CURS DE BIOFIZICĂ PENTRU STUDENȚI

1. Introducere in biofizică

Biofizica → fenomenele fizice implicate în funcţionarea sistemelor biologice, fiind o ştiinţă care utilizează tehnici şi concepte fizico-chimice pentru cercetarea fenomenelor lumii vii.

Luând drept criteriu de clasificare nivelul de organizare a materiei vii, **ramurile principale** ale biofizicii sunt urmatoarele:

a. Biofizica electronică (cuantică)
b. Biofizica moleculară
c. Biofizica celulară
d. Biofizica sistemelor complexe

- Pentru cercetarea proceselor biologice → structura şi însuşirile fizico-chimice ale materiei vii
- La baza multor procese biologice stau fenomenele fizice, însă ele sunt strâns legate de cele chimice şi sunt aproape inseparabile.

Biofizica foloseşte aproape toate domeniile clasice şi moderne ale fizicii:

- ***Biomecanica*** → diferitele tipuri de locomoţie animală până la motilitatea celulară
- ***Bioelectricitatea*** → ansamblul fenomenelor electrice din lumea vie, la nivel celular, tisular şi de organ
- ***Biotermodinamica*** şi ***bioenergetica*** → generarea, stocarea, conversia energiei la nivel celular şi problemele energetice ale sistemelor biologice la nivel supraindividual
- ***Biocibernetica*** → mecanismele reglării şi transmiterii de informaţii în sistemele biologice
- ***Radiobiologia*** → fenomenele ce au loc la interacţiunea radiaţiei cu materia vie

Fenomenele fizice stau la baza funcţionării mecanismelor biologice

2 Mărimi fizice, unităţi de măsură, sisteme de mărimi şi unităţi

Mărimea fizică → o proprietate măsurabilă a unui corp

Mărimile fizice:

- ***Fundamentale*** → se definesc fără ajutorul altora [lungimea (l), masa (m), timpul (t), temperatura (T), intensitatea curentului electric (i), intensitatea luminoasă (I), cantitatea de substanţă (v)]
- ***Derivate*** → se obţin prin relaţii matematice din combinarea celor fundamentale [ex. forţa, lucrul mecanic (combinaţia masei, lungimii şi timpului]

- Pentru măsurarea unei mărimi → se alege o mărime de acelaşi fel cu ea, care se consideră ***etalon*** şi, de aceea, se numeşte ***unitate de măsură***.
- A măsura o mărime înseamnă a o compara cu unitatea de măsură aleasă (cu etalonul) şi a vedea de câte ori unitatea de măsură se cuprinde în mărimea de măsurat.

Unităţile de măsură:

- unităţi fundamentale
- unităţi derivate

1960 la cea de-a XI-a Conferinţă Generală de Măsuri şi Greutăţi s-au adoptat pe plan internaţional ***unităţile fundamentale*** pentru mărimile fundamentale.

- metrul (pentru lungime)
- kilogramul (pentru masă)
- secunda (pentru timp)
- kelvinul (pentru temperatură)
- amperul (pentru intensitatea curentului electric)
- candela (pentru intensitatea luminoasă)
- molul (pentru cantitatea de substanţă)

Unităţile derivate sunt cele corespunzătoare mărimilor derivate

Exemplu: $[F]_{SI} = [m]_{SI} \cdot [a]_{SI} = kg \cdot m/s^2$

Grupul de unităţi fundamentale stabilite şi toate unităţile derivate din unităţile fundamentale constituie un **sistem de unităţi de măsură**.

Sistem Internaţional de unităţi de măsură (SI) → ansamblu coerent de unităţi fundamentale şi derivate.

- şapte mărimi, respectiv şapte unităţi fundamentale: metrul, kilogramul, secunda, kelvinul, candela, amperul, nr. de moli.

Sistemul tolerat de unităţi este sistemul C.G.S. (centimetru, gram, secundă) a cărui folosire se face în funcţie de necesităţi.

Mărimi fizice scalare şi vectoriale

❖ ***Mărimile fizice scalare*** → se caracterizează prin:

- valoare numerică
- unitate de măsură,

de exemplu: temperatura, lungimea, masa etc.

❖ ***Mărimile fizice vectoriale*** → se caracterizează prin:

- valoare numerică
- unitate de măsură
- punct de aplicaţie
- orientare (direcţie şi sens)

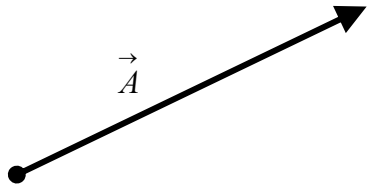
Exemplu: forţa (se notează printr-o săgeata deasupra simbolului, $\vec{F}$)

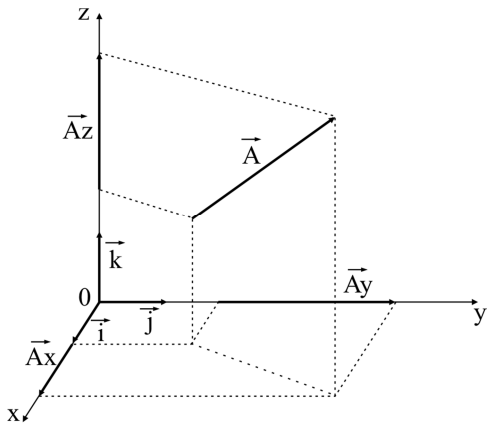
Operaţii cu vectori

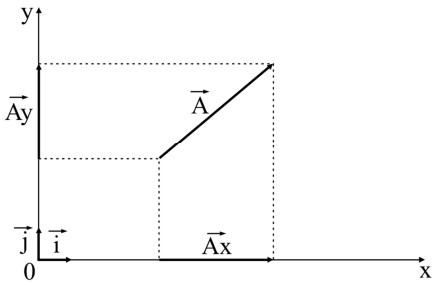
- Un vector se reprezintă în felul următor:

➢ *originea* (punctul de aplicaţie) trebuie să coincidă cu obiectul de studiat,

➢ *direcţia şi sensul* sunt indicate de direcţia şi sensul săgeţii







Componentele vectorului $\vec{A}$ pe trei axe ortogonale

Componentele vectorului $\vec{A}$ pe două axe ortogonale

○ ***Versorii*** axelor de coordonate $\vec{i}$, $\vec{j}$ şi $\vec{k}$ (sunt vectori care au modulul egal cu unitatea, adică $|\vec{i}| = 1$, $|\vec{j}| = 1$ şi $|\vec{k}| = 1$) şi atunci vectorul $\vec{A}$ se poate scrie sub forma:

$$\vec{A} = \vec{i} \cdot A_x + \vec{j} \cdot A_y + \vec{k} \cdot A_z,$$

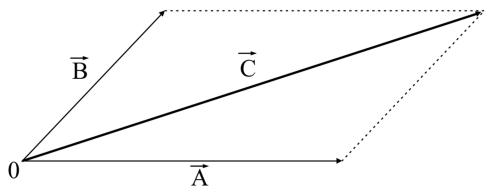
unde A_x, A_y şi A_z reprezintă proiecţiile vectorului $\vec{A}$ pe axele Ox, Oy şi Oz

Compunerea a doi vectori :

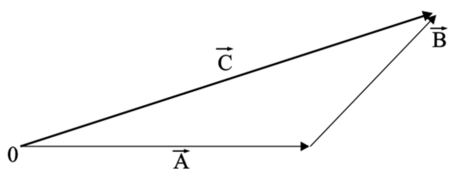
- găsirea unui vector care să aibă acelaşi efect ca şi vectorii pe care îi compunem (din punct de vedere fizic)
- găsirea unui vector $\vec{C}$ care să fie echivalent cu cei doi, adică $\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$ (din punct de vedere geometric)

Adunarea se poate realiza prin

- ***regula paralelogramului***
- ***regula poligonului***.



Compunerea a doi vectori prin regula paralelogramului



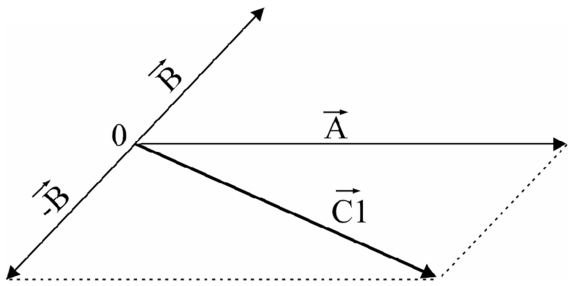
Compunerea a doi vectori prin regula poligonului

Când se adună mai mulţi vectori, poligonul se formează translatând fiecare vector cu originea în vârful precedentului şi rezultanta se obţine unind originea primului cu vârful ultimului vector, închizând astfel un poligon.

OBS.

Dacă vectorii care se compun formează un poligon închis, rezultanta lor este nulă.

Diferenţa a doi vectori $\vec{A}$ şi $\vec{B}$ înseamnă să adunăm la vectorul $\vec{A}$ opusul lui $\vec{B}$, adică pe $-\vec{B}$

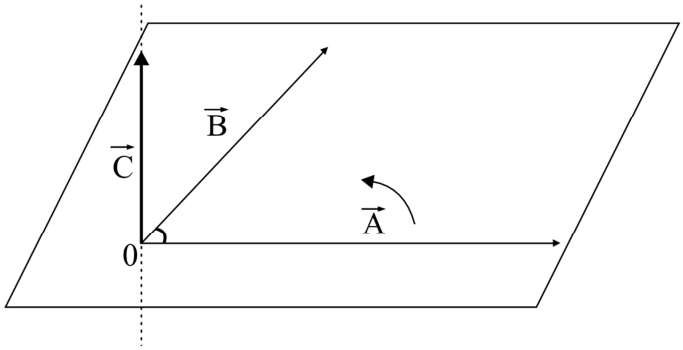


Scăderea vectorilor

Produsul a doi vectori poate fi:

• Scalar (mărime scalară egală cu produsul modulelor vectorilor şi al cosinusul unghiului dintre ei)

• Vectorial (un vector orientat perpendicular pe planul format de cei doi vectori, în sensul rotirii burghiului drept care se roteşte astfel încât aduce primul vector al produsului peste cel de-al doilea, pe drumul cel mai scurt). Produsul vectorial se scrie: $\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$



Modulul produsului vectorial este:

$$C = A \cdot B \cdot \sin\alpha$$

Mecanica fluidelor

Studiul lichidelor aflate în repaus ⇒ **statica fluidelor**

Studiul lichidelor aflate în mişcare ⇒**dinamica fluidelor**

1. Statica fluidelor

1.1. Starea lichidă

Lichidele → starea de agregare a substanţei în care distanţa dintre particulele componente este mult mai mică decât la gaze şi de aceea lichidele sunt foarte puţin compresibile.

