

## LUCRAREA NR. 5

### DETERMINAREA INDICELUI DE REFRAȚIE AL UNUI LICHID CU REFRACTOMETRUL ABBE



#### **Tema lucrării:**

- 1) Determinarea indicelui de refracție, a numărului lui Abbe și a refracției moleculare a unor lichide organice.
- 2) Studiul variației indicelui de refracție a acetonei în funcție de temperatură .

#### **Aparate necesare:**

Refractometrul Abbe, termostat, lampă de microscopie, pipetă, substanțe.

## Considerații teoretice

În teoria electronică a dispersiei se definește refracția specifică prin formula:

$$r = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \times \frac{1}{d} \quad (5.1)$$

unde  $d$  reprezintă densitatea substanței iar  $n$  este indicele de refracție. Refracția specifică este o mărime caracteristică substanței și nu se modifică la schimbarea stării de agregare.

Mărimea care caracterizează atomul aflat într-un anumit tip de legătură chimică poartă denumirea de refracție atomică și este dată de relația

$$R_A = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \times \frac{A}{d} \quad (5.2)$$

$A$  fiind greutatea atomică.

Molecula este caracterizată de refracția moleculară, definită prin relația:

$$R_M = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \times \frac{M}{d} \quad (5.3)$$

unde  $M$  este greutatea moleculară.

Refracția atomică este o mărime aditivă. Astfel refracția moleculară se poate exprima ca suma refracțiilor atomice componente,

$$R_M = \sum_i k_i R_A^i \quad (5.4)$$

unde  $k_i$  este numărul de atomi de tipul  $i$  care intră în componența moleculei, iar  $R_A^i$  este refracția atomică a atomului  $i$ .

Tabelul de mai jos cuprinde refracțiile atomice corespunzătoare liniei D a sodiului, pentru diferiți atomi și tipuri de legături (atomii dintre paranteze indică numai felul legăturii).

Tabelul 5.1.

Atomul	$R_A(\frac{m^3}{kmol})$	Atomul	$R_A(\frac{m^3}{kmol})$
>C<	$2,418 \cdot 10^{-3}$	Cl-(C)	$5,967 \cdot 10^{-3}$
>C=	$3,284 \cdot 10^{-3}$	O=(C)	$2,211 \cdot 10^{-3}$
-C≡	$3,617 \cdot 10^{-3}$	(C)-O-(C)	$1,643 \cdot 10^{-3}$
H-	$1,100 \cdot 10^{-3}$	(C)-O-(H)	$1,525 \cdot 10^{-3}$

Dacă razele de lumină cad razant (fig. 5.1) pe suprafața ipotenuzei prisme ( $i_1 = 90^\circ$ ), unghiul de refracție în prismă este unghiul limită  $L$  pentru perechea de medii cu indici de refracție  $n_0$  și  $n$  (este necesar ca  $n < n_0$ ).

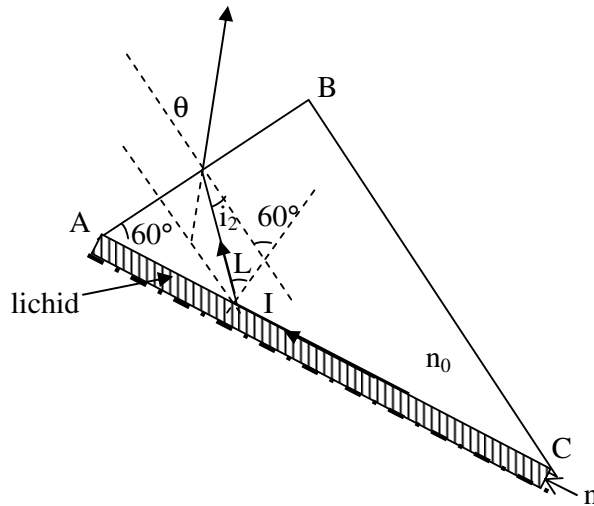


Fig. 5.1. Mersul razelor de lumină în prisma refractometrului Abbe

Din legea refracției:

$$L = \arcsin \frac{n}{n_0}. \quad (7.5)$$

Razele de lumină cad pe a doua față a prisme sub un unghi de incidență  $i_2$ , care are valoarea:

$$i_2 = 60^\circ - L \quad (7.6)$$

și ies din prismă sub unghiul de emergență  $\theta$ :

$$\sin \theta = n_0 \sin i_2. \quad (7.7)$$

Cunoscând valoarea lui  $n_0$  și măsurând unghiul  $\theta$  se poate calcula indicele de refracție  $n$  al substanței de măsurat, cu ajutorul formulelor (5.5)-(5.7), eliminând unghiurile  $i_2$  și  $L$ .

