

JOACHIM GMYREK  
Katedra Fizyki A

### O NIEKTÓRYCH WŁAŚCIWOŚCIACH AKUSTYCZNYCH SZEREGÓW HOMOLOGICZNYCH

Streszczenie. Poszukiwano związku między właściwościami akustycznymi szeregów homologicznych, a objętością własną cząstek. Stwierdzono istnienie pewnych prawidłowości, które wiążą średnicę cząstki z masą molową, siłami wiązania chemicznego w drobinie i konfiguracją przestrzenną grup funkcyjnych. Wnioski podano w postaci wykresów i tablic.

#### 1. WSTĘP

Istnieje - jak wiadomo - ścisły związek między budową chemiczną i właściwościami molekularnymi substancji a prędkością dźwięku. Wyrazem tych zależności są reguły sformułowane przez Parthasarathy'ego [1], Parshad'a [2] i innych autorów, którzy usiłowali przedstawić prędkość dźwięku jako funkcję masy molarowej, wielkości molekuly i gęstości ośrodka oraz innych własności molekularnych w postaci:

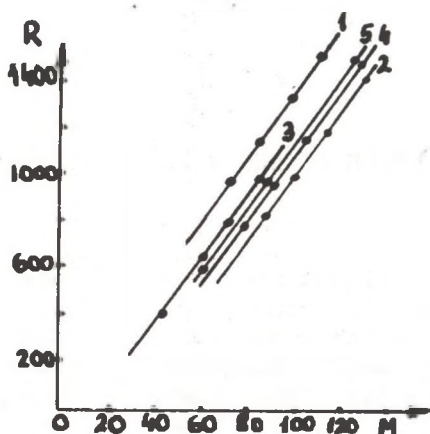
$$c = c (g_1, g_2, g_3 \dots g_i \dots) \quad (1.1)$$

gdzie  $g_1$  oznacza jakąś znaną i wzajemnie niezależną własność molekularną.

Znany jest też powszechnie związek podany przez RAO [3], [4] na tzw. prędkość molarną:

$$\frac{1}{c^3} \frac{M}{Q} = \text{const} \quad (1.2)$$

gdzie wartość stałą nazywa się prędkością molarną  $R$ . Na podstawie bardzo wielu pomiarów okazało się, że w szeregach homologicznych (szczególnie niezasocjowanych) cieczy organicznych jest ona liniową funkcją masy molowej:



Rys. 1. Zależność prędkości molarnej  $R$  od masy molowej  $M$

1 - parafiny, 2 - estry kwasu octowego, 3 - alkohole, 4 - węglowodory aromatyczne, 5 - ketony (wg. Kudriawcewa)

logicznych (szczególnie niezasocjowanych) cieczy organicznych jest ona liniową funkcją masy molowej:

$$R = A + B \cdot M \quad (1.3)$$

Spośród wielu empirycznych i teoretycznych reguł akustycznych, które sformułowano dla cieczy warto przytoczyć wyrażenie Schaaffsa [5]:

$$c = W \cdot \frac{B}{V} = W \cdot \rho \frac{\sum_i (z A_i)}{M} - \frac{\sum_i (z \alpha_i)}{\sum_i (z \alpha_i) + \sum_i (z A_i)} \quad (1.4)$$

gdzie  $W$  jest pewną empiryczną stałą,  $\rho$  - gęstością ośrodka  $M$  - masą molową,  $\sum_i (z A_i)$  - suma tzw. "zewnętrznych" udziałów atomowych, a  $\sum_i (z \alpha_i)$  - sumą "wewnętrznych" udziałów atomowych.

## 2. PRĘDKOŚĆ DŹWIĘKU A OBJĘTOŚĆ WŁASNA CZĄSTEK

Poniżej przedstawione będą próby wyjaśnienia liniowej zależności prędkości molarnej oraz równie prostej zależności prędkości akustycznej od masy molowej, podjęte przez autora niniejszej pracy. Próbowano znaleźć związek między objętością własną

cząstek a prędkością dźwięku w szeregach homologicznych i zinterpretować otrzymane wyniki budową strukturalną związków chemicznych.

Trzeba podkreślić, że średnica cząstki nie jest pojęciem jednoznacznie określonym, gdyż charakter chmury elektronowej otaczającej jądro cząstki powoduje, że ściśle określenie (matematyczne) przestrzeni zajmowanej przez nią nie jest możliwe. Dlatego też wartości średnic cząstek wyznaczone różnymi metodami, różnić się mogą ze sobą nie tylko ze względu na dokładność różnych metod, ale przede wszystkim dlatego, że każda metoda pomiarowa zawiera w sposób ukryty inną definicję średnicy.

