

sza od jedności i wyrazy szeregu (9) stale rosną. Wskutek tego o wyrazie ogólnym szeregu (4)

$$\frac{1}{n \cdot \cos^n \varphi} \cdot \sin n \varphi$$

nie możemy powiedzieć, żeby on malał w miarę n rosnącego nieograniczenie i nie może być mowy o poszukiwaniu zbieżności szeregu (4).

W Krakowie, 18 listopada 1891 roku.

ZAŁAMANIE ŚWIATŁA PRZEZ CIECZĘ.

WYNIKI DOŚWIADCZEŃ Z BENZOLEM.

PODAŁ

WIKTOR BIERNACKI.

I. Celem moich badań było sprawdzenie, o ile podawane za stałe funkcyje współczynnika n załamania światła i ciężaru gatunkowego d danego ciała, zachowują stałe wartości przy zmianie temperatury. Do doświadczeń używałem benzolu z fabryki Kahlbauma w Berlinie; oznaczony za pomocą znanego przyrządu Beckmanna punkt krzepnięcia używanego benzolu (5° , 5° C) pozwalał przypuszczać, że miałem do czynienia z materiałem dostatecznie czystym¹⁾. Współczynnik załamania światła oznaczałem, posługując się niedawno zbudowanym refraktometrem Pulfricha²⁾, który, przed przystąpieniem do badań właściwych, dokładnie zbadałem i sprawdziłem. Ogólny rezultat szeregu moich badań dla promieni żółtych można przedstawić następującym wzorem, który daje zależność współczynnika załamania od temperatury:

$$n = 1.51498 - 0.0007992 t + 0.000004395 t^2 + 0.0000001527 t^3, \quad (A)$$

Wartości n podane w następującej tablicy obliczyłem z tego wzoru.

t	n	$\frac{\Delta n}{\Delta t}$
1	1,51418	78
2	1,51340	78
3	1,51262	76

¹⁾ Klobukow. Zeitschr. für phys. Chemie Bd. 3 Str. 351.

²⁾ Das Totalreflectometer und das Refractometer für Chemiker. Pulfrich Lipsk, 1890.

t	n	$\frac{\Delta n}{\Delta t}$
4	1,51186	
5	1,51111	75
6	1,51037	74
7	1,50965	72
8	1,50894	71
9	1,50825	69
10	1,50757	68
11	1,50692	65
12	1,50628	64
13	1,50566	62
14	1,50506	60
15	1,50449	57
16	1,50394	55
17	1,50341	53
18	1,50290	51
19	1,50242	48
20	1,50197	45
21	1,50154	43
22	1,50114	40
23	1,50077	37
24	1,50044	33
25	1,50013	31
26	1,49985	28
27	1,49961	24
28	1,49939	22
29	1,49922	17
30	1,49908	14

Wzór (A) przedstawia najprawdopodobniejszą zależność współczynnika załamania benzolu od temperatury, na zasadzie jego wartości, otrzymanych z doświadczeń

ceń dla każdego stopnia termometru Celsjusza. Rozpatrując dane, zawarte w 3-iej kolumnie powyższej tablicy, spostrzegamy:

1^o) Że ogólny charakter zmiany współczynnika załamania benzolu przy obniżaniu temperatury pozostaje ten sam i po przejściu przez punkt krzepnięcia, jeżeli po za tym punktem benzol pozostaje płynnym. Zjawisko te zauważył D a m i e n ¹⁾ wogóle dla cieczy, zdolnych do przestudzenia.

2^o) Że szybkość, z jaką się zmienia współczynnik załamania benzolu ze zmianą temperatury, t. j. $\frac{\Delta n}{\Delta t}$, powiększa się w miarę obniżania temperatury. Wynik ten jest wprost przeciwny rezultatowi, otrzymanemu przez G l a d s t o n e ' a i D a l e ' a dla fosforu ¹⁾.

2. Ciężar gatunkowy benzolu oznaczałem za pomocą czułej wagi M o h r a; rezultaty doświadczeń przedstawiłem we wzorze:

$$d = 0.9002 - 0.00101 t \quad (B)$$

Wartości, otrzymane za pomocą tego wzoru, dają ciężar gatunkowy benzolu z dokładnością do 0,0001.