→ ordine locală a moleculelor pe o distanţă de câteva raze moleculare. La lichide, energia cinetică a moleculelor (datorita mişcării de agitaţie termică) şi energia potenţială au aceeaşi pondere.

→ din punct de vedere structural, lichidele ocupă un loc intermediar între gaze şi solide.

Proprietăţile ce caracterizează lichidele:

- au formă nedeterminată şi volum determinat
- sunt izotrope
- curg şi sunt extrem de puţin compresibile.

Proprietăţile lichidelor depind de **temperatură**, adică la valori ridicate ale acesteia se apropie de gaze, iar la valori joase de solide.

OBS.

Cunoaşterea legilor referitoare la curgerea lichidelor este necesară pentru înţelegerea modului în care se desfăşoară circulaţia sanguină.

1.2. Densitatea (ρ)

DEF.

Densitatea absolută → raportul dintre masa şi volumul său.

Dacă masa unui corp omogen este M, iar volumul său V, atunci:

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Pentru V=1, avem ρ=M, adică densitatea unui corp este numeric egală cu masa unităţii de volum.

Densitatea se exprimă în funcţie de mărimile fundamentale ca:

$$[\rho] = M/L^3 = M \cdot L^{-3}$$

Unitatea de măsură pentru densitate va fi reprezentată în sistemul internaţional (SI) prin relaţia:

$$[\rho]_{SI} = kg/m^3 = kg \cdot m^{-3}$$

Densitatea relativă se defineşte ca fiind raportul dintre densitatea absolută a unui corp (ρ) şi densitatea absolută a unui corp luat ca referinţă (ρ_0):

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{\frac{M}{V}}{\frac{M_0}{V}} = \frac{M}{M_0}$$

$$\rho = \frac{M}{M_0} \cdot \rho_0$$

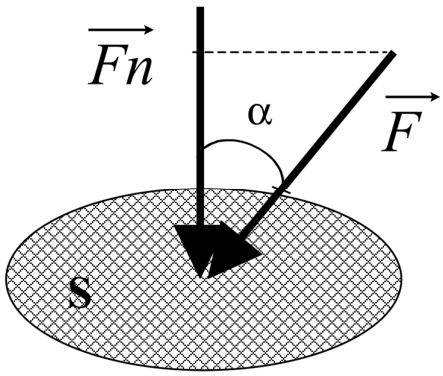
Pentru

- *lichide*, corpul de referinţă este apa distilată, a cărei densitate la 4^oC este 1000 kg/m^3
- *gaze*, corpul de referinţa este aerul la 0^oC şi la presiunea de 760 mm Hg.

1.3. Presiunea hidrostatică

DEF.

Presiunea **(P)** reprezintă raportul dintre valoarea forţei ce apasă normal pe o suprafaţă şi valoarea ariei suprafeţei respective



$$P = \frac{F_n}{S} = \frac{F \cdot \cos\alpha}{S}, \quad F_n = F \cdot \cos\alpha$$

Daca $\alpha = 0^o \Rightarrow$ **P=** $\frac{F}{S}$

Presiunea se exprimă în funcţie de mărimile fundamentale ca:

$$[P] = [F]/[S] = M \cdot L \cdot T^{-2}/L^2 = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$$

unitatea de măsură în **S.I.** este:

$$[P]_{SI} = [F]_{SI}/[S]_{SI} = N/m^2 = Pa \text{ (Pascal)}$$

iar în **CGS**:

$$[P] = dyn/cm^2 = barye\ (Ba),\ 1\ Ba = 0{,}1\ N/m^2$$

Alte unităţi de măsură tolerate, folosite :

Barul (bar) **:** 1 bar = 10^5 N/m^2 = 10^6 Ba (dyn/cm^2).

Torrul (sau mmHg) : este egal cu presiunea exercitată de o coloană de mercur înaltă de 1mm la 0°C şi in câmp gravitaţional normal (standard, acceleraţia gravitaţională g = 9,8 m/s^2).

$$1\ Torr = 1\ mm\ Hg = 133{,}322\ N/m^2$$

Atmosferă fizică : este egală cu 760 Torr:

$$1\ atm = 760\ Torr = 760 \cdot 133{,}322\ N/m^2 = 101325\ N/m^2 \approx 1{,}013 \cdot 10^5\ N/m^2 \approx 10^5\ N/m^2 = 1\ bar$$

OBS.

Straturile unui lichid aflat în repaus apasă unele asupra celorlalte $\Rightarrow$**presiune hidrostatică**.

Factorii de care depinde presiunea hidrostatică sunt adâncimea şi densitatea:

1. ***Presiunea hidrostatică in lichide creşte cu adâncimea la care ne găsim în lichid.***
2. ***În orice punct din lichid presiunea hidrostatică este aceeaşi în toate direcţiile.***
3. ***Presiunea hidrostatică este aceeaşi în toate punctele unui plan orizontal.***
4. ***Presiunea hidrostatică creşte cu densitatea lichidului.***

In **concluzie**:

La o anumită adâncime **h**, într-un lichid de densitate **ρ**, presiunea hidrostatică este egală cu produsul dintre densitate, adâncime şi accelaraţia gravitaţională.

$$\mathbf{P = \rho \cdot g \cdot h}$$

1.4. Legea lui Pascal

ENUNŢ:

Presiunea exercitată pe o suprafaţă oarecare a unui lichid aflat în repaus se transmite în toate direcţiile, cu aceeaşi intensitate în tot lichidul.

Presa hidraulică este o aplicaţie directă a principiului lui Pascal.

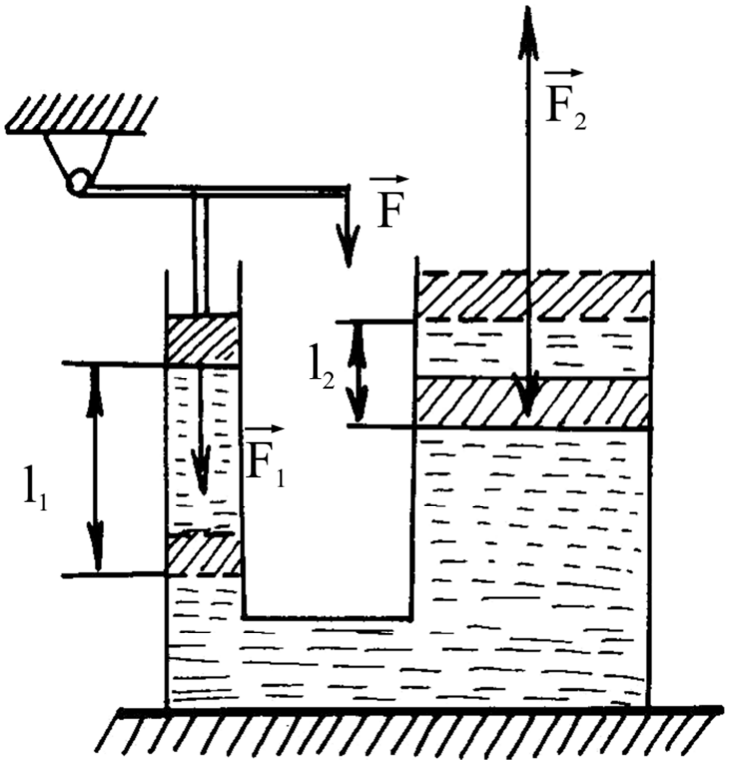
Când asupra pistonului de arie S_1 se apasă cu forţa F_1, sub piston apare presiunea $P_1 = F_1/S_1$ care se transmite conform principiului lui Pascal integral la pistonul al doilea, cu aria S_2.

Deoarece $P_1 = P_2$, rezulta că:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \text{ sau } F_2 = \frac{S_2}{S_1} \cdot F_1$$

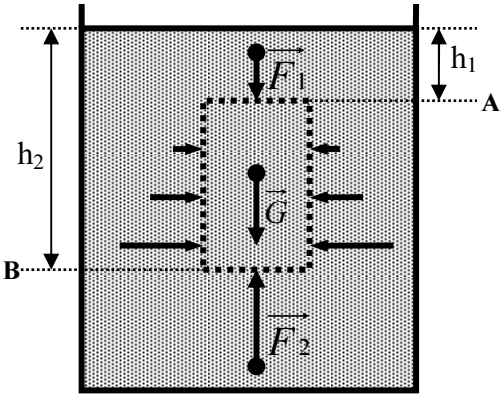
CONCLUZIE:

- ✓ Forţa de apăsare asupra pistonului 2 este mai mare decât forţa de apăsare a pistonului 1 de atâtea ori de câte ori este mai mare aria pistonului 2 decât aria pistonului 1.



1.5. Principiul fundamental al hidrostaticii

- Considerăm în interiorul unui lichid două puncte A(h_1) şi B(h_2)
- În punctul A $\rightarrow$acţ. forţa $\vec{F}_1$, iar în punctul B$\rightarrow$ acţ. forţa $\vec{F}_2$.
- Între planele orizontale în care se află punctele delimităm imaginar un **paralelipiped** de greutate $\vec{G}$.



