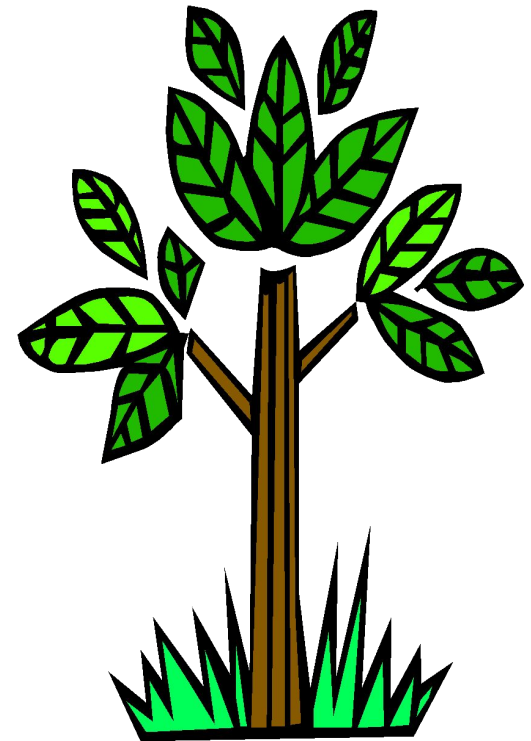


# Л.3. Фізічныя ўласцівасці вадкасцей

**Змест:**

- 1. Характарыстыка вадкага стану**
- 2. Вадкія крышталі**
- 3. Паверхневае нацяжэнне**
- 4. Змочванне**
- 5. Капілярнасць**
- 6. Вязкасць**
- 7. Рух крыві ў сасудах**
- 8. Цеплавое расшырэнне вадкасці**



# Характерыстыка вадкага стану

Згодна малекулярна-кінетычнай тэорыі (МКТ) будовы рэчыва:

- усе рэчыва складаюцца з малекул (атамаў);
- паміж малекуламі існуе міжмалекулярная прастора;
- малекулы знаходзяцца ў бесперапынным руху;
- паміж малекуламі дзейнічаюць узаемныя сілы.

**Вадкі стан** займае прамежкавае палажэнне паміж газамі і крышталямі.

Для вадкасці, як і для крышталічнага цела, характэрна наяўнасць вызначанага **аб'ёму**, і разам з тым, яна падобна газу, прымае **форму** той пасудзіны, у якой знаходзіцца.

Захаванне аб'ёму ў вадкасці даказвае, што паміж яе малекуламі дзейнічаюць **сілы прыцяжэння**.

Сілы ўзаемадзеяння ўтрымліваюць кожную малекулу вадкасці каля яе **часовага палажэння раўнавагі** прыкладна на працягу  $10^{-11}$ с.

Затым яна пераскоквае ў новае часовае палажэнне раўнавагі прыблізна на адлегласць свайго дыяметра  $\sim 10^{-10}$ м.

Час паміж дзвюма пераскокамі малекулы называецца **часам аседлага жыцця**.

Пераход малекул з аднаго стану раўнавагі ў другі паказвае, што вадкасць валодае **цякучасцю**.

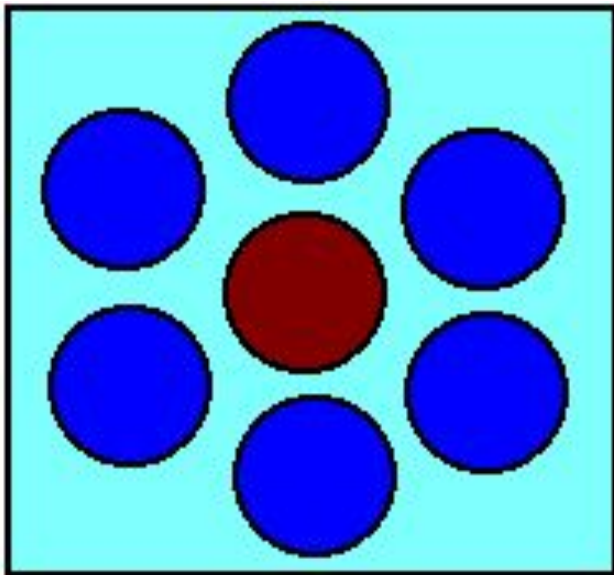
Згодна рэнтгенаграфічным даследаванням у размяшчэнні малекул вадкасці назіраецца **бліжні парадак**.

Гэта азначае, што ў дачыненні да любой малекулы размяшчэнне суседніх малекул з'яўляецца ўпарадкаваным.

Аднак па меры аддалення ад дадзенай малекулы гэты парадак знікае.

Такая будова вадкасці называецца

**квазікрышталічнай.**



**Пры высокіх тэмпературах** час аседлага жыцця малекул вельмі малы і бліжні парадак у вадкасці практычна знікае.

Пры пераходзе рэчыва з цвёрдага стану ў вадкі змяненне яго ўласцівасцей менш рэзкае, чым пры пераходзе з вадкага стану ў газападобны.

Гэта азначае, што ўласцівасці **вадкага стану** рэчыва **бліжэй** да ўласцівасцей **цвёрдага стану**, чым да ўласцівасцей газападобнага.



# Вадкія крышталі

Рэчыва можа існаваць у чатырох станах: цвёрдым, вадкім, газападобным і плазменным.

Аднак некаторыя арганічныя матэрыялы пераходзяць з цвёрдага стану ў вадкі не адразу, а зведваюць шэраг пераходаў, якія ўключаюць новыя фазы.

У гэтых рэчываў у пэўным інтэрвале тэмператур праяўляецца анізатрапія фізічных ўласцівасцей.

Такія рэчыва называюць вадкімі крышталямі (мезаморфнымі фазамаі) (ВК).

Такія фазы ўзнікаюць у тых арганічных злучэннях, **малекулы якіх маюць падоўжаную палачкападобную форму.**

Гэтыя фазы (станы) ўтвараюцца не толькі пры награванні пэўных арганічных рэчываў, але і пры растварэнні некаторых злучэнняў.

Напрыклад, алеату калію ў сумесі вады і спірту.

Часцей за ўсё вадкакрышталічныя ўласцівасці рэчыва праяўляе ў **пэўным інтэрвале тэмператур.**

Пры больш **нізкіх** тэмпературах рэчыва ператвараецца ў цвёрды крышталі, пры больш **высокіх** – у звычайную ізатропную вадкасць.



Па сваіх механічных уласцівасцях вадкія крышталі падобныя на вадкасці – праяўляецца іх **цякучасць**.

Па аптычных уласцівасцях яны паводзяць сябе як **анізатропныя крышталі**.

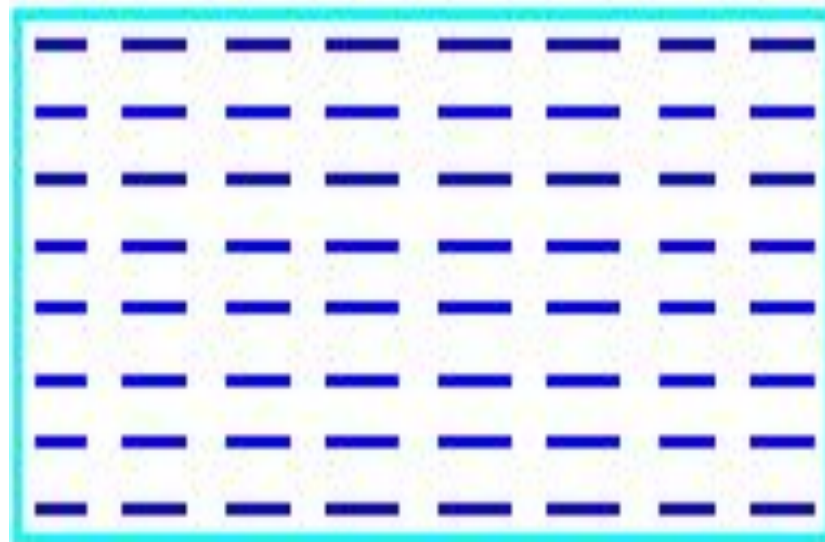
Адрозніваюць **тры тыпа** вадкіх крышталяў:

**нематычныя,  
халестэрычныя,  
смяктычныя.**

**Нематычныя (нематыкі)** – цэнтры малекул у гэтых крышталях размешчаны хаатычна.

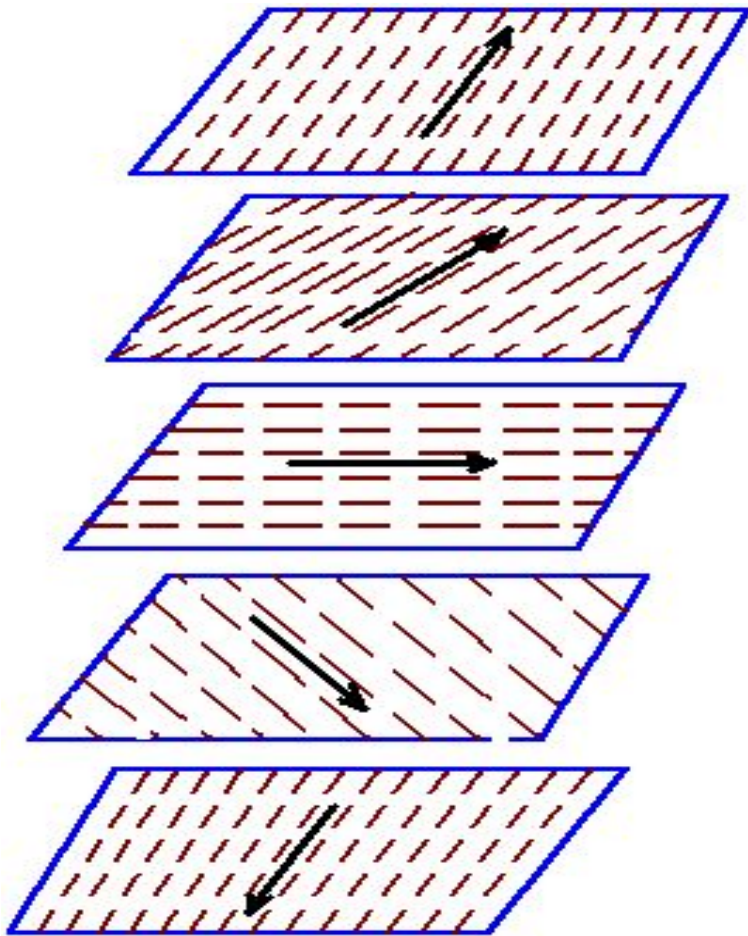
Далёкі парадак назіраецца толькі ў дачыненні да **паралельнай** арыентацыі малекул, якія асобных пластоў не ствараюць.

