
D. Zastrzeżenie Heisenberga	387
E. Równania Schrödingera	389
F. Teorja Diraca	391
VII. KADMOWCE	394
1. Własności ogólne	394
2. Cynk	395
A. Historia i występowanie	395
B. Metalurgia cynku	396
C. Zastosowania cynku	397
D. Własności fizyczne i charakter chemiczny	398

<i>E. Tlenek cynku</i>	399
<i>F. Wodorotlenek cynku</i>	399
<i>G. Nadtlenek cynku</i>	400
<i>H. Siarczek cynku</i>	400
<i>I. Chlorek cynku</i>	401
<i>J. Węglan cynku</i>	401
<i>K. Siarczan cynku</i>	401
<i>L. Sole zasadowe cynku</i>	402
<i>M. Sole zespolone cynku</i>	402
3. Teoria osmotyczna ogniw galwanicznych	402
<i>A. Ogniwa galwaniczne</i>	402
<i>B. Pojedyncze napięcia i prężności roztwórcze metali</i>	405
<i>C. Elektrody utleniająco-odtleniające</i>	409
<i>D. Ogniwa normalne</i>	411
<i>E. Ogniwa galwaniczne jako źródła prądu elektrycznego</i>	412
a) Ogniwo Leclanche'a 412. b) Ogniwo chromowe 413. c) Akumulator ołowiowy 414. d) Nikłowy akumulator Edisona 415.	
<i>F. Ogniwa stężeniowe</i>	416
4. Kadm	418
<i>A. Występowanie i otrzymywanie</i>	418
<i>B. Własności fizyczne i chemiczne</i>	418
<i>C. Tlenek kadmu</i>	419
<i>D. Wodorotlenek kadmu</i>	419
<i>E. Siarczek kadmu</i>	420
<i>F. Chlorek kadmu</i>	420
<i>G. Jodek kadmu</i>	420
<i>H. Cyjanek kadmu</i>	421
<i>I. Węglan kadmu</i>	421
<i>K. Siarczan kadmu</i>	421
<i>L. Sole zespolone kadmu</i>	421
5. Rtęć	422
<i>A. Historja</i>	422
<i>B. Występowanie</i>	422
<i>C. Otrzymywanie</i>	423
<i>D. Zastosowania</i>	424
<i>E. Własności fizyczne i chemiczne</i>	424
<i>F. Działanie fizjologiczne</i>	426
<i>G. Amalgamaty</i>	427
<i>H. Wartościowość rtęci</i>	428
<i>I. Związki rtęciowe</i>	430

a) Chlorek rtęciawy 430, b) Bromek i jodek rtęciawy 430, c) Azotan rtęciawy 431, d) Tlenek rtęciawy 431.	
J. Związki rtęciowe	431
a) Tlenek rtęciowy 431, b) Siarczek rtęciowy 433, c) Chlorek rtęciowy (sublimat) 433, d) Jodek rtęciowy 434, e) Cyjanek rtęciowy 434, f) Rodanek rtęciowy 434, g) Siarczan rtęciowy 434, h) Azotan rtęciowy 435, i) piorunian rtęci 435, j) Wodorotlenek rtęciowy 435.	
K. Sole zespolone rtęci	436
VIII. GLINOWCE	438
1. Bor	439
A. Historja	439
B. Występowanie	439
C. Własności boru	440
D. Związki boru z wodorem (borowodory)	442
E. Azotek boru	443
F. Węgliki boru	443
G. Tlenek boru	444
H. Fluorek boru	444
I. Chlorek boru	445
J. Kwas borowy	446
a) Kwas ortoborowy 446, b) Metaboran sodowy 446, c) Boraks 447.	
K. Kwas nadborowy	448
2. Glin	449
A. Otrzymywanie glinu	450
B. Własności fizyczne i chemiczne	452
C. Zastosowania. Aluminotermja	454
D. Tlenek glinu	456
E. Techniczne otrzymywanie tlenku glinu	457
F. Węglik glinu	458
G. Azotek glinu	459
H. Siarczek glinu	459
I. Fluorek glinu	459
J. Chlorek glinu	460
K. Wodorotlenek glinu	460
L. Sole glinu	462
M. Siarczan glinu	462
N. Aluny	463
O. Drukarstwo materiałów włókienniczych	464
3. Glinokrzemiany	465
A. Budowa	465
B. Glinosześciokrzemiany	471

