Digitalizacja dorobku naukowo-badawczego Profesorów AG w Krakowie w latach 1919-1945. Część 2

projekt dofinansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Nauki w ramach Programu Społeczna Odpowiedzialność Nauki II - moduł: Wsparcie dla bibliotek naukowych

01.12.2024-31.07.2026
BIBL/SP/0003/2024/02

Społeczna
Odpowiedzialność
Nauki II

Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

Poś 16.V.

50 gr

§§§

A K A D E M J A G Ó R N I C Z A W K R A K O W I E .

§§§

T E O R J A K I N E T Y C Z N A
M A T E R J I .

D Y F U Z J A .

Wykłady Prof.Dr.J a n a S t o c k a .

Nakładem Sekcji Wydawniczej Stowarzyszenia
Studentów Akademji Górniczej w Krakowie.
1 9 2 5.

TEORJA KINETYCZNA MATERJI.

Ogromna ilość i różnorodność zjawisk fizycznych nie dałaby się w żaden sposób opanować przez umysł ludzki,gdybyśmy nie mogli ująć całości lub przynajmniej części tych zjawisk w jeden , uporządkowany system.Dzieje się to w ten sposób,że przyjmujemy pewne możliwie uproszczone założenia /hipotezy/ i tworzymy z nich i z wniosków z nich wysnutych całkowity system zwany teorją.Tutaj nadarzd się sposobność poświęcenia nieco uwagi hipotezom i teorjom w fizyce.

Bez hipotez niema badań naukowych.Sama rejestracja faktów nie jest badaniem naukowem. Dopiero pewna myśl przewodnia ożywia rejestrację. N.p.Odbicie się światła od różnych zwierciadeł jest tak skomplikowane,że w rejesracji tych zjawisk zgubilibyśmy się łatwo;dlatego przyjmujemy hipotezę promieni świetlnych, znajdujemy prawa odbicia się i potem z łatwością obejmujemy niemi wszystkie napozór zawiłe zjawiska w zwierciadłach.

Hipotezy nie można nazywać prawdziwą lub fałszywą w tym sensie, jakoby ona miała przedstawiać istotę zjawisk, ale hipoteza jest użyteczną lub nie. N.p. hipoteza prostolinijnego rozchodzenia się promieni świetlnych jest tak długo użyteczna, jak długo nie znamy zjawisk interferencji, uginania i polaryzacji. Z chwilą więc gdy hipotezy nie obejmują sobą wsuystkich zjawisk odrzucamy je, a rozglądamy się za nową. Taką użyteczną hipotezą okazała się hipoteza przyjmująca, że promieniowanie jest falowaniem, bo nie tylko obejmuje zjawiska odbicia się i załamania. ale tłumaczy również cały szereg nowych nieznanych zjawisk.

Nie trzeba więc przywiązywać się do hipotezy fizycznej, lecz należy ją traktować ze stanowiska większej lub mniejszej użyteczności naukowej lub nawet pedagogicznej /n.p. hipoteza promieni świetlnych/.

To samo należy powiedzieć o teorji fizycznej, która obejmuje całokształt hipotez podstawowych wraz z wszystkiemi wnioskami odnoszącemi się do pewnych zjawisk /n.p.teorja falowa światła obejmuje nie tylko hipotezę znaną pod nazwą zasady Huygheusa - Fresnela, lecz także cały szereg wniosków co do załamania, ugięcia się światła i t.d./.Teorja jest zatem tem użyteczniejsza, im:

1/ jest prostsza i więcej poglądowa

2/ im więcej zjawisk objaśnia

3/ im lepszym przewodnikiem okazuje się w dalszych badaniach.

Teorja śwwietlna nie musi odpowiadać i nie odpowiada istocie światła rzeczywistego, podobnie jak maszyna do rachowania nie jest wcale podobną do mózgu - a przecież jest bardzo użyteczna.