У нематычных крышталях пад мікраскопам назіраецца мікраструктура ў **выглядзе нітак**, канцы якіх свабодныя або звязаныя са сценкай ёмістасці.



**Халестэрычныя (халестэрыкі) – галоўным чынам гэта вытворныя халестэрына.**

**У халестэрычных вадкіх крышталях малекулы размешчаны ў пластах.**



**Іх размяшчэнне ў межах пласта нагадвае нематычныя вадкія крысталі.**

Пласты з'яўляюцца **монамалекулярнымі** – іх таўшчыня роўная дыяметру малекулы.

Размяшчэнне малекул у пластах

аднолькавае, але пры пераходзе

ад пласта да пласта

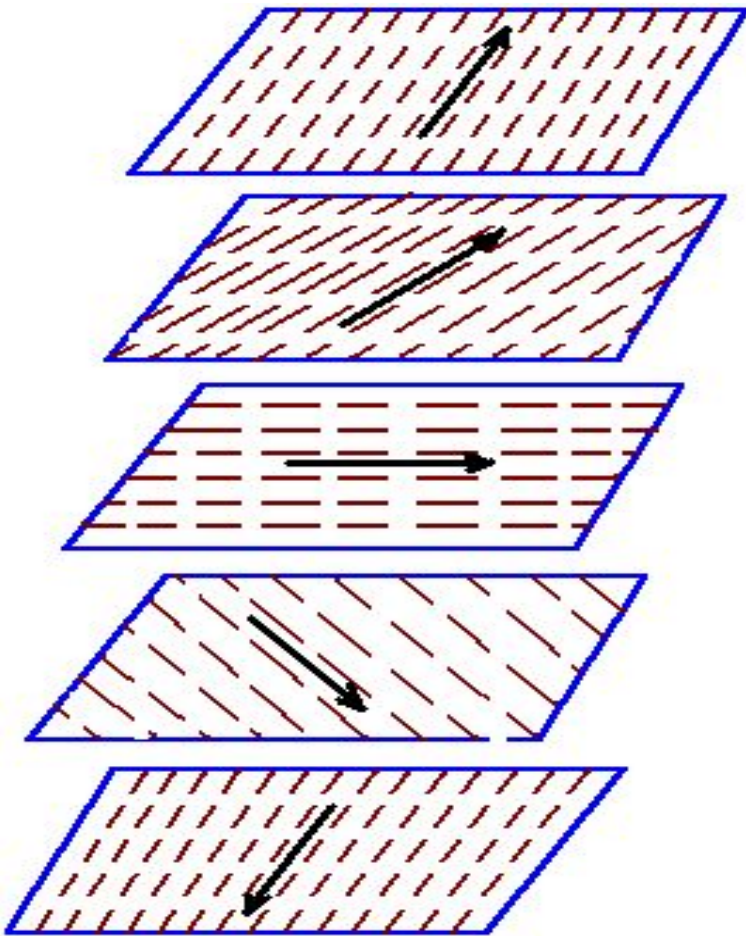
**напрамак арыентацыі**

доўгіх **восеў** малекул

**паварочваецца** на невялікі

вугал і тым самым

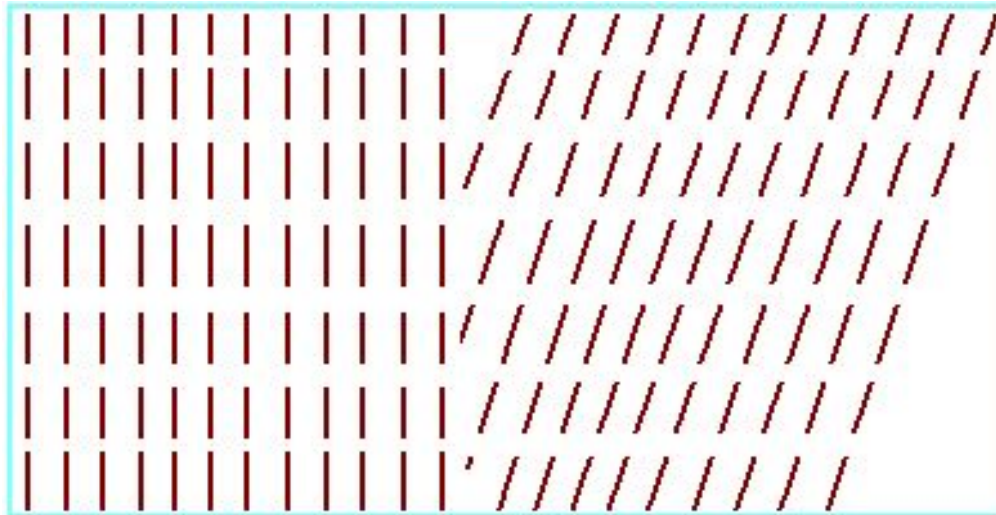
апісвае **спіраль**.



**Смяктычныя (смяктыкі)** – упершыню выяўлены ў мыле.

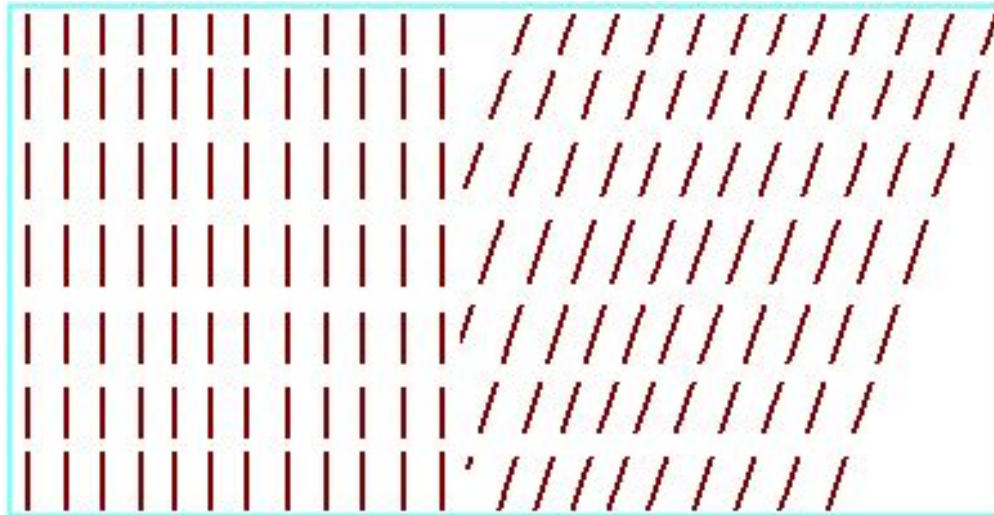
У такіх крышталях выцягнутыя малекулы ляжаць паралельна і ўтвараюць **пласты**, якія знаходзяцца на аднолькавай адлегласці адзін над адным.

Гэтыя пласты **рухомыя** і змяшчаюцца паралельна адзін другому.



У **смяктычных** **крышталях** ёсць упарадкаванасць у плоскасці перпендыкулярнай плоскасці пластоў, што характэрна для цвёрдых крышталяў.

Таму **смяктычная фаза** па тэмпературнай шкале суседнічае з **цвёрдым крышталём**.



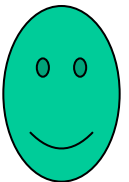
# Агульныя ўласцівасці вадкіх крышталёў:

1. Валодаюць **двайным** праменепраламленнем.
2. Паварочваюць плоскасць палярызацыі (халестэрыкі).
3. Валодаюць анізатрапіяй **электрычных і магнітных** уласцівасцей.
4. Змяненне іх структуры залежыць ад **нязначных змяненняў** тэмпературы ці механічных уздзеянняў.

**Фізічныя ўласцівасці ВК** лёгка паддаюцца кіраванню, асабліва гэта датычыць халестэрычных крышталёў.

Таму яны шырока выкарыстоўваюцца ў розных галінах тэхнікі, біялогіі, медыцыне і г.д.

Змяненне **аптычных уласцівасцей ВК** пад уздзеяннем электрычнага поля дазваляе выкарыстоўваць іх у якасці індыкатараў у розных табло і экранах.

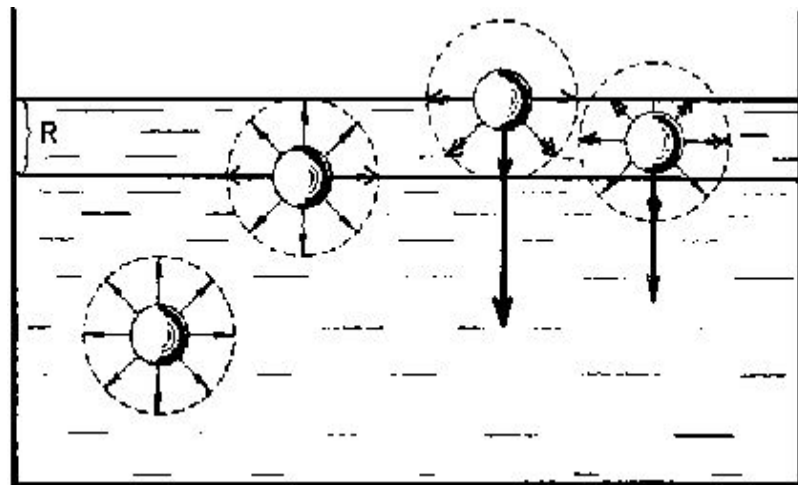




# Паверхневае нацяжэнне

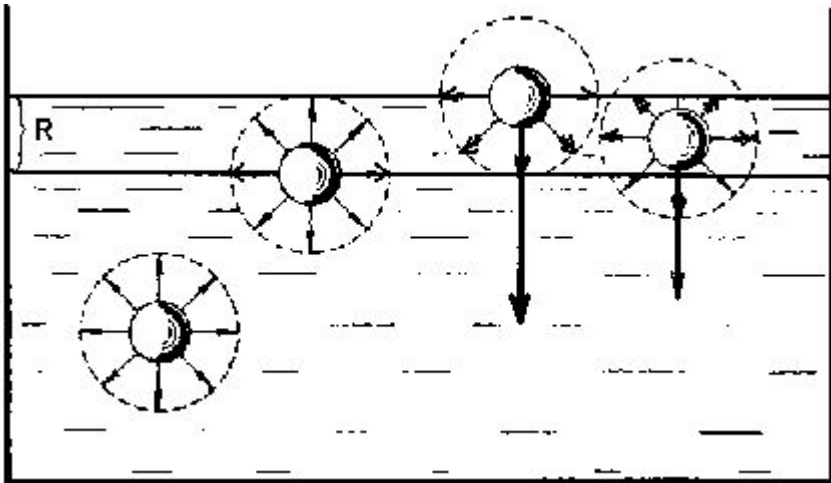
З сіламі прыцяжэння паміж малекуламі і іх рухомасцю ў вадкасцях звязана праяўленне сіл паверхневага нацяжэння.