<i>C. Glinoczterokrzemiany</i>	472
<i>D. Glinotrójkrzemiany</i>	474
<i>E. Glinodwukrzemiany</i>	474
<i>F. Glinokrzemiany wodne. Zeolity</i>	475
<i>G. Kaolin i glina</i>	477
<i>H. Glina</i>	478
4. Wyroby ceramiczne	481
5. Skąły	483
6. Gleba	484
7. Talowce: gal, ind, tal.	487
<i>A. Gal</i>	487
<i>B. Ind</i>	488
8. Tal	488
ZWIĄZKI JEDNOWARTOŚCIOWEGO TALU	489
<i>A. Tlenek talawy</i>	489
<i>B. Nadtlenek talu</i>	489
<i>C. Siarczek talawy</i>	490
<i>D. Sole chlorowcowe jednowartościowego talu</i>	490
<i>E. Wodorotlenek talawy</i>	490
<i>F. Węglan talawy</i>	491
<i>G. Siarczan talawy</i>	492
<i>H. Azotan talawy</i>	492
<i>I. Chloroplatynian talawy</i>	492
TRÓJWARTOŚCIOWE ZWIĄZKI TALU	492
<i>J. Tlenek talawy</i>	492
<i>K. Wodorotlenek talawy</i>	492
<i>L. Trójdłorek talu</i>	493
<i>M. Trójbromek talu i trójjodek talu</i>	493
<i>N. Inne sole trójjwartościowego talu</i>	494
9. Promieniotwórcze izotopy talu	494
IX. PIERWIASTKI ZIEM RZADKICH. LANTANOWCE	495
1. Wiąomości ogólne	495
<i>A. Występowanie</i>	495
<i>B. Historja</i>	497
<i>C. Metody rozdzielania</i>	499
2. Skądownce	500
<i>A. Metale</i>	500
<i>B. Tlenki</i>	500
<i>C. Wodorotlenki</i>	501

	str.
D. Sole chlorowcowe	501
E. Azotany	501
F. Siarczany	502
G. Węglany	502
H. Octany	502
I. Szczawiany	502
3. Szereg aktywny	502
A. Historia	502
B. Własności aktywny	503
C. Pochodzenie aktywny	503
4. Lantanowce	506
A. Własności fizyczne	506
B. Charakter chemiczny	509
C. Metale	509
D. Tlenki lantanowców	510
E. Wodorotlenki metali ziem rzadkich	510
F. Sole metali grupy cerowej	510
G. Metody rozdzielania	511
5. Cer	512
A. Cer metaliczny	512
B. Trójwartościowe sole ceru	512
C. Charakterystyczne reakcje jonu Ce^{+++}	512
D. Sole cerawe	513
E. Czterowartościowe związki ceru. Dwutlenek ceru	513
X. TYTANOWCE	514
1. Wiadomości ogólne.	514
2. Tytan	515
A. Występowanie	515
B. Otrzymywanie czystego metalicznego tytanu.	515
C. Dwuwartościowe związki tytanu	516
D. Trójwartościowe związki tytanu	516
a) Trójtlenek tytanu 516, b) Azotek tytanu 516, c) Trójtlenek tytanu 517, d) Siarczan trójwartościowego tytanu 517.	
E. Czterowartościowe związki tytanu	517
a) Dwutlenek tytanu 517, b) Wodorotlenek tytanu (kwas tytanowy) 517, c) Czterochlorek tytanu 518, d) Kwas tytanochlorowodorowy i tytanofluorowodorowy 519, e) siarczan czterowartościowego tytanu 519, f) Kwas nadtytanowy 519.	
3. Cyrkon	520
A. Występowanie	520
B. Dwutlenek cyrkonu	520

	str.
<i>C. Czterotlenek cyrkonu</i>	521
<i>D. Fluorek cyrkonu</i>	521
<i>E. Azotan cyrkonu</i>	521
<i>F. Siarczan cyrkonu</i>	521
<i>G. Szczawian cyrkonylu</i>	522
<i>H. Kwas nadcyrkonowy</i>	522
4. Hafn	522
<i>A. Hafn metaliczny</i>	523
<i>B. Zastosowania hafnu i jego związków</i>	523
5. Tor	523
<i>A. Dwutlenek toru</i>	523
<i>B. Wodorotlenek toru</i>	524
<i>C. Chlorek toru</i>	524
<i>D. Azotan toru</i>	524
<i>E. Węglan toru</i>	525
<i>F. Nadtlenek toru</i>	525
6. Promieniotwórczość toru	525
XI. WANADOWCE.	529
1. Ogólny charakter	529
<i>A. Występowanie</i>	529
<i>B. Oddzielanie</i>	530
<i>C. Własności pierwiastków</i>	530
<i>D. Zastosowania.</i>	531
2. Wanad	532
DWUWARTOŚCIOWE ZWIĄZKI WANADU	532
<i>A. Tlenek dwuwartościowego wanadu</i>	532
<i>B. Wodorotlenek dwuwartościowego wanadu.</i>	533
<i>C. Dwuchlorek wanadu</i>	533
<i>D. Siarczan dwuwartościowego wanadu</i>	533
TRÓJWARTOŚCIOWE ZWIĄZKI WANADU	533
<i>A. Trójtlenek wanadu</i>	533
<i>B. Trójdchlorek wanadu</i>	533
<i>C. Trójfluorek wanadu</i>	534
<i>D. Siarczan trójwartościowego wanadu</i>	534
CZTEROWARTOŚCIOWE ZWIĄZKI WANADU	534
<i>A. Dwutlenek wanadu</i>	534
<i>B. Czterotlenek wanadu</i>	534
<i>C. Siarczan wanadylu</i>	534