În condiţii statice:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{G} = \mathbf{0}$$

$$\mathbf{F_2 - F_1 - G = 0}$$

$$\mathbf{P_B \cdot S - P_A \cdot S - m\,g = 0}$$

$$\mathbf{P_B \cdot S - P_A \cdot S - \rho g S h = 0}$$

$$\mathbf{P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot h}$$

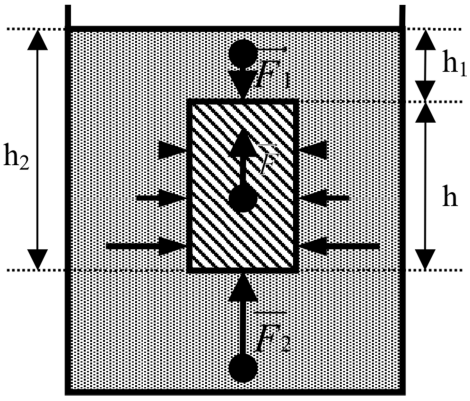
ENUNŢ:

Diferenţa de presiune dintre două puncte A şi B din interiorul unui lichid, între a căror straturi distanţa pe verticală este h, este:

$$P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot h$$

1.6. Principiul lui Arhimede

- Considerăm un corp de formă paralelipipedică, cu înălţimea h şi aria bazelor S, cufundat într-un vas cu lichid de densitate ρ_l.



$$F_2 = P_2 \cdot S > F_1 = P_1 \cdot S \ (P_2 > P_1)$$

Rezultanta forţelor de presiune care acţionează asupra corpului este:

$\mathbf{F_{arh}} = F_2 - F_1 = (P_2 - P_1) \cdot S = \rho_l \cdot g \cdot h \cdot S = \rho_l \cdot V \cdot g = m_l \cdot g = \mathbf{G_l}$ (greutatea lichidului dezlocuit)

$$F_{arhimedica} = G_{lichidului\ dezlocuit}$$

ENUNŢ:

Orice corp cufundat într-un fluid este împins de jos în sus cu o forţă verticală egală cu greutatea volumului de lichid dezlocuit de corp.

2. Dinamica Fluidelor

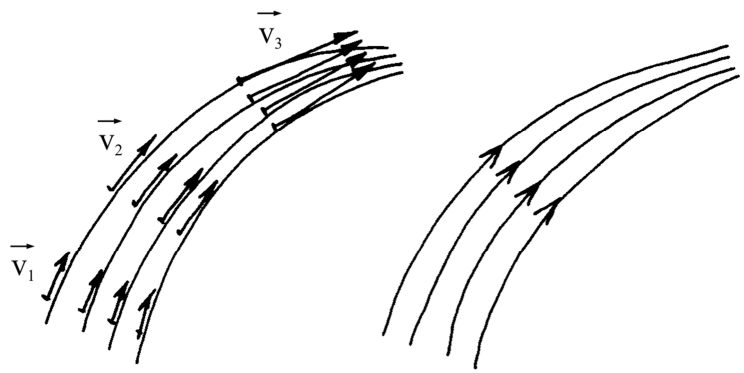
2.1. Curgerea fluidelor

În condiţii **statice** → cunoaşterea adâncimii şi a densităţii ρ_l pentru a caracteriza starea fluidului.

În condiţii **dinamice** → pe lângă aceste două mărimi este necesar să cunoaştem în fiecare punct şi în fiecare moment şi viteza fluidului $\vec{v}$

OBS.

- Drumul parcurs de o particulă de fluid în mişcarea sa → linie de curent
- În fiecare punct viteza particulei este tangentă la linia de curent



2.2. Clasificarea curgerii fluidelor

A. Curgere

→ **staţionară** (în regim permanent) dacă viteza particulelor de fluid depinde de poziţia lor, descrisă de vectorul de poziţie $\vec{r}$, şi nu depinde de timp $\vec{v} = \vec{v}(\vec{r})$

→ **nestaţionară** (în regim nepermanent sau tranzitoriu) dacă viteza lor depinde atât de poziţia lor cât şi de timp $\vec{v} = \vec{v}(\vec{r}, t)$

B. Curgere

→ **nerotaţională** (fără vârtejuri) dacă mişcarea particulelor de fluid este doar translaţională (nu se rostogolesc)

→ **rotaţională** (cu vârtejuri) atunci când particulele de fluid participă simultan la o mişcare de translaţie şi una de rotaţie.

C. Curgere (cu sau fără vârtejuri)

→ **turbulentă** (are loc la viteze mari de curgere) în care liniile de curent se intersectează

→ **laminară** (are loc la viteze mici de curgere) când liniile de curent sunt paralele între ele (vase capilare în care viteza sângelui este foarte redusă)

2.3. Debitul masic şi volumic

DEF.

Debitul este o mărime fizică scalară egală cu raportul dintre cantitatea de fluid ce trece printr-o secţiune transversală a unei conducte într-un interval de timp şi mărimea acelui interval.

OBS. În cazul lichidelor, în funcţie de mărimea adoptată pentru a măsura cantitatea de fluid, se poate defini debitul volumic şi cel masic.

Debitul volumic:

$$Q_v = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{S \cdot \Delta l}{\Delta t} = \frac{S \cdot v \cdot \Delta t}{\Delta t} = S \cdot v,$$

unde v reprezină viteza de curgere, iar S sectiunea transversală.

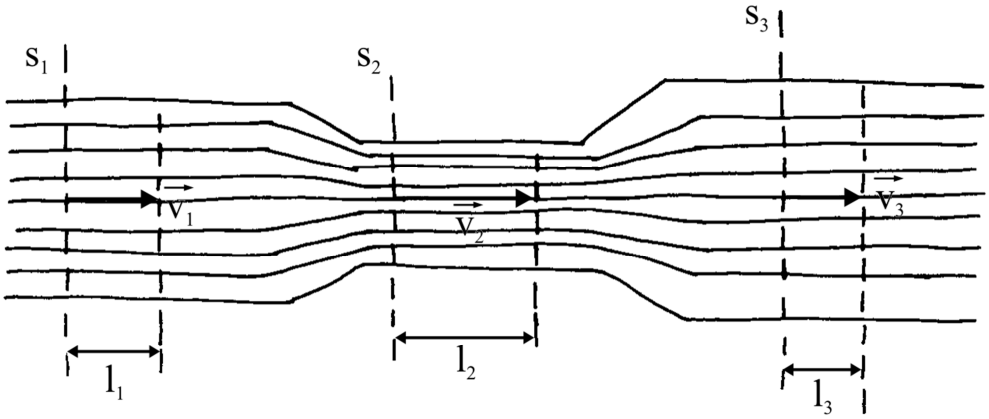
Debitul masic:

$$Q_m = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{\rho \Delta V}{\Delta t} = \rho \cdot Q_V$$

2.4. Ecuaţia de continuitate

Considerăm un fluid în curgere staţionară.

Fie trei secţiuni transversale S_1, S_2, S_3 prin care fluidul curge cu vitezele v_1, v_2, respectiv v_3 :



Debitele volumice prin cele trei secţiuni sunt:

$$Q_{1V} = S_1 \cdot v_1$$

$$Q_{2V} = S_2 \cdot v_2$$

$$Q_{3V} = S_3 \cdot v_3$$

Fluidul este incompresibil $\Rightarrow$ prin orice secţiune a conductei trebuie să treacă aceeaşi cantitate de fluid în acelaşi interval de timp:

$$Q_{1V} = Q_{2V} = Q_{3V}$$

$$\Rightarrow \mathbf{S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 = S_3 \cdot v_3}$$

Concluzie:

- ✓ Viteza fluidului care curge staţionar printr-o conductă cu secţiunea variabilă este mai mare unde secţiunea este mai mică şi invers.

2.5. Legea lui Bernoulli

Se referă la presiunile exercitate de un lichid la curgere staţionară printr-un tub de secţiune variabilă.

Enunţ:

În orice secţiune a unui tub înclinat (cu secţiune variabilă) prin care curge un lichid, suma dintre presiunea hidrostatică (p), presiunea hidrodinamică ($\rho v^2/2$) şi presiunea de nivel (ρgh) este constantă.

$$P + \rho v^2/2 + \rho gh = const.$$

În cazul unui tub orizontal, legea lui Bernoulli :

$$P + \rho v^2/2 = const.$$

→ viteză mare → presiune hidrostatică mică → fen. Venturi

Aplicaţii medicale:

→ În cazul dilatării unei artere (anevrism), presiunea hidrostatică mare duce la ruperea peretelui arterial.

→În cazul unei stenoze vasculare, presiunea hidrostatică se micşorează. Se schimbă caracterul curgerii devenind turbulentă ceea ce poate duce la spasme in vasul obturat.

Dacă de-a lungul unui vas se manifestă o suită de ocluzii şi deschideri, ca urmare o deplasare cu caracter ondulatoriu a sângelui, poate apărea un zgomot numit suflu.

3. Reologia

DEF.

Reologia este ştiinţa despre curgerea corpurilor sub acţiunea unei forţe.

OBS.

Când un corp este supus unei forţe, el tinde să se *deformeze*.

a. Dacă deformarea este *temporară*, sub acţiunea de scurtă durată a unei forţe corpul revenind la forma iniţială, se numeşte **deformare elastică**.

b. Dacă deformarea este *permanentă*, se numeşte **deformare plastică** şi este corelată cu un **proces de curgere**.

CONCLUZIE:

- ✓ **Un lichid este un sistem care curge sub acţiunea unei forţe exterioare.**

3.1 Curgerea fluidelor reale. Vâscozitatea. Legea lui Newton

- ➢ În ***fluidele reale***, în condiţii *dinamice* se manifestă pe lângă forţele de presiune şi forţe de frecare internă sau de frecare vâscoasă, care influenţează mişcarea fluidelor.

Explicaţie

Stratul cu viteză mai mică va frâna stratul care se deplasează cu viteză mai mare cu care este în contact şi invers, stratul cu viteză mai mare va accelera stratul care se deplasează cu viteza mai mică peste care alunecă $\Rightarrow$ **forte de frecare.**

Forţele de frecare dintre straturile de lichid sunt tangente la acestea şi îndreptate în sens contrar curgerii lor.

Cu cât aceste forţe sunt mai mari, cu atât fluidul este mai vâscos.