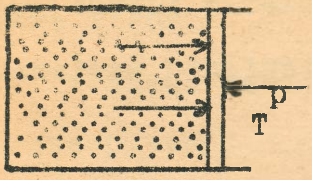
Ze względu na punkt trzeci wymagań użyteczności teorji bardzo użyteczną okazała się teorja kinetyczna materji, którą w ogólnych zarysach naszkicujemy. Ponieważ najlepiej rozwinięta jest - ze względu na swą prostotę - teorja kinetyczna gazów,przeto nią głównie się zajmiemy.

Teorja kinetyczna gazów opiera się na dwóch hipotezach:

1/ że gaz składa się z bardzo wielkiej liczby poruszających się we wszyskich kierunkach cząsteczek o jednakowej budowie

2/ że przeciętna nergja kinetyczna cząsteczek $\frac{m.c^2}{2}$ jest proporcjonalna do temperatury absolutnej T, $m.c^2 = 3\alpha T$,gdzie m jest ciężarem cząsteczki,c jej prędkość,α zaś stała.

Wynikają stąd te zjawiska i prawa,które już poznaliśmy.A więc przedewszystkiem rożprężliwość gazu,dalej jego prężność będąca wynikiem bombardowania ciała stałego przez wielką liczbę cząsteczek. Wielkość tej prężności można elementarnym sposobem tak obliczyć:Pomyślmy sobie objćtość sześcianu o krawędzi 1 cm,w której mieści się bardzo wielka ilość cząstek gazu n,pędzących każda ze średnią prędkością c /Ryc.1./.Jedna ściana sześcianu niech będzie zastąpiona tłokiem/.



Rys.1.

Ponieważ cząstek jest bardzo wiele /2,7.10 ^{19}/, przeto można przyjąć, że trzecia część pędzi w każdej chwili w kierunku osi tłoka T, $\frac{n}{3}$ w kierunku osi y, $\frac{n}{3}$ w kierunku osi z, przyczem x, y, z leżą w krawędziach sześcianu. Każda cząstka uderzywszy o ścianę tłoka odbija się od niej w kierunku wprost przeciwnym, a zatem otrzymuje od ściany najpierw ilość ruchu m.c na zniweczenie własnej, a następnie ilość nową m.c razem uzyskała od ściany ilość ruchu 2.m.c. Ponieważ cząstka w ciągu sekundy uderzy o tę ścianę tłoka $\frac{c}{2}$ razy, przeto zmiana jej ilości ruchu w ciągu sekundy wynosi $\frac{c}{2}$.2.m.c; ale takich cząstek jest $\frac{n}{3}$, przeto całkowita zmiana ruchu udzielona cząsteczkom bombardującym jedną ścianę wynosi:

$$\frac{n}{3}\cdot\frac{c}{2}\,2.m.c = \frac{n.m.c^2}{3}$$

Takie ilości ruchu udzielimy cząsteczkom, podtrzymując tłok siłą, która właśnie według II. zasady Newtona równa się całkowitej zmianie ilości ruchu, a z drugiej strony równa się ciśnieniu wywieranemu przez bombardujący gaz

$$p = \frac{n\,m\,c^2}{3};$$

ponieważ $n.m = \delta$ jest masą jednostki objętości, przeto:

$$\frac{p}{\delta} = \frac{c^2}{2}\ \text{, albo}\ \frac{m.p}{\delta} = \frac{m.c^2}{3}$$

ale $\frac{m}{\delta}$ jest objętością V_g jednej gramodrobiny gazu zaś średnia energja kinetyczna jest proporcjonalna do temperatury absolutnej T, przeto:

$$p.V_g = \alpha T$$

Jest to znane nam prawo Gay - Lussaca wywiedzione z powyższych hipotez.

Z równanie $\frac{c^2}{3} = \frac{p}{\delta}$ możemy obliczyć średnią prędkość cząsteczki.

Dla powietrza jest:

$$p = 76.13{,}6.9{,}81{,} \qquad = 0{,}001293$$

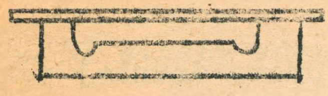
$$\text{zatem}\quad c = \sqrt{\frac{3.76.13{,}6.9{,}81}{0{,}001293}} = 48500\,\text{cm/sek} = 485\ \text{m/sek}$$

Dla innych gazów otrzymujemy wielkości tego samego rzędu.