	str.
PIĘCIOWARTOŚCIOWE ZWIĄZKI WANADU	535
A. <i>Pięciotlenek wanadu</i>	535
B. <i>Pięciofluorek wanadu</i>	535
C. <i>Kwasy wanadowe</i>	536
D. <i>Kwas nadwanadowy</i>	537
3. Niob	538
A. <i>Historja</i>	538
B. <i>Wartościowość</i>	538
PIĘCIOWARTOŚCIOWE ZWIĄZKI NIOBU	538
A. <i>Pięciotlenek niobu</i>	538
B. <i>Pięciochlorek niobu</i>	538
C. <i>Pięciofluorek niobu</i>	539
D. <i>Kwas niobowy</i>	539
E. <i>Niobany</i>	539
F. <i>Kwas nadniobowy</i>	539
4. Tantal	540
A. <i>Pięciotlenek tantalu</i>	540
B. <i>Pięciochlorek tantalu</i>	540
C. <i>Pięciofluorek tantalu</i>	540
D. <i>Kwas tantalowy. Tantalany</i>	541
E. <i>Kwas nadtantalowy. Nadtantalany</i>	541
5. Protaktyn	541
IZOTOPY PROTAKTYNU	542
XII. CHROMOWCE	542
1. Charakter ogólny	542
2. Chrom	543
A. <i>Historja</i>	543
B. <i>Występowanie i otrzymywanie</i>	544
C. <i>Zastosowania chromu</i>	544
D. <i>Własności fizyczne</i>	545
E. <i>Własności chemiczne</i>	545
F. <i>Pasywność chromu</i>	545
G. <i>Wartościowość</i>	548
DWUWARTOŚCIOWE ZWIĄZKI CHROMU	548
A. <i>Dwuchlorek chromu</i>	549
B. <i>Octan dwuwartościowego chromu</i>	549
TRÓJWARTOŚCIOWE ZWIĄZKI CHROMU	550
A. <i>Trójtlenek chromu. Wodorotlenek chromu</i>	550
B. <i>Chlorek chromowy</i>	551

a) Chlorek fioletowy 551, b) Chlorek jasnozielony 551, c) Chlorek ciemnozielony 551, d) Chlorek ciemnozielony czterowodny 552, e) Chlorek ciemnozielony dziesięciowodny 552.

C. Siarczany chromowy: fioletowy i zielony	552
D. Alun chromowy	553
E. Zespolone sole aminochromowe	553
ZWIĄZKI SZESĆCIOWARTOŚCIOWEGO CHROMU	554
A. Otrzymywanie	554
B. Bezwodnik chromowy	554
C. Chromiany	555
D. Dwuchromiany	557
E. Związki chromylu	557
ZWIĄZKI SIĘDMIOWARTOŚCIOWEGO CHROMU	558
3. Molibden	559
A. Historja	559
B. Występowanie, otrzymywanie i zastosowania	559
C. Molibden metaliczny	559
D. Własności fizyczne i charakter chemiczny	560
E. Związki dwuwartościowego molibdenu	560
F. Związki trójwartościowego molibdenu	560
G. Związki czterwartościowego molibdenu	561
H. Związki pięciwartościowego molibdenu	561
I. Związki sześciwartościowego molibdenu	561
J. Bezwodnik molibdenowy	561
K. Kwas molibdenowy	561
L. Trójsiarczek molibdenu	562
M. Błękit molibdenowy	563
N. Pochodne siedmiwartościowego molibdenu	563
4. Wolfram	563
A. Historja i występowanie	563
B. Otrzymywanie i zastosowania	564
C. Żarówki	564
D. Własności fizyczne i chemiczne	565
E. Związki sześciwartościowego wolframu	566
5. Uran	566
A. Historja i występowanie	566
B. Otrzymywanie i zastosowanie	567
C. Własności uranu. Wartościowość	567
CZTEROWARTOŚCIOWE ZWIĄZKI URANU	567
A. Dwutlenek uranu	567

