

## XIV. HELOWCE.

## 1. CHARAKTER OGÓLNY.

Gazy szlachetne, zwane helowcami, występujące w niewielkich ilościach w powietrzu, tworzą swoistą grupę pierwiastków chemicznych. Różnią się one od pozostałych pierwiastków pod tym względem, że nie tworzą związków chemicznych z innymi pierwiastkami, a nawet pomiędzy sobą atomy ich nie łączą się w zespoły cząsteczkowe. Cząsteczki helowców są jednoatomowe, w przeciwieństwie do wszystkich innych metaloidów. Fakt ten został stwierdzony drogą pośrednią przez wyznaczenie stosunku ciepła właściwego tych gazów pod stałym ciśnieniem do ich ciepła właściwego w stałej objętości  $\frac{c_p}{c_v}$ . Stosunek ten = 1,67 czyli  $\frac{5}{3}$ . Z teorii kinetycznej gazów (str. 166) wynika, że stosunek  $\frac{c_p}{c_v}$  tylko wtedy równa się  $\frac{5}{3}$ , gdy całkowita ilość ciepła, doprowadzonego z zewnątrz, jest zużywana wyłącznie na zwiększenie energii kinetycznej ruchu postępowego cząsteczek gazu. Cząsteczki takich gazów mogą się składać tylko z pojedynczych atomów, podobnie jak cząsteczki metali.

Pod wpływem silnego pola elektrycznego atomy helowców ulegają wprawdzie przejściowo jonizacji, lecz jony są zbyt nietrwałe, aby mogły wytworzyć połączenia chemiczne. Innymi słowy, wartościowość helowców równa się zeru.

Odkrycie helowców poprzedziły w r. 1893 obserwacje lorda Rayleigha, który zauważył, że azot z powietrza okazuje stałą gęstość o 0,5% większą od azotu, otrzymywanego z jego związków chemicznych. Badając dokładniej przyczynę tego ciekawego zjawiska, Rayleigh wraz z Ramsay'em dokonali odkrycia pierwszego z helowców, argonu. Ramsay odkrył następnie w powietrzu pozostałe helowce: hel, neon, krypton oraz ksenon.

⊗ Według najnowszych badań, powietrze zawiera

argonu	A	0,932	% objętościowych	1,285	% wagowych
neonu	Ne	0,0015	"	0,001	"
helu	He	0,0005	"	0,000 07	"
kryptonu	Kr	0,000 005	"	0,000 014	"
ksenonu	X	0,000 000 6	"	0,000 002 5	" ⊗

Najważniejsze własności fizyczne helowców dają się wyrazić liczbowo w załączonej tablicy.

	CieŜar atomowy	$d$	$t_t$	$t_w$
He	4,002	0,00017846	-272,1	-268,82
Ne	20,18	0,0008985	-248,8	-246,3
A	39,94	0,0017823	-189,6	-185,84
Kr	82,9	0,003708	-169	-151,7
X	130,2	0,005851	-140	-109,1
Rn	222,0	0,00996	-71	-65

## 2. H E L He.

Podczas obserwacji zaćmienia słońca, prowadzonych w r. 1868 przez ekspedycję indyjską, astronom francuski Janssen zauwaŜył w widmie proturberancji słonecznych nową linię żółtą, różną od linii  $D$  widma sodowego. Angielscy uczeni Frankland oraz Lockyer uznali, iŜ naleŜy ona do nowego nieznanego pierwiastka, który nazwali helem He, od  $\eta\lambda\iota\omicron\varsigma$  (= słońce). W r. 1882 astronom włoski Palmieri obserwował występowanie widma tego pierwiastka w wyziewach wulkanicznych Wezuwjusza. Wreszcie w r. 1895 Ramsay, a jednocześnie z nim Cleve, wykryli hel w gazach, wydzielanych przez minerał, zwany cleveitem, podczas jego ogrzewania.

⊗ W niskich warstwach atmosfery, przylegających do ziemi, zawartość helu jest bardzo nieznaczna. W warstwach wysokich natomiast zawartość tego pierwiastka wstrasta stale, zarówno jak zawartość wodoru (por. str. 182). Dowodzi tego analiza widmowa zorzy północnej. Wynika stąd, Ŝe gazy atmosfery ziemskiej rozwarstwowione sã na różnych wysokościach stosownie do ich gęstości. ⊗

Wobec tego, Ŝe hel występuje w powietrzu w iloŝciach bardzo małych, wynoszących zaledwie 0,0005% i z trudnoŝciã daje się oddzielić od argonu, przeto do ostatnich czasów głównie Ŝródło helu stanowiły różne minerały promieniotwórcze, w szczególności cleveit i fergusonit. Dlatego teŝ cena tego pierwiastka była przed wojnã bardzo wysoka, 1 m<sup>3</sup> helu kosztował bowiem około 200000 fr. w zlocie. Podczas wojny odkryto jednak w Ameryce Północnej, w miejscowości »Petrolea«, w Stanie Texas bo-



gate źródła gazu ziemnego, wydzielające dziennie do 700000 m<sup>3</sup> gazu, zawierającego przeciętnie 0,9% helu, co odpowiada dziennej produkcji przeszło 6000 m<sup>3</sup> helu.