Forţa de frecare internă care apare în planul de alunecare pe unitatea de suprafaţă, este proporţională cu:

- gradientul vitezei (grad v = $\frac{\Delta v}{\Delta x}$ adică variaţia vitezei cu distanţa şi arată cât de repede se schimbă viteza la trecerea dintr-un strat într-altul)
- aria suprafeţelor straturilor aflate în contact, S
- depinde de natura lichidului prin coeficientul de vâscozitate η

$$\mathbf{F = \eta \cdot S \cdot \frac{\Delta v}{\Delta x}} \quad \textbf{(legea lui Newton)}$$

OBS.

Coeficientul de vâscozitate dinamică η este dependent de natura fluidului şi de temperatură.

3.2. Starea solidă. Deformarea solidelor. Legea lui Hooke

Corpurile aflate în stare solidă se clasifică, din punct de vedere al aranjării în spaţiu a particulelor componente, în corpuri:

- Cristaline - particulele componente sunt aranjate ordonat şi periodic în spaţiu în nodurile reţelei cristaline
- Amorfe - particulele nu mai sunt dispuse ordonat şi de aceea se spune că ele au o structură intermediară între a sistemelor lichide şi cele a sistemelor cristaline

DEF.

Schimbarea dimensiunilor sau formei corpurilor solide sub influenţa unor forţe aplicate asupra lor se numeşte **deformare**.

Dacă se acţionează cu o forţă deformatoare **F** asupra unei bare de lungime $\mathbf{l_0}$ şi sectiune **S**, ea se alungeşte, lungimea ei devenind **l**.

- creşterea Δl = l – l_0 a lungimii barei ca rezultat al deformării ei se numeşte **alungire absolută**
- raportul $\frac{\Delta l}{l_0}$ = ε se numeşte **alungire relativă**
- raportul dintre forţa F şi aria secţiunii S se numeşte **tensiune sau efort unitar** $\frac{F}{S}$ = σ.

Experienţa Hooke

→ a arătat că alungirea relativă (ε) este direct proporţională cu efortul unitar (σ).

$$\frac{\Delta l}{l_0} \sim \frac{F}{S}$$

$$\frac{\Delta l}{l_0} = \frac{1}{E} \cdot \frac{F}{S},$$

E (inversul constantei de proporţionalitate) → constantă numită **modulul lui Young** şi depinde de natura materialului din care este confecţionat corpul.

Relaţia de mai sus poate fi scrisă sub forma:

$$\frac{F}{S} = E \cdot \frac{\Delta l}{l_0},$$

$$\boldsymbol{\sigma = E \cdot \varepsilon}$$

⇒ **deformarea ε este proporţională cu tensiunea deformatoare σ**

OBS.

Dacă valoarea efortului unitar depăşeşte o anumită valoare bine determinată pentru un anumit material, deformarea lui nu mai este proporţională cu efortul unitar şi legea lui Hooke îşi pierde valabilitatea.

3.3 Lichide newtoniene. Valabilitatea legii lui Newton

Legea lui Newton: $F = \eta \cdot S \cdot \frac{\Delta v}{\Delta x}$ vom scrie sub o altă formă

$$\frac{F}{S} = \eta \cdot \frac{\Delta v}{\Delta x}$$

- gradientul de viteză $\frac{\Delta v}{\Delta x}$ → ***deformabilitatea D***
- raportul $\frac{F}{S}$ → ***tensiune de forfecare T***

Ţinând cont de aceste notaţii, **legea lui Newton** se poate scrie sub forma:

$$\mathbf{T = \eta \cdot D}$$

Concluzie:

✓ deformabilitatea este proporţională cu tensiunea de forfecare aplicată

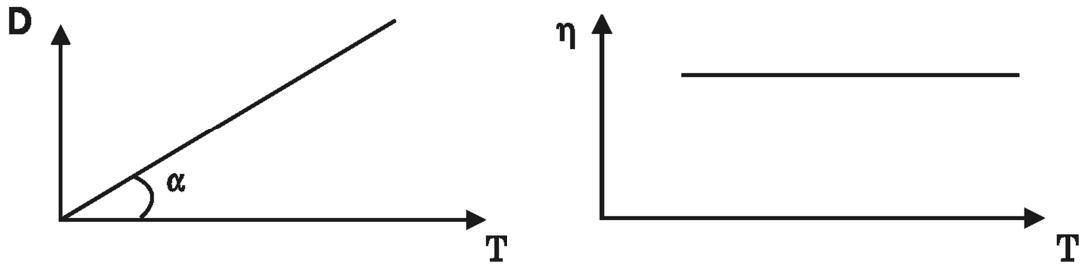
În acest caz de deformare vorbim despre **lichide newtoniene**.

Dacă lichidul → forţe de forfecare crescătoare D=f(T) va fi o dreaptă.

O astfel de reprezentare se numeşte **curbă de curgere** sau **reogramă**.

OBS.

- Conform ecuaţiei $T = \eta \cdot D$, această dreaptă va trece prin origine
- Panta dreptei, tg α, se numeşte **fluiditate**
- În cazul corpurilor newtoniene, vâscozitatea este constantă
- Dependenţa ei în funcţie de tensiunea de forfecare este:



4. Aplicaţii: vâscozitatea sângelui

Sângele → lichid nenewtonian (nu se supune legii lui Newton)

- La t = 37°C vâscozitatea sângelui este ~ 4 ori mai mare decât ce a apei
- Este un sistem dispers heterogen – o suspensie de elemente figurate (celule) în plasmă
- Procentul volumului ocupat de elemente figurate ale sângelui (în majoritate hematii) poartă numele de hematocrit (pentru omul sănătos 40%)

Pentru lichidele care curg în conducte → **nr. lui Reynolds**, $\mathbf{R_e}$:

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

r = raza conductei

ρ = densitatea fluidului

v = viteza de curgere

η = coeficientul de vâscozitate dinamică a lichidului

Pentru sângele din arterele mari există o valoare critică a nr. lui Reynolds $R_e^{cr} = 1000$.

Mai multe regimuri de curgere a sângelui:

- $R_e < R_e^{cr}$ curgerea este *laminară*
- $R_e^{cr} = 1000 < R_e < 2000$ curgerea este nestabilă
- $R_e > 2000$ curgerea este turbulentă

OBS.

În sist. cardiovascular curgerea turbulentă poate să apară în aortă, imediat deasupra valvulelor sigmoide, în perioada de expulzie a sângelui (când viteza lui atinge valoarea cea mai mare) → zgomote caracteristice.

Turbulenţa (consumatoare de energie) poate să apară şi în alte vase în stări patologice când vâscozitatea este mai scăzută (ex. anemie).

Fenomene moleculare

- **Fenomene de suprafaţă (superficiale)**
- **Fenomene moleculare de transport**

Fenomene de suprafaţă în faza lichidă

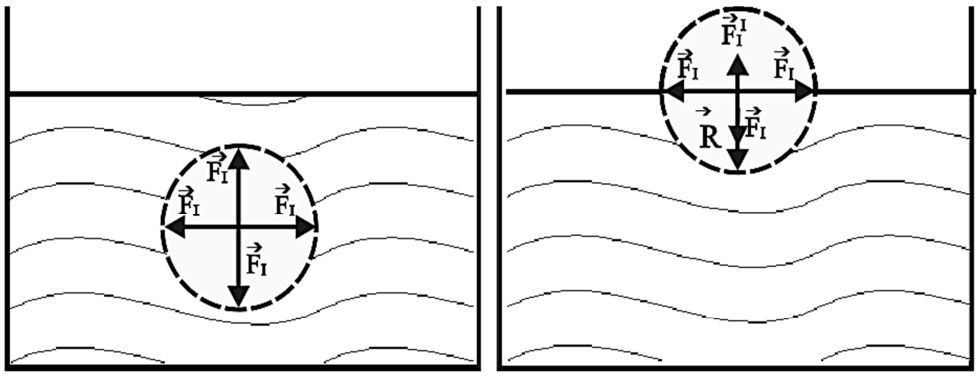
a. Interfaţa lichid-gaz

(Tensiunea superficială)

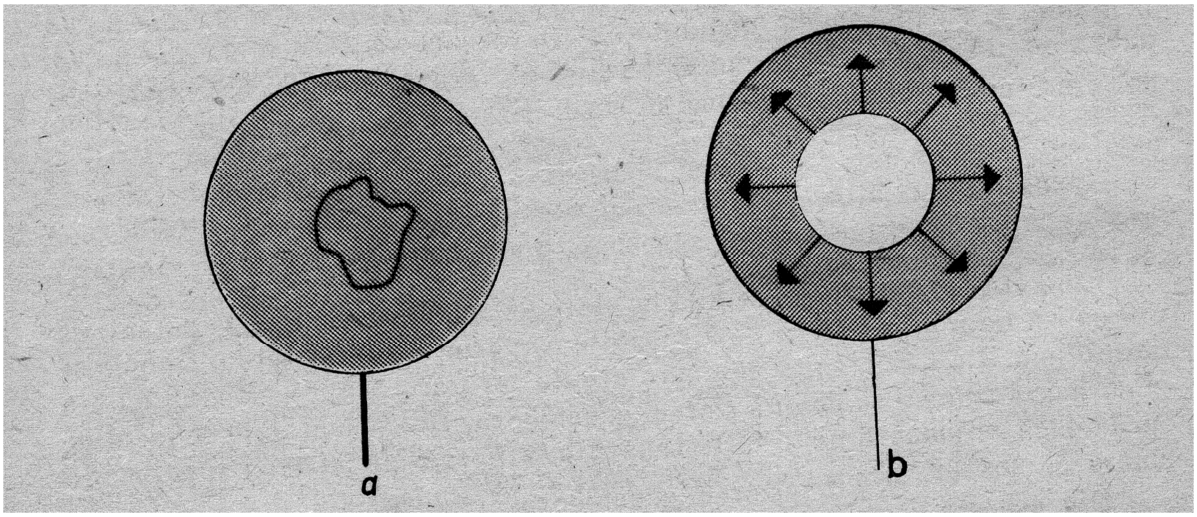
O substanţă lichidă este separată de atmosfera înconjurătoare printr-o **pătură superficială.**

- Între moleculele din ***interiorul lichidului*** pe o distanţă de ordinul a trei raze moleculare → forţe de atracţie care se compensează reciproc (R=0).
- Moleculele din ***stratul superficial*** → atrase spre interiorul lichidului [forţele de atracţie (coeziune) exercitate de moleculele din interior sunt mai mari decât cele exercitate de moleculele de gaz] ⇒ Rezultantă ≠0

(*FORŢĂ DE TENSIUNE SUPERFICIALĂ*)



Pătura superficială → membrană elastică



⇒existenţa unor forţe superficiale în membrana superficială care acţionează *tangenţial în toate direcţiile.*

Sistemele → **echilibru** ⇔ atunci când **E_{pot}= minimă**

⇒ starea de echilibru se realizează când există cele mai puţine molecule la suprafaţă → tendinţa de micşorare a suprafeţei libere a lichidului

In concluzie:

- ✓ Forţa tangentă care ia naştere în stratul superficial şi care micşorează suprafaţa liberă a lichidului se numeşte forţă de tensiune superficială.