Унутры вадкасці сілы прыцяжэння, якія дзейнічаюць на адну малекулу, узаемна кампенсуюцца.



Іншая справа з малекулай, якая знаходзіцца на паверхні вадкасці – **рэзультатыўная сіла ўзаемадзеяння ў гэтым выпадку не роўная нулю і накіравана ўнутр вадкасці перпендыкулярна яе паверхні.**

У такім стане знаходзяцца ўсе малекулы, якія размешчаны ў паверхневым пласце вадкасці.



Гэты пласт з'яўляецца **монамалекулярным**, яго таўшчыня  **$R \sim 0,1 \text{ нм}$ .**

Пад уздзеяннем сіл прыцяжэння малекулы паверхневага пласта ўцягваюцца **ўнутр вадкасці**.

На яе паверхні застаецца такая колькасць малекул, пры якой плошча паверхні **мінімальная** для дадзенага аб'ёму вадкасці.

Скарачэнне паверхні вадкасці адбываецца пад уздзеяннем сілы, якая **дзеінічае ўздоўж паверхні** вадкасці перпендыкулярна яе контуру.

Гэта сіла імкнецца скараціць паверхню да мінімуму (паверхні шара).

Гэта сіла называецца **сілай павярхневага нацяжэння і роўная**

$$F = \sigma L ,$$

дзе  **$\sigma$**  - каэфіцыент павярхневага нацяжэння,  
 **$L$**  – даўжыня контура павярхні вадкасці.

Напрыклад, для вады  **$\sigma=0,075\text{Н/м}$** , для ртуці  
 **$\sigma=0,490\text{Н/м}$** .

З павышэннем тэмпературы  **$\sigma$**  памяншаецца.

Такім чынам паверхневы пласт вадкасці падобны эластычнай расцягнутай плёнцы.

У сувязі з чым “вадамеркі” бегаюць па паверхні вады; улётка “прудавік”, якая мае масу каля 50г, свабодна поўзае па ўнутранай паверхні плёнкі вады, як муха па столі.

Наяўнасцю плёнкі абумоўлена ўтварэнне пены на вадзе (сукупнасць паветраных бурбалак) пад плёнкай. Яны прыпадаюць плёнку, але не разрываюць яе.

Зліпанне мокрых валасоў, пясчынак таксама звязана з вадкімі плёнкамі, з іх імкненнем наблізіць мінімальнае паверхняе

Рэчыва, якія аслабляюць паверхневае  
нацяжэнне, называюцца паверхнева-  
актыўнымі.

Напрыклад, мыла, якое растворана ў вадзе,  
памяншае  $\sigma$  з 0,075 да 0,045Н/м.

У дачыненні да вады такімі з'яўляюцца:  
нафта ( $\sigma=0,026$ Н/м, спірт  $\sigma=0,023$ Н/м, эфір  
 $\sigma=0,020$ Н/м).

На дзеянні паверхнева-актыўных рэчываў заснаваны вядомы метад барацьбы з малярыйнымі камарамі.

Паверхню вадаёма, у якім знаходзяцца лічынкі камара, апрацоўваюць нафтай - паверхневая плёнка аслабляецца, не вытрымлівае масы лічынак, яны пагружаюцца на глыбіню, дзе без паветра гінуць

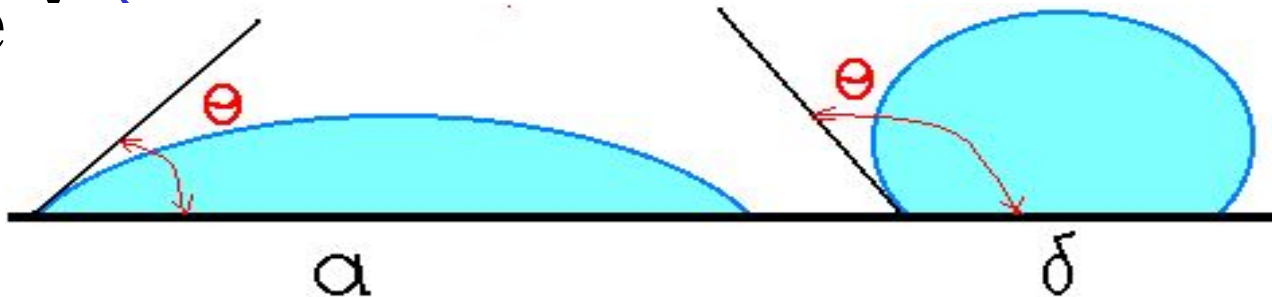
А такія рэчыва, як **сахар і соль** паверхневае нацяжэнне вады павялічваюць.



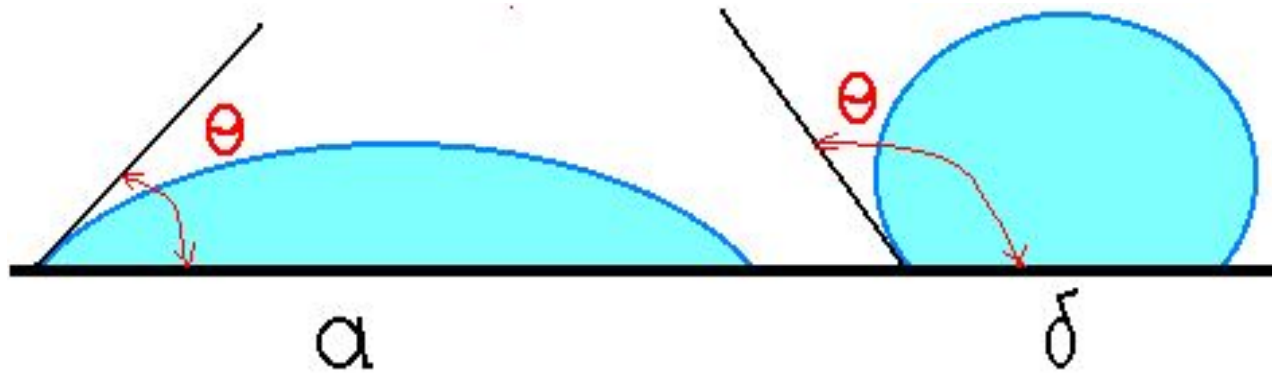
# Змочванне

На мяжы судакранання цвёрдых цел з вадкасцямі можа назірацца **ЗМОЧВАННЕ** ці **НЯЗМОЧВАННЕ**.

Змочваецца вадкасцю цвёрдае цела ці не, залежыць ад таго, **што мацней**: сіла ўзаемадзеяння паміж малекуламі вадкасці (кагезія) або сіла ўзаемадзеяння паміж малекуламі вадкасці і цвёрдага цела (адгэ





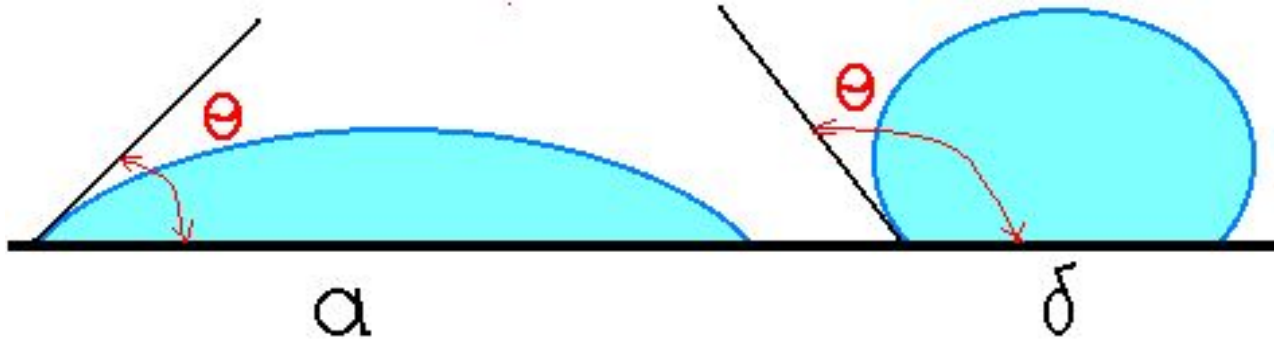


**а – змочванне, б – нязмочванне.**

**θ - крайвы вугал, які ўтвараецца плоскай павярхню цвёрдага цела і плоскасцю, якая з'яўляецца датычнай да свабоднай павярхні вадкасці і праходзіць праз пункт, у якім мяжуе цвёрдае цела, вадкасць і газ.**

**Вадкасць заўсёды знаходзіцца ўнутры краявога вугла.**

Для вадкасцей, якія змочваюць, краявы вугал востры, для тых, што не змочваюць – тупы.



Відавочна, што змочванне і нязмочванне – паняцці **адносныя**: вадкасць, якая змочвае адно цвёрдае цела, можа не змочваць другое цела.

Напрыклад, вада змочвае шкло, але не змочвае парафін; ртуць не змочвае шкло, але змочвае медзь.