W r. 1918 założono tam pierwszą fabrykę, która zaczęła wydzielać z gazu ziemnego czysty hel przez skraplanie gazu w maszynach systemu Lindego i poddawanie otrzymanej cieczy cząstkowej destylacji. Fabryka ta produkowała dziennie 200 m<sup>3</sup> gazu, zawierającego 92—93% czystego helu i dostarczała go po cenie 20 fr. za m<sup>3</sup>.

Otrzymywany w ten sposób hel znalazł zastosowanie praktyczne w lotnictwie oraz w meteorologii do napełniania baloników próbnych, służących do badania prądów powietrznych w górnych warstwach atmosfery, ponieważ dyfunduje on przez kauczuk oraz błony kolodjonowe znacznie wolniej od wodoru. Używa się go również do napełniania rurek Crookesa oraz innych przyrządów, służących do badania wyładowań elektrycznych w gazach. ☒ Stosuje się go wreszcie do napełniania wielkich »sterowców« (np. sterowca »Los Angelos« w Ameryce Północnej). Hel posiada tę zaletę w porównaniu z wodorem, że nie jest palny. ☒

Holenderski fizyk Camerlingh Onnes dokonał skroplenia helu i oznaczył jego temperaturę wrzenia na  $-268,82^{\circ}$ , czyli  $+4,38^{\circ}$  skali bezwzględnej. Hel posiada więc najniższą temperaturę skroplenia ze wszystkich znanych gazów. W tej temperaturze ( $-268,82^{\circ}$ ) ciekły hel wykazuje gęstość  $d=0,122$ , jest więc po wodrze najlżejszą ze znanych nam cieczy. Temperatura krytyczna helu wynosi  $t_k=-267,9^{\circ}$ , a ciśnienie krytyczne  $p_k=2,3$  atmosfery. Poddając hel wrzeniu pod ciśnieniem zmniejszonym (w próżni), można obniżyć temperaturę do  $-272,1^{\circ}$ , czyli do jednego stopnia skali bezwzględnej. Jest to najniższa temperatura, jaką dotąd udało się osiągnąć.

### 3. ARGON A.

Argon A, którego nazwa wyprowadza się od greckiego ἄργος (= nieczynny), występuje przeważnie w powietrzu, w ilości 0,93% objętościowych względnie 1,28% wagowych. Znaczne ilości argonu znaleziono również w gazach źródeł mineralnych, wpływających ze znacznych głębokości, np. w gazach gejzerów islandzkich.

Jak już wspomniano, odkrycia argonu dokonał Rayleigh wraz z Ramsay'em w r. 1893. Wydzielili oni argon z powietrza atmosferycznego przez utlenienie azotu pod wpływem wyładowań elektrycznych i zaabsorbowanie powstałych tlenków azotu. Ciekawe jest, że na 100 lat przedtem znany fizyk angielski Cavendish, któremu chemja zawdzięcza między innymi odkrycie wodoru, utlenił w r. 1785 azot atmosferyczny tlenem przy pomocy iskieł elektrycznych i stwierdził, że zawiera on domieszkę jakiegoś obcego gazu, nie łączącego się z tlenem. Ilość tego gazu miała odpowiadać  $\frac{1}{120}$  użytego powietrza atmosferycznego. Ścisłość tej obserwacji potwierdził w kilkadziesiąt lat później Bunsen, który nie zajął się jednak zbadaniem natury owego nieznanego gazu.

Obecnie argon otrzymuje się z powietrza atmosferycznego przez skroplenie go w maszynach chłodniczych systemu Lindego lub Hampsona, a następnie przez poddanie otrzymanej cieczy cząstkowej destylacji. Surowy argon oczyszcza się następnie od domieszek innych gazów sposobami chemicznymi: zawarty w nim tlen pochłania się rozżarzoną miedzią, azot rozżarzonym magnezem lub litem, inne gazy szlachetne, jak hel, neon, krypton i ksenon usuwa się drogą dyfuzji cząstkowej.

Argon posiada bardzo charakterystyczne widmo, którego wygląd zależy w znacznej mierze od ciśnienia gazu oraz napięcia prądu elektrycznego. Pod ciśnieniami poniżej 1 mm oraz pod wysokim napięciem prądu występują najsilniej linie niebieskiej części widma, pod ciśnieniem 3 mm i niskim napięciem najsilniej świecą linie w czerwonej części, a pod ciśnieniem powyżej 100 mm w części zielonej widma.