Celem uniknięcia nieporozumień oznaczać będzie się średnicę wyznaczone przy pomocy odpowiedniej metody opatrując znak odpowiednim indeksem.

I tak średnicę wyznaczoną metodą:

- |                                    |                 |
|------------------------------------|-----------------|
| a) z parametrów krytycznych        | $(\delta_K)$    |
| b) z refrakcji molowej             | $(\delta_R)$    |
| c) gazokinetyczną                  | $(\delta_T)$    |
| d) z równania Lennarda-Jonesa      | $(\delta_o)$    |
| e) na podst. współczynnika dyfuzji | $(\delta_D)$    |
| f) akustyczną wg Schaaffsa         | $(\delta_{AS})$ |
| g) akustyczną wg Kuczery           | $(\delta_{AK})$ |

Ta ostatnia jest metodą, w której zakłada się, że propagacja fali akustycznej winna być traktowana jako transmisja impulsu między molekułami i wewnątrz samej molekuly oraz, że prędkość odpowiadająca odległościom międzycząsteczkowym w małym tylko stopniu zależy od temperatury, gdyż dno krzywej potencjału wzajemnego oddziaływania cząsteczek jest prawie płaskie.

Niezależnie od obranej metody wyznacza się jedynie jakąś "uśrednioną" średnicę, gdyż we wszystkich tych metodach przyjmuje się kształt cząstki zbliżony do kuli, substancję nieasocjującą i niepolarną.

Wykorzystując podane wyżej metody obliczono wartości średnicy cząstek dla całego szeregu substancji organicznych (szczególnie w szeregach homologicznych), które w temperaturze pokojowej (20°) są cieczami, a część wyników obliczeń podano w tablicach (1-8) i przedstawiono na wykresach (1-5).

### 3. WNIOSKI

We wszystkich przeliczonych, ok. stu przypadkach okazało się, że:

a) średnica cząstki nie jest wielkością addytywną i nie może być obliczana z udziałów poszczególnych atomów lub wiązań w drobinie. Przykłady rachunkowe zawarte są w tablicy (1). Wynika z niej między innymi, że długość łańcucha węglowodorowego przypadającego na 1 grupę  $-CH_2-$  maleje w miarę wydłużania się długości tego łańcucha.

Wyniki te pozostają w sprzeczności z panującymi na ogół poglądami. Tatjewski [6], Kurtz i Sankin [7] oraz inni autorowie podali nawet pewne empiryczne wzory na długość łańcucha pewnych związków organicznych, między innymi na długość łańcucha n-parafiny o n-atomach węgla:

$$l = 1,27 n + 2 \text{ \AA} \quad (3.1)$$

Tablica 1

Rodzaj substancji	$\delta_{AK}$ Å	Udz. grupy $-CH_2-$ Å	$\delta_R$ Å	Udz. grupy $-CH_2-$ Å	$\delta_K$ Å	Udz. grupy $-CH_2-$ Å
n-pentan	5,12	-	4,31	-	4,88	-
n-heksan	5,39	0,027	4,56	0,25	5,18	0,30
n-heptan	5,60	0,121	4,79	0,23	5,42	0,24
n-oktan	5,80	0,20	5,01	0,22	5,74	0,32
n-nonan	5,99	0,19	5,20	0,19	5,96	0,22
n-dekan	6,16	0,17	5,37	0,17	6,19	0,23
n-undekan	-	-	5,52	0,15	6,40	0,21
n-dodekan	6,50	0,17	5,67	0,15	6,57	0,17
n-tridekan	-	-	5,84	0,14	6,75	0,18
n-tetradekan	6,82	0,16	6,00	0,16	6,95	0,20

przy czym część długości łańcucha cząstki przypadająca na 1-grupę  $-CH_2-$  przyjmuje się za stałą i równą:

$$1,54 \cdot \sin \frac{109^{\circ}28'}{2} = 1,27 \text{ Å} \quad (3.2)$$

Dane przedstawione w tablicy (1) wskazują wyraźnie na bardzo gruby charakter przybliżenia stosowanego w równaniu (3.1), gdyż jak widać różne metody wyznaczania średnicy dają ten sam rezultat - zmniejszanie się udziału grupy  $-CH_2-$  ze wzrostem długości łańcucha. Teoretyczne wyjaśnienie tego stanu rzeczy nie będzie zapewne sprawą prostą.

b) Rozgałęzienie łańcucha powoduje zmniejszenie średnicy cząstki, ale wpływ rozgałęzienia jest niewielki i bardzo często leży poniżej granicy błędu popełnionego przy wyznaczeniu średnicy. Przykłady podano w tablicy 2.