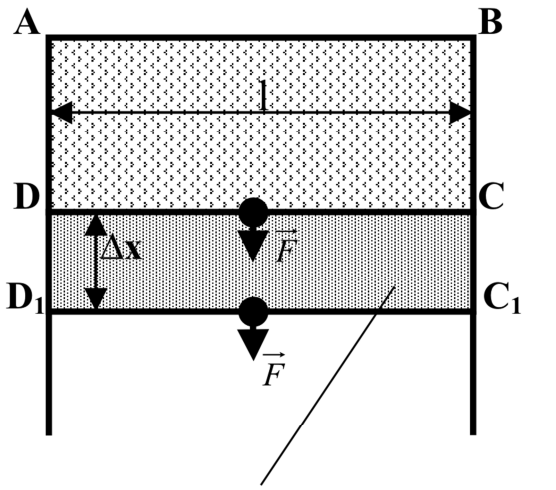
Grosimea stratului superficial nu depăşeşte raza de acţiune moleculară.
Presiunea exercitată de moleculele din stratul superficial asupra celorlaltor molecule de lichid → **presiune moleculară.**

- ➢ este foarte mare (≈ 10^4 atm)
- ➢ sub acţiunea aceste presiuni moleculele se apropie foarte mult unele de altele (lichidele sunt incompresibile
- ➢ sub acţiunea acestei presiuni moleculele superficiale au tendinţa de a se deplasa în interior → micşorarea supr. libere

Concluzie:

- ✓ Presiunea moleculară face ca stratul superficial să aibă proprietăţi diferite de restul lichidului.

EXP.



Creşterea suprafeţei membranei prin aplicarea forţei $\vec{F}$

Lichid gliceric în interiorul unui cadru de sârmă cu latura CD mobilă.(Lăsată în poz. C_1D_1 se deplasează în sensul micşorării ariei suprafeţei libere a peliculei).

⇒forţele superficiale efectuează lucru mecanic pe seama micşorării energiei potenţiale

σ = coeficient de tensiune superficială

$L_S = F \cdot \Delta x$

$L_S = \sigma \cdot \Delta S$ $\Big\}$ ⇒ $F \cdot \Delta x = \sigma \cdot \Delta S$ ⇒ $F \cdot \Delta x = \sigma \cdot l \cdot \Delta x$ ⇒

$$F = \sigma \cdot l$$
$$\sigma = F / l$$

Unitate de măsură : $[\sigma]_{SI}=[F]_{SI}/[l]_{SI}$ = N/m

$$\sigma = F \cdot \Delta x / l \cdot \Delta x = \Delta L / \Delta S$$

Coeficientul de tensiune superficială (σ) este numeric egal cu lucrul mecanic efectuat de forţele de tensiune superficială pentru a mări suprafaţa lichidului cu o unitate.

Moleculele din stratul superficial: $E_{pot\ sup} > E_{pot\ int}$

Fenomenele superficiale exprimă evoluţia unui sistem spre o stare de echilibru caracterizată printr-un minim energetic.

Tensiunea superficială a lichidelor şi soluţiilor:

- Scade odată cu creşterea temperaturii (→ 0 la $t_{critică}$)
- Scade odată cu creşterea concentraţiei solvitului
- Depinde de natura substanţei (solventului şi solvitului)
  - Tensiunea superficială a apei → mare (datorită legăturilor de hidrogen dintre moleculele de apă)

În privinţa influenţei solvitului → 3 cazuri:

- Nu modifică tensiunea superficială (ex. zahăr dizolv. în apă)
- Măreşte tensiunea superficială (cazul soluţiilor apoase de electroliţi)
- Micşorează tensiunea superficială (ex. soluţii apoase de soluţii organice polare)

- Substanţele care prin adăugarea lor **scad** considerabil tensiunea superficială a soluţiei, se numesc **TENSIOACTIVE.**
- Cele care prin adăugarea lor **cresc** (sau nu modifică) tensiunea superficială a soluţiei se numesc **TENSIOINACTIVE.**

SUBSTANŢELE TENSIOACTIVE: acizi graşi cu lanţuri lungi de C, alcooli, săruri biliare etc.

- Sunt substanţe organice care conţin în molecula lor:
  - Grupări polare hidrofile (-OH, -COOH, -CHO, $-NH_2$)
  - Lanţuri hidrocarbonate (hidrofobe)

Explicaţie:

- Grupările polare interacţionează cu dipolii moleculelor de apă →buna solubilitate a acestor substanţe în apă

- Pătrund între dipolii apei din stratul superficial unde se aglomerează → ***adsorbţie pozitivă***
- Slăbesc forţele intermoleculare în stratul superficial → scăderea coeficientului de tensiune superficială a soluţiei faţă de solvent

Concluzie:

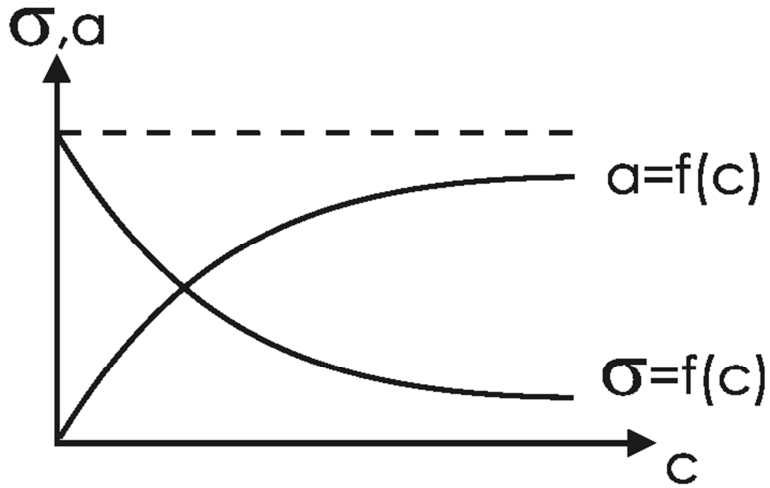
- ✓ În contact cu apa, gruparea polară (hidrofilă) se orientează în stratul superficial spre faza apoasă, iar cea nepolară (hidrofobă) spre partea opusă.

Cantitatea de substanţă adsorbită în stratul superficial este o funcţie dependentă (crescătoare) de concentraţia soluţiei.

Dacă: $c\uparrow \Rightarrow M_{adsorbită} \uparrow \quad \Rightarrow$ Tens. Sup.$\downarrow$

Are loc până când suprafaţa liberă este "saturată". Astfel,T ajunge la o valoare minimă.

Coeficientul de adsorbţie : $a = - c/T \cdot R \cdot d\sigma/dc$ → Relaţia lui Gibbs



Izoterma tensiunii superficiale

Izoterma de adsorbţie

Fenomenul invers, când substanţele care măresc tensiunea superficială se îndepărtează de suprafaţă spre profunzime → ***adsorbţie negativă***.

Importanţa tensiunii superficiale în medicină:

- Acizii biliari care sunt eliminaţi prin coledoc în duoden întâlnesc bolul alimentar (conţine lipide aproape în totalitate nedigerate) şi vor contribui la scăderea tensiunii superficiale a grăsimilor, ceea ce uşurează emulsionarea lor → mai eficient metabolizate.
- Tens. superf. condiţionează permeabilitatea membranelor, schimbul dintre celule şi mediul interstiţial. Subst. tensioactive favorizează

permeabilitatea membranelor, resorbţia intestinală → o serie de medicamente se administrează cu subst. tensioactive.

- Anestezicele (subst. tensioact.) determină scăderea tensiunii sup. a sângelui.
- Lichidele din organism au tensiuni superficiale < decât a apei → se modifică în cazul stărilor patologice.
    - Ex. Urina normală are tens. sup ~ $70 \cdot 10^{-3}$ N/m. În cazul unor afecţiuni (icter, leziuni hepatice) datorită apariţiei unor acizi şi săruri biliare → $50 \cdot 10^{-3}$ N/m

b. Interfaţa solid-lichid

(Fenomene capilare)

Fenomenele superficiale care au loc la contactul dintre lichide şi solide → ***fenomene de udare***

- La contactul dintre solid şi lichid apar forţe de coeziune F_C între moleculele lichidului şi forţe de adeziune F_A între moleculele lichidului şi ale solidului.

- În raport cu lichidele, o suprafaţă solidă poate fi:
    - Liofilă (hidrofilă) ($F_A > F_C$), udă pereţii vasului (lichidul aderă la suprafaţa solidului)
    - Indiferentă (caz ideal)
    - Liofobă (hidrofobă) ($F_A < F_C$), evită contactul cu pereţii vasului (lichidul nu aderă la solid).

OBS.

În imediata vecinătate a pereţilor vasului meniscul devine

- ***concav*** (în raport cu aerul) la lichidele care *udă pereţii* vasului
- ***convex*** la lichidele care *nu udă pereţii* vasului.