W przytoczonej poniżej tablicy zawarte są wartości $\frac{n^2-1}{d}$ (N e w t o n, L a p l a c e), $\frac{n-1}{d}$ (L a n d o l t) i $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{1}{d}$ (L o r e n t z); przy obliczaniu tych wartości posługiwałem się wzorami (A) i (B).

t	$\frac{n^2-1}{d}$	$\frac{n-1}{d}$	$\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{1}{d}$
1	1,43765	0,57182	0,33490
2	1,43662	0,57159	0,33485
3	1,43560	0,57135	0,33479
4	1,43463	0,57114	0,33475
5	1,43370	0,57094	0,33471
6	1,43297	0,57075	0,33471

¹⁾ Ann. scient. de l'École normale supérieure 2 série t. 10 p. 233. Według najnowszych badań Pulfricha woda stanowi pod tym względem wyjątek. Pulfrich mianowicie przekonał się (Wied. Ann. 34—1888, str. 326), że współczynnik załamania wody po-

t	$\frac{n^2-1}{d}$	$\frac{n-1}{d}$	$\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{1}{d}$
7	1,43214	0,57065	0,33469
8	1,43134	0,57050	0,33467
9	1,43061	0,57036	0,33466
10	1,42991	0,57024	0,33466
11	1,42932	0,57015	0,33467
12	1,42876	0,57006	0,33469
13	1,42826	0,57001	0,33472
14	1,42784	0,56998	0,33476
15	1,42751	0,56998	0,33482
16	1,42741	0,57007	0,33493
17	1,42722	0,57011	0,33501
18	1,42710	0,57018	0,33510
19	1,42709	0,57028	0,33529
20	1,42717	0,57042	0,33534
21	1,42733	0,57058	0,33548
22	1,42758	0,57077	0,33564
23	1,42794	0,57100	0,33580
24	1,42845	0,57128	0,33599
25	1,42901	0,57158	0,33621
26	1,42985	0,57198	0,33647
27	1,43067	0,57236	0,33672
28	1,43155	0,57276	0,33698
29	1,43261	0,57322	0,33727
30	1,43377	0,57372	0,33758

Jeden rzut oka na przytoczoną tablicę wystarczy, by przekonać się, że przy obniżaniu temperatury wartości $\frac{n-1}{d} \cdot \frac{n^2-1}{d}$ i $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{1}{d}$ początkowo stopniowo zmniejszają się, póki nie dojdą do pewnych minimów, poczem, przy

większa się przy obniżaniu temperatury do -2° , poczem, przy dalszym obniżaniu temperatury, stopniowo zmniejsza się.

²⁾ Pogg. Ann. Bd. 108. Str. 632.

dalszym obniżaniu temperatury, stopniowo powiększają się ¹⁾. Najlepiej z rozpatrywanych wyrażeń zachowuje stałość $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{1}{d}$

Otrzymane wyniki dla światła żółtego sprawdziłem dla promieni czerwonych (Li); jakkolwiek doświadczenia z promieniami czerwonymi przeprowadziłem tylko w granicach temperatur od 14° do 25° C., jednak, rozpatrując wartości $\frac{n-1}{d}$, $\frac{n^2-1}{d}$ i $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{1}{d}$ w tych granicach, jako też zmianę tych wartości ze zmianą temperatury, przyszedłem do przekonania, że i dla promieni czerwonych minima tych wartości znajdują się, mniej więcej, przy tych samych temperaturach, co i dla promieni żółtych.

Posiadając dwa szeregi wartości współczynnika załamania benzolu, t. j. dla światła żółtego i dla czerwonego, obliczyłem wartości pierwszego wyrazu znanego wzoru C a u c h y' e g o, podług wzoru:

$$A = \frac{n_2 \lambda_2^2 - n_1 \lambda_1^2}{\lambda_2^2 - \lambda_1^2}$$

(przez n_1 i n_2 należy rozumieć wartości współczynnika załamania dla dwóch różnorodnych promieni, a pod λ_1 i λ_2 — długości fal, odpowiadających tym promieniom). Wartości $\frac{A-1}{d}$, $\frac{A^2-1}{d}$ i $\frac{A^2-1}{A^2+2} \cdot \frac{1}{d}$ zmieniają się tak samo jak wartości $\frac{n-1}{d}$, $\frac{n^2-1}{d}$ i $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{1}{d}$ dla żółtych i czerwonych promieni.