Refractometrul Abbe măsoară unghiul  $\theta$  și este gradat direct în valori ale indicelui de refracție  $n$ .

Schema de principiu a refractometrului Abbe este prezentată în fig. 5.2, unde  $A_1$  și  $A_2$  reprezintă cele două prisme Amici, restul dispozitivelor având aceleași semnificații ca în fig. 7.1.a, b.

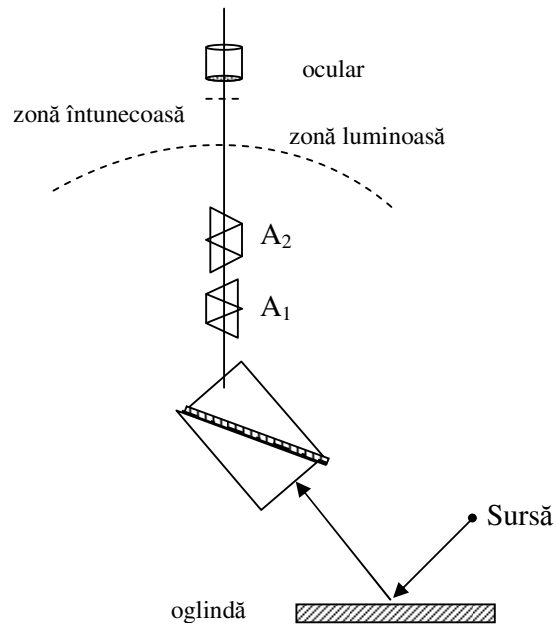


Fig. 5.2. Schema de principiu a refractometrului Abbe

Întrucât realizarea incidenței razante este dificilă, mediul de studiat se iluminează cu lumină difuză (prisma inferioară, identică cu prisma superioară are fața ipotenuză difuzantă). Astfel, în fasciculul incident există și raze care cad razant pe prisma superioară. Acestea sunt strânse pe o dreaptă ce delimitează o regiune luminoasă (unde ajung razele care cad pe prisma superioară sub un unghi de incidență mai mic de  $90^{\circ}$ ), de o regiune întunecată (unde nu mai ajung razele de lumină). Linia de separație dintre câmpul luminos și cel întunecat corespunde razelor emergente din prismă sub unghiul  $\theta$  determinat din relațiile (5.5)-(5.7).

Deoarece indicele de refracție variază cu lungimea de undă a luminii, unghiul  $\theta$  va fi diferit pentru diferite radiații. Prin urmare linia de separație dintre cele două câmpuri va fi colorată. La refractometre, această dispersie se compensează cu un sistem de prisme Amici ( $A_1$  și  $A_2$ ). Acestea sunt prisme cu viziune directă pentru linia D a sodiului.

Din unghiul de rotație al prismelor (care este indicat de numărul  $Z$  pe tamburul compensatorului) se poate calcula dispersia substanței de studiat. Astfel, deși se lucrează în lumină albă, aparatul permite citirea directă a indicelui de refracție pentru linia galbenă a sodiului ( $n_D$ ).

Pentru caracterizarea dispersiei diferitelor materiale se folosesc următorii indici de refracție standard:

$n_F$  – indicele de refracție corespunzător liniei albastre a hidrogenului ( $\lambda_F = 486,1 \text{ nm}$ ),

$n_D$  – indicele de refracție corespunzător liniei galbene a sodiului ( $\lambda_D = 589,3 \text{ nm}$ ),

$n_C$  – indicele de refracție corespunzător liniei roși a hidrogenului ( $\lambda_C = 656,3 \text{ nm}$ ).

Diferența  $n_F - n_C$  poartă numele de *dispersie medie*, iar raportul  $\frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$  este *dispersia relativă*. Inversul acestui raport se numește *numărul lui Abbe*:

$$V = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C} \quad (5.8)$$

Materialele mai dispersive se caracterizează printr-un număr Abbe mai mic.

## Mersul lucrării

### 1) Determinarea indicelui de refracție, a numărului Abbe și a refracției moleculare ale unor lichide organice

Se racordează sursa (lampa) și termostatul la rețea. Se pornește circuitul apei de răcire, reglând un debit mic al apei.

Se pornește termostatul de la butonul "pornit-oprit". Cu ajutorul butonului de reglaj, marginea superioară a indicatorului termometrului de contact se aduce la diviziunea "20" de pe scala termometrului. Dacă temperatura este sub valoarea stabilită astfel se conectează automat dispozitivul de încălzire a termostatului, situație indicată de aprinderea becului de control.

La atingerea temperaturii stabilite becul de control se stinge automat și se întrerupe dispozitivul de încălzire.

Valoarea constantă a temperaturii este asigurată de sistemul automat al termostatului, prin conectarea și deconectarea alternativă a dispozitivului de încălzire, indicată de becul de control.