Înălţimea la care urcă (coboară) lichidele în vasele capilare cilindrice de rază r ≤ 1mm este dată de legea lui Jurin:

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

Aplicaţii:

- Există unele substanţe numite „agenţi udanţi” care introduse în lichide favorizează udarea unor solide.
- Macromoleculele mediilor biologice au o structură complexă, asimetrică

→ grupări polare (ionizante): carboxil $-COOH^-$, amino $-NH_2^+$, hidroxil $-OH^-$, sunt hidrofile (atrag în jur molecule de apă).

→ grupări nepolare: grupări hidrocarbonice $\equiv$CH sunt hidrofobe (interacţ. mai puternic între ele decât cu apa)

Efect hidrofob → macromoleculele biologice în mediu apos tind să se „ plieze” şi să se plaseze astfel încât să expună spre mediu cât mai multe grupări hidrofile şi să „orienteze” spre zone interioare grupări hidrofobe.

Ex. Proteinele membranare intrinseci care expun spre mediile intern şi extern apoase grupări hidrofile iar spre interiorul membranar grupări hidrofobe.

OBS.

Macromoleculele se organizează astfel încât împreună cu solventul să atingă o energie potenţială termodinamică minimă.

→ interacţiunile dintre mediul apos şi macromolecule au loc până la degajarea unei cantităţi mari de energie când se formează un număr mare de legături.

- **Termodinamica** → studiază legile generale ale fenomenelor termice fără a ţine cont de mişcările termice la scară microscopică.
- **Teoria cinetico-moleculară** → studiază procesele termice cât şi proprietăţile corpurilor macroscopice, folosind o ipoteză cu privire la structura intimă a corpurilor.

OBS.

Se consideră că orice corp macroscopic este format dintr-un nr. foarte mare de atomi, iar mişcarea acestora se supune legilor mecanicii clasice.

- Pentru a simplifica studiul gazelor, s-a recurs la un model cinetic-molecular → **„modelul gazului ideal”**.

Caracteristicile unui gaz ideal:

- gazul este format dintr-un număr foarte mare de molecule identice;
- moleculele sunt considerate punctiforme, deoarece dimensiunile lor sunt foarte mici în comparaţie cu distanţele dintre ele;
- moleculele nu interacţionează între ele, deoarece spaţiile dintre ele sunt foarte mari în raport cu diametrul lor;
- ciocnirile dintre şi molecule şi pereţii vasului sunt perfect elastice;

Noţiuni termodinamice de bază

Sistem termodinamic → o porţiune din Univers în interiorul căreia pot avea loc fenomene care se produc cu schimb de căldură.

1. Clasificare:

I. După schimburile cu mediul:

- **Deschis** → schimb de energie şi substanţă cu mediul
- **Închis** → schimb de energie calorică
- **Izolat** → nici un fel de schimb

OBS. Sistemul adiabatic nu schimbă energie calorică cu exteriorul.

Sistemele vii sunt întotdeauna deschise.(Există şi sist. închise legate de cele deschise, ex. forme de bacterii)

II. Structura internă:

- **Omogen** → proprietăţi identice în orice punct al lui sau se modifică continuu, fără salturi
- **Heterogen** → proprietăţile prezintă discontinuităţi.

Omogene – monofazice

Heterogene - polifazice

Sistemele vii sunt heterogene.

III. După modificarea proprietăţilor cu direcţia:

- **Izotrope** → coeficienţii ce caracterizează mărimile fizice sunt aceeaşi în orice direcţie
- **Anizotrope** → valorile coeficienţilor se schimbă odata cu modificarea direcţiei

Cauzele anizotropiei: aşezarea ordonată a unor molecule asimetrice, alungite (în timpul curgerii, introducerea moleculelor polare în câmp electric, etc.)

Fazele sistemelor vii pot fi izotrope cât şi anizotrope.

IV. Natura schimburilor energetice:

- **Simple** → realizează cu exteriorul schimb de căldură, iar lucrul mecanic este datorat exclusiv forţelor de expansiune (dilatare). Interacţiunile cu mediul sunt termo-mecanice.
- **Complexe** → schimbă cu exteriorul căldură, lucru mecanic datorat forţelor de expansiune şi datorat forţelor nemecanice, interacţionând complex cu mediul.

Sistemele vii sunt, fără excepţie, sisteme complexe.

2. Starea unui sistem termodinamic → totalitatea proprietăţilor ce caracterizează un sistem la un moment dat.

OBS.

Proprietăţile sistemului sunt particularizate prin ansamblul de mărimi fizice măsurabile care determină starea unui sistem la un moment dat.

Mărimile fizice:

I. În funcţie de istoria sistemului:

- **De stare** → nu depind de istoria sistemului (au aceeaşi valoare, indiferent de calea prin care sistemul o atinge)
- **De proces** → depind de calea prin care sistemul atinge valoarea (Q, L)

II. În funcţie de natura lor:

- **Extensive** → depind de dimensiunea şi geometria sistemului (m, V, N, etc.)
- **Intensive** → independente de dimensiunea şi geometria sistemului (T, c, ρ, etc.)

  Se pot defini cu exactitate pe domenii reduse –infinitezimale.

Mărimi fizice de stare:

Caracterizează dimensiunea, geometria, compoziţia şi toate celelalte proprietăţi ale sistemului (termice, mecanice, chimice, electrice, magnetice, etc.)

Se împart în: - parametri de stare

- funcţii de stare

Parametri de stare – sunt anumite mărimi fizice accesibile direct măsurătorilor cu care starea sistemului poate fi complet caracterizată.

(ex. Pentru gazul ideal p, V, T, v)

Ecuaţia termică de stare leagă parametri de stare:

$p \cdot V = v \cdot R \cdot T$ (pt. gazul ideal)

- Pentru *sistemele omogene* starea este cunoscută dacă parametri de stare sunt constanţi în timp şi cunoscuţi.
- Pentru *sistemele heterogene*, starea este cunoscută dacă se cunosc parametri de stare ai fiecărei faze.

Funcţiile de stare – sunt mărimi inaccesibile măsurătorilor directe ale căror valori depind exclusiv de param. de stare şi pentru o stare dată sunt independente de istoria sistemului.

Variaţiile funcţiilor de stare depind doar de parametri stării iniţiale şi finale, fiind independente de stările intermediare prin care trece sistemul.

Ex. U, H, S, F, G etc.

Starea de echilibru şi starea staţionară

- **Starea de echilibru**
- Orice sistem izolat atinge după un timp o stare de echilibru pe care nu o mai părăseşte fără intervenţie din exterior. Un sistem aflat în stare de echilibru nu va ceda energie în exterior (energia este minimă la echilibru).

Sist.: izolate

- **Starea staţionară**
- Este o stare a cărei menţinere necesită în general o anumită energie. Valorile parametrilor rămân constante în timp pe toată perioada în care sistemul îşi menţine starea.

Sist.: deschise

OBS.

- Sistemele vii nu pot exista în stare de echilibru (o ating abia după moarte, deoarece echilibrul exclude orice schimb dintre sistem şi mediu).

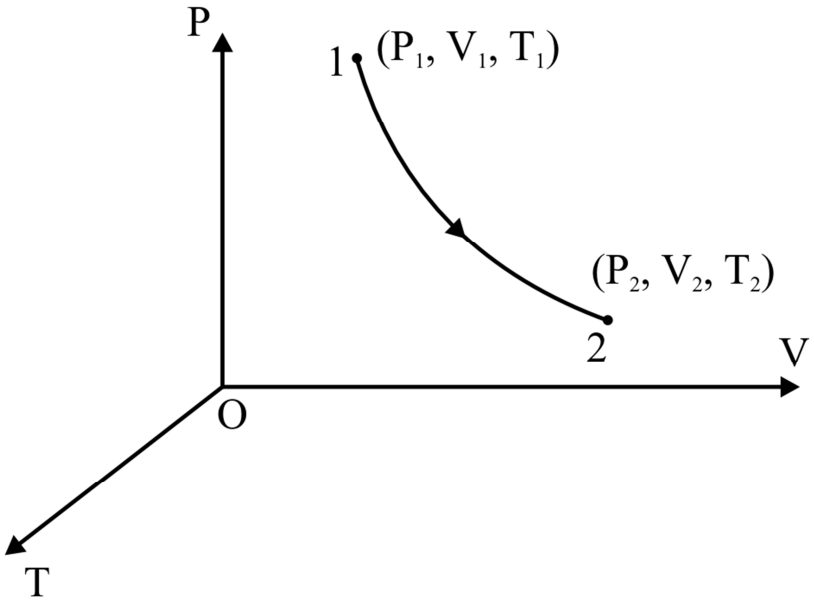
- Ele trec dintr-o stare staţionară în alta, tinzând spre echilibru.
- Parametri stării staţionare se schimbă odată cu modificarea structurii. Ex. boli, traumatisme scot sistemul din stare staţionară
- Activitatea medicală de diagnostic se realizează prin măsurarea unor param. de stare: p, V, T, c, ρ...

Forţa termodinamică:

- Caracterizează echilibrul şi starea staţionară
- Este generată de existenţa unui gradient
- La echilibru: forţa termodinamică = 0
- În stare staţionară: forţa termodinamică = const. ≠0
- În stare staţionară există procese de transport pentru a menţine constante mărimile:
  - Transport activ
  - Transport pasiv

Proces termodinamic → trecerea unui sistem termodinamic dintr-o stare în alta se numeşte proces termodinamic (transformare de stare).

