



W. BIERNACKI.

Prosty sposób demonstrowania podwójnego załamania światła w cieczach odkształcanych.

Podwójne załamanie światła w cieczach odkształcanych badane bywa zwykle w sposób, podany przez Maxwella¹⁾. Ciecz badana wypełnia przestrzeń pomiędzy dwoma walcami spłósiowemi. Jeden wałek pozostaje nieruchomy, drugi zaś kręci się dokoła wspólnej osi. Ciecz, przylegająca do walca nieruchomego, pozostaje w spoczynku, warstwa cieczy; przylegająca do walca obracającego się, kręci się wraz z nim. Wszystkie cząsteczki cieczy, umieszczonej pomiędzy walcami, zakresłają drogi kołowe ze środkami na wspólnej osi, z prędkością tem większą, im bliżej znajdują się powierzchni walca ruchomego. Prędkość przeto każdej cząsteczki jest prostopadła do przechodzącego przez nie promienia. Jeżeli ciecz posiada sprężystość postaci, w takim razie w każdym elemencie objętości podczas ruchu opisanego ulega ona ciśnieniu i napięciu, które (wzajemnie prostopadłe) tworzą kąt, mówiąc wogóle, 45° z kierunkiem prędkości, a więc i z promieniem miejsca danego. Spółczynnik załamania światła cieczy zależy od jej gęstości. Jeśli gęstość cieczy ulega zmianom wskutek zmian ciśnienia, przyjąć można:

$$\frac{n-1}{d} = \text{const},$$

¹⁾ Pogg. Ann., t. 151, str. 151, 1874. Inne jeszcze metody: E. Mach, Pogg. Ann., t. 146, str. 313, 1872. J. E. Almy, Phil. Magaz. t. 47, str. 499, 1897. V. Hill, Phil. Magaz., t. 11, str. 524, 1901. G. Dé Metz, C. R., t. 134, str. 1353, 1902.

gdzie n oznacza współczynnik załamania, d - gęstość cieczy ¹⁾. W podanych przeto warunkach ciecz załamuje światło podwójnie; kierunki osi załamania podwójnego zgadzają się z kierunkiem napięcia i ciśnienia, a więc tworzą kąty 45° z kierunkiem prędkości w każdym punkcie.

W podobnych warunkach pozostaje ciecz, przepływająca przez rurkę. Jeżeli prędkość przepływu nie jest zbyt wielka i rurka nie dość szeroka, przyjąć można, że wszystkie cząsteczki cieczy zakreślają drogi prostoliniowe (w prostoliniowej rurce), równoległe do osi rurki. Warstwa cieczy, przylegająca do wewnętrznej powierzchni ścianek rurki, pozostaje w spoczynku; prędkość wzdłuż osi rurki jest największa. W rurce walcowej o przecięciu kołowym o promieniu R prędkość v w punkcie odległym o r od osi jest równa:

$$v = \frac{P_1 - P_2}{4 \eta l} (R^2 - r^2),$$

gdzie P_1 i P_2 oznaczają ciśnienia na obu końcach rurki, l —jej długość i η —współczynnik tarcia wewnętrznej cieczy ²⁾. Ciśnienia i napięcia w każdym elemencie cieczy są proporcjonalne do prędkości odkształcenia elementu, t. j. do wielkości $\frac{dv}{dr}$. Mamy

$$\frac{dv}{dr} = - \frac{P_1 - P_2}{2 \eta l} \cdot r.$$

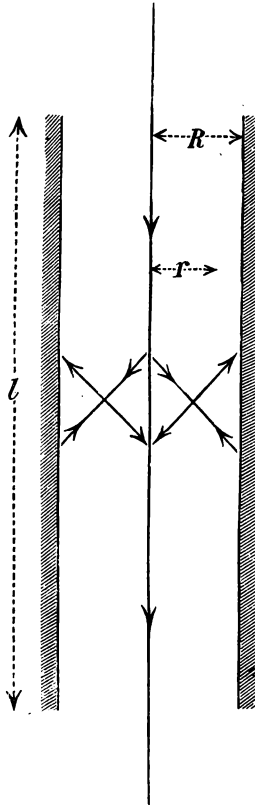
Kierunki ciśnienia i napięcia (a przeto i osi załamania podwójnego) zawierają dla większości cieczy kąty 45° z kierunkiem prędkości, a więc, w danym przypadku, z osią rurki ³⁾.

¹⁾ Quincke. Wied. Ann. t. 19, str. 408, 1883.

²⁾ A. Winkelmann, Handbuch der Physik (Breslau, 1891), t. I, str. 388. W podanym tam wzorze przyjmujemy $\kappa = \infty$, przypuszczając, że ciecz nie ślizga się po ściankach rurki.

³⁾ Por. A. Kundt. Wied. Ann. t. 13, str. 110, 1881. K. Zakrzewski, Bulletin Int. de l'Acad. d. Sc. de Cracovie, 1904, str. 50.

Na rys. 1 (przecięcie rurki wzdłuż osi) strzałkami oznaczyłem kierunki ciśnienia i napięcia z obu stron osi. Wzdłuż osi jest $\frac{dv}{dr} = 0$, podwójnego załamania przeto niema. Oglądając taką rurkę pomiędzy skrzyżowanymi pryzmatami Nikoła, z któ-



Rys. 1.

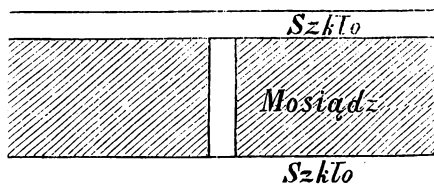
rych przecięcie główne jednego jest równoległe, drugiego prostopadłe do osi rurki, powinniśmy podczas przepływu cieczy przez rurkę dostrzedz ciemną smugę, odpowiadającą osi rurki, na jasnym tle, które daje ciecz pozostała.

Przy użyciu rurek o przecięciu kołowym następuje się nie-

dogodność, spowodowana załamaniem promieni w walcowej warstwie cieczy, działającej jako soczewka zbierająca, wskutek czego zjawisko oczekiwane dostrzedz się nie daje.

Niedogodności tej unikamy, posługując się kanałami (rurkami), o przecięciu prostokątnym. W rurkach (kanałach) takich zależność prędkości od odległości od środka rurki pozostaje, mniej więcej, taka sama, jak i w rurkach o przecięciu kołowym.

Prędkość odkształcenia $\left(\frac{dv}{dr}\right)$ w takiej rurce dla warstwy środkowej jest również równa zero i zwiększa się w miarę zbliżania się ku ściankom rurki. W przyrządzie, który urządziłem dla demonstrowania podwójnego załamania w cieczach odkształcanych, ciecz przepływa przez kanał prostokątny o szerokości 1 mm. i grubości (licząc w kierunku przechodzącego promienia



Rys. 2.

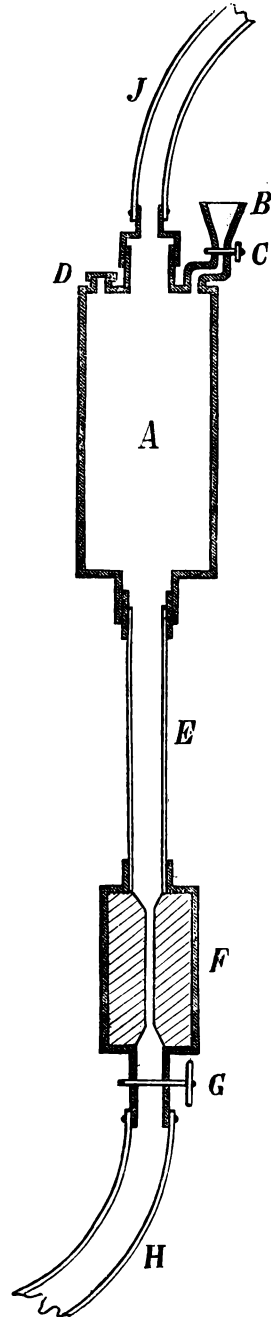
światła) 5 mm. Kanał ten (długość jego wynosi około 50 mm.) jest wypilowany w blasze mosiężnej. Przednią i tylną ściankę jego stanowią płytki szkła zwierciadlanego, dość grube, aby odkształcenia ich przy ciśnieniach, używanych w doświadczeniu, były niedostrzegalne (rys. 2). Płytki szklane są przyklejone do blachy mosiężnej balsamem kanadyjskim i zabezpieczone oprawą odpowiednią. Kanał opisany rozszerza się na obu końcach; końcami temi łączy się on z resztą przyrządu.

Rys. 3 przedstawia przecięcie przyrządu, służącego do demonstrowania podwójnego załamania cieczy według metody opisanej. *A* jest to naczynie walcowe, napełnione cieczą badaną. Do napełniania służy lejek *B* z kurkiem *C*. *D*—otwór z denkiem śrubowym. Denko to odśrubowuje się przy napełnianiu

przyrządu i zaśrubowuje po jego napełnieniu. *E* — jest rurka szklana; umieszczona jest ona w tym jedynie celu, by widać było, czy jest ciecz w przyrządzie; *F* — jest to opisany powyżej kanał o przecięciu prostokątnym; *G* — kurek; *H* — rurka kauczukowa, odprowadzająca ciecz wyciekającą. Za pomocą kauczukowej (zabezpieczonej owinięciem) rurki *J* przyrząd łączy się ze zbiornikiem ściśnionego powietrza ($1\frac{1}{2}$ do 3 atmosfer, lub też po prostu z ręczną pompką kompresyjną. Przy napełnianiu przyrządu cieczą otwiera się kurek *C* i odsrubowuje denko *D*; kurek i denko zamykają się po napełnieniu.

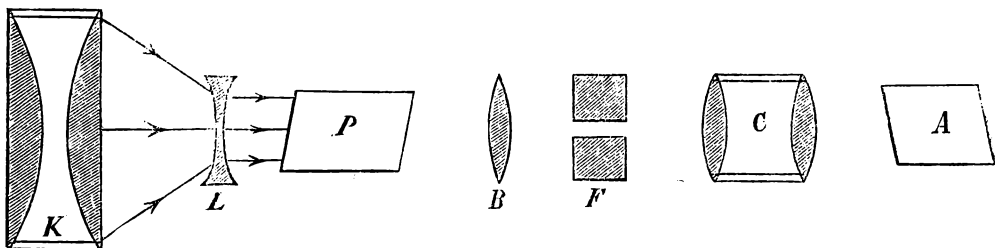
Przyrząd umieszcza się na ławie optycznej; za pomocą obiektywu rzuca się obraz szczeliny (kanału) *F* na ekran. Krzyżuje się, jak wskazano powyżej, pryzmaty Nikola, t. j. przecięcie główne jednego ustawia się równoległe, drugiego — prostopadle do osi szczeliny *F*. W chwili otwarcia kurka *G* na ekranie pojawia się jasny obraz szczeliny *F* z ciemną smugą pośrodku. Obraz znika po zamknięciu kurka *G*. Rozporządzając nawet niewielką względnie ilością cieczy w przyrządzie ($200-300\text{ cm}^{-3}$), można powtórzyć, otwierając i zamykając kurek *G*, opisane doświadczenie wiele razy.

Na rys. 4 przedstawiłem najbardziej, moim zdaniem, odpowiednie zestawienie przyrządów optycznych



Rys. 3.

dla demonstrowania tego doświadczenia. L —jest to soczewka wklęsła; robi ona promienie, wychodzące z kondensora K latarni, równoległymi; P —jest pryzmat Nikola polaryzujący; B —soczewka walcowa, mocno oświetlająca szczelinę (kanał) F ; C —objektyw, rzucający obraz kanału (szczeliny) F na ekran. A —pryzmat Nikola analizujący.



Rys. 4.

Doświadczenie udaje się z łatwością nawet przy niewielkich ciśnieniach. Np. z oliwą nicejską, już przy ciśnieniu nie większem nad $1\frac{1}{2}$ atmosfery, opisany obraz występuje na ekranie bardzo wyraźnie.

Firma spadkobierców Leybolda w Kolonii dostarczyła mi kilka kanałów o przecięciu prostokątnem rozmaitej szerokości wyrobionych we szkle. Z kanałami temi mam zamiar w najbliższej przyszłości przedsięwziąć pewne pomiary ilościowe.

Warszawa, luty, 1905.

Pracownia Fizyczna Instytutu Politechnicznego.