⊗ Argon znalazł zastosowanie w oświetleniu elektrycznym: t. zw. lampy »półwatowe« są napełnione azotem albo argonem w celu uniknięcia rozpylenia drucików metalowych pod wpływem przechodzących przez nie prądów elektrycznych. ⊗

#### 4. NEON Ne, KRYPTON Kr i KSENON X.

Neon Ne, krypton Kr i ksenon X, których nazwy wyprowadzają się od νέος — nowy, κρυπτός — ukryty oraz ξένος — obcy, występują w powietrzu w ilościach niezmiernie małych.

Wykrycie tych gazów w frakcjach ciekłego powietrza, zawierających argon, zostało dokonane przez Ramsaya zapomocą analizy widmowej.



⊗ Rurki, zawierające neon pod ciśnieniem 8—10mm, przewodzą prąd elektryczny już pod napięciem 220 wolt, wysyłając silne czerwone światło. W ostatnich czasach lampy neonowe zyskują coraz szersze zastosowanie w oświetleniu reklamowym i w sygnalizacji. Ponieważ lampy neonowe, posiadające elektrody asymetryczne, przewodzą prąd elektryczny tylko w jednym kierunku, używa się ich również jako »prostowników« prądów zmiennych. Znajdują one też zastosowanie w radjotelegrafii i radjofonji, jako wskaźniki fal elektrycznych. ⊗

## 5. RADON (EMANACJA RADOWA) Rn.

Ostatnim z helowców jest emanacja radowa Em, zwana dawniej nitonem, a obecnie radonem Rn. Jest to pierwiastek gazowy, jednoatomowy, zupełnie nieczynny pod względem chemicznym, odpowiadający pod względem własności fizycznych i chemicznych poprzednim helowcom. Stanowi on produkt rozkładu pierwiastków promieniotwórczych, a mianowicie uranu i radu. W bardzo niewielkich ilościach występuje on w powietrzu oraz w gazach, wydzielających się z głębin skorupy ziemskiej, zwłaszcza w gazach niektórych źródeł mineralnych.

⊗ Zawartość emanacji w powietrzu wynosi zaledwie 1—2 atomów w 1 cm<sup>3</sup> powietrza. ⊗

## 6. ANALIZA WIDMOWA.

### WIDMA EMISYJNE.

Chemikom oddawna znany był fakt, że płomień spirytusowy lub gazowy, do którego wprowadzono sole pewnych metali, przybiera charakterystyczne zabarwienie. Tak np. sole sodu barwią płomień na kolor żółty, litu — na karminowy, talu — na zielony i t. d. Stwierdzono doświadczalnie, że wszystkie sole sodu nadają płomieniowi to samo zabarwienie żółte, wszystkie sole litu — zabarwienie karminowe i t. d. Wynika z tego, że zabarwienie płomienia stanowi cechę charakterystyczną atomów danego pierwiastka i że może ono służyć do wykrywania i rozpoznawania owego metalu.

Nietylko związki pierwiastków metalicznych, jak sól, lit, tal nadają płomieniowi pewne charakterystyczne zabarwienia; czynią to naogół wszystkie pierwiastki oraz ich związki, o czym przekonywujemy się na drodze badań widmowych, wykonywanych zapomocą spektroskopu.

Omawiając helowce wspomnieliśmy, że większość tych gazów została odkryta na drodze analizy widmowej, czyli spektralnej. Ze względu na to, że analiza widmowa stanowi ważną metodę badawczą chemika, a widma pierwiastków znajdują się w ścisłym związku z wewnętrzną budową ich atomów, poświęcimy kilka słów sprawie widm pierwiastków chemicznych i w związku z tem przypomnimy niektóre fakty z dziedziny optyki.

Wiadomo z fizyki, że światło białe jest światłem złożonym z promieni zasadniczych wszelkich barw, poczynając od czerwonej, poprzez pomarańczową, żółtą, zieloną, błękitną, szafirową, aż do fioletowej. Wiadomo również, że każdy z tych promieni, przechodząc z jednego ośrodka przezroczystego do drugiego o innej gęstości, ulega załamaniu, którego współczynnik jest różny dla różnych promieni. Jeśli przeto przepuścimy wiązkę promieni światła białego, wysyłanego przez jakiekolwiek ciało stałe, rozżarzone do białości, naprzód przez wąską szczelinę, a następnie przez pryzmat szklany, to promienie o różnej długości fal, składające tę wiązkę, zostaną w różnym stopniu załamane, wskutek czego na ekranie otrzymamy nie linię bezbarwną, lecz pasmo barwnych obrazów szczeliny, ułożonych jeden obok drugiego w ten sposób, że utworzą one jednolitą wstęgę barwną. Najsłabiej będą załamane promienie czerwone o najdłuższych falach, nieco silniej promienie pomarańczowe i żółte, jeszcze silniej zielone i niebieskie, a najsilniej promienie fioletowe o najkrótszych falach. Wytworzona w ten sposób smuga barwna zwie się widmem światła.