На змочванні і нязмочванні заснаваны **метады флатацыйнага абагачэння руды** – аддзяленне яе ад пустой пароды.

Руду з пародай змяльчаюць, змешваюць з вадкасцю, якая не змочвае руду і змочвае пароду.

Адначасова праз вадкасць прадуваюць паветра.

Затым даюць вадкасці адстаяцца.

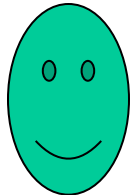
Змочаныя вадкасцю часціцы пароды асядаюць на дно, а “аблепленыя” бурбалкамі паветра часціцы руды **ўсплываюць**.

Лісце і сцябло раслін не змочваюцца вадой дзякуючы тонкаму воскападобнаму налету – **куцікуле**, які іх пакрывае.

Менавіта таму **не размакаюць** пад дажджом лісце дрэў, стагі сена, сцірты саломы і г.д.

На змочванні заснавана **склейванне** розных вырабаў, **афарбоўка**, **мыццё** бялізны, **ахова** металічных паверхняў ад карозіі з дапамогай **масляных плёнак**, **пайка** металаў і г.д.

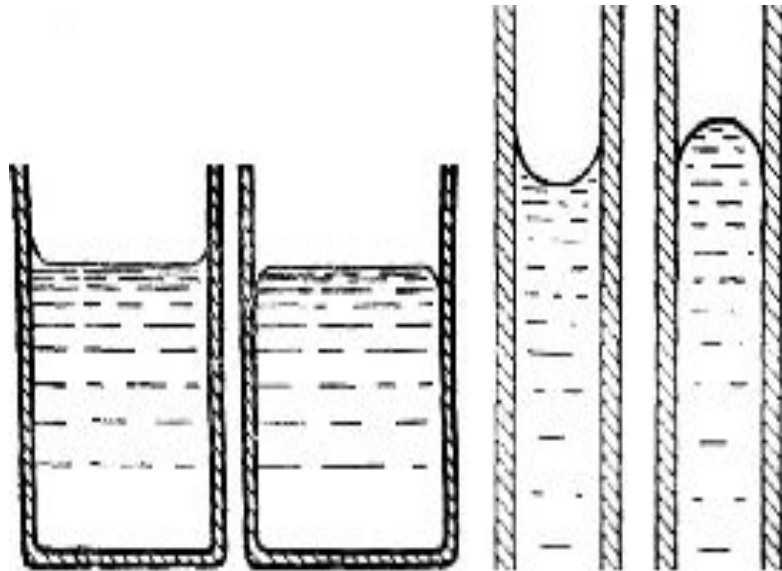
Парасоны, **непрамакальныя** плашчы і курткі **вырабляюць** з тканіны, якая не змочваецца вадой.



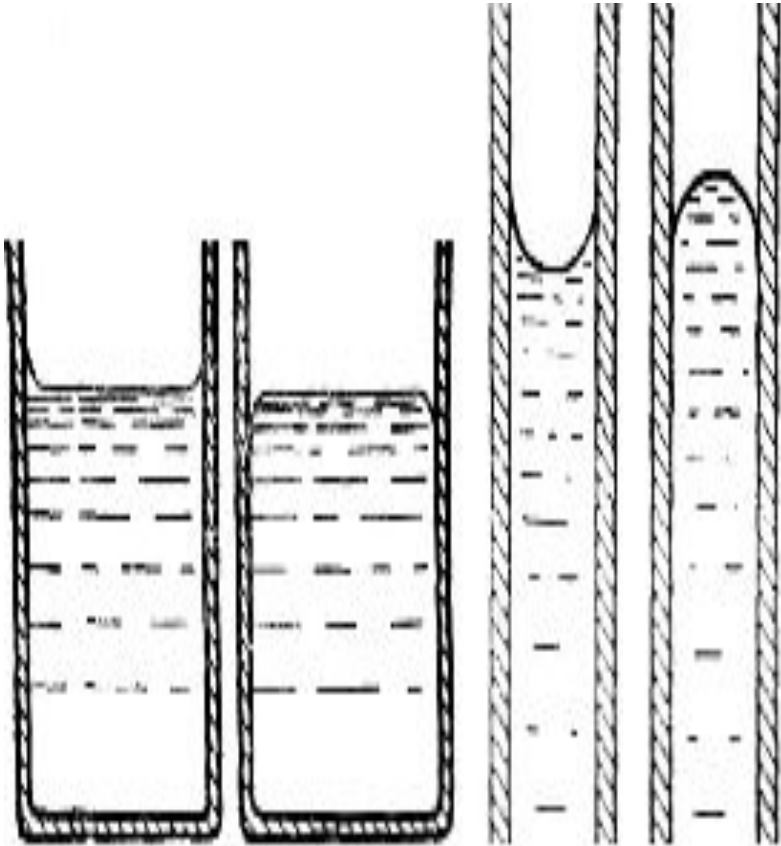
# Капілярнасць

Паверхневае нацяжэнне, змочванне ці нязмочванне прыводзяць да **скрыўлення паверхні** вадкасці паблізу сценак пасудзіны, у якую яна наліта.

Пры змочванні паверхня прыпадаеца, пры нязмочванні – апускаецца.



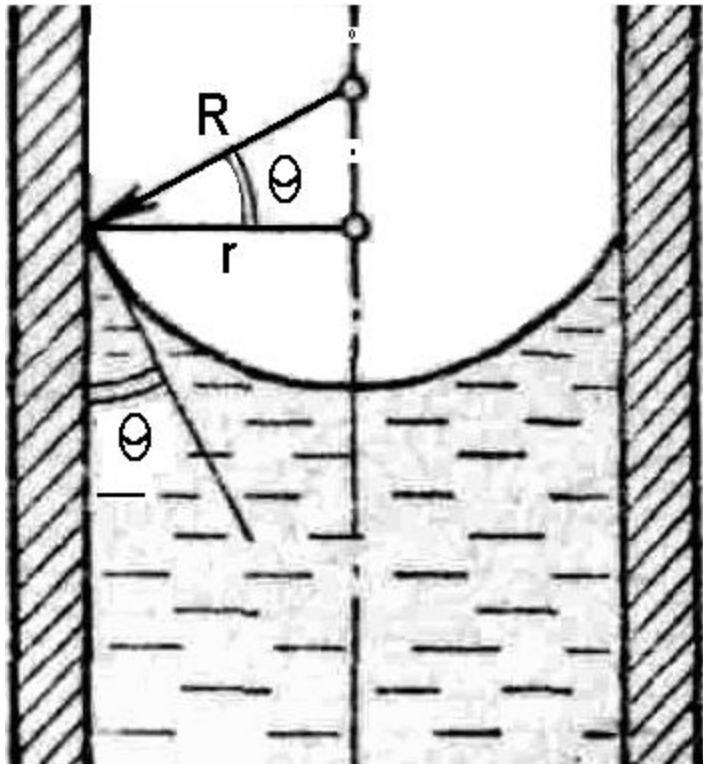
**У вузкім сасудзе краявыя скрыўленні ахопліваюць усю паверхню вадкасці, яна становіцца ўвагнутай пры змочванні і выпуклай пры нязмочванні.**



**Такая выгнутая паверхня называецца меніскам. Вузкія сасуды, трубка, шчыліны і інш. называюцца капілярамі.**

Пад уздзеяннем малекулярных сіл выгнутая паверхня меніска імкнецца выпрастацца, што стварае дадатковы ціск, велічыня якога вызначаецца роўнасцю

$$p = 2\sigma / R$$

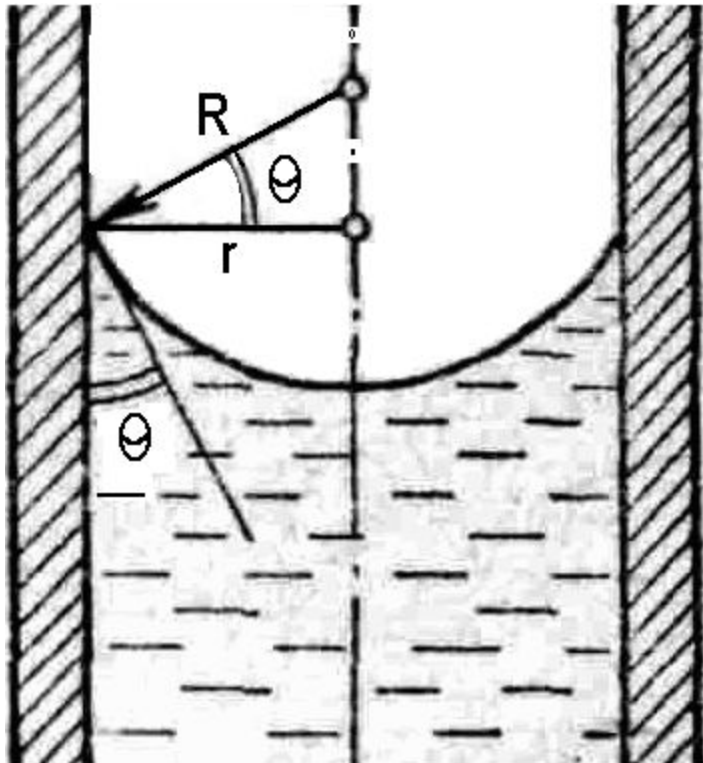


дзе  $\sigma$  – каэфіцыент паверхневага нацяжэння вадкасці,  
 $R$  – радыус крывізны меніска.

З рысунка бачна, што  $r = R \cos \theta$ , а з умовы раўнавагі вадкасці ў капіляры

$$\rho g h = 2 \sigma \cos \theta / r,$$

адкуль вышыня падняцця вадкасці ў капіляры



$$h = \frac{2 \sigma \cos \Theta}{\rho g r}$$

формула **Жюрэна**.