Tablica 2

Rodzaj substancji	$\delta_R$ Å	$\delta_K$ Å	$\delta_T$ Å	$\delta_o$ Å
n-pentan	4,31	4,88	7,71	5,68
izopentan	4,32	4,85	7,57	5,64
n-heksan	4,56	5,18	8,26	5,98
izoheksan	4,56	5,14	-	-
n-heptan	4,79	5,42	8,90	6,45
2,2,3-trójmetylobutan	4,78	5,26	8,71	6,24

c) Wprowadzenie podwójnego wiązania zmniejsza średnicę cząstki w stosunku do średnicy analogicznego związku nasyconego o kilka setnych Å, ale względna średnica odniesiona do jednostki masy molowej jest tylko minimalnie mniejsza. Zatem wpływ jednego wiązania podwójnego jest nieznaczny<sup>x)</sup>.

Przykłady podano w tablicy 3.

x) Podkreślić trzeba wyraźnie, że wnioski te dotyczą średnicy cząstki wyznaczonej pewną określoną metodą. Jeśli stwierdza się, brak istotnych zmian rozmiarów średnicy przy przejściu od węglowodorów nasyconych do nienasyconych, to stwierdza się ten fakt w zakresie stosowania tej samej metody. Średnice cząstek wyznaczone różnymi metodami nie są porównalne.

Tablica 3

Rodzaj substancji	$\delta_{AK}$ Å	$\delta_R$ Å
n-heptan	5,60	4,79
n-hepten 1	5,56	4,76
n-oktan	5,80	5,01
n-oktēn 1	5,76	4,98

d) Konfiguracja przestrzenna odgrywa również pewną rolę i wpływa na rozmiary molekuł, lecz charakter oddziaływania jest b. skomplikowany i trudny do uchwycenia, gdyż wpływ ułożenia przestrzennego cis lub trans (ewentualnie zmiany położenia podwójnego wiązania w łańcuchu) jest niewielki i leży przeważnie poniżej dokładności metody wyznaczania.

Wydaje się prawdopodobnym, że średnica cząstki jest większa gdy podwójne wiązania  $>C = C<$  jest daleko od końca łańcucha, aniżeli gdy jest ono bliżej końca (mniejszy wpływ tego wiązania na oddziaływania molekularne).

Np. n-penten 1  $\delta_R = 4,29 \text{ \AA}$   $\delta_o = 5,65 \text{ \AA}$



n-penten 2  $\delta_R = 4,31 \text{ \AA}$   $\delta_o = 5,68 \text{ \AA}$



e) Węglowodory cykliczne (zamknięcie łańcucha w pierścień), a tymbardziej aromatyczna (obecność w pierścieniu 3 podwójnych wiązań) mają średnicę, wyliczoną różnymi metodami, znacznie mniejszą od średnicy analogicznej parafiny o zbliżonej masie drobinowej. Przykłady podano w tablicy 4.

Tablica 4

Rodzaj substancji		$\delta_{AK}$ Å	$\delta_R$ Å	$\delta_K$ Å	$\delta_{AS}$ Å
n-heksan	$C_6H_{14}$	5,39	4,56	5,18	4,47
cykloheksan	$C_6H_{12}$	5,08	4,46	4,82	4,20
benzen	$C_6H_6$	4,80	4,36	4,58	3,96

f) Obecność grup funkcyjnych w cząstce zmienia w sposób bardzo wyraźny jej wymiary; natomiast w wypadku dwupodstawnych pochodnych, położenie obu grup funkcyjnych względem siebie nie daje zauważalnych - leżących powyżej dokładności oznaczania - różnic dla położzeń orto, meta i para. Przykłady w tablicy 5.

Tablica 5

Rodzaj substancji	$\sqrt[3]{M}$ [g/mol] <sup>1/3</sup>	$\delta_{AK}$ Å	$\delta_{AS}$ Å	$\delta_K$ Å	$\delta_R$ Å
1	2	3	4	5	6
benzen - $C_6H_6$	4,274	4,80	4,96	4,58	4,36
fluorobenzen - $C_6H_5F$	4,580	4,85	-	4,67	4,37
chlorobenzen - $C_6H_5Cl$	4,828	4,97	4,16	4,86	4,62
bromobenzen - $C_6H_5Br$	5,397	5,04	4,23	4,95	4,75
jodobenzen - $C_6H_5J$	5,887	5,10	-	4,98	4,86
nitrobenzen - $C_6H_5NO_2$	4,976	4,93	4,08	-	4,70
anilina - $C_6H_5NH_2$	4,532	4,83	4,03	4,77	4,59
o-		5,30	-	5,19	4,86
m-ksylen- $CH_3C_6H_4CH_3$	4,738	5,30	4,43	5,20	4,85
p-		5,34	-	5,24	4,85
o-		5,04	4,28	-	4,84
m-toluidyna- $CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot NH_2$	4,750	5,02	4,27	-	4,85