Łatwo dalej wywieść prawa dawniej poznane: prawo Daltona, Dulong - Petit'a dla ciepła atomowego, prawo Maxwella głoszące niezależność przewodnictwa cieplnego i lepkości od gęstości gazu i t.d.

Na początku naszego stulecia teorja kinetyczna gazów, kiedy zdawało się, że chyli się ku upadkowi, zabłysła na nowo dzięki znanym pod nazwą ruchów Browna zjawiskom. Ruch bardzo drobnych cząsteczek widzianych tylko pod silnym mikroskopem, odkryty przez botanika Browna w r.1827 był przez wiek cały zagadką dla fizyków. Dopiero w 1906 r. równocześnie i niezależnie A.Einstein i M.Smoluchowski podali teorję tego zjawiska i pchnęli - a zwłaszcza ostatni - kinetyczną teorję naprzód.

Najprościej okażemy ruch Browna, jaki wykonują cząsteczki gumiguty w ten sposób: rozpuścimy gumiguttę w wodzie, następnie kroplę wlejemy do naczyńka /Rys.2./i nakryjemy nakrywką,aby ciecz nie



Rys.2.

parowała.Naczyńko wst..- pod stolik silnie powiększającego mikroskopu /z immersią/,oświetlimy je i rzucimy na ekran. Okazuje się,że kuliste cząsteczki gumigutytrwają w wiecznym ruchu bezwładnym,zygzakowatym:drobniejsze pędzą szybko,większe kule poruszają się leniwie,wszystkie jednak żyją fizycznem życiem dzień i noc,bez przerwy,bez względu na czynniki zewnętrzne.Podobnie można obserwować także ruchy cząsteczek dymu lub pyłu w gazie.

Einstein i Smoluchowski zgodnie w swej teorji przyjęli,że ruch cząsteczek gumigutty jest niczem innem jak odbiciem ruchu cząstek cieczy, w której się cząstki obce i duże unoszą.Cząstki cieczy i gazów same będąc w ustawicznym ruchu bezwładnym zderzają się z sobą i cząstkami gumigutty lub dymu,potrąca je w coraz to inną stronę,tem łatwiej,im mniej różnią się masy cząsteczki gumigutty i cieczy.

Słowem cząstki gumigutty lub dymu zachowują się jak cząstki gazu o bardzo dużym ciężarze drobinowym. A jeśli tak jest to muszą się w rurce pionowej układać tak, jak cząstki atmosfery nad ziemią: na dole gęściej, wyżej rzadziej według wzoru hypsometrycznego.

Badając pod mikroskopem rozkład cząsteczek w atmosferze gumigutty można policzyć tomsamem, jak to zrobił fizyk Perrin liczbę cząstek powietrza w 1 cm^3. Wynosi ta liczba $2,7.10^{19}$ czyli dwadzieścia siedm trylionów w temp. 0°C i pod ciśnieniem 760 mm. Stąd już łatwo znaleść ciężar jednej cząsteczki mianowicie z wzoru $n.m = \delta$,

$$m = \frac{0.001293}{2,7.10^{19}} = 4,8.10^{-23} gr.$$

W ten sposób pozwala teorja kinetyczna gazów obliczyć pewne wielkości które na zawsze byłyby ukryte przed nami, gdybyśmy zjawiska tylko makroskopijnie obserwowali.

D Y F U Z J A.

Z teorji kinetycznej materji wynika,że dwa gazy lub dwie ciecze,lub nawet ciała stałe stykające się z sobą muszą nawzajem się przenikać;cząstki jednego i drugiego ciała wykonywując ruchy zygzakowate mieszają się.z sobą tak długo,aż koncentracje ich się wyrównają Nazywa się to zjawisko dyfuzją.