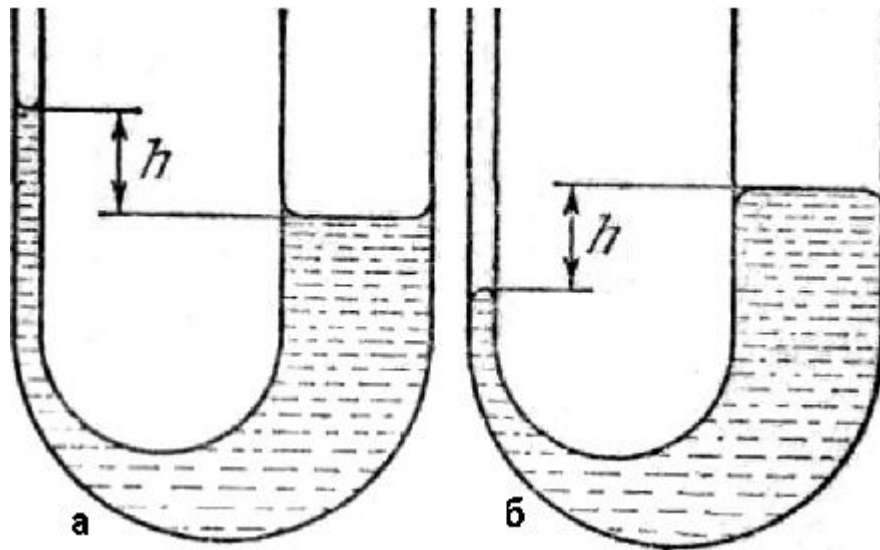
$\rho$  - шчыльнасць вадкасці,

$r$  - радыус капіляра.

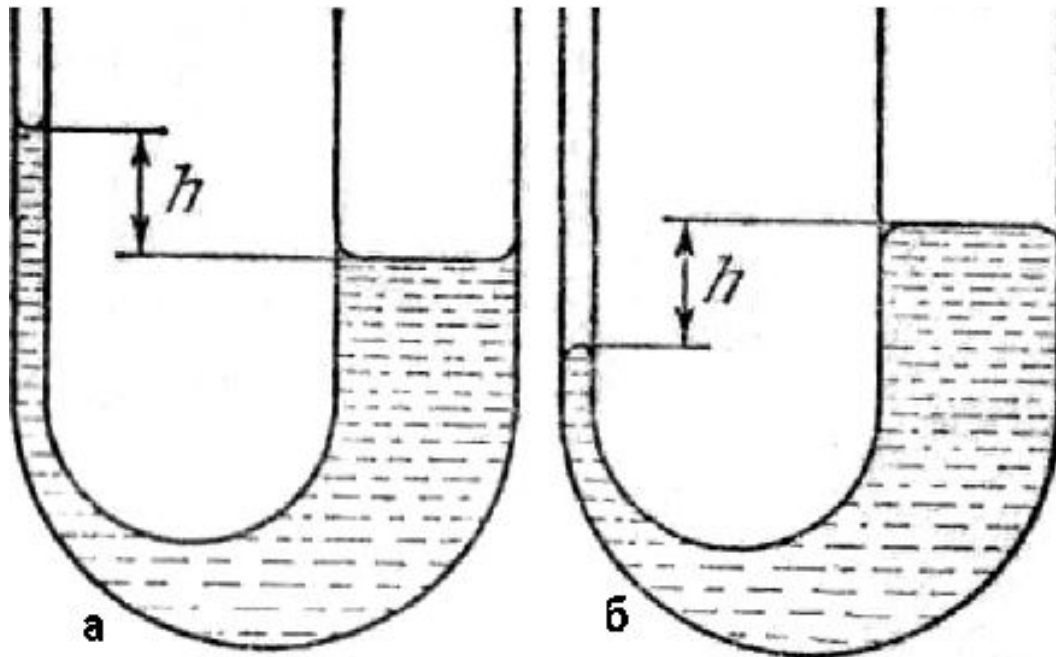


У вельмі тонкіх капілярах вадкасць можа падымацца на вялікую вышыню.

У капіляры дыяметрам **1мкм** вада ( $\rho=1000\text{кг/м}^3$ ,  $\sigma=0,075\text{Н/м}$ ) пры ўмове поўнага змочвання ( $\theta=0$ ) падымаецца на вышыню каля **30м**.



У сазлучаных сасудах, калі адзін з іх шырокі, а другі вузкі можа назірацца адступленне ад закона аб роўнасці ўзроўняў для аднароднай вадкасці (**а** – змочванне, **б** – нязмочванне).



**Капілярныя з'явы** праяўляюцца пры выціранні рук ручніком, мокрай падлогі анучай, пры падыманні газы ў кноце лямпы, пры паступленні вады і пажыўнага раствору па ствалу дрэва да самай верхавіны.

**Сырасць** памяшкання абумоўлена тым, што вада па сценах падымаецца ўверх (патрэбна гідраізаляцыя).

Капілярнасць улічваецца **пры вырабе** розных гатункаў **паперы**.

**Пісчая папера** прамочваецца спецыяльным растворам – капіляры закупорваюцца.

**Прамакальная папера** мае мноства капіляраў.

**У** глебе маюцца капіляры, якія тым больш вузкія, чым шчыльней глеба.

Вада па гэтых капілярах падымаецца да паверхні і хутка выпараецца, зямля становіцца сухой.

Узворванне глебы ранняй вясной і баранаванне разбураюць капіляры – **вільгаць захоўваецца.**

І наадварот, утрамбоўванне (укатка) глебы **зб'ярагае** капіляры.

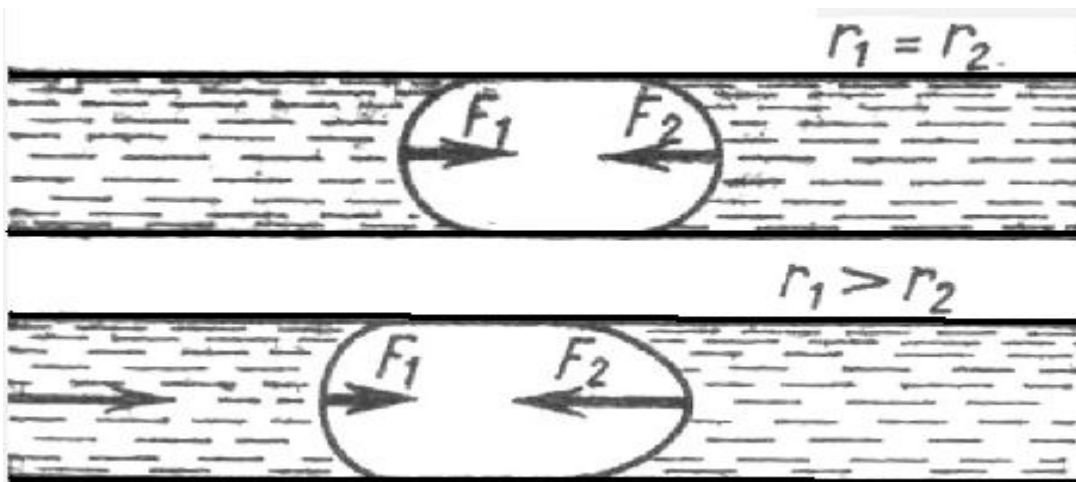
**Порыстыя рэчыва** могуць затрымліваць значную колькасць вільгаці з пары, з-за чаго бялізна, вата становяцца вільготнымі ў сырых памяшканнях (назіраецца змочванне).

І наадварот, вадкасці, якія не змочваюць, у порыстыя целы не трапляюць.

З гэтым звязана **непранікальнасць** для вады **пер'я** птушак, якое змазана тлушчам.

Бурбалка паветра, якая пападае ў капіляр, **дэфармуецца** – узнікае дадатковы ціск на вадкасць з боку бурбалкі і яе рух запавольваецца ці зусім спыняецца.

Такая з’ява можа назірацца ў крывеноснай сістэме чалавека – **газавая эмбалія**, якая можа прывесці да лятальнага канца.

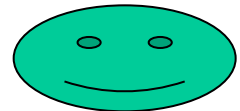


$$p = \frac{2\sigma}{r}$$

Газавыя бурбалкі могуць з'явіцца ў крыві  
**вадалаза** пры хуткім пад'ёме.

Бурбалкі паветра не павінны пападаць у  
вены пры ўколах.

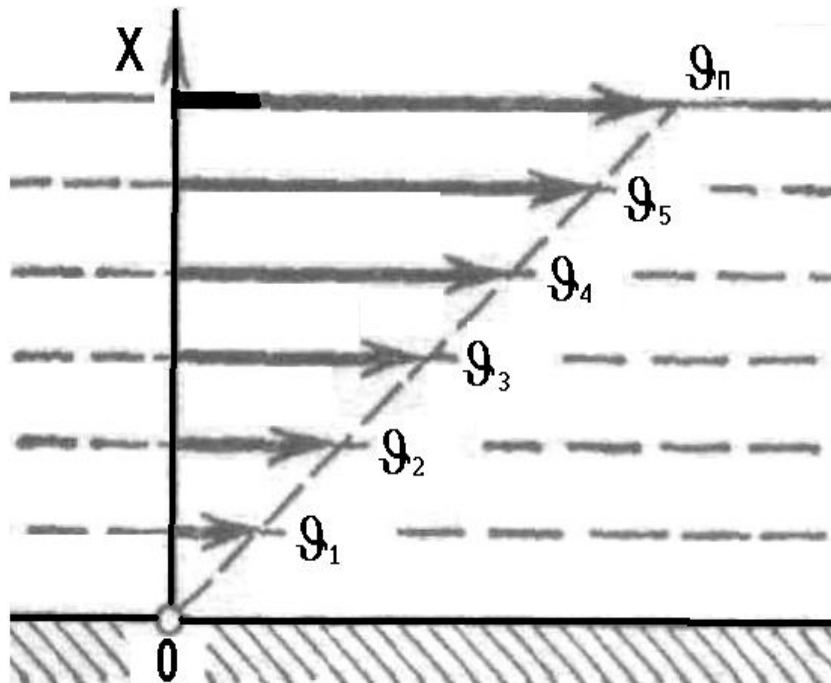
Пчолы здабываюць нектар з глыбіні  
кветкі з дапамогай вельмі **тонкай**  
**капілярнай** **трубки**, якая знаходзіцца  
ўнутры пчалінага хабатка.