Reprezetarea grafică a unui proces termodinamic:



Clasificarea proceselor termodinamice

I. După parametrul de stare care rămâne constant în timp:

i. Procese termodinamice *izoterme* (T=const.)

ii. Procese termodinamice *izocore* (V=const.)

iii. Procese termodinamice *izobare* (P=const.)

iv. Procese termodinamice *adiabatice* (fără schimb de căldură cu mediul ambiant)

II. După natura stărilor intermediare dintre starea iniţială (1) şi cea finală (2):

i. Procese termodinamice *cvasistatice*

ii. Procese termodinamice *necvasistatice* (de neechilibru)-stările intermediare nu sunt stări de echilibru şi nu pot fi reprezentae printr-o curbă continuă.

iii. Procese termodinamice cvasistatice reversibile

($2 \rightarrow 1 \Leftrightarrow 1 \rightarrow 2$)

III. După raportul dintre starea finală (2) şi starea iniţială (1)

i. Procese închise (ciclice)

ii. Procese deschise (neciclice)

Postuatele termodinamicii. Scări de temperatură

Primul postulat al termodinamicii :

"Dacă un sistem termodinamic izolat este scos din starea de echilibru termodinamic, acesta revine intr-o altă stare de echilibru termodinamic din care nu poate ieşi niciodată de la sine".

Al doilea postulat al termodinamicii :

"Echilibrul termodinamic este tranzitiv ($A \sim B$, $B \sim C \Rightarrow A \sim C$)".

Scări de temperatură

- *Celsius*: pct. de îngheţare a apei 0^0C ; pct. de fierbere 100^0C.
- *Fahrenheit*: — " — " — 32F ; — " — 212F.
- *Kelvin* : — " — " $273,15^0$C ; — " — $373,15^0$C.

Rolul temperaturii :

- În teoria cinetico–moleculară :

"Temperatura este o mărime ce caracterizează energia cinetică medie de mişcare a moleculelor gazului ideal".

$\bar{\varepsilon} = \mathbf{3/2\ kT}$

- Din punct de vedere termodinamic :

"Temperatura caracterizează sensul schimbului de căldură intr-un proces".

Teoria cinetico – moleculară

Substanţa → structură discontinuă, granulară.

→ particulele: mişcare continuă şi dezordonată

Substanţa → Molecule → Atomi

➢ Unitatea atomică de masă : $1u = 1,66 \cdot 10^{-27}$kg

- Nr. Lui Avogadro : $N_A = 6{,}023 \cdot 10^{26}$molec/kmol
- Volumul kilomolar : $V_M = 22{,}42\ m^3/kmol$
- Nr. mol dintr-o substanţă : n = m/M.

Studiul gazului ideal

Gazele $\rightarrow$ sistemele fizic cele mai simple

Viteza medie şi drumul liber mediu:

Ciocniri numeroase ($\approx 10^9$ ciocniri/secundă); vitezele moleculelor variază continuu în mărime şi direcţie.

Viteza medie:

Media aritmetică a vitezelor tuturor moleculelor:

$$\bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^{n} vi}{n}$$ n = nr. de molecule

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \quad ;$$

R = const. univ. a. gazelor

M = masa molară

T = temperatura

Viteza medie pătratică :

$$v_{mp} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

Drum liber mediu:

Spaţiul l parcurs de moleculă între 2 ciocniri consecutive :

$$\bar{\lambda} = \frac{\sum_{i=1}^{n} l_i}{n}$$

Parametri de stare ai gazului:

Sunt mărimi macroscopice ce caracerizează complet starea gazului ideal :

a) Presiunea, p

b) Temperatura, T

c) Volumul unităţii de masă, V/m.

a) Presiunea – *este un parametru de stare numeric egal cu forţa care se exercită de către gaz normal pe unitatea de suprafaţă a peretelui recipientului în care se află gazul.*

b) Temperatura – *este un parametru de stare care măsoară gradul de încălzire al unui gaz.*

c) Volumul specific – *este un parametru de stare numeric egal cu raportul dintre porţiunea din spaţiu pe care o are gazul la dispoziţie şi masa acelui gaz.*

Formula fundamentală a gazului ideal:

$$\boldsymbol{P = \frac{1}{3} \cdot n_0 m v^2 \,;} \qquad n_0 = \frac{N_A}{V_M}$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot m\overline{v^2} \cdot \frac{2}{3} n_0 = \frac{2}{3} \cdot \overline{\varepsilon}_c \cdot \boldsymbol{n_0} \quad (1)$$

ε_c = *energia cinetică medie care revine unei molecule.*

$$\overline{\varepsilon}_c \sim T$$

$$\overline{\varepsilon}_c = \frac{3}{2} kT \quad (2)$$

Din (1) şi (2) $\Rightarrow$ $\boldsymbol{P = n_0 kT}$

Legile gazului ideal. Ecuaţia de stare

1. Transformarea izotermă. Legea lui Boyle-Mariotte

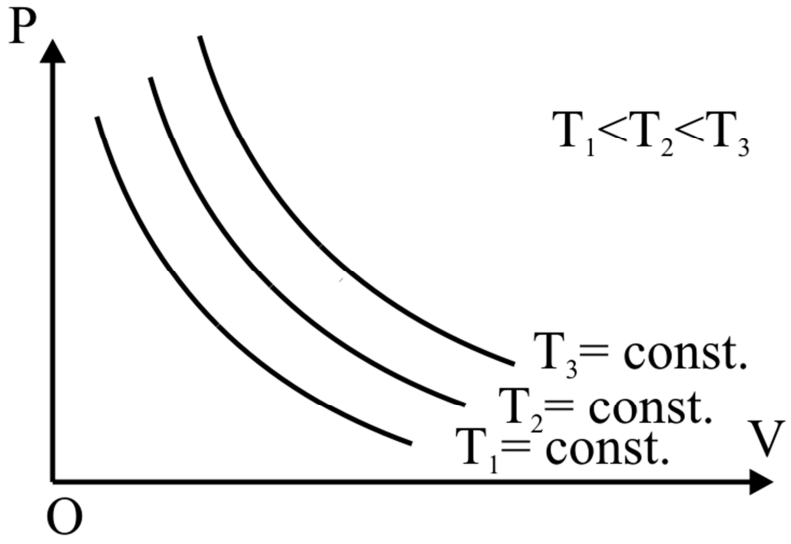
Se consideră o masă de gaz (m = constant) care este comprimată sau destinsă la temperatură constantă (T = constant).

Dacă parametri în stare iniţială sunt p_1, V_1, T *iar în stare finală sunt* p_2, V_2, T *legea acestei transformări este:*

$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$ *sau*

$p \cdot V = constant$

În coordonatele Clapeyron (p, V) acest tip de transformare se reprezintă printr-o hiperbolă, numită izotermă :



2. Transformarea izobară. Legea lui Gay-Lussac

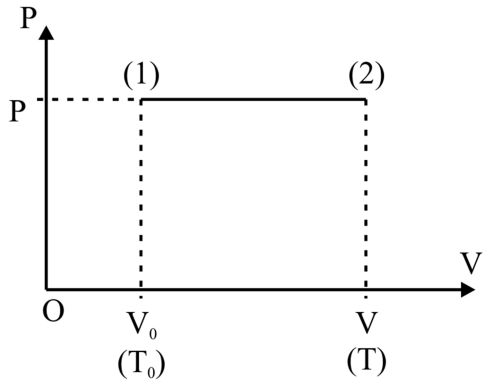
Variaţia volumului unei mase constante de gaz (m = constant) în funcţie de temperatură, la o presiune constantă (p = constant).

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \alpha \cdot \Delta t$$

unde $\frac{\Delta V}{V_0}$ *este variaţia relativă a volumului,* α *este coeficientul de dilatare izobară* $\left(\alpha = \frac{1}{T_0} K^{-1}\right)$*,* T_0 *= 273,15 K, iar* Δt *este variaţia de temperatură.*

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V}{T} \quad sau \quad \frac{V}{T} = const$$

Reprezentarea grafică:



3. Transformarea izocoră. Legea lui Charles

Variaţia presiunii unei mase constante de gaz în funcţie de temperatură, atunci când volumul se menţine constant (V = const.).

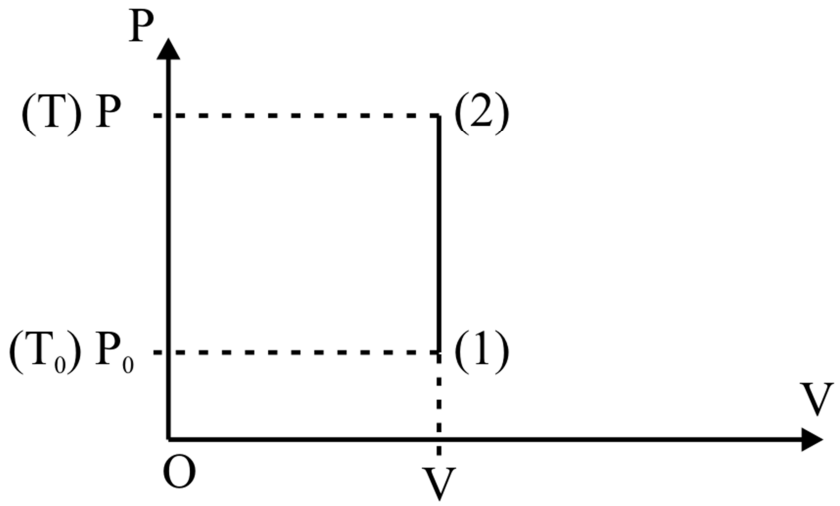
$$\frac{\Delta P}{P_0} = \beta \cdot \Delta t$$

$\Delta P = P - P_0$, adică P_0 este presiunea iniţială, iar P este presiunea finală

$\beta \approx \alpha = 1/T_o\ K^{-1}$ este coeficientul de dilatare al gazului la volum constant, Δt este variaţia de temperatură (în °C sau K), $\Delta t = T - T_0$.

$$\frac{P_o}{T_o} = \frac{P}{T} \quad \text{sau} \quad \frac{P}{T} = \text{const.}$$

Reprezentarea grafică:



4. Transformarea generală a gazelor perfecte. Legea Clapeyron – Mendeleev

Transformarea generală este acea transformare în care variază toţi cei trei parametri de stare ai unui gaz.