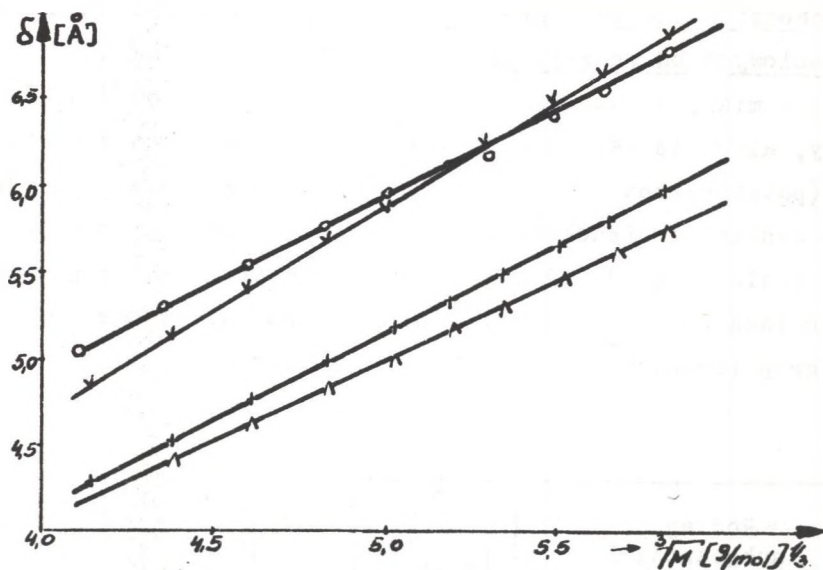
g) Zachodzi silna zależność średnicy cząstek o zbliżonych masach molowych od rodzaju grupy funkcyjnej, przy czym średnica maleje w miarę przechodzenia od parafin poprzez olefiny, etery, ketony, alkohole nasycone do kwasów i estrów kwasów tłuszczowych (patrz wykres 5). Różnice są znacznie większe, niż mogłoby to wynikać z niedokładności metody i wiąże się prawdopodobnie z wielkością deformacji powłoki elektronowej przy rozmaitych siłach wiązania między atomami w drobinie w obecności różnych grup funkcyjnych. Przykłady w tabelicy 6.

Tabela 6

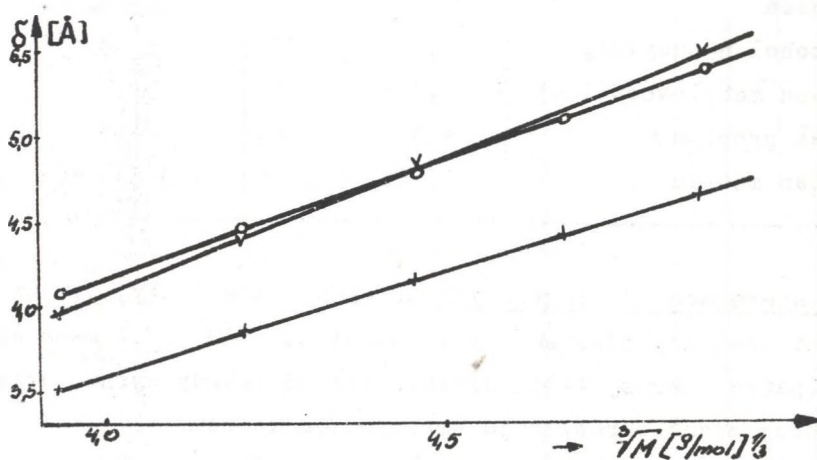
Rodzaj substancji	$\sqrt[3]{M}$ [g/mol] <sup>1/3</sup>	$\delta_{AK}$ Å	$\delta_{AS}$ Å	$\delta_K$ Å	$\delta_R$ Å
n-pentan	4,163	5,12	4,20	4,88	4,31
n-penten 1	4,124	-	-	4,85	4,29
eter dwuetylowy	4,200	4,95	4,10	4,75	4,16
benzen	4,274	4,80	3,96	4,58	4,36
alkohol n-butyłowy	4,201	4,79	3,99	4,55	4,14
keton metyloetoetyłowy	4,162	4,71	-	-	4,04
kwas propionowy	4,199	4,60	-	4,55	3,82
octan metylu	4,200	4,52	3,77	4,46	3,82

h) W szeregach homologicznych obserwuje się stały, liniowy wzrost średnicy cząstek w zależności od  $\sqrt[3]{M} / M$  - masa molarowa, (patrz wykresy 1-4). Niezależnie od metody wyznaczania średnicy można określić ją empirycznym wzorem:

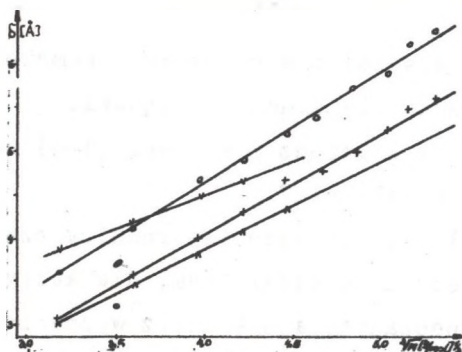
$$\delta = A + B \sqrt[3]{M} \quad (3.3)$$



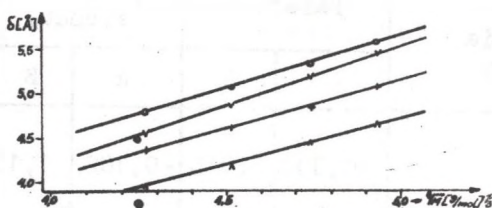
Wykres 1: Zależność średnicy od masy molowej dla parafin  
 o - śr. akustyczna, v - śr. krytyczna, + śr. z refrakcji,  $\wedge$  -  
 śr. akustyczna wg Schaaffsa



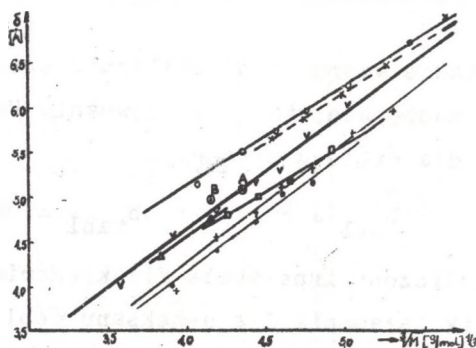
Wykres 2: Zależność średnicy od masy molowej dla estrów.  
 o - śr. akustyczna, v - śr. krytyczna, + - śr. z refrakcji



Wykres 3: Zależność średnicy od masy molowej dla alkoholi  
 o - śr. akustyczna, + - śr. z refrakcji, ^ - śr. akustyczna wg. Schaaffsa, v - śr. krytyczna



Wykres 4: Zależność średnicy od masy molowej dla węglowodorów aromatycznych  
 o - średnica akustyczna, + - średnica z refrakcji, v - średnica krytyczna, ^ - śr. akustyczna wg Schaaffsa



Wykres 5: Zależność średnicy akustycznej od masy molowej  
 o-o-parafiny, x-x-x-definy, v-v-v-alkohole, □-□-□-węglow. aromat., ⊗A - cykloheksan, ⊙B - eter dwuetylowy, △-△-△-ketony, +++ kwasy tłuszczowe, — estry

gdzie A i B stałe zależne od szeregu homologicznego i od metody, jaką wyznacza się średnicę cząstki.

Stałe A i B wyznaczone z wykresu (1-4) mają następujące wartości podane w tabelicy 7.

Okazuje się możliwym wyznaczenie średnicy cząstek dla takich substancji w szeregu homologicznym, dla których brak jest danych do ich wyznaczania, a z kolei z wyznaczonej średnicy można obliczyć brakujące dane fizyko-chemiczne.

Tabela 7

Metoda wyznaczania średnicy	Parafiny		Węglowodory aromat.		Alkohole nasycone	
	A	B	A	B	A	B
akustyczna wg Kuczery	+0,890	1,015	-0,102	1,15	-0,475	1,260
akustyczna wg Schaaffsa	+0,575	1,075	-0,425	1,025	-1,680	1,465
z parametrów krytycznych	-0,395	1,26	-0,895	1,27	+1,320	0,765

Np. na podstawie wzoru (3.3) obliczono średnicę krytyczną dla propanu, a następnie stałą b równania Van der Waalsa. Wyniki są zgodne dla wielu substancji.

$$b_{obl} = 84,1 \quad b_{tabl} = 84,5$$

Analogicznie obliczone inne stałe fizykochemiczne:

Np. współczynnik załamania dla n-heksanu  $\nu_{obl} = 1,368$   $\nu_{tabl} = 1,375$  wartość stałej RaO dla n-oktanu

$$\frac{1}{c} \frac{dc}{dt} \bigg|_{\frac{1}{v}} \cdot \frac{dv}{dt} \quad obl = 2,97 \quad tabl = 3,06 \text{ itd.}$$