# Вязкасць

Пры цячэнні вадкасці асобныя яе слаі ўзаемадзейнічаюць з сіламі, датычнымі да гэтых слаёў.

У выніку гэтага ўзаемадзеяння ўзнікае ўнутранае трэнне ці вязкасць.



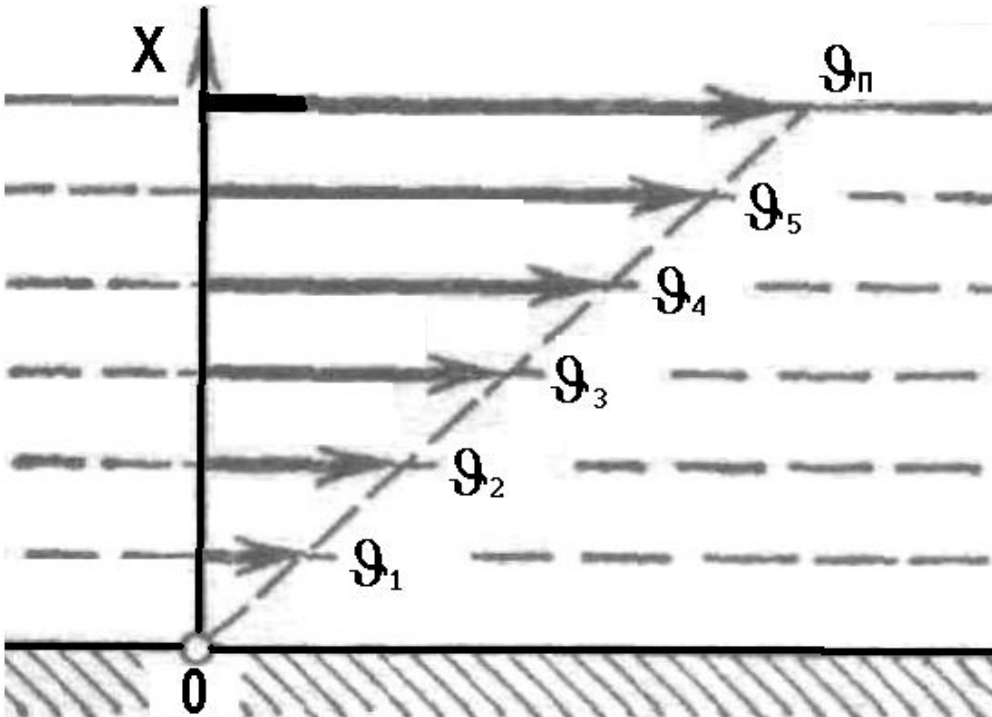
Скорасць розных слаёў вадкасці розная. Слой каля дна нерухомы. Па меры аддалення ад дна скорасць слаёў павялічваецца

$$(v_1 < v_2 < v_3 < v_4 < v_5).$$



Максимальная скорость наблюдается в слое, который граничит с поверхностью ( $v_{\text{п}}$ ).

Сила внутреннего трения пропорциональна площади слоя ( $S$ ) и градиенту скорости ( $dv/dx$ ) в направлении перпендикулярном вектору скорости



$$F = \eta \frac{dv}{dx} S$$

## У формуле Ньютана

$$F = \eta \frac{d\vartheta}{dx} S$$

$\eta$  - динамічний коефіцієнт в'язкості,  
адзінка вимярэння якога **1Па·с**.

Для паветра  $\eta=1,96 \cdot 10^{-5}$  Па·с;

вады  $\eta=6,56 \cdot 10^{-4}$  Па·с;

крыві  $\eta=4,00 \cdot 10^{-3}$  Па·с;

гліцэрына  $\eta=8,50 \cdot 10^{-1}$  Па·с

пры  $t \approx 37^{\circ}\text{C}$ .

**Вязкасць** вадкасцей з павышэннем тэмпературы памяншаецца, таму што адлегласць паміж малекуламі павялічваецца, а сілы прыцяжэння (счаплення) паміж імі памяншаюцца.

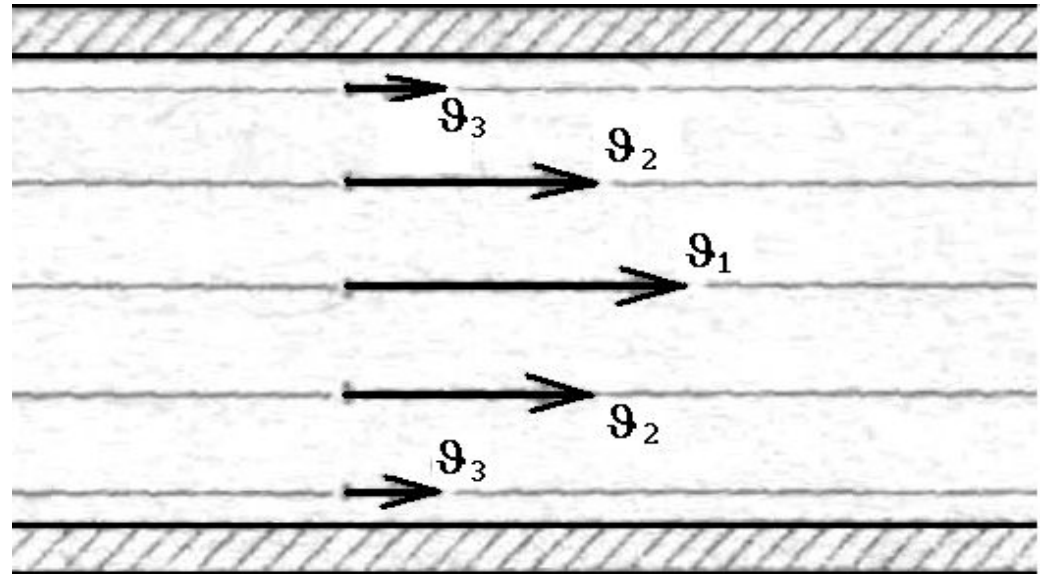
**Вязкасць** вызначаецца з дапамогай прыбора, які называецца **вісказіметрам**.

Работа вісказіметра заснавана на параўнанні працякання праз адзін і той жа капіляр эталоннай і даследуемай вадкасцей.

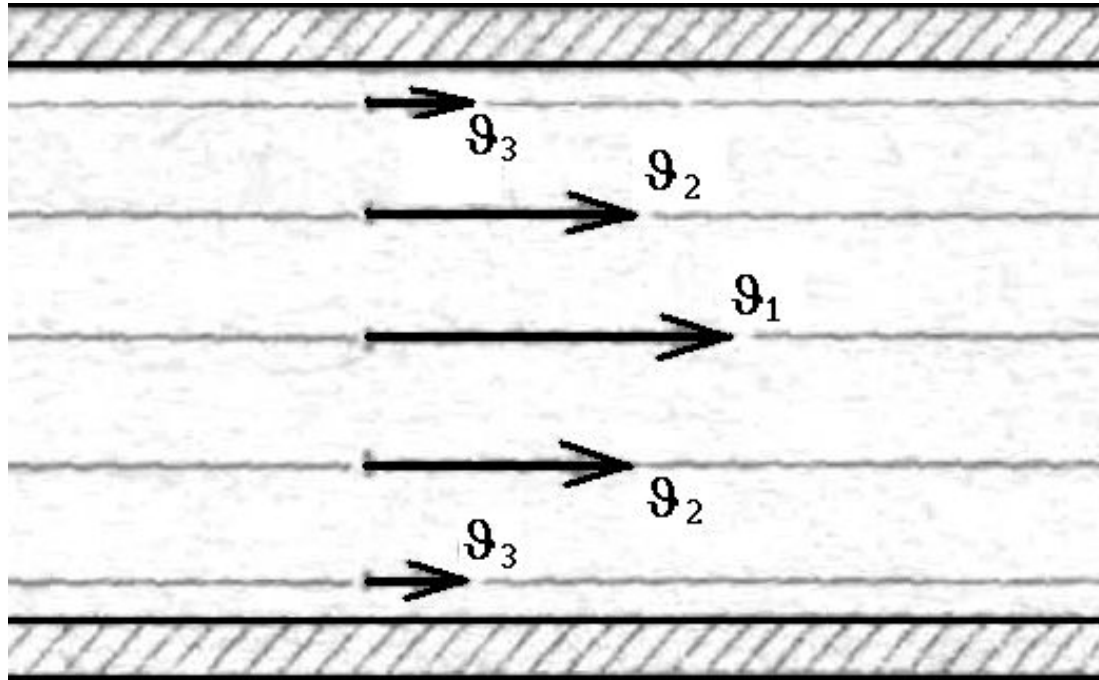
Назіраюцца **два тыпа** цячэння вадкасці.

Цячэнне вадкасці, пры якім яна як бы падзяляецца на слаі, якія слізгаюць адзін па адным і пры гэтым не перамешваюцца, называецца **ламінарным**.

Ламінарнае  
цячэнне  
з'яўляецца  
**стацыянарным**.



Найбольшай скорасцю валодаюць часціцы, якія рухаюцца ўздоўж восі трубка ( $v_1$ ), а роўнааддаленыя маюць аднолькавую скорасць ( $v_2, v_3$ ).