Valoarea precisă a temperaturii se citește cu ajutorul termometrului atașat la prisma de măsură. În continuarea operațiilor preliminară se slăbește butonul de fixare al celor două prisme (de iluminare și de măsură) și se depărtează prismele. Suprafața prismelor se spală cu apă distilată, apoi cu alcool etilic. Când suprafețele s-au uscat

complet, se apropie prismele cu ajutorul butonului de fixare fără a se strânge complet. Cu ajutorul unei pipete se pun câteva picături din lichidul de studiat în orificiul dintre cele două prisme și apoi se strânge complet butonul.

Se aprinde lampa de microscopie și cu ajutorul oglinzii condensoare (situată în partea de jos a refractometrului) se orientează fasciculul luminos în direcția prismelor astfel încât să se observe lumină la ieșirea din prisma de măsură.

Privind prin ocular se pune la punct imaginea firelor reticulare cu ajutorul inelului de reglaj al ocularului. Apoi se caută domeniul de separație dintre câmpul luminos și cel întunecat, rotind tamburul mare din partea stângă a refractometrului. Dacă în câmpul ocularului se observă o figură neregulată, înseamnă că substanța nu a acoperit întreaga suprafață a prisme. În acest caz se mai pun câteva picături de lichid în orificiul dintre prisme, butonul de fixare fiind slăbit în prealabil. Se stânge din nou butonul de fixare și se urmărește linia de separație dintre câmpul luminos și cel întunecat, repetând operația de introducere a picăturilor de lichid de câte ori este nevoie, până când domeniul luminos și cel întunecat sunt separate printr-o linie dreaptă.

Linia de separație se decolorează prin rotirea tamburului mic din partea dreaptă a refractometrului. Se citește numărul  $Z$  corespunzător de pe tamburul gradat din spatele ocularului. Cu ajutorul tamburului mare din partea stanga a refractometrului se aduce încrucișarea firelor reticulare în suprapunere cu linia de separație.

Cu ajutorul ocularului din partea stângă se citește indicele de refracție  $n_D$  al lichidului pe scala din stânga a discului gradat cu precizia de  $10^{-3}$ .

Măsurătorile se repetă de cel puțin trei ori și se calculează valorile medii  $\bar{Z}$  și  $\bar{n}_D$  pentru lichidul respectiv (atenție la sensul în care este divizat tamburul ocularului). Aceleași operații experimentale se repetă pentru celelalte lichide organice de studiat.

Corespunzător valorilor  $\bar{Z}$  și  $\bar{n}_D$  determinate, se calculează dispersia medie,  $n_F - n_C$ , din tabelele 2a și 2b.

Valoarile  $A$  și  $B$  se determină în funcție de  $\bar{n}_D$ , dacă este cazul prin interpolare, iar în funcție de  $\bar{Z}$  se determină valoarea lui  $\sigma$ . Cu ajutorul formulei

$$n_F - n_C = A + \sigma B \quad (5.9)$$

se calculează dispersia medie, ținând cont de semnul lui  $\sigma$ .

Pentru valori ale lui  $\bar{Z}$  mai mici de 30,  $\sigma$  se ia cu semn pozitiv, iar pentru valori ale lui  $\bar{Z}$  mai mari de 30,  $\sigma$  se ia cu semn negativ.

Tabelele de dispersie pentru refractometrul Abbe

Tabelul 5.2.a

$n_D$	A	Diff. în $10^{-5}$	B	Diff. în $10^{-5}$	$n_D$
1,30	0,02471	-6	0,03183	-13	1,30
1,31	0,02465	-5	0,03170	-15	1,31
1,32	0,02460	-5	0,03155	-17	1,32
1,33	0,02455	-5	0,03138	-18	1,33
1,34	0,02450	-5	0,03120	-20	1,34
1,35	0,02445	-5	0,03100	-21	1,35
1,36	0,02440	-5	0,03079	-23	1,36
1,37	0,02435	-4	0,03056	-25	1,37
1,38	0,02431	-4	0,03031	-26	1,38
1,39	0,02427	-4	0,03005	-28	1,39
1,40	0,02423	-4	0,02977	-29	1,40
1,41	0,02419	-4	0,02948	-31	1,41
1,42	0,02415	-4	0,02917	-33	1,42
1,43	0,02412	-3	0,02884	-34	1,43
1,44	0,02409	-3	0,02850	-36	1,44
1,45	0,02406	-3	0,02814	-38	1,45
1,46	0,02403	-3	0,02776	-40	1,46
1,47	0,02400	-2	0,02736	-41	1,47
1,48	0,02398	-2	0,02695	-44	1,48
1,49	0,02396	-2	0,02651	-46	1,49
1,50	0,02394	-2	0,02605	-48	1,50
1,51	0,02392	-1	0,02557	-50	1,51
1,52	0,02391	-1	0,02507	-52	1,52
1,53	0,02390	0	0,02455	-54	1,53
1,54	0,02390	0	0,02401	-57	1,54
1,55	0,02390	0	0,02344	-60	1,55
1,56	0,02390	0	0,02284	-62	1,56
1,57	0,02390	+1	0,02222	-65	1,57
1,58	0,02391	+2	0,02157	-69	1,58
1,59	0,02393	+3	0,02088	-72	1,59
1,60	0,02395	+3	0,02016	-75	1,60
1,61	0,02398	+4	0,01941	-79	1,61
1,62	0,02401	+5	0,01862	-84	1,62
1,63	0,02405	+6	0,01778	-88	1,63
1,64	0,02410	+7	0,01690	-93	1,64
1,65	0,02416	+9	0,01597	-100	1,65
1,66	0,02423	+10	0,01497	-107	1,66
1,67	0,02432	+13	0,01390	-115	1,67
1,68	0,02442	+16	0,01275	-123	1,68
1,69	0,02455		0,01150	-157	1,69