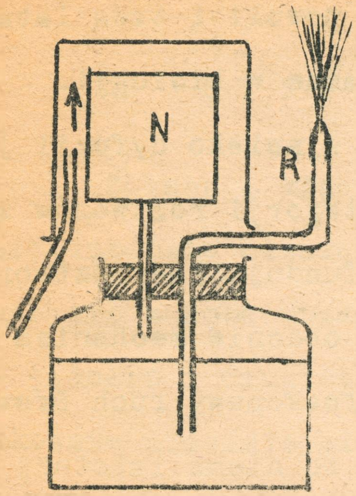
Dyfuzję cieczy możemy łatwo obserwować: nalejmy na spód cylindrycznego naczynia /Rys.3./ roztworu siarczanu miedzi,a na wierzch ostrożnie czystej wody tak,aby powstała wyraźna granica. Po pewnym czasie granica zaczyna się zacierać,cząstki siarczanu wędrują ku górze wbrew sile ciężkości,wykonywując ruchy Browna

Rys.3.

Dyfuzja odbywa się bardzo powoli i trwa latami. Zjawisko to jest bardzo ważne w biologji.

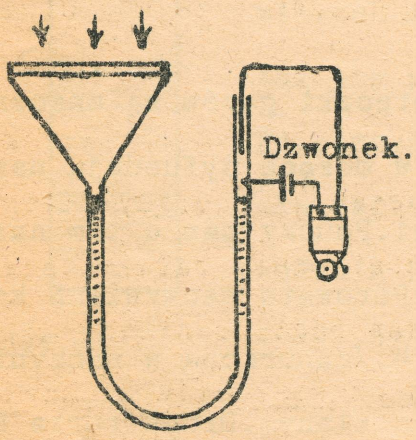
Dawniej myślano że zjawisko dyfuzji jest właściwem tylko pewnej kategorji roztworów zwanych krystaloidami,nie dyfundują zaś roztwory koloidalne.Ponieważ znamy obecnie mechanizm dyfuzji,jest nim bowiem mikroskopowy ruch Browna cząstek,rozumiemy więc,że niema istotnej jakościowej różnicy między roztworami soli a roztworem gumigutty,białka,zawiesiną złota lub srebra,lecz tylko różnica ilościowa;cząstki ostatnie wskutek swej masy znacznie pomałej się ruszają,a więc w sposób trudno dostrzegalny dyfundują.

Ponieważ cząsteczki gazów są znacznie mniejsze,przeto gazy w oczach dyfundują nawet przez porowate ścianki.Pouczy nas o tem następujące doświadczenie:Porowate naczynie N kończące się rurką /Rys.4./zanurzoną w naczyniu, nakryte jest dzwonem szklanym.Druga rurka R



Rys.4

zgięta przechodzi również przez korek i sięga do wody. Gdy pod dzwon wpuścimy gaz lżejszy jak powietrze n.p. wodór lub gaz świetlny, następuje przez ściany naczynia dyfuzja: prędzej jednak dyfunduje wodór do wnętrza, aniżeli powietrze na zewnątrz, wskutek tego ciśnienie się zwiększa i woda zaczyna tryskać.



Rys.5.

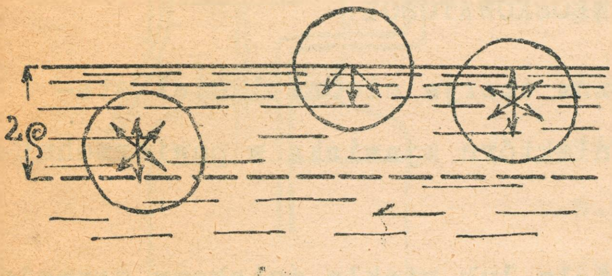
Na podobnej zasadzie polega przyrząd /Rys.5./, który ustawiony w kopalni ostrzega dzwonieniem przed niebezpieczeństwem gazów. Wskutek dyfuzji obcego gazu rtęć podnosi się i zamyka obwód elektryczny ogniwa z dzwonkiem.

NAPIĘCIE POWIERZCHNI CIECZY I ZJAWISKA WŁOSKOWATOŚCI.

Kinetyczna teorja cieczy i ciał stałych tłumaczy nam niektóre zjawiska w powierzchni cieczy zachodzące.