	str.
<i>B. Czterochlorek uranu</i>	568
<i>C. Czterofluorek uranu</i>	568
<i>D. Siarczan czterowartościowego uranu</i>	568
<i>E. Szczawian czterowartościowego uranu</i>	569
SZEŚCIOWARTOŚCIOWE ZWIĄZKI URANU	569
<i>A. Trójtlenek uranu</i>	569
<i>B. Sześćofluorek uranu</i>	569
<i>C. Związki uranylowe</i>	569
a) Azotan uranylu 570, b) Octan uranylu 570, c) Siarczek uranylu 570, d) Siarczan uranylu 570, e) Fosforan uranylu 570.	
<i>D. Kwas uranowy</i>	570
<i>E. Ruda smolista</i>	570
<i>F. Nadtlenek uranu</i>	571
6. Promieniotwórczy rozpad uranu	571
<i>A. Historia</i>	571
<i>B. Uran X_1</i>	571
<i>C. Uran X_2</i>	572
<i>D. Uran II</i>	572
<i>E. Rozgałęzienie szeregu uranowego</i>	572
<i>F. Uran Z</i>	573
XIII. ZWIĄZKI ZESPOLONE	573
1. Teorja Wernera	574
<i>A. Chromiaki</i>	574
<i>B. Akwoaminozwiązki</i>	575
<i>C. Acidozwiązki</i>	576
2. Własności chemiczne związków zespolonych	578
3. Własności fizyczne związków zespolonych	579
<i>A. Nienasycone związki zespolone</i>	580
<i>B. Izomerja geometryczna</i>	580
<i>C. Izomerja optyczna</i>	582
<i>D. Budowa kryształu</i>	583
<i>E. Wielordzeniowe chromiaki</i>	584
<i>F. Budowa kwasów tlenowych wg. Wernera</i>	585
<i>G. Budowa anjonów zespolonych</i>	586
<i>H. Wielokwasy (polikwasy)</i>	589
<i>I. Wielokwasy złożone (heteropolikwasy)</i>	590
XIV. MANGANOWCE	593
1. Mangan	593
<i>A. Stanowisko w układzie</i>	593

	str.
<i>B. Historia</i>	593
<i>C. Występowanie</i>	593
<i>D. Otrzymywanie i zastosowania</i>	594
<i>E. Własności fizyczne</i>	595
<i>F. Zachowanie się chemiczne</i>	595
<i>G. Związki manganawe</i>	597
a) Tlenek manganawy 597, b) Wodorotlenek manganawy 597, c) Chlorek manganawy 598, d) Fosforan amonowo-manganawy 598.	
<i>H. Związki manganowe</i>	598
a) Tlenek manganowy 598, b) Wodorotlenek manganowy 599, c) Siarczan manganowy 599, d) Octan manganowy 599.	
<i>I. Związki czterowartościowego manganu</i>	599
a) Dwutlenek manganu 599, b) Kwas metamanganawy i orto- manganawy 600, c) Metamanganin wapniowy 600.	
<i>J. Związki sześciowartościowego manganu</i>	601
a) Kwas manganowy 601, b) Manganiany 601.	
<i>K. Związki siedmiowartościowego manganu</i>	602
a) Siedmiotlenek manganu 602, b) Kwas nadmanganowy 602, c) Nadmanganian potasu 604.	
2. Mazur i ren	605
<i>A. Historia</i>	605
<i>B. Ren</i>	605
<i>C. Siedmiotlenek renu</i>	605
<i>D. Nadreniany</i>	606
<i>E. Nadtlenek renu</i>	606
<i>F. Dwutlenek renu i trójtlenek renu</i>	606
PIĘCIOWARTOŚCIOWE ZWIĄZKI RENU	606
XV. ŻELAZOWCE	607
1. Ogólny charakter	607
<i>A. Własności fizyczne</i>	607
<i>B. Własności chemiczne</i>	608
2. Żelazo	609
<i>A. Występowanie</i>	609
<i>B. Polskie rudy żelazne</i>	610
<i>C. Odmiany alotropowe żelaza</i>	610
<i>D. Żelazo techniczne</i>	611
a) Surowiec czyli żeliwo 611, b) Żelazo kute 611, c) Stal 612.	
3. Metalurgia żelaza	612
<i>A. Okres przedhistoryczny</i>	612
<i>B. Okres starożytny</i>	613
<i>C. Okres średniowieczny</i>	614