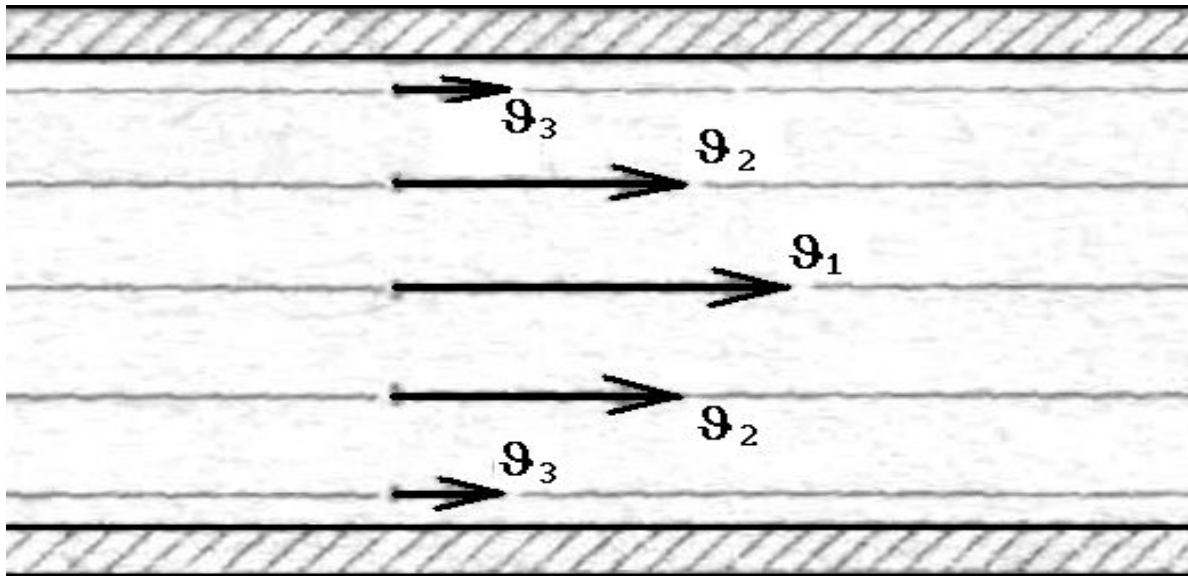


Слой, які судакранаецца са сценкай трубкі, з'яўляецца **нерухомым**.

У сувязі з гэтым паміж вадкасцю і трубкай **трэння няма**.

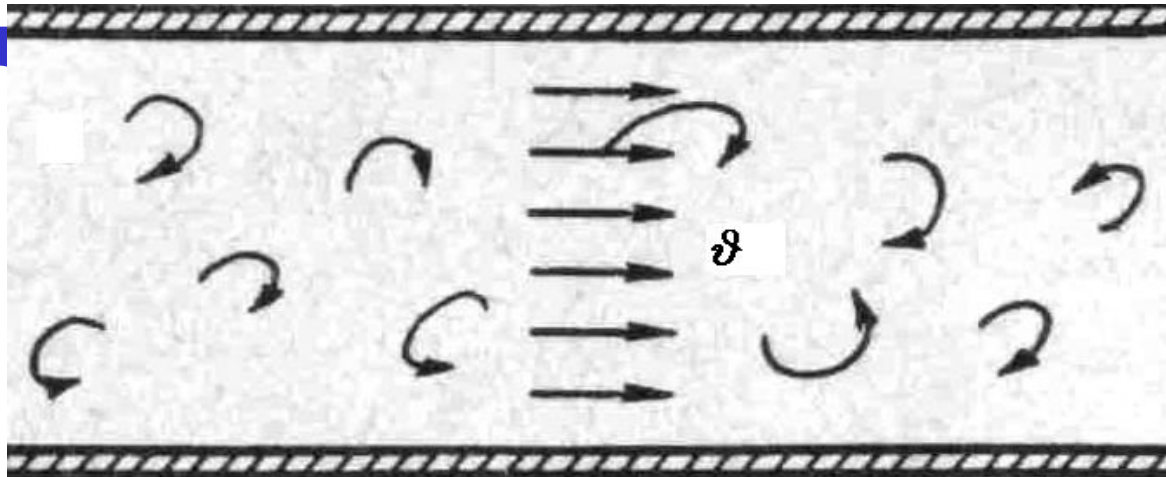
Трэнне існуе **толькі ўнутры** вадкасці, паміж сляямі.

Яно абумоўлена **вязкасцю** вадкасці.



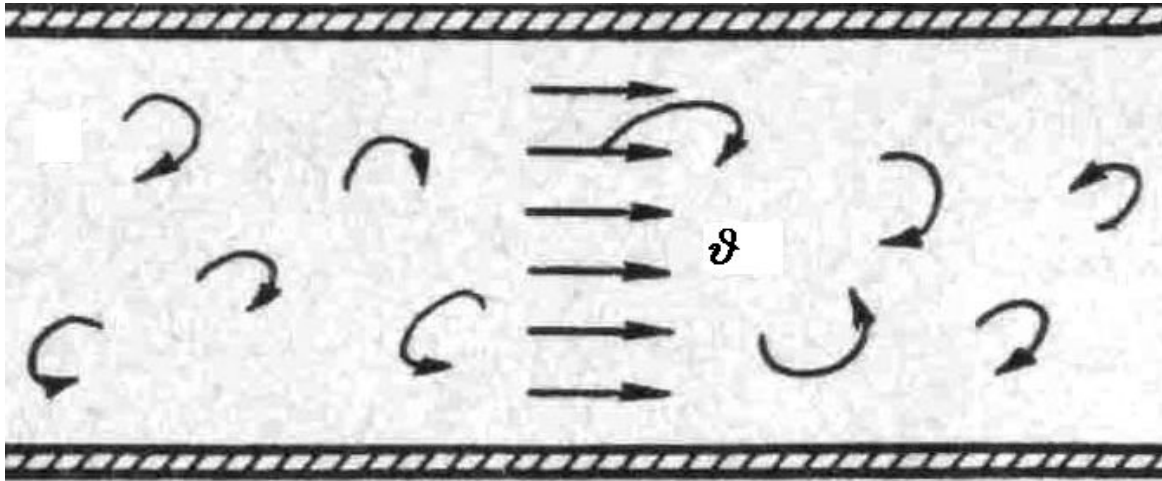
**Цячэнне вадкасці, пры якім слаі перамешваюцца, скорасць часціц вадкасці ўвесь час змяняецца хаатычна, узнікаюць віхры і рэзка павялічваецца супраціўленне руху вадкасці, называецца **турбулентным**.**

У гэтым выпадку скорасць цячэння становіцца **амаль аднолькавай** па ўсяму сячэнню трубка і толькі паблізу сценак узнікаюць вельмі вялікія градыенты скорасі



**Турбулентны рух** можна назіраць у вадкай  
плыні на вузкіх і плыткіх участках  
рэчышча ракі – узнікаюць віхры.

У паветранай плыні паблізу будынкаў –  
паветраныя віхры падымаюць з зямлі пыл,  
абрыўкі паперы і іншыя лёгкія прадметы.





# Характар цячэння вязкай вадкасці па трубе радыуса $r$ вызначаецца лікам Рэйнольдса

$$R_e = \frac{\rho v r}{\eta},$$

дзе  $\rho$  - шчыльнасць вадкасці,  $v$  - сярэдняя па сячэнню скорасць яе руху,  $\eta$  - каэфіцыент вязкасці.

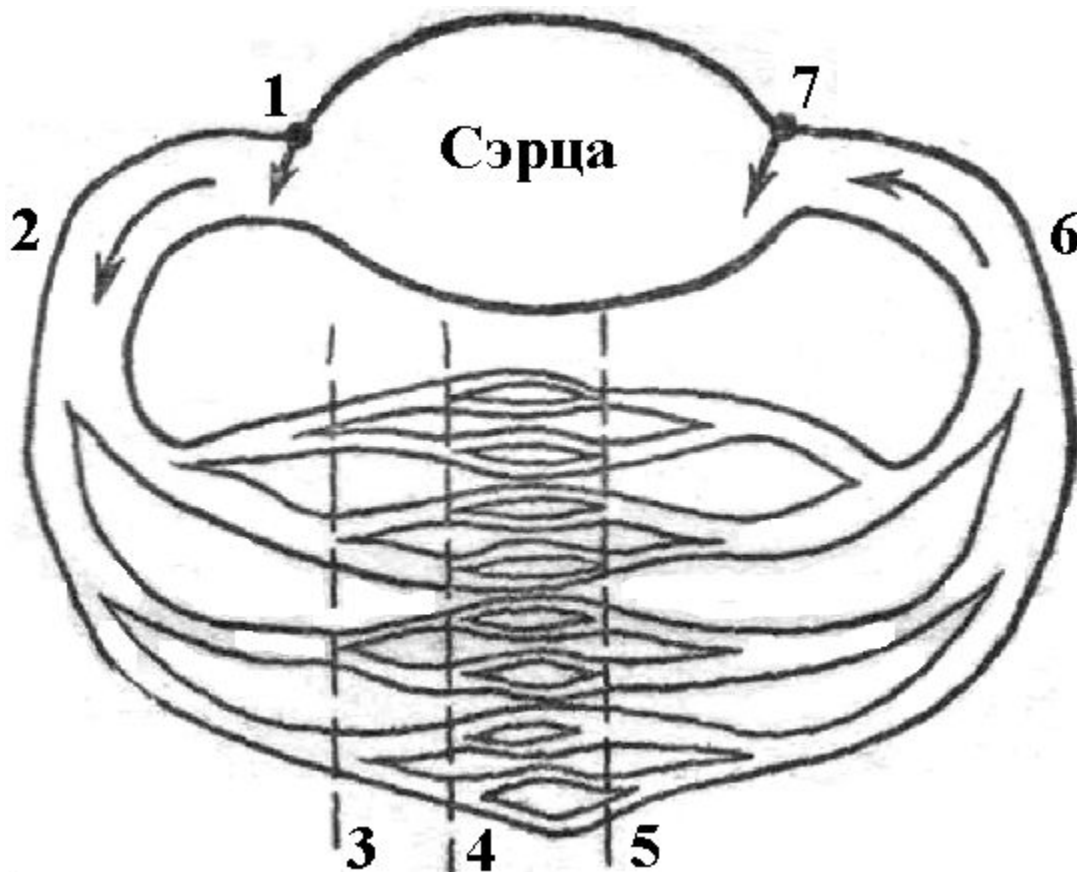
Цячэнне становіцца **турбулентным**, калі лік Рэйнольдса ( $R_e$ ) перавышае крытычны лік ( $R_{\text{екр}}$ ) ( $R_e > R_{\text{екр}}$ ).

Для трубак круглага сячэння з гладкімі сценамі дослед дае прыблізнае значэнне  $R_{\text{екр}} \approx 2000$ .



# Рух криві ў сасудах

Крывяносная сістэма з'яўляецца сукупнасцю паслядоўна і паралельна злучаных трубак – сасудаў.



- 1-2 – аорта,
- 2-3 – артэры,
- 3-4 – артэрыюлы,
- 4-5 – капіляры,
- 5-6 – венулы,
- 6-7 – вена.