Tabelul 5.2.b

Z	$\sigma$	Diff. în $10^{-3}$	Z
0	1,000	1	60
1	0,999	4	59
2	0,995	7	58
3	0,988	10	57
4	0,978	12	56
5	0,966	15	55
6	0,951	17	54
7	0,934	20	53
8	0,914	23	52
9	0,891	25	51
10	0,866	27	50
11	0,839	30	49
12	0,809	32	48
13	0,777	34	47
14	0,743	36	46
15	0,707	38	45
16	0,669	40	44
17	0,629	41	43
18	0,588	43	42
19	0,545	45	41
20	0,500	47	40
21	0,454	49	39
22	0,407	49	38
23	0,358	50	37
24	0,309	51	36
25	0,259	52	35
26	0,208	52	34
27	0,156	52	33
28	0,104	52	32
29	0,052	52	31
30	0,000		30

Cu ajutorul formulei (5.8) se calculează numărul lui Abbe pentru toate lichidele organice studiate la temperatura respectivă.

Folosind formula (5.4) și tabelul 5.1 se calculează valoarea teoretică a refracției moleculare.

Cu ajutorul relației (5.3) în care  $n = \bar{n}_D$  măsurat și folosind tabelul 5.3 se calculează valoarea experimentală obținută pentru refracția moleculară.



Tabelul 5.3

Substanța	Formula	$d_3$ (Kg/m <sup>3</sup> )	M (Kg/Kmol)
Acid acetic	CH <sub>3</sub> -COOH	1.049	60,03
Acetonă	CH <sub>3</sub> -CO-CH <sub>3</sub>	792	58,05
Alcool etilic	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> -OH	789	46,05
Alcool metilic	CH <sub>3</sub> -OH	792	32,04
Cloroform	CHCl <sub>3</sub>	1.483	119,38
Benzen	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	879	78,05
Eter etilic	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> -O-C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	716	74,077
Toluen	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -CH <sub>3</sub>	870	92,13
Xilol	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	850	106,16

Pentru fiecare substanță se calculează abaterea valorii experimentale față de cea teoretică cu ajutorul relației  $\Delta R_M = R_M^{teor} - R_M^{exp}$  și se exprimă procentual abaterea relativă  $\frac{\Delta R_M}{R_M^{exp}} \times 100\%$ , care este măsura concordanței între teorie și experiență.

Toate datele experimentale se trec în tabelul 5.4.

Tabelul 5.4

Subs.	Form.	$n_D$	$\bar{n}_D$	Z	$\bar{Z}$	$n_F - n_C$	$\nu$	$R_M^{teor}$	$R_M^{exp}$	$\Delta R_M$	$\frac{\Delta R_M}{R_M^{exp}} \%$

## 2) Studiul variației indicelui de refracție al acetonei în funcție de temperatură

Se determină indicele de refracție al benzenului la temperatura de 20<sup>0</sup>C prin procedeul cunoscut.

Cu termometrul de contact al termostatului se reglează temperatura, crescând din trei în trei grade, până la aproximativ 40<sup>0</sup>C (*atenție*: să nu se depășească temperatura de 40<sup>0</sup>C). Când temperatura s-a stabilizat, se citește valoarea indicelui de refracție  $n_D$  corespunzător. La fiecare temperatură determinările se repetă de trei ori și se calculează valoarea medie  $\bar{n}_D$  pentru temperatura respectivă. Rezultatele măsurătorilor se trec în tabelul 5.5.

Tabelul 5.5

t (°C)	$n_D$	$\bar{n}_D$

Se reprezintă grafic funcția  $\bar{n}_D = \bar{n}_D(t^0)$ .