Do wytwarzania widm czystych i wyraźnych oraz do ich obserwacji stosuje się t. zw. spektroskopy, przyrządy optyczne, zbudowane w r. 1859 przez Bunsena i Kirchhoffa. Za pomocą tych przyrządów można dokładnie zbadać widmo światła, wysyłanego przez jakiekolwiek ciało. Badania takie wykazały, że charakter ogólny widma świetlnego zależy przedewszystkiem od stanu skupienia ciał świecących, a następnie od ich natury chemicznej.

Światło białe, wysyłane przez ciała stałe, rozżarzone do białości, np. przez węgiel, krede, platynę, wolfram i t. p., daje widmo ciągłe, czyli nieprzerwaną smugę barwną. Światło par i gazów, rozżarzonych do białości, daje natomiast widma prążkowane, czyli linjowe, złożone z mniejszej lub więk-



szej ilości cienkich pasemek (linij) jasnych, poprzedzielanych szerokimi ciemnymi przerwami. Pary i gazy świecące wysyłają zatem, w przeciwieństwie do ciał stałych, promienie, złożone z pewnej tylko skończonej liczby oddzielnych barw jednorodnych.

Bunsen i Kirchhoff dowiedli w r. 1859, na zasadzie badań doświadczalnych, że długości fal, odpowiadające poszczególnym linjom widma świecących par i gazów, są zupełnie określone i zależą wyłącznie od natury chemicznej tych ciał. Długości fal, zarówno jak natężenia poszczególnych linii widma gazowego, zależą wyłącznie od składu chemicznego ciała świecącego. W ten sposób zapomocą zbadania widma linowego można z łatwością określać pierwiastki, wchodzące w skład danego gazu lub pary.

⊗ Widma pierwiastków mogą być badane rozmaitemi metodami: 1) przez wprowadzenie soli do nieświecącego płomienia (np. do płomienia palnika bunsenowskiego), w którym, jak wiadomo, sole ulegają dysocjacji na jony; 2) przez poddawanie gazów lub par wyładowaniom elektrycznym pod zmniejszonym ciśnieniem (w rurkach geisslerowskich); 3) przez badanie widma iskry elektrycznej, wywołanej w roztworach soli pomiędzy elektrodami platynowymi oraz 4) przez badanie widma łuku elektrycznego pomiędzy elektrodami węglowymi, przepojonemi związkami badanych pierwiastków, lotnemi w temperaturze łuku. ⊗

Widma gazowe niektórych pierwiastków wykazują niewielką liczbę charakterystycznych linii świetlnych. Np. widmo sodu wykazuje przede wszystkim dwie bardzo jasne linje pomarańczowo-żółte położone obok siebie, a poza tem szereg linii mniej wyraźnych, położonych w dalszych częściach widma. Bardzo proste są również widma wodoru, tlenu, litu, potasu. Widmo żelaza wykazuje natomiast przeszło 1000 różnych linii, słabo świecących.

Badanie widm oraz dokładne wyznaczenie długości fal, odpowiadających poszczególnym linjom widmowym, zwie się analizą widmową. Analiza ta posiada wielką doniosłość zarówno teoretyczną, jak i praktyczną nie tylko dla chemji, ale również dla fizyki i astrofizyki. Dzięki analizie widmowej, nauka zdobyła pierwsze ścisłe wiadomości o składzie chemicznym wielu świecących ciał niebieskich i o rozpowszechnieniu pierwiastków ziemskich we wszechświecie.

## WIDMA ABSORBCYJNE.

Widmo światła słonecznego różni się od widma ciał stałych świecących tem, że nie jest ono jednostajnie ciągłe, lecz wykazuje liczne wąskie przerwy nieoświetlone, czyli t. zw. »linje czarne«, przecinające je poprzecznie. Te linje czarne w widmie słonecznem odkrył pierwszy Wollaston w r. 1802. Znakomity optyk niemiecki Fraunhofer zbadal je dokładniej w r. 1814 i wymierzył długości fal, odpowiadające przeszło 600 czarnym linjom (Tablica barwna). Linje te otrzymały wskutek tego nazwę »linij Fraunhofera«.