	str.
<i>D. Okres nowożytny</i>	615
<i>E. Bezpośrednie wytopianie żelaza zgrzewnego z rud</i>	621
<i>F. Rafinowanie surowca</i>	622
<i>G. Metoda Bessemera</i>	623
<i>H. Metoda Siemens-Martina</i>	626
<i>I. Statystyka</i>	627
4. Stopy żelaza z węglem	630
<i>A. Równowaga fazowa w układach: żelazo + węgiel</i>	630
<i>B. Budowa krystaliczna stopów żelaza z węglem</i>	634
5. Chemiczne zachowanie się żelaza	637
<i>A. Związki żelazawe</i>	639
a) Wodorotlenek żelazawy 639, b) Siarczek żelazawy, FeS 640, c) Sole żelazawe 640, d) Chlorek żelazawy 640, e) Siarczan żelazawy 641, f) Węglan żelazawy 642, g) Magnetyt, Fe_3O_4 642.	
<i>B. Związki żelazowe</i>	643
a) Tlenek żelazowy 643, b) Wodorotlenek żelazowy 644, c) Siarczek żelazowy 644, d) Jony Fe^{2+} 644, e) Chlorek żelazowy 645, f) Siarczan żelazowy 646, g) Rodanek żelazowy 646.	
<i>C. Związki żelaza sześciowartościowego</i>	646
Kwas żelazowy. Żelazian potasu. 646.	
<i>D. Sole zespolone żelaza</i>	647
a) Żelazocyjanek potasu 647, b) Błękit pruski 648, c) Żelazicyjanek potasu 648, d) Błękit Turnbulla 648, e) Nitroprusydek sodu 648.	
6. Kobalt	649
<i>A. Historia</i>	649
<i>B. Występowanie</i>	649
<i>C. Otrzymywanie i zastosowania</i>	649
<i>D. Własności fizyczne</i>	649
<i>E. Zachowanie się chemiczne</i>	649
<i>F. Jony Co^{2+}</i>	650
<i>G. Związki kobaltawe</i>	651
a) Tlenek kobaltawy 651, b) Wodorotlenek kobaltawy 651, c) Chlorek kobaltawy 651, d) Siarczan kobaltawy 651, e) Azotan kobaltawy 651, f) Węglan kobaltawy 651, g) Krzemian kobaltawy 651.	
<i>H. Związki kobaltowe</i>	652
a) Tlenek kobaltowy 652.	
<i>I. Związki zespolone kobaltu</i>	652
a) Sole podwójne 652, b) Kobaltocyjanki i kobaltorodanki 652, c) Kobaltocyjanek potasu 653, d) Kobaltiazotyn potasu 653, e) Kobaltjaki 654.	
7. Nikiel	655
<i>A. Historia</i>	655

<i>B. Występowanie</i>	655
<i>C. Otrzymywanie i zastosowania</i>	655
<i>D. Własności fizyczne</i>	657
<i>E. Zachowanie chemiczne</i>	657
<i>F. Związki niklu</i>	658
a) Tlenek niklawy, NiO 658, b) Wodorotlenek niklawy 658, c) Trójtlenek niklu 658, d) Nadrtlenek niklu, NiO ₂ 658.	
<i>G. Sole niklawe</i>	659
<i>H. Sole zespolone niklu</i>	659
a) Sześćioamino-chlorek niklawy 659, b) Sześćioamino-siarczan niklawy 659, c) Akwoaminosole 659, d) Reakcja Czugaiewa 659.	
XVI. PLATYNOWCE	660
1. Charakter ogólny	660
<i>A. Własności fizyczne palladowców</i>	660
<i>B. Własności fizyczne platynowców</i>	661
2. Ruten, Ru	662
<i>A. Występowanie i odkrycie</i>	662
<i>B. Otrzymywanie</i>	662
<i>C. Własności fizyczne i chemiczne</i>	663
<i>D. Tlenki rutenu</i>	664
a) Trójtlenek rutenu 664, b) Ruteniany 664, c) Czterotlenek ru- tenu 664.	
<i>E. Związki rutenu z chlorowcami</i>	664
a) Dwuchlorek rutenu 664, b) Trójdchlorek rutenu 664, c) Czte- rochlorek rutenu 665.	
3. Rod, Rh	665
<i>A. Występowanie i odkrycie</i>	665
<i>B. Otrzymywanie</i>	665
<i>C. Własności fizyczne i chemiczne</i>	665
<i>D. Zastosowania</i>	666
<i>E. Związki tlenowe</i>	666
a) Tlenek rodu, RhO 666, b) Trójtlenek rodu, Rh ₂ O ₃ 666, c) Wo- dorotlenek rodu, Rh(OH) ₃ 666, d) Dwutlenek rodu, RhO ₂ 666.	
<i>F. Połączenia z chlorowcami</i>	666
a) Dwuchlorek rodu, RhCl ₂ , b) Trójdchlorek rodu, RhCl ₃ 666, c) Azotan rodu 667, d) Siarczan rodu 667.	
4. Pallad, Pd	667
<i>A. Występowanie i odkrycie</i>	667
<i>B. Otrzymywanie</i>	667
<i>C. Własności fizyczne i chemiczne</i>	667
<i>D. Zastosowania</i>	668
<i>E. Związki tlenowe</i>	669