**Аб'ём вадкасці (крыві), які працякае праз трубку ў адзінку часу вызначаецца формулай Пуазэйля**

$$V = \frac{\pi r^4}{8\eta L} \Delta p$$

дзе **r** – радыус трубки, **L** – яе даўжыня,  **$\eta$**  - вязкасць вадкасці,  **$\Delta p$**  – рознасць ціску на канцах трубки.

Як бачна з формулы, пры вызначанай рознасці ціску  **$\Delta p$**  праз трубку (сасуд) працякае ў адзінку часу тым больш вадкасці (крыві), чым **меншая** яе вязкасць і **большы** радыус сасуда.

Калі параўнаць цячэнне крыві ў сасудзе з цячэннем току ў правадніку і формулу Пуазэйля з законам Ома для ўчастка ланцуга ( $I = U/R$ ), то велічыня

$$V = \frac{\pi r^4}{8\eta L} \Delta p$$

$$X = \frac{8\eta L}{\pi r^4}$$

з'яўляецца гідраўлічным супраціўленнем.

Гідраўлічнае супраціўленне тым большае, чым большая вязкасць вадкасці (крыві), даўжыня сасуда і меншая плошча яго папярочнага сячэння.

Пад уздзеяннем ціску, які стварае сэрца, кроў рухаецца праз мноства крывяносных сасудаў.

Супраціўленне руху крыві і падзенне ціску **рознае** на розных участках сістэмы.

Па меры разгалінавання сасудаў іх сумарны прасвет павялічваецца, аднак з-за рэзкага памяншэння радыусаў сасудаў іх агульнае гідраўлічнае супраціўленне становіцца **вялікім**.

Таму каля **70%** агульнага падзення ціску прыходзіцца на **дробныя** сасуды.

Цячэнне крыві па сасудах з'яўляецца  
**ламінарным.**

Але пры моцным звужэнні буйных сасудаў  
ці пры паталагічным памяншэнні  
вязкасці крыві цячэнне можа стаць  
**турбулентным**, якое суправаджаецца  
характэрным шумам.

Пры гэтым **сэрца** выконвае вялікую  
работу – **нагрузка** на яго **рэзка**  
**павялічваецца.**

**Эластычнасць** сценак сасудаў захоўвае **ламінальны** характар цячэння крыві (лік Рэйнольдса  $R_e = 1300$ ,  $R_e < R_{e_{кр}}$ ) і садзейнічае эканамічнаму расходу энергіі сэрца.

Пры гэтым **сісталічны** ціск (у час скарачэння **мышцы** сэрца і **выштурхванні** крыві ў аорту) павінен быць каля **120мм.рт.сл.**, а **дыасталічны** (у час паміж скарачэннямі **мышцы**) – **80мм.рт.сл.**

Гэта **ізлішні** ціск над атмасферным.



# Цеплавое расшырэнне вадкасці

Усе рэчыва пры награванні **расшыраюцца**, а пры ахалоджванні **сціскаюцца**.

Гэта звязаны з тым, што пры награванні адлегласць паміж малекуламі павялічваецца, аб'ём цела становіцца большым.

**Змяненне аб'ёму** вадкасці пры награванні (ахалоджванні) вызначаецца роўнасцю

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$

дзе  $\Delta V = V - V_0$ ,  $V$  – аб'ём вадкасці пры тэмпературы  $t$ ,  $V_0$  – аб'ём пры  $t_0$ ,  $\beta$  – каэфіцыент аб'ёмнага расшырэння,  $\Delta T = t - t_0$  – змяненне тэмпературы.



$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$

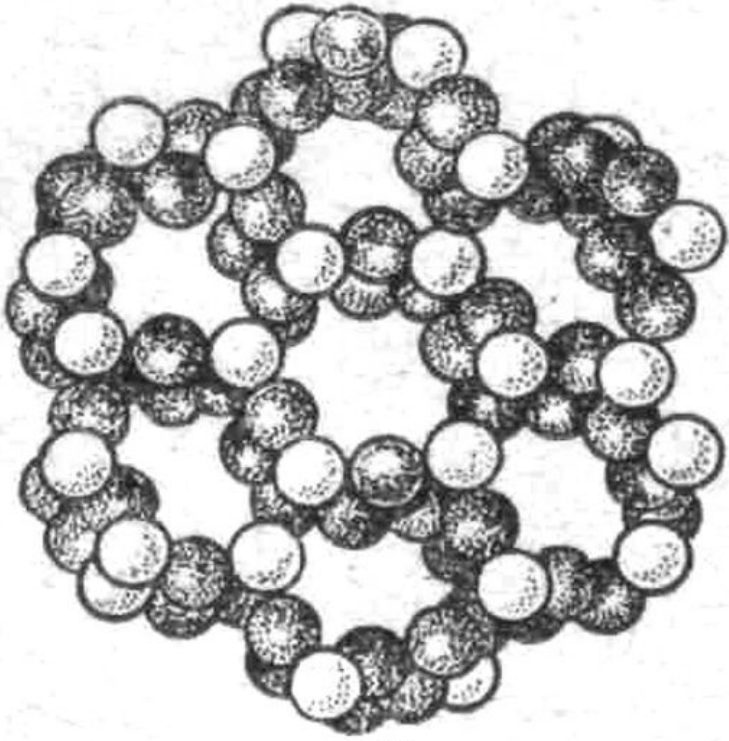
Коефіцієнт аб'ємнага расшырэння для вады  $\beta=1,5 \cdot 10^{-4} \text{K}^{-1}$  ( $T=293\text{K}$ ), для шкла  $\beta=3 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$ .

Параўнанне  $\beta$  паказвае, што вадкасці пры награванні расшыраюцца ў дзесяткі, а часам і сотні раз больш, чым цвёрдыя целы.

Таму расшырэнне пасудзіны, у якой знаходзіцца вадкасць можна не ўлічваць.

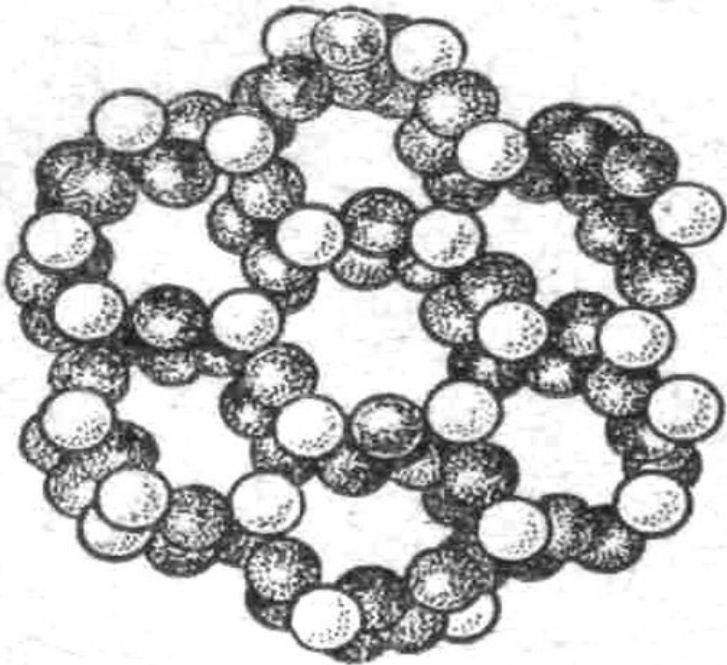
Сярод вадкасцей ёсць адно цудоўнае  
выключэнне: вада пры награванні ад  $0^{\circ}\text{C}$   
да  $4^{\circ}\text{C}$  сціскаецца, а пры ахалоджванні ад  
 $4^{\circ}\text{C}$  да  $0^{\circ}\text{C}$  расшыраецца.

Вядома, што малекулы  $\text{H}_2\text{O}$  у  
структуры лёду размешчаны  
ўшчыльную адна да другой,  
але пры гэтым утвараюць  
ажурную канструкцыю,  
у якой  
маюцца значныя пустоты.



● - атам Н    ○ - атам О

Пры плаўленні лёду адлегласць паміж суседнімі малекуламі  $\text{H}_2\text{O}$  павялічваецца, ажурная будова крышталя скажаецца, пустоты запаўняюцца малекуламі  $\text{H}_2\text{O}$ , агульны аб'ём рэчыва (вады) памяншаецца.



● - атам Н    ○ - атам О

Шчыльнасць вады становіцца **большай**, чым лёду (ён плавае ў вадзе).

Даследаванні паказалі, што пасля плаўлення лёду ў вадзе застаюцца асобныя часткі крышталічнай рашоткі, у якіх захоўваюцца пустоты.

Але пры далейшым награванні вады яны паступова знікаюць.

Таму вада пры награванні ад  $0^{\circ}\text{C}$  да  $4^{\circ}\text{C}$  сціскаецца.

Пры  $4^{\circ}\text{C}$  працэсы знікнення пустот і павялічэння адлегласці паміж малекуламі пры награванні кампенсуюцца, і пры далейшым награванні вада пачынае расшырацца.

Такім чынам, вада мае **найбольшую шчыльнасць** толькі пры **4<sup>0</sup>С**.

Гэта асаблівасць вады тлумачыць, чаму зімой **не прамярзаюць** рэкі і азёры.

Верхнія слаі вады, якія ахалоджваюцца да **4<sup>0</sup>С**, становяцца больш шчыльнымі і апускаюцца ўніз, а на паверхню падымаюцца больш лёгкія ніжнія слаі.

Такое перамяшчэнне **(канвекцыя)** адбываецца да той пары, пакуль тэмпература вады ў вадаёме не стане роўнай **4<sup>0</sup>С**.

Пры далейшы ахалоджванні верхніх слаёў канвекцыя спыняецца, працэс ахалоджвання вады запавольваецца з-за дрэннай яе цеплаправоднасці.

Затым пачынае ўтварацца слой лёду, які плавае на паверхні вады і з'яўляецца добрай ахоўнай абалонкай ад глыбіннага прамярзання вады.

Гэта асаблівасць вады мае вялікае значэнне для жыцця рознай водарасці, рыб і іншых жыхароў вадаёмаў.

