

## Odkrycie anizotropii lepkości w ciekłych kryształach

Jerzy Bartke

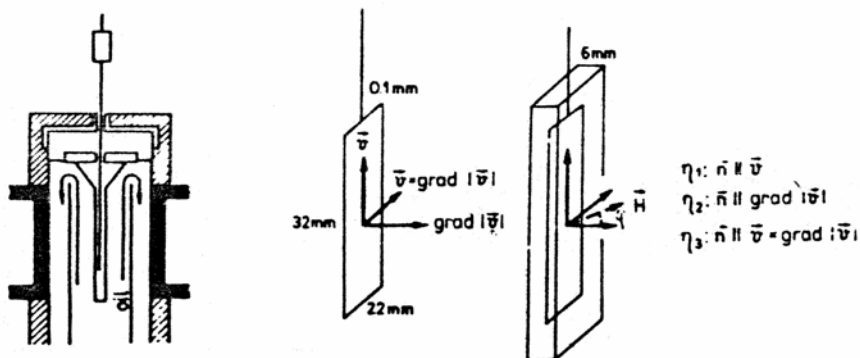
Instytut Fizyki Jądrowej PAN

Niektóre ciecze organiczne, zawierające cząsteczki o wydłużonym kształcie, wykazują własności anizotropowe podobne do własności kryształów jednoosiowych, przy jednoczesnym zachowaniu płynności. Ciecze takie nazywamy ciekłymi kryształami\*. Faza ciekło-kryształiczna zanika przy pewnej temperaturze, charakterystycznej dla danej cieczy, powyżej której występuje już zwykła faza ciekła. Anizotropia własności ciekłych kryształów jest wynikiem uporządkowania cząsteczek – w najprostszej fazie ciekło-kryształicznej, tzw. fazie nematicznej, cząsteczki cieczy ułożone są równoległe względem siebie.

Anizotropowe własności optyczne ciekłych kryształów (dwójłomność, selektywne odbicie i załamanie światła) były znane od dawna i znalazły szerokie zastosowania praktyczne (wskaźniki różnych przyrządów pomiarowych, ekrany komputerowe i telewizyjne). Równoległe uporządkowanie cząsteczek powinno jednak także powodować anizotropię innych własności fizycznych – np. lepkości. Pierwsze pomiary zależności lepkości cieczy ciekło-kryształicznych od kierunku ułożenia cząsteczek nie dały jednak jednoznacznego rezultatu.

W latach 1934–1936 badaniem lepkości cieczy ciekło-kryształicznych zajął się Marian Mięśowicz, pracujący wówczas w katedrze fizyki Akademii Górniczej w Krakowie.

Zrozumiał on, że przyczyną niepowodzenia wcześniejszych pomiarów była konkurencja dwóch czynników wpływających na ułożenie cząsteczek: zewnętrznego pola magnetycznego używanego jako czynnik orientujący cząsteczki, oraz szybkiego przepływu cieczy w kapilarze pomiarowej, i skonstruował urządzenie wolne od tej wady. Schemat tego urządzenia pokazany jest na rys. 1.



Rys. 1

Cienka płytką szklaną o wymiarach podanych na rysunku zanurzona była w płaskim prostopadłościennym naczyniu zawierającym badaną ciecz. Naczynie umieszczone było w termostacie olejowym pozwalającym na utrzymanie dokładnie ustalonej temperatury. Płytką zawieszona była na nici kwarcowej na ramieniu wagi analitycznej i mogła być wprowadzona w oscylacje w płaszczyźnie pionowej. Amplituda oscylacji wynosiła ok. 3 mm, a okres ok. 5 s, gradient prędkości w cieczy miał zatem bardzo małą wartość. Współczynnik lepkości wyznaczano z tłumienia oscylacji płytki. Cały układ umieszczony był w polu magnetycznym o natężeniu do 8 kOe, o kierunku poziomym, tzn. prostopadłym do gradientu prędkości (porównaj rysunek). Kąt pomiędzy kierunkiem pola magnetycznego i normalną do płaszczyzny płytki mógł być zmieniany w granicach od 0 do 90 stopni.

Okazało się, że w zależności od orientacji cząsteczek w stosunku do kierunku prędkości cieczy i gradientu tej prędkości otrzymuje się różne wartości współczynnika lepkości.

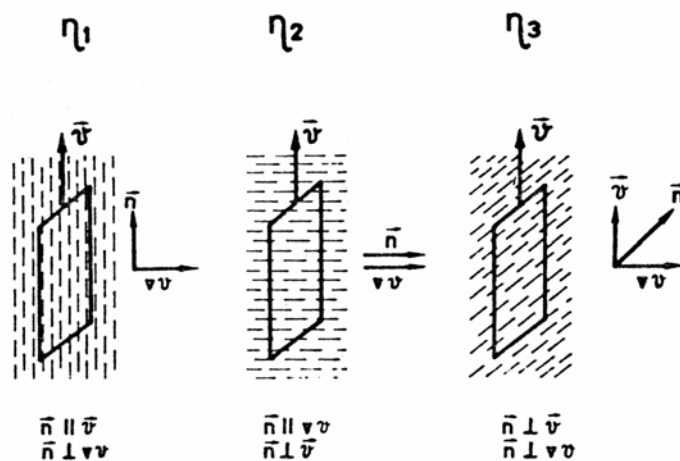
Dla opisu tej sytuacji Mięśowicz wprowadził trzy współczynniki lepkości:

$\eta_1$  – cząsteczki ustawione równolegle do kierunku prędkości cieczy

$\eta_2$  – cząsteczki ustawione równolegle do gradientu prędkości

$\eta_3$  – cząsteczki ustawione prostopadle do kierunku prędkości i do jej gradientu.

Definicje te ilustruje rys. 2.



Rys. 2

Mięśowicz zaobserwował też zależność  $\eta_1 < \eta_3 < \eta_2$ .

Wstępna publikacja na ten temat ukazała się w prestiżowym czasopiśmie *Nature* w roku 1935, zaś pełne wyniki dla dwóch różnych cieczy: p-azoksyanizolu i p-azoksyfenetolu, ukazały się w tymże czasopiśmie już po wojnie, w roku 1946.

Wprowadzone przez Mariana Mięśowicza trzy współczynniki lepkości dla cieczy ciekło-krystalicznych weszły na trwałe do literatury przedmiotu i są cytowane w monografiach naukowych dotyczących ciekłych kryształów pod nazwą „współczynników lepkości Mięśowicza”.

Tabela wyników Mięśowicza z pracy opublikowanej w *Nature* z 1946 roku

Substancja i temperatura	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$
p-azoksyanizol 122°C	0,024 ± 0,0005	0,092 ± 0,004	0,034 ± 0,003
p-azoksyfenetol 144,4°C	0,013 ± 0,0005	0,083 ± 0,004	0,025 ± 0,003

---

\* *Ciekłe kryształy*, Joanna Janik, *Foton* 94, 2006, str. 4.