## 4. ZESTAWIENIE WYNIKÓW

W poszukiwaniu związku między własnościami akustycznymi szeregów homologicznych a objętością własną cząstek cieczy organicznych stwierdzono pewne prawidłowości, które można sformułować następująco:

- Średnica cząstki w szeregu homologicznym nie jest wielkością addytywną, ale jest prostą, liniową funkcją masy molowej.
- Średnica cząstek o zbliżonych masach molowych jest zależna od rodzaju grup funkcyjnych występujących w cząstce i tym samym funkcją sił wiązania chemicznego w drobinie.
- Konfiguracja przestrzenna grup funkcyjnych wywiera pewien wpływ na wielkość drobin, ale wpływ ten jest niewielki.

Tablica 8

Wielkości średnicy cząstek cieczy w temperaturze 20°C

Rodzaj substancji	$\sqrt[3]{M}$ [g/mol] <sup>1/3</sup>	$\delta_R$ Å	$\delta_K$ Å	$\delta_{AS}$ Å	$\delta_{AK}$ Å	$\delta_T$ Å	$\delta_O$ Å	$\delta_D$ Å
1	2	3	4	5	6	7	8	9
n-pentan	4,163	4,31	4,88	4,20	5,12	7,71	5,68	-
n-heksan	4,418	4,56	5,18	4,47	5,39	8,26	5,98	-
n-heptan	4,64 <sup>B</sup>	4,79	5,42	4,68	5,60	8,90	6,45	-
n-oktan	4,852	5,01	5,74	4,86	5,80	9,65	6,85	-
n-nonan	5,043	5,20	5,96	5,03	5,99	1,28	7,19	-
n-dekan	5,220	5,37	6,19	5,19	6,16	-	-	-
n-undekan	5,387	5,52	6,40	5,35	-	-	-	-
n-dodekan	5,553	5,67	6,57	5,49	6,50	-	-	-
n-tridekan	5,692	5,84	6,75	5,62	-	-	-	-
n-tetradekan	5,832	6,00	6,95	5,77	6,82	-	-	-

## 4. ZESTAWIENIE WYNIKÓW

W poszukiwaniu związku między własnościami akustycznymi szeregów homologicznych a objętością własną cząstek cieczy organicznych stwierdzono pewne prawidłowości, które można sformułować następująco:

- Średnica cząstki w szeregu homologicznym nie jest wielkością addytywną, ale jest prostą, liniową funkcją masy molowej.
- Średnica cząstek o zbliżonych masach molowych jest zależna od rodzaju grup funkcyjnych występujących w cząstce i tym samym funkcją sił wiązania chemicznego w drobinie.
- Konfiguracja przestrzenna grup funkcyjnych wywiera pewien wpływ na wielkość drobin, ale wpływ ten jest niewielki.

Tablica 8

Wielkości średnicy cząstek cieczy w temperaturze 20°C

Rodzaj substancji	$\sqrt[3]{M}$ [g/mol] <sup>1/3</sup>	$\delta_R$ Å	$\delta_K$ Å	$\delta_{AS}$ Å	$\delta_{AK}$ Å	$\delta_T$ Å	$\delta_O$ Å	$\delta_D$ Å
1	2	3	4	5	6	7	8	9
n-pentan	4,163	4,31	4,88	4,20	5,12	7,71	5,68	-
n-heksan	4,418	4,56	5,18	4,47	5,39	8,26	5,98	-
n-heptan	4,645	4,79	5,42	4,68	5,60	8,90	6,45	-
n-oktan	4,852	5,01	5,74	4,86	5,80	9,65	6,85	-
n-nonan	5,043	5,20	5,96	5,03	5,99	1,28	7,19	-
n-dekan	5,220	5,37	6,19	5,19	6,16	-	-	-
n-undekan	5,387	5,52	6,40	5,35	-	-	-	-
n-dodekan	5,553	5,67	6,57	5,49	6,50	-	-	-
n-tridekan	5,692	5,84	6,75	5,62	-	-	-	-
n-tetradekan	5,832	6,00	6,95	5,77	6,82	-	-	-