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V}{T'}$$

$$\frac{P}{T} = \frac{P_0}{T'}$$

Împărţind relaţiile, ajungem la legea transformării generale:

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P \cdot V}{T} \quad \text{(legea generală a gazelor)}$$

Pentru un mol de gaz aflat în condiţii normale de presiune şi temperatură P_0= 101325 Pa (1 atm), T_0 = 273,15 K şi volumul molar V_0 = 22,41 m^3/kmol, membrul stâng devine:

$$\frac{101325 \cdot 22{,}41}{273{,}15} \quad \frac{N \cdot m^3}{m^2 \cdot kmol \cdot K} = 8310 \text{ J/kmol·K} = R$$ *(constanta universală a gazelor).*

Deci, pentru 1 mol de gaz ideal (v = 1 mol):

$$P \cdot V_\mu = R \cdot T$$

v > 1 mol, $V_\mu = \frac{V}{v}$ *, relaţia de mai sus devine:*

$$\mathbf{P \cdot V = v \cdot R \cdot T}$$

şi se numeşte **ecuaţia de stare** *a gazului ideal în forma generală sau ecuaţia Mendeleev – Clapeyron.*

Legea lui Dalton

$$P \cdot V = (v_1 + v_2 \ldots) \cdot R \cdot T$$

sau

$$P \cdot V = v_1 \cdot R \cdot T + v_2 \cdot R \cdot T \ldots$$

sau, împărţind cu V:

$$P = v_1 \cdot R \cdot T/V + v_2 \cdot R \cdot T/V \ldots$$

dar

$$P_1 = v_1 \cdot R \cdot T/V, \quad P_2 = v_2 \cdot R \cdot T/V$$

şi atunci,

$$P = P_1 + P_2 + \ldots\ldots$$

Legea lui Dalton*:*

Presiunea unui amestec de gaze ideale este egală cu suma presiunilor parţiale ale gazelor componente.

- Mărimea care exprimă cantitativ capacitatea unui sistem de a efectua lucru mecanic se numeşte ***energie***.
- În sistemele cu care operează bioenergetica există diferite tipuri de energie:
  - mecanică, termică, electrică, chimică etc.

OBS. Fiecare tip de energie are o expresie specifică.

EX. In mecanică, energia cinetică a unui corp are expresia:

$E_c = \frac{1}{2}mv^2$

Termodinamica biologică → studiul transformărilor de energie în sistemele biologice.

OBS.

- Într-un **sistem termodinamic izolat**, aflat în echilibru, energia acestuia nu se modifică, sistemul nerealizând un transfer de energie spre exterior sau din exterior spre interior, energia sistemului rămânând constantă la o anumită valoare.
- **Sistemele biologice** fiind sisteme deschise, schimburile permanente de energie şi substanţă cu exteriorul sunt indispensabile pentru desfăşurarea ansamblului de procese care reprezintă viaţa.

I. *Căldura (Q)* este o formă de energie datorită căreia se modifică energia cinetică a moleculelor supuse mişcării haotice de agitaţie termică.

OBS.

- Între căldura primită sau cedată de un sistem (Q) şi variaţia de temperatură (ΔT) există o strânsă legătură.
- Căldura poate fi corelată cu variaţia de temperatură ΔT prin relaţiile:

$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = v \cdot C_v \cdot \Delta T$$

  - Dacă schimbul de căldură se realizează la presiune constantă (Q_p) se utilizează c_p şi C_p sau dacă schimbul de căldură se realizează la volum constant (Q_v), c_v şi C_v.

Unitate de măsură:

$$[Q] = 1J$$

$$1 \text{ kcal} = 4185,5 \text{ J}$$

- Q > 0 în proces *endoterm* (primită de sistem)
- Q < 0 în proces *exoterm* (cedată de sistem)

II. *Lucrul mecanic (L)* este o formă de energie care într-o transformare reversibilă se poate converti integral în energie cinetică sau potenţială la nivel macroscopic.

Din mecanică $\Rightarrow$ L = $\vec{F} \cdot \vec{d}$

EXP.

- Presupunem că avem un cilindru cu piston mobil în interiorul căruia se află un gaz.
- Încălzind gazul, el se dilată, îşi măreşte volumul şi împinge pistonul cu o forţă de presiune F (F = p · S), deplasându-l pe distanţa d, efectuând un lucru mecanic:

$$L = p \cdot S \cdot d = p \cdot \Delta V$$

Lucrul mecanic este o formă de energie care, într-o transformare reversibilă, se poate converti integral în energie cinetică sau potenţială la nivel macroscopic.

- L > 0 dacă procesul este *exergonic* (efectuează L asupra mediului)
- L < 0 dacă procesul este *endergonic* (L efectuatde mediu asupra sistemului)

III. *Energia internă (U)* → suma tuturor energiilor cinetice (de oscilaţie, rotaţie şi translaţie) datorate mişcărilor dezordonate ale particulelor constituente ale unui sistem termodinamic şi ale energiilor potenţiale de interacţiune.

OBS.

- În cazul sistemelor ideale, energia internă depinde de temperatură.
- Energia internă este o mărime de stare (variaţia ei depinde doar de stările iniţială şi finală şi nu depinde de stările intermediare prin care trece sistemul, $\Delta U = U_2 - U_1$)
- Este o mărime aditivă (în cazul reuniunii mai multor sisteme, energia internă a sistemului format este egală cu suma energiilor interne ale sistemelor componente).

Primul principiu al termodinamicii şi aplicabilitatea lui în lumea vie

- Principiul I al termodinamicii reprezintă o **lege de conservare a energiei** aplicată proceselor termice.

- Într-un sistem fizic izolat, în care au loc procese mecanice şi termice, energia totală a sistemului se conservă.
- Pentru sistemele închise dar neizolate (există schimb de energie cu exteriorul), primul principiu al termodinamicii exprimă din punct de vedere cantitativ dependenţa care există între variaţia energiei interne **ΔU** şi celelalte două forme de schimb de energie: lucrul mecanic **L** şi cantitatea de căldură **Q**.

Cantitatea de căldură primită de un sistem duce la variaţia energiei interne a sistemului şi la efectuarea de către sistem a unui lucru mecanic asupra mediului exterior.

Matematic, primul principiu al termodinamicii se exprimă sub forma:

$$Q = L + \Delta U$$

- În cazul **sistemelor vii**, care sunt sisteme deschise, transferul de energie între sisteme şi mediul înconjurător se realizează şi prin schimb de substanţă, iar în acest caz, odată cu schimbul de molecule se transferă şi toate formele de energie asociate cu acestea.
- Organismele vii sunt sisteme a căror energie internă poate creşte sau poate să scadă în funcţie de diferite condiţii, cum sunt vârsta, starea fiziologică etc.
- Aplicând primul principiu la transformările gazului ideal, vom obţine pentru L, Q şi ΔU relaţiile cuprinse în următorul tabel:

Tipul de transformare	**L**	**Q**	**ΔU**
Izobară (p=const.)	$P \cdot \Delta V$	$v \cdot C_p \cdot \Delta T$	$v \cdot C_v \cdot \Delta T$
Izocoră (V=const.)	0	$v \cdot C_v \cdot \Delta T$	$v \cdot C_v \cdot \Delta T$
Izotermă (T=const.)	$v \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{V_f}{V_i}$	$v \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{V_f}{V_i}$	0
Adiabată (Q=0)	$P \cdot \Delta V = v \cdot R \cdot \Delta T$	0	$v \cdot C_v \cdot \Delta T$

Bilanţul energetic al organismului

Aplicând unui organism primul principiu al termodinamicii, se obţine următorul bilanţ energetic:

$$E_m = L + Q + E_d$$

Unde:

E_m = energia preluată din mediu (aportul energetic)

L = lucrul mecanic efectuat de organism

Q = căldura degajată de organism

E_d = energia depozitată în rezervele organismului

Situaţia se simplifică dacă se lucrează în condiţii de repaus a organismului:

- nu efectuează lucru mecanic (L = 0) şi nu preia energie din mediu (E_m = 0)

În aceste condiţii:

$$E_d + Q = 0$$

Organismul degajă căldură pe seama propriilor sale rezerve energetice, care sunt diminuate prin utilizare:

$$Q = - E_d = E_u$$

unde E_u este energia utilizată de organism.

OBS.

- Organismul poate fi comparat cu o maşină termică funcţionând în condiţii izobare şi izoterme, iar energia necesară funcţionării lui rezultă în urma reacţiilor de oxido-reducere.
- Compuşii acestor reacţii provin din alimente

Bilanţul energetic al unui organism, **B(E)**, se poate determina dacă se cunosc aportul **A(E)** respectiv cheltuielile energetice **C(E)**, relaţia dintre ele fiind următoarea:

$$B(E) = A(E) - C(E)$$

- Dacă aportul energetic este egal cu cheltuielile, atunci bilanţul este egal cu zero, **B(E)=0**, adică bilanţul este **echilibrat**. Aceasta este situaţia în cazul organismelor sănătoase, cărora le este specifică starea staţionară.
- Dacă însă bilanţul este **pozitiv**, ceea ce înseamnă că aportul energetic este mai mare decât cheltuielile, este sugerată instalarea obezităţii sau instalarea convalescenţei după o boală.
- Dacă bilanţul este **negativ**, cheltuielile sunt mai mari decât aportul energetic ceea ce duce la apariţia unui dezechilibru, în cazul subnutriţiei sau al unor boli.

Entalpia şi sensul ei fizic

- proceselor biologice care au loc la o presiune constantă (procese izobare) → ***entalpie*** (**H**) şi reprezintă suma dintre energia internă şi produsul dintre presiunea şi volumul sistemului, adică:

$$H = U + P \cdot V$$

Variaţia entalpiei este:

$$dH = dU + P \cdot dV + V \cdot dP$$

- procesul are loc la presiune constantă $\rightarrow V \cdot \Delta P = 0$

Atunci relaţia de mai sus devine:

$$dH = dU + L$$

$$\Delta H = \Delta U + L$$

Ţinând cont de principiul I ($Q = \Delta U + L$) şi comparând ecuaţiile obţinem:

$$\Delta H = Q_p$$

- Variaţia entalpiei sistemului se măsoară prin *cantitatea de căldură rezultată din transformarea termică izobară în proces.*
- Variaţia de entalpie, respectiv cantitatea de căldură obţinută prin arderea izobară a diferitelor