Poważam się sądzić, że przytoczone wyniki moich badań otrzymałem dzięki tej prostej metodzie oznaczania współczynnika załamania, jaką teoretycznie stworzył K o h l r a u s c h ⁴⁾ a zastosowałem do rzeczywistych pomiarów P u l f r i c h. Metoda ta pozwoliła mi w każdym szeregu badań robić oznaczenia często, co każde 0° , $1-0^\circ$, 5° C; gdy tymczasem używane powszechnie dotychczas metody M e y e r s t e i n a (spektrometr) i dawna K o h l r a u s c h a (refraktometr), z powodu pewnych trudności doświadczalnych, zmu-

¹⁾ Pozwolę sobie zwrócić uwagę, że L. L o r e n t z, na zasadzie pewnych hypotetycznych danych dowiódł, że $\frac{n^2-1}{d}$ powinno się powiększać przy obniżaniu temperatury t. j. jednocześnie ze współczynnikiem załamania (Pogg. Ann. 121. Str. 597).

²⁾ Zbyt wielkie zmiany, jakim podlegają w przytoczonej tablicy wartości $\frac{n-1}{d}$, $\frac{n^2-1}{d}$ i $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{1}{d}$ przy wysokich temperaturach, należy objaśnić niedostateczną już dokładnością wzoru (B) dla tych temperatur; wzór (B) otrzymałem na zasadzie doświadczeń, przeprowadzonych przy temperaturach pomiędzy 7° i 19° .

³⁾ Inaczej: $\frac{n_\infty-1}{d}$, $\frac{n_\infty^2-1}{d}$ i $\frac{n_\infty^2-1}{n_\infty^2+2} \cdot \frac{1}{d}$, ponieważ $n = A$ przy $\lambda = \infty$.

⁴⁾ Wied. Ann. Bd. 16. Str. 603.

szają poniekąd badacza zadawalniać się znacznie większymi (5° — 10° C) różnicami pomiędzy temperaturami oddzielnych doświadczeń.

3. Zestawiam w poniższej tablicy otrzymane przezemnie wartości współczynnika załamania światła benzolu dla promieni żółtych z rezultatami oznaczeń niektórych poprzednich badaczy:

t	n podług wzoru (A)	Gladstone i Dale ²⁾	v. d. Willigen ²⁾	Kundt ¹⁾	Prytz ³⁾
10,5	1,50725	1,4975			
15	1,50449			1,5002	
18	1,50290		1,49721		
21,2	1,50146				1,5000
21,3	1,50142		1,49089		
23	1,50077	1,4900			

Otrzymane przezemnie rezultaty dość dobrze zgadzają się z rezultatami nowszych badań Kundta i Prytza. Należy przypuszczać, że materiał, używany przez poprzednich badaczy, był niedostatecznie czysty.

Następująca tablica zawiera znowu zestawienie wartości gęstości benzolu, obliczonych według wzoru (B), z rezultatami oznaczeń innych badaczy:

t	n podług wzoru (B)	Adrienz ⁴⁾	Brühl ⁴⁾	Kopp ⁵⁾	Prytz ⁵⁾	Kundt ⁶⁾
0	0,9002	0,900				
18°	0,8820					0,8850
20°	0,8800		0,880			
21°3	0,8787	0,8781		0,8765	0,8785	

Warszawa,
Pracownia fizyczna Uniwersytetu Warszawskiego,
w listopadzie 1891 r.

1) Wied. Ann. Bd. 4—1878 r.

2) Landolt und Börnstein. Physikalisch-chemische Tabellen.

3) Wied. Ann. Bd. 11—1880 r. Str. 104.

4) Landolt und Börnstein: Physikalisch-chemische Tabellen.

5) Wied. Ann. Bd. 11—1880 r. Str. 104.

6) Wied. Ann. Bd. 4—1878 r.