Gdy ciało stałe lub ciekłe ściskamy, doznajemy oporu, tem większego, im większym ciśnieniem je poddajemy. Tłumaczymy sobie to wten sposób, że cząsteczki ciała stałego i cieczy odpychają się silnie gdy odstęp ich usiłujemy zmniejszyć poniżej pewnej odległości. Ale i odwrotnie, gdy ciało stałe, a w znacznie mniejszym stopniu ciecz usiłujemy rozerwać, doznajemy oporu: widocznie cząsteczki ciała stałego i cieczy przyciągają się, gdy odległość między niemi jest dostatecznie mała, mianowicie gdy leży poniżej pewnej wartości granicznej ϱ, którą nazwiemy <u>sferą działania cząstek</u>. Siły międzymolekularne zależą w wysokim stopniu od odległości między cząsteczkami.

Pomyślmy sobie część cieczy leżącej blisko swobodnej powierzchni cieczy. Gdy cząstka cieczy leży w odległości $\delta > \varrho$ od powierzchni, działają na nią siły przyciągające /odpychające są naogół małe, gdy niema wielkich ciśnień/ równomiernie rozłożone, tak że wypadkowa międzymolekularna na punkt m jest zerem. /Rys.6./. Inaczej ma się rzecz gdy $\delta < \varrho$; wtedy siły molekularne pochodzące od innych cząstek leżących w obrębie sfery działania nie znoszą się, lecz dają wypadkową skierowaną prostopadle do powierzchni ku wnętrzu cieczy.

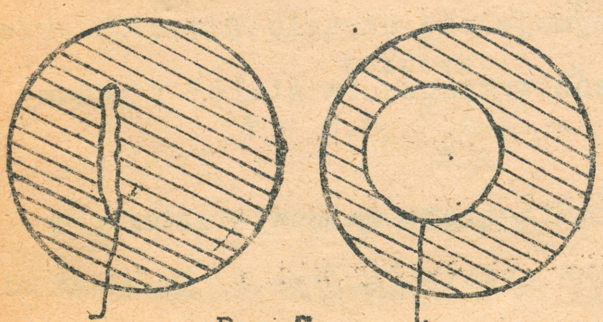


Rys.6.

Gdy zatem usiłujemy nowemi cząstkami z wnętrza cieczy zasilić powierzchnię cieczy i zwiększyć ją w ten sposób, napotykamy opór stawiany właśnie przez te siły międzymolekularne ku wnętrzu działające;każde zwiększenie swobodnej powierzchni jej rozciągnięcie jest połączone z pracą.Swobodna ciecz zachowuje się pod tym względem podobnie,jak napięta błona sprężysta,którą rozciągamy.

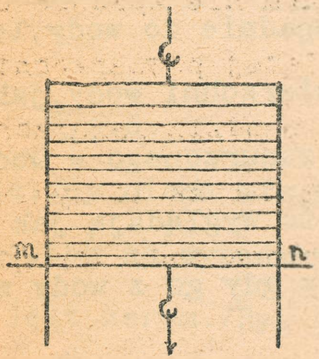
Proste doświadczenie uczy nas o tem:połóżmy na swobodną powierzchnię wody igłę /nieco zatłuszczoną/.Igła mimo ciężaru nie wpadnie do wody,lecz spoczywa na nieco wygiętej powierzchni wody,jak gdyby na błonie.Włosy pendzla zanurzonego w wodzie nie trzymają się razem,ale za to wyglądają jak gdyby zlepione swobodną błoną wody gdy go z wody wyjmiemy.

Obręcz cienkiego drutu /Rys.7./,zanurzona w mydlinach powleka się cienką błoną mydlaną. Gdy na jej powierzchni umieścimy pętlę z nit-



Rys.7.

ką i przebijemy błonę między nitką/rys.7./ natychmiast utworzy się regularne kółeczko,bo błonka mydlana równomiernie nitkę rozciąga. Można nawet napięcie cienkiej błonki mierzyć rozpinając ją na prostokątnym druciku/rys.8 którego jeden bok mn jest ruchomy i obciążony ciężarem Q i własnym. Definjujemy napięcie błonki T jako siłę działającą stycznie do powierzchni na 1 cm przekroju.Gdy więc w powyższem doświadczeniu ciężar P działa na długości l = mn wtedy napięcie /na dwóch powierzchniach/ $2T = \frac{p}{l}$ gr/cm



Rys,8

N.p.dla mydlin otrzymuje się okrągło T = 0,03 gr/cm= 30 dyn/cm.Inny sposób wyznaczenia stałej T podamy poniżej.