Z pośród mnóstwa linij czarnych widma słonecznego Fraunhofer wybrał 10 najintensywniejszych i oznaczył je kolejnymi literami alfabetu łacińskiego, od *A* do *H*. Te najważniejsze linje czarne dzielą dosyć równomiernie widmo słoneczne na równe części i odpowiadają następującym długościom fal, wyrażonym w mikromikronach, czyli w milionowych częściach milimetra (lub jednostkach Ångströma  $\text{\AA} = 0,0000001 \text{ mm} = 10^{-8} \text{ cm} = 0,1 \mu\mu$ ):

linja:	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i> <sub>1</sub>	<i>D</i> <sub>2</sub>	<i>E</i>
część widma:	czerwona	pomarańcz.		żółta		zielona
długość fali w $\mu\mu$ :	760,4	686,7	656,2	589,5	588,9	526,9

linja:	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i> <sub>1</sub>	<i>H</i> <sub>2</sub>
część widma:	niebieska	szafirowa	fioletowa	
długość fali w $\mu\mu$ :	486,1	430,7	396,8	393,3

Ponieważ położenie tych głównych linij Fraunhofera w widmie słonecznem jest niezmiennie, służą one zazwyczaj do charakterystyki poszczególnych części widma oraz do cechowania skali spektroskopów.

Fraunhofer, który wyznaczył bardzo dokładnie długości fal świetlnych, odpowiadających setkom »ciemnych linij« widma słonecznego, nie zdawał sobie jednak dokładnie sprawy z istoty i charakteru tych zagadkowych linij. Dopiero badania Kirchhoffa oraz Bunsena, wykonane około r. 1859, wyświetliły istotę linij Fraunhofera. Kirchhoff stwierdził drogą dokładnych pomiarów, że linje widmowe wielu pierwiastków odpowiadają dokładnie pewnym linjom Fraunhofera widma słonecznego. Tak np. obydwie żółte linje widma sodowego odpowiadają w zupełności obu linjom Fraunhofera *D*<sub>1</sub> i *D*<sub>2</sub>. To samo stwierdzono dla linij widmowych potasu i wapnia, jakoteż dla kilkuset linij widmowych żelaza.



Ta zadziwiająca zgodność nie mogła być dziełem ślepego przypadku. To też Kirchhoff uznał ciemne linie Fraunhofer'a za odwrócenie właściwych linii widmowych i podał sposób, w jaki daje się dowieść doświadczalnie owo »odwrócenie widma«. Jeśli wiązkę światła białego (wysyłanego przez jakiegokolwiek stałe ciało świecące) przepuścimy przez płomień, zabarwiony parami sodu, a następnie będziemy ją obserwować w spektroskopie, to zamiast obu linii żółtych widma sodowego ujrzymy czarne linie Fraunhofer'a  $D_1$  i  $D_2$ .

Jest to poszczególny przypadek ogólnego »prawa promieniowania« Kirchhoff'a, według którego każde ciało pochłania selektywnie te promienie światła, które ono samo wysyła. Widma odwrócone są zatem widmami absorbcyjnymi, widmami pochłaniania.

Ciemne linie Fraunhofer'a, występujące w widmie słonecznym, powstają więc w ten sposób, że promienie światła białego, wysyłane przez jądro słoneczne, ulegają częściowej absorpcji w rozżarzonej fotosferze gazowej, otaczającej owo jądro. Tą metodą można było po raz pierwszy stwierdzić, że w fotosferze słonecznej występują w stanie pary następujące pierwiastki chemiczne: Na, K, Ca, Mg, Fe, Cr, Ni, Co, Cu, Zn, Cd, Mn, Al, Ti, H i t. d. Są to te same pierwiastki, które występują również na powierzchni kuli ziemskiej. Z linii pierwiastków nieznanych zwrócono wówczas po raz pierwszy uwagę na linie helu, który następnie wykryto w powietrzu atmosferycznym oraz koronu w widmie »korony« słońca. W ten sposób analiza widmowa dała nam możliwość poznania składu chemicznego świecących ciał niebieskich.

Prócz gazów szlachetnych z grupy helowców zapomocą analizy widmowej dokonano znacznie wcześniej odkrycia całego szeregu innych pierwiastków. A więc Bunsen odkrył już w r. 1860 cez (Cs), a w roku następnym rubid (Rb) w wodach mineralnych badęńskich. W r. 1861 Crookes dokonał odkrycia talu (Tl), w r. 1864 Reich i Richter odkryli ind (In) w blendzie cynkowej, a w r. 1875 Lecocq de Boisbaudran odkrył w tejże blendzie gal (Ga).

Do końca XIX stulecia analiza widmowa stanowiła niewątpliwie najczulszą metodę badań fizykochemicznych, można bo-

wiem zapomocą obserwacji spektroskopowych wykrywać w płomieniu obecność  $\frac{1}{3000000}$  mgr soli sodowych,  $\frac{1}{100000}$  mgr soli litowych,  $\frac{1}{100000}$  mgr soli strontowych i wapniowych. Dopiero w najnowszych czasach chemja zdobyła czulsze metody badania jakościowego, opierające się na działaniach katalitycznych oraz na własnościach promieniotwórczych pewnych pierwiastków.