a) Tlenek palladu, PdO 669, b) Trójtlenek palladu, Pd_2O_3 669, c) Dwutlenek palladu, PdO_2 669.	
F. Związki palladu z chlorowcami	669
a) Dwuchlorek palladu 669, b) Kwas chloropalladowy 669, c) Trójdchlorek palladu 669, d) Czterochlorek palladu 669, e) Kwas chloropalladowy 669, f) Jodek palladowy 669, g) Cyjanek palladowy 670, h) Chlorki aminopalladowe 670.	
5. Iryd, Ir	670
A. Występowanie i odkrycie	670
B. Otrzymywanie	670
C. Własności fizyczne i chemiczne	671
D. Zastosowania	672
E. Związki tlenowe	672
a) Trójtlenek irydu, Ir_2O_3 672, b) Dwutlenek irydu, IrO_2 672.	
F. Połączenia irydu z chlorowcami	672
a) Dwuchlorek irydu 672, b) Trójdchlorek irydu 673, c) Czterochlorek irydu 673.	
G. Związki zespolone irydu	673
6. Osm, Os	673
A. Występowanie i odkrycie	673
B. Otrzymywanie	674
C. Własności fizyczne i chemiczne	674
D. Zastosowania	674
E. Związki tlenowe	674
a) Trójtlenek osmu, Os_2O_3 674, b) Dwutlenek osmu, OsO_2 675, c) Osmian potasu 675, d) Czterotlenek osmu, OsO_4 675.	
F. Związki osmu z chlorowcami	676
a) Dwuchlorek osmu 676, b) Trójdchlorek osmu 676, c) Czterochlorek osmu 676, d) Kwas sześciochloroosmowy, H_2OsCl_6 676, e) Dwujodek osmu 676.	
7. Platyna, Pt	676
A. Odkrycie i występowanie	676
B. Otrzymywanie	678
C. Produkcja i cena	679
D. Własności fizyczne i chemiczne	679
E. Zastosowania	681
F. Związki platyny	682
a) Tlenek platynawy, PtO 682, b) Półtoratlenek platyny, Pt_2O_3 682, c) Dwutlenek platyny, PtO_2 682, d) Trójtlenek platyny, PtO_3 682.	
G. Związki platyny z chlorowcami	683
a) Dwuchlorek platyny 683, b) Trójdchlorek platyny 683, c) Czterochlorek platyny 683, d) Kwas chloroplatynawy 683, e) Kwas chloroplatynowy 683, f) Cyjanek platynawy 684, g) Cyjanoplatynin baru 684, h) Zespolone sole platyny 684.	

str.

8. Przeróbka kruszców platynowych	684
9. Zespolone związki platynowców z amonjakiem i pokrew- nemi substancjami	686
<i>A. Związki zespolone dwuwartościowej platyny</i>	686
a) Chlorek czteroaminoplatynowy 686, b) Związki dwuaminopla- tynowe 686, c) Związki jednoaminoplatynowe 687, d) Kwas chlo- roplatynowy i chloroplatyniny 687, e) Cyjanoplatyniny 688.	
<i>B. Związki zespolone czterowartościowej platyny . . .</i>	688
a) Wodorotlenek sześćoaminoplatynowy 688, b) Związki cztero- aminoplatynowe 688, c) Związki trójaminoplatynowe 689, d) Związki dwuaminoplatynowe 689, e) Związki jednoaminopla- tynowe 689, f) Kwas chloroplatynowy 690.	
Skorowidz autorów	693
Skorowidz rzeczowy	699

I. SYSTEMATYKA PIERWIASTKÓW.

1. POCZĄTKI UKŁADU PERJODYCZNEGO PIERWIASTKÓW.

A. *Pierwsze próby.* W każdej nauce przyrodniczej systematyka, czyli uporządkowanie faktów według ich wzajemnej przynależności, jest ważnym środkiem pomocniczym, który w wysokim stopniu ułatwia myślowe opanowanie całokształtu faktów i danych doświadczalnych. Materiał faktyczny chemii jest bardzo obszerny, nieporównanie obszerniejszy od materiału faktycznego zarówno mechaniki jak i fizyki. Wynika stąd konieczność ujęcia go w ramy opisu systematycznego, który, obok szybszego zaznajomienia się z tym materiałem, ułatwia również wykrywanie i przewidywanie nowych faktów.