Błona sprężysta naciągnięta na powierzchnię wywiera na nią normalne ciśnienie,/rys.9/.To samo odnosi się do swobodnej powierzchni cieczy,która z jakiegokolwiek powodu została zakrzywiona.

Najprostszym przykładem jest powierzchnia walca dalej kulista powierzchnia kropli lub bańki

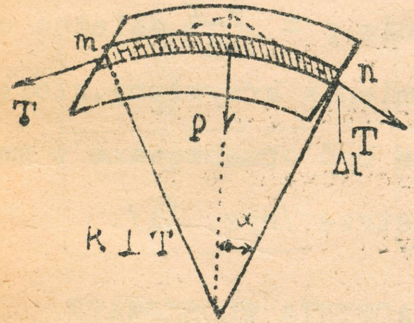
Rys.9.

mydlanej.Pomyślmy sobie/rys.10/wycięty stosownie małyelement krzywej powierzchni walca o promieniu krzywizny R,szerokości Δ l,długości s = mn która dla bardzo małych kątów α równa się:

$$s = mn = R.2\alpha .$$

Siłą wypadkową dwóch napięć T. Δl jest

$$P = 2.T.\sin\alpha \cong 2.T.\alpha$$



Rys.10.

a zatem

$$P = 2.T.\frac{s.\Delta l}{2.R} = \frac{T}{R}.\Delta F$$

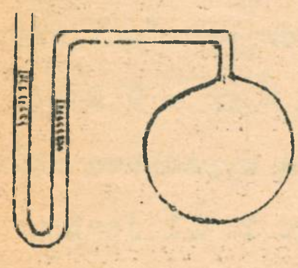
gdzie Δ F jest powierzchnią elementu.Stąd wynika że normalne ciśnienie N działające na jednostkę powierzchni jest $\frac{P}{\Delta F} = N = \frac{N}{R}$

Gdy powierzchnia ma dwie krzywizny R_1 i R_2 normalne ciśnienie okazuje się równe

$$N = T. / \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}/$$

a gdy oba promienie są równe $N = \frac{2\ T}{R}$.

Takie ciśnienie działa na zewnętrzną powierznię kulistej bańzki mydlanej i takież same na wewnętrzną razem $\frac{4\ T}{R}$ .Banka mydlana wydmuchana usiłuje się skurczyć i wywiera ciśnienie $p = \frac{4\ T}{R}$ zależne od promienia krzywizny,które może być obserwowane w manometrze /rys. 11/.

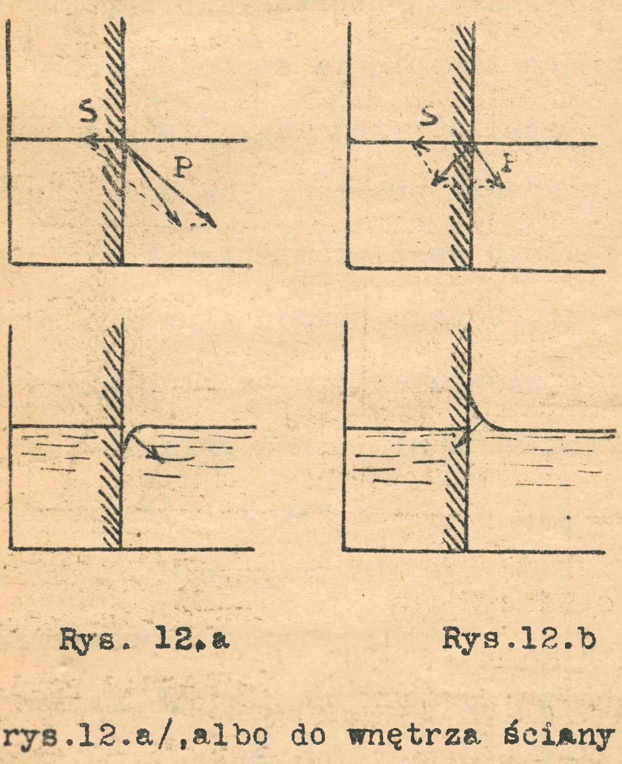


Rys.11.