#### PRAWIDŁOWOŚĆ WIDM LINJOWYCH.

Jako przykład najprostszego, typowego widma linowego pierwiastków przytoczymy widmo wodoru, składające się z 5 jasnych linii, odpowiadających następującym długościom fal, wyrażonym w Å (jednostkach Ångströma):

Linja	Barwa	Å
H $\alpha$	czerwona	6563
H $\beta$	zielona	4861
H $\gamma$	niebieska	4341
H $\delta$	fioletowa	4102
H $\epsilon$	fioletowa	3970

W r. 1884 szwajcarski nauczyciel gimnazjalny Balmer odkrył, że pomiędzy długością fal tych pięciu linii widmowych istnieje następujący związek algebraiczny:

Linja	Å obserw.	Å obliczone
H $\alpha$	6563	$3646,13 \cdot \frac{9}{9-4} = 6563$
H $\beta$	4861	$3646,13 \cdot \frac{16}{16-4} = 4861$
H $\gamma$	4341	$3646,13 \cdot \frac{25}{25-4} = 4341$
H $\delta$	4102	$3646,13 \cdot \frac{36}{36-4} = 4102$
H $\epsilon$	3970	$3646,13 \cdot \frac{49}{49-4} = 3970$

$$\text{Ogólnie } \lambda = 3646,13 \frac{m^2}{m^2 - n^2}.$$



We wzorze tym, zwanym wzorem Balmera,  $\lambda$  oznacza długość fali danej linii widmowej,  $n = 2$ , zaś  $m = 3, 4, 5, 6, \dots$

Poza temi pięcioma widzialnymi linjami widmowymi wodoru wykazuje w dziedzinie ultrafioletowej, niewidzialnej jeszcze 24 dalsze linje, których długości fal dają się wyrazić zapomocą tego samego wzoru z taką samą dokładnością.

Jeśli przyjąć za podstawę rachunku zamiast długości fal, odpowiadające tym długościom częstości drgań  $\nu$ , wówczas wzór Balmera dla widma wodoru przyjmie następującą postać:

$$\nu = 3,290 \cdot 10^{15} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right).$$

Badania Balmera, Rietza, Rydberga, Rungego i innych spektrofizyków wykazały, że częstości drgań linii widmowych jakiegokolwiek pierwiastka dają się wyrazić zapomocą ogólnego wzoru:

$$\nu = R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right),$$

w którym  $R$ , zwana stałą Rydberga, posiada zawsze tę samą wartość liczbową dla wszystkich pierwiastków:  $R = 3,290 \cdot 10^{15}$ , zaś  $n$  i  $m$  mogą przybierać wartości porządkowych liczb całkowitych:

$$n = 2, 3, 4, 5, \dots$$

$$m = 3, 4, 5, 6, 7, \dots$$

Linje widmowe, odpowiadające tej samej wartości liczbowej na  $n$ , a różnym wartościom liczbowym na  $m$ , zwiemy serją linii. Wszystkie linje widmowe, należące do tej samej serji, wykazują ten sam charakter fizyczny: są one wszystkie albo silnie lub słabo świecące, są zarysowane ostro lub też mglisto, ulegają w jednakowy sposób rozszczepieniu w polu magnetycznym i t. p.

#### WIDMA I BUDOWA ATOMÓW.

Z tego, co dotychczas powiedziano o widmach linjowych pierwiastków, wynika samo przez się, że każdy pierwiastek posiada charakterystyczne dlań widmo, dające się ilościowo ściśle określić i wyrażające się zapomocą odpowiedniego wzoru. Widmo stanowi przeto cechę swoistą atomów danego pierwiastka. A że każda linja widmowa odpowiada pewnej, ściśle określonej częstości drgań, najprostsze zaś nawet widmo linjowe pierwiastka składa się conajmniej z jednej serji linii, których

częstości drgań wykazują pewną zależność prawidłową od częstości drgań linii zasadniczej, przeto otrzymujemy dla widm linjowych prawidłowości podobne do tych, jakie istnieją dla dźwięków akustycznych. Wiadomo bowiem, że każdy dźwięk muzyczny, wydawany przez strunę drgającą lub piszczałkę, składa się z tonu zasadniczego o pewnej najmniejszej liczbie drgań oraz z szeregu nadtonów harmonijnych, t. j. takich, których częstości drgań są wielokrotnościami częstości drgań tonu zasadniczego.

Dane powyższe, dotyczące budowy widm linjowych pierwiastków, w zestawieniu z analogjami akustycznymi, wykazują zatem, że atomy pierwiastków, wysyłające złożone widma linjowe, odpowiadające przeróżnym częstościom drgań, nie mogą być indywiduami prostymi—jednolitemi, lecz muszą posiadać złożoną budowę ziarnistą, czyli muszą się składać z części, mogących wykonywać przeróżne ruchy perjodyczne.