Chemia oddawna podejmowała próby stworzenia racjonalnej systematyki zasadniczych obiektów swych badań, jakimi są pierwiastki chemiczne. Początkowo za najbardziej charakterystyczną cechę pierwiastków uznawano obecność lub też brak w nich własności metalicznych. Stąd też już w wieku XVIII dzielono ogół pierwiastków na metale i metaloidy¹⁾.

Z głównymi przedstawicielami metaloidów oraz z ich związkami zapoznaliśmy się już nieco dokładniej w tomie I-szym, przyczem dowiedzieliśmy się, że dają się one podzielić na 5 oddzielnych grup czyli rodzin na grupę: chlorowców, tlenowców, azotowców, węglowców i helowców.

Pierwiastki metaliczne są o wiele liczniejsze od pierwiastków niemetalicznych. Nic więc dziwnego, że i metale starano się oddawna rozklasyfikować na grupy, w których poszczególne człony wykazywałyby pewne podobieństwa cech i właściwości.

⊗ ¹⁾ Piękny szkic rozwoju klasyfikacji pierwiastków chemicznych znajdzie Czytelnik w niedawno wydanym dziełku St. Pleśniewicza: *Rozwój klasyfikacji pierwiastków*. Warszawa 1932. Wyd. Polskiego Tow. Chemicznego ⊗

Już w początkach XIX stulecia odróżniano grupę metali alkalicznych, zwanych dziś potasowcami, grupę metali ziem alkalicznych czyli wapniowców oraz metali ziem czyli glinowców.

Narazie próby te nie rozwiązywały ogólnego zagadnienia, jakim było stworzenie ogólnej klasyfikacji pierwiastków, któraby obejmowała zarówno pierwiastki metaliczne, jak i niemetaliczne.

Dopiero chemik niemiecki Döbereiner oparł po raz pierwszy klasyfikację pierwiastków chemicznych na ich ciężarach atomowych. Była to myśl bardzo szczęśliwa, ciężary atomowe stanowią bowiem niewątpliwie najbardziej charakterystyczne cechy ilościowe pierwiastków. Według znakomitego badacza amerykańskiego Richards'a »ciężary atomowe to może najciekawsze dane, jakie przyroda pozostawiła nam o najdawniejszych fazach rozwoju wszechświata. Są one bowiem niemymi świadkami tworzenia się wszechświata z pierwotnego chaosu«.

Döbereiner około r. 1816 zrobił ciekawe spostrzeżenie, że ciężary atomowe podobnych do siebie pierwiastków stoją w pewnej zależności arytmetycznej. Zauważył on, że w trójkowych zgrupowaniach pierwiastków podobnych do siebie, czyli w t. zw. tryadach, pierwiastek środkowy posiada ciężar atomowy bardzo zbliżony do średniej arytmetycznej ciężarów atomowych obu pozostałych pierwiastków. Jako przykłady takich tryad mogą służyć następujące grupy pierwiastków:

Średnia:		
Li — 6,94	$\Delta = 16,06$	$: \frac{6,94 + 39,1}{2} = 23,02$
Na — 23,00		
K — 39,10	$\Delta = 16,10$	
Ca — 40,08	$\Delta = 47,55$	$: \frac{40,08 + 137,36}{2} = 88,72$
Sr — 87,63		
Ba — 137,36	$\Delta = 49,73$	
Cl — 35,46	$\Delta = 44,46$	$: \frac{35,46 + 126,92}{2} = 81,19$
Br — 79,92		
J — 126,92	$\Delta = 47,00$	
S — 32,06	$\Delta = 44,90$	$: \frac{32,06 + 127,61}{2} = 79,83$
Se — 78,96		
Te — 127,61	$\Delta = 48,65$	

W innych znowu tryadach poszczególne pierwiastki posiadają ciężary atomowe bardzo do siebie zbliżone, jak np.:

Fe — 55,84	Ru — 101,7	Os — 191,5
Co — 58,94	Rh — 102,9	Ir — 193,1
Ni — 58,69	Pd — 106,7	Pt — 195,2

Tę zasadę systematyki Döbereinera próbowali później rozszerzyć i uogólnić Pettenkofer w r. 1851, Dumas w r. 1859 oraz Chaucourtois w r. 1862, bez wielkiego jednak powodzenia, głównie dlatego, że ciężary atomowe wielu pierwiastków nie były jeszcze wówczas należycie ustalone i oparte na jednej wspólnej podstawie. Większe znaczenie miały usiłowania Johna Newlandsa, który w r. 1864 zwrócił uwagę na ciekawą prawidłowość, występującą wówczas, gdy uszeregujemy pierwiastki według wzrastających ciężarów atomowych.

W latach 1863-1864 badacz ten wyłożył w szeregu listów, skierowanych do »Chemical News«, t. zw. »prawo oktav«, które wyraził w sposób następujący: »Jeśli uszeregujemy pierwiastki w porządku ich równoważników, dokonując przytem małych przestawień, to okaże się, że pierwiastki, należące do jednej grupy, znajdują się w tej samej kolumnie pionowej. Wynika stąd, że liczby porządkowe analogicznych pierwiastków różnią się między sobą o 7 lub wielokrotność 7-iu, czyli innymi słowy, że pierwiastki tej samej grupy są do siebie w tym samym stosunku co oktawy w muzyce. I tak w grupie azotu przypada pomiędzy azotem i fosforem siedem pierwiastków, pomiędzy fosforem i arsenem — czternaście, pomiędzy arsenem i antymonem i pomiędzy antymonem i bizmutem — również po czternaście.

Ten szczególny stosunek proponuję narazie nazwać prawem oktav«.

Jeżeli więc wypiszemy w jednym szeregu 7 pierwszych pierwiastków, z pominięciem wodoru, to otrzymamy układ następujący:

Li	Be	B	C	N	O	F
7	9	11	12	14	16	19

rozpoczynający się od litu, metalu o charakterze wybitnie elektro-dodatnim, po którym następuje beryl — metal o słabiej wyrażonym charakterze elektrododatnim, dalej 5 metaloidów o coraz bardziej potęgującym się charakterze elektroujemnym, aż do fluoru, najbardziej czynnego z pośród metaloidów. Jeśli pod tym pierwszym szeregiem wypiszemy drugi szereg pierwiastków w kolei wzrastających ciężarów atomowych:

Li	Be	B	C	N	O	F
6,94	9,02	10,82	12,0	14,01	16,0	19,0
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
23,0	24,32	26,97	28,06	31,02	32,06	35,46,

to zauważymy tę samą prawidłowość w zmianie charakteru chemicznego poszczególnych pierwiastków. Istotnie, w obu szeregach pierwiastki odpowiadające sobie, jak chlor i fluor, siarka i tlen, sód i lit wykazują daleko idące podobieństwo pod względem charakteru chemicznego.

Widzimy więc, że taki układ pierwiastków ma tę własność, że każdemu poszczególnemu pierwiastkowi odpowiada pierwiastek najbliższy mu pokrewny stojący o siedem miejsc dalej w szeregu. Newlands nazwał tę prawidłowość *prawem oktawu*.

B. Układ periodyczny Mendelejewa. Próba systematyki pierwiastków dokonana przez Newlands'a, nie znalazła uznania w miarodajnych kołach chemików. Podjął ją ponownie w r. 1869 znany chemik rosyjski Dymitr Mendelejew. Wykazał on w pierwszej swej pracy: 1) że pierwiastki chemiczne, uszeregowane według wzrastających ciężarów atomowych, wykazują wyraźną periodyczność własności; 2) że ciężary atomowe pierwiastków podobnych do siebie są zbliżone do siebie (platynowce) lub też wykazują prawidłowe różnice; 3) że wartościowość poszczególnych pierwiastków zmienia się prawidłowo w sposób periodyczny wraz z ich ciężarem atomowym; 4) że wielkość ciężaru atomowego decyduje o charakterze chemicznym danego pierwiastka, a wreszcie 5) że należy oczekiwać odkrycia wielu nieznanych jeszcze pierwiastków, wypełniających luki, występujące w szeregach, ułożonych według wielkości ciężarów atomowych.

W dalszych swych publikacjach Mendelejew ułożył wszystkie pierwiastki w porządku wzrastających ciężarów atomowych w 10 poziomych szeregów w ten sposób, że odpowiednie człony tych szeregów utworzyły 8 pionowych kolumn, obejmujących podobne do siebie pierwiastki. Ten periodyczny układ pierwiastków chemicznych, podany po raz pierwszy przez Mendelejewa, a niezależnie od niego rozwinięty nieco później przez Lothara Meyera, ilustruje załączona tablica.