cd. tablicy 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
n-pentadekan	5,966	6,13	7,12	-	-	-	-	-
n-heksadekan	6,094	6,25	7,30	-	7,12	-	-	-
izopentan	4,163	4,32	4,85	-	5,05	7,57	5,64	-
izoheksan	4,418	4,56	5,14	-	-	-	-	-
2,2,3 trójmetylobutan	4,645	4,78	5,26	-	-	8,71	6,24	-
n-penten 1(amylen)	4,124	4,29	5,26	-	-	-	5,65	-
izoamylen	4,124	4,29	4,79	-	-	7,42	5,59	-
n-penten 2(cis)	4,124	4,31	-	-	-	7,60	5,68	-
n-heksen 1	4,384	4,53	-	-	-	-	-	-
n-hepten 1	4,613	4,76	-	-	5,56	-	-	-
n-okten 1	4,823	4,98	-	-	5,76	-	-	-
n-nonen 1	5,017	5,16	-	-	5,93	-	-	-
n-decen 1	5,196	5,34	-	-	6,10	-	-	-
n-undecen 1	5,363	5,50	-	-	6,31	-	-	-
n-tridecen 1	5,670	5,82	-	-	6,64	-	-	-
n-pentadecen 1	5,948	6,10	-	-	6,94	-	-	-
cykloheksan	4,382	4,46	4,82	4,20	5,08	7,94	5,60	6,70
benzen	4,274	4,36	4,58	3,96	4,80	7,50	5,16	6,40
toluen	4,514	4,62	4,88	4,20	5,05	8,16	5,68	-
etylobenzen	4,738	4,85	5,10	4,44	5,32	-	-	-
o-ksylen	4,738	4,86	5,19	-	5,30	-	-	-
m-ksylen	4,738	4,85	5,20	4,43	5,30	-	-	-
p-ksylen	4,738	4,85	5,24	-	5,34	-	-	-
n-propylobenzen	4,935	5,04	5,45	-	-	-	-	-
kumen	4,935	5,05	5,44	4,64	-	-	-	-
mezytylen	4,935	5,08	5,39	-	8,87	8,81	6,41	-
fluorobenzen	4,580	4,37	4,67	-	4,85	-	-	-

cd. tablicy 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
chlorobenzen	4,828	4,62	4,86	4,16	4,97	-	-	-
bromobenzen	5,397	4,75	4,95	4,23	5,04	-	-	-
jodobenzen	5,887	4,86	4,98	-	5,10	-	-	-
nitrobenzen	4,976	4,70	-	4,08	4,93	-	-	-
anilina	4,532	4,59	4,77	4,03	4,83	-	-	-
p-chlorotoluen	5,021	4,86	-	-	5,26	-	-	-
o-bromotoluen	5,550	4,96	-	-	5,30	-	-	-
m-krezol	4,764	4,71	5,04	4,23	4,98	-	-	-
o-nitrotoluen	5,158	4,92	-	5,39	5,22	-	-	-
o-toluidyna	4,750	4,84	-	4,28	5,04	-	-	-
m-toluidyna	4,750	4,85	-	4,27	5,02	-	-	-
anizol	4,764	4,71	5,02	4,26	-	-	-	-
alk. benzyłowy	4,764	4,75	-	4,21	4,97	-	-	-
chlorek metylenu	4,397	3,73	-	-	4,24	6,60	4,76	-
chloroform	4,924	4,09	4,35	3,81	4,54	7,12	5,12	5,40
bromoform	6,324	4,56	-	3,96	4,70	-	5,40	-
czterochlorek węgla	5,358	4,38	4,65	4,05	4,84	7,70	5,50	6,21
chlorek n-butylu	4,523	4,33	-	-	5,00	-	-	-
bromek n-butylu	5,155	4,48	-	-	5,09	-	-	-
jodek n-butylu	5,688	4,74	-	-	5,12	-	-	-
n-butyloamina	4,182	4,20	-	-	-	6,86	5,66	-
izobutyloamina	4,182	4,22	-	-	-	6,63	5,51	-
eter dwuetyłowy	4,200	4,16	4,75	4,10	4,95	7,44	5,49	5,80
eter etylowo- propylowy	4,450	4,41	5,04	-	-	7,38	5,90	-
eter dwupropylowy	4,676	4,69	-	-	-	8,20	6,30	-
dioksan 1,3	4,450	4,09	-	-	4,82	-	-	-
aceton	3,874	3,70	4,28	3,65	4,40	7,05	4,98	5,00



cd. tablicy 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
keton metylowo-etylowy	4,417	4,32	-	-	-	-	-	-
mrówczan metylu	3,915	3,47	4,06	-	4,03	6,25	4,66	-
mrówczan etylu	4,200	3,84	4,45	-	4,48	-	5,24	-
mrówczan n-propylu	4,450	4,15	4,78	-	4,81	-	5,60	7,16
mrowczan n-butylu	4,675	4,43	4,90	-	5,20	8,03	5,85	-
octan metylu	4,200	3,82	4,46	3,77	4,52	7,20	5,25	6,39
octan etylu	4,450	4,15	4,82	4,07	4,84	7,78	5,65	7,30
octan n-propylu	4,675	4,41	5,05	-	5,19	8,06	5,83	8,03
octan n-butylu	4,880	4,65	5,28	-	5,37	-	-	-
octan izobutylu	4,880	-	5,26	-	-	8,07	5,96	8,15
alk. metylowy	3,176	2,96	3,76	2,96	3,56	5,30	3,87	4,74
alk. etylowy	3,600	3,46	4,06	3,38	4,07	6,11	4,32	5,84
alk. n-propylowy	3,917	3,81	4,32	3,71	4,49	7,00	5,05	6,62
alk. n-butylowy	4,201	4,14	4,55	3,99	4,79	-	5,34	7,31
alk. n-amylowy	4,450	4,49	-	4,24	5,10	-	-	8,06
alk. n-heksylowy	4,676	4,65	-	-	5,37	-	-	8,97
alk. n-heptylowy	4,880	4,86	-	-	5,66	-	-	-
alk. n-oktylowy	5,069	5,09	-	-	5,86	-	-	-
alk. n-nonylowy	5,244	5,34	-	-	6,19	-	-	-
alk. n-decylowy	5,410	5,52	-	-	6,40	-	-	-
alk. izopropylowy	3,917	3,82	4,26	3,74	4,54	6,95	4,97	-
alk. izobutylowy	4,201	4,13	4,50	3,99	4,78	-	5,30	7,23
alk. butylowy tert.	4,201	4,13	-	4,02	4,81	-	4,99	-
alk. izoamylowy	4,450	4,49	-	4,23	5,00	-	-	-
gliceryna	4,516	4,02	-	3,64	4,25	-	-	-

cd. tablicy 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
kwas mrówkowy	3,584	2,99	-	-	-	-	-	4,67
kwas octowy	3,926	3,44	4,40	3,38	4,06	7,02	4,39	5,45
kwas propionowy	4,199	3,82	4,55	-	4,60	-	4,82	6,39
kwas masłowy	4,450	4,14	-	-	4,90	-	4,88	7,45
kwas walerianowy	4,676	4,40	-	-	5,20	-	-	-
kwas kapronowy	4,880	4,64	-	-	5,47	-	-	-
kwas enantowy	5,068	4,86	-	-	5,74	-	-	-
kwas kaprylowy	5,244	5,08	-	-	5,93	-	-	-
kwas pelargonowy	5,410	5,25	-	-	-	-	-	-
dwusiarczek węgla	4,238	4,07	4,94	3,44	4,05	6,46	4,67	5,89
woda	2,621	2,28	2,89	2,27	3,22	4,59	3,14	3,73

Wpłynęło do Redakcji dn. 24.XI.67 r.

## LITERATURA

- [1] Parthasarathy - Proc. Indian. Acad. Sci. (A) 2, 497-511 (1935).
- [2] Parshad - Nature 156, 637 (1945).
- [3] Rao R. - Indian J. Physics 14, 109 (1941).
- [4] Rao R. - J. Chem. Physics 9, 682-685 (1941).
- [5] Schaaffs - Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften t. 25 (1951).
- [6] Tatjewski - Chimiczeskije strojenije uglierodow Moskwa (1953).
- [7] Kurtz, Sankin - Ind. Eng. Chem. 46, 2186 (1954).
- [8] Kuczera - Proc. of. Vibrations Problems 3,6 (1965).

- [9] Kuczera - Akustyka molekularna i nieliniowa. Warszawa (1965).
- [10] Schaaffs - Molekularakustik. Berlin (1963).
- [11] Kudriawcew - Primienienije ultraakusticzeskich metodow. Moskwa (1952).
- [12] Bergman - Ultrazwuk. Moskwa (1956).
- [13] Nozdriew - Primienienije ultraakustyki. Moskwa (1958).

#### О НЕКОТОРЫХ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ГОМОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ

##### Р е з ю м е

Исследовано связи между акустическими свойствами гомологических рядов а собственным объёмом частиц. Доказано некоторые зависимости, которые связывают диаметр частицы с молекулярной массой, силами химической связи и пространственной конфигурации функциональных групп.

Результаты предложено в форме рисунков и таблиц.

#### SOME ACOUSTIC PROPERTIES OF HOMOLOGICAL SERIES

##### S u m m a r y

The relationship between the acoustic properties of homological series and the real volume of particles have been sought. The existence of certain regularities which combine the diameter of particle with molecular mass, kind of chemical forces, and space configuration of groups, have been proved. Results are given in diagrams and tables.