Do tej teorii budowy atomów wrócimy wkrótce po omówieniu pierwiastków promieniotwórczych. Obecnie zaś zaznaczymy tylko, że, o ile podobna teoria ma posiadać istotną wartość naukową, winna ona zdawać nam sprawę z prawidłowości widm linjowych, przedewszystkiem zaś winna uzasadnić poglądowo wzór Balmera.





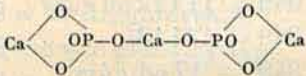
## WAŻNIEJSZE OMYŁKI.

Str.	wiersz:	wydrukowano:	powinno być:
22	w tablicy	olów + 1613 <sup>o</sup>	olów + 1555 <sup>o</sup>
36	4 od góry	otrzymamy krzywe	otrzymamy wykres
44	18 od dołu	Julius Robert Meyer	Julius Robert Mayer
55	1 „ „	substnacja	substancja
81	16 „ „	nikiel i tp.	nikiel i t. p.
83	20 od góry	różnorodność	różnorodność
86	13 „ „	pierwiatków	pierwiastków
87	20 „ „	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{4}$
89	3 „ „	Sulfur	Sulphur
90	17 „ „	rozowszechniony	rozpowszechniony
92	22 „ „	w przyrodzia	w przyrodzie
94	8 od dołu	Kobal	Kobalt
99	tytuł 2 od góry	Zachowanie fizyczne gazów	Własności fizyczne gazów.
107	17 „ „	w stosunku do ich	w stosunku ich
112	tytuł 8 od góry	na tempo	na szybkość
112	16 od dołu	przeciwstawiacych	przeciwstawiających
125	16 od góry	$\nu = \frac{v_0}{273} \cdot \frac{T}{p}$	$\nu = \frac{v_0}{273} \cdot \frac{T}{p} \quad \boxtimes$
127	1 od dołu	następujący wzór	następującą postać
139	tytuł ry- sunku	Naczynie	Naczynia
149	17 od dołu	cząsteczek	cząstek
157	11 od góry	Grammolekel	Molekel
161	15 od dołu	uderzają się o	uderzają o
171	19 „ „	$2\text{H}_2\text{O}_2 = 2(\text{H}_2\text{O}) + \text{O}_2 + 2.23,06 \text{ Kal.}$	$2(\text{H}_2\text{O}_2) = 2(\text{H}_2\text{O}) + \text{O}_2 + 2.21,68 \text{ Kal.}$

Str.	wiersz:	wydrukowano:	powinno być:
172	6 od góry	$2(\text{H}_2\text{O}) + \text{O}_2 =$ $= 2\text{H}_2\text{O}_{2\text{aq}} - 23,06$	$2(\text{H}_2\text{O}) + \text{O}_2 + \text{aq} =$ $= 2\text{H}_2\text{O}_{2\text{aq}} - 23,06$
172	4 od dołu	$2\text{KJ}.\text{aq} + \text{H}_2\text{O}_2 =$ $2\text{KOH} + \text{J}_2.$	$2\text{KJ} + \text{H}_2\text{O}_2 =$ $= 2\text{KOH} + \text{J}_2.$
181	6 „ „	się mianowicie średnia	się średnia
182	1 od góry	w %	w zaokrąglonych %
186	1 „ „	żadnym innym pier- wiastkiem.	żadnym pierwiastkiem.
186	10 „ „	helu	helowców
189	6 „ „	inny	pewien
210	1 od dołu	$2\text{HNO}_3 = (\text{H}_2\text{O}) + \text{N}_2\text{O}_5$	$2\text{HNO}_3 = \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2\text{O}_5$
211	3 od góry	$\text{N}_2\text{O}_5 + (\text{H}_2\text{O}) = 2\text{HNO}_3$	$\text{N}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3$
211	10 „ „	witryolem	witrjolem
223	14 „ „	ołowiowy	ołowiawy
234	7 od dołu	mas substancji	mas substancyj
240	na rysunku	$2\text{AgCl}.\text{3NH}$	$2\text{AgCl}.\text{3NH}_3$
252	„ „	fenoltaleina	fenoloftaleina
277	9 od dołu	p. Chr.	przed Chr.
281	20 od góry	glina wypalona	glina
287	tytuł ry- sunku	Lampa górnicza bez- pieczeństwa	Lampa bezpieczeństwa
298	4 od dołu	momentalnie	momentalne
299	6 „ „	1500°	1550°
300	1 „ „	1670°	1660°
304	4 „ „	frakcjonowanej	cząstkowej
307	16 od góry	2.143,9 Kal.	2.145,8 Kal.
309	4 „ „	Wpominaliśmy	Wspominaliśmy
316	2 od dołu	Jakieśmy	Jakeśmy
319	4 „ „	szeregu homologicz- nym,	szeregu pochodnych kwasu mrówkowego,
321	4 od góry	odbierając im części- wo metal, w myśl rów- nania:	w myśl równania:
		$\text{Na}^{\cdot} + \text{Na}^{\cdot} + \text{CO}_3^{\cdot\cdot} + \text{H}^{\cdot} +$ $+ \text{OH}^{\cdot} \rightleftharpoons \text{Na}^{\cdot} + \text{Na}^{\cdot} +$ $+ \text{HCO}_3^{\cdot} + \text{OH}^{\cdot}$	$\text{CO}_3^{\cdot\cdot} + \text{HOH} \rightleftharpoons$ $\rightleftharpoons \text{HCO}_3^{\cdot} + \text{OH}^{\cdot}.$
334	8 od dołu	rotworami	roztworami
336	16 „ „	jest wprost proporcjo- nalne	jest odwrotnie propor- cjonalne
346	2 „ „	1 gramocząsteczki	1 grama



Str.	wiersz:	wydrukowano:	powinno być:
346	7 od dołu	1 gramocząsteczki	1 grama
349	9 od góry	rozłożonemi gramocząsteczkami NaCl, 0,82 zaś gramocząsteczek	rozłożonej gramocząsteczki NaCl, 0,82 zaś gramocząsteczki
349	11 i 12 od góry	gramocząsteczek	gramocząsteczki
349	12 i 13 „ „	gramocząstek	gramocząsteczek
349	17 od góry	gramocząstek, przeto temperatura jego krzepnięcia powinna być 1,82 razy większa,	gramocząsteczek, przeto obniżenie temperatury krzepnięcia powinno być 1,82 razy większe,
351	w tablicy 7 od dołu	w Kal./gr. atom.	w kal./gr.
354	tytuł 6 od dołu	Fluowodór	Fluorowodór
357	1 od góry	fluosole	fluorosole
371	16 „ „	znajduje się w handlu pod nazwą chlorku bielącego i jest	wchodzi w skład t. zw. chlorku bielącego, który jest
384	8 od dołu	w Spaa (koło Liège).	w Woodhall Spa koło Lincoln (w Ameryce Północnej).
387	19 od góry	z dwusiarczkiem	z roztworem jodu w dwusiarczku
395	5 „ „	Kwas jodowy	Kwas nadjodowy
399	2 od dołu	$H_2 + J_2 + 3O_2 + aq = 2H7O_{3aq} + 2.57,7 \text{ Kal.}$	$H_2 + J_2 + 3O_2 + aq = 2HJO_{3aq} + 2.57,7 \text{ Kal.}$
404	11 od góry	szykość	szybkość
407	14 od dołu	spółczynika	spółczynnika
411	5 „ „	diastazami	oksydazami
415	6 „ „	katalicznych	katalitycznych
417	1 „ „	wartościami	wartościowościami
423	6 od góry	$S_I \rightleftharpoons S_{II} - 2,69 \text{ Kal.}$	$S_I \rightleftharpoons S_{II} - 0,086 \text{ Kal.}$
427	13 od dołu	Scheele'go	Scheelego
429	14 „ „	niewiele większa	niewiele mniejsza
453	5 od góry	$BaS + 2_2O = BaSO_4 + 237,7 \text{ Kal.}$	$BaS + 2O_2 = BaSO_4 + 237,7 \text{ Kal.}$
457	9 „ „	łączy	łączy
463	19 „ „	w przemyśle do bielenia papieru.	w przemyśle do usuwania chloru podczas bielenia przędzy, tkanin oraz papieru.

Str.	wiersz:	wydrukowano:	powinno być:
465	11 od góry	$[C]_{\text{diament}} + 2[S]_{\text{romb.}} =$ $= CS_2 - 19,0 \text{ Kal.}$	$[C]_{\text{diament}} + 2[S]_{\text{romb.}} =$ $= (CS_2) - 19,0 \text{ Kal.}$
465	6 od dołu	trójtio karbonowy	kwas trójtio karbonowy
495	w tablicy 3 od dołu	— 153,82 163,0 —	— 4,9 153,82 163,0 —
516	7 „ „		
523	1 od góry	koprolitowi t. p.	komprolitów i t. p.
531	18 od dołu	spolimeryzowane	zasocjowane
594	5 od góry	kaufeldycie	kanfjeldycie
600	19 od dołu	on więc jako	on jako
605	8 od góry	wodzianem amfote- rycznym, odszczepiają bowiem	wodorotlenkiem amfo- teryicznym, odszczepia bowiem
605	18 od dołu	stosuje się się w	stosuje się w
614	4 „ „	cleveit	kleweit
614	16 „ „	cleveitem	kleweitem