NACZYNIA WŁOSKOWATE.

To samo zjawisko występuje w rurkach włoskowatych to znaczy w rurkach o bardzo małym przekroju.Mianowicie cząsteczka cieczy położona odpowiednio blisko stałej ściany w powierzchni cieczy,jest pod działaniem następujących sił równoważących się:

Siły przyciągania 1/ przez cząstki ciała stałego, S,normalnej do ściany, 2/przez cząstki cieczy, P,skierowanej ku wnętrzu cieczy i 3/ siły cięż-



Rys. 12.a Rys.12.b

kości,którą można wobec tamtych pominąć.Siły S i P dają wypadkową skierowaną albo do wnętrza cieczy gdy S < P /rys.12.a/,albo do wnętrza ściany gdy S > P /rys. 12.b./.W pierwszym przypadku przyczepność do ściany jest mniejsza aniżeli spójność cząstek/jak w rtęci/i w tedy powierzchnia jest wypukła,w drugim przypadku przyczepność jest większa aniżeli spójność, powierzchnia jest wklęsła. Tylko w tedy gdy $S = P.\sqrt{2}$, powierzchnia pozostaje poziomą.

Otóż z powodu różnicy przyczepności i spójności swobodna powierzchnia w rurce włoskowatej jest wklęsła lub wypukła. W pierwszym przypadku ciśnienie wynikające z napięcia swobodnej powierzchni kulistej jest jak powyżej okazaliśmy skierowane ku górze, w drugim przypadku na dół i równe $N = \frac{2.T}{R}$, gdzie R jest promieniem krzywizny a tutaj także rurki. Z tego powodu słupek cieczy wznosi się w rurce włoskowatej wyżej lub niżej aniżeli w szerokiem naczyniu i nadwyżka o ciężarze $h.\delta$ jest podtrzymywana przez ciśnienie powierzchniowe N, zatem

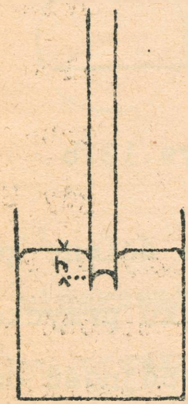
$$\frac{2.T}{R} = h.\delta$$

Stąd wynika:

$$1/\ h = \frac{2.T}{R.\delta}$$

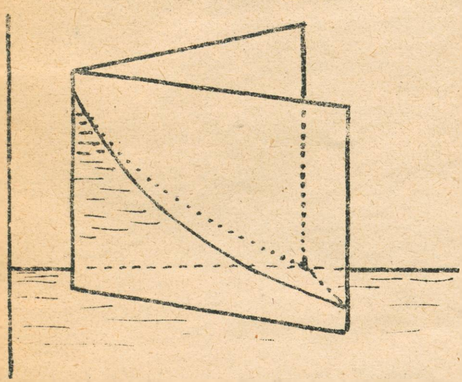
t.zn. wysokość wzniesienia jest

Rys.13.a.



Rys.13.b.

odwrotnie proporcjonalna do promienia R czyli $h.R = constans$. W systemie rurek utworzonym przez dwie ~~xmxki~~ nachylone do siebie płytki/rys.14/ powierzchnia cieczy leży na równobocznej hyperboli.



Rys.14.

2/ Mierząc h, R i σ znajdujemy z powyższego równania także T i to jest najłatwiejsza metoda wyznaczenia napięcia swobodnej powierzchni cieczy.

Oto kilka dat wartości T:

woda -	powietrze	...0.077
rtęć -	"	...0.47
alkohol	"	...0,026
oliwa	"	...0.033

---------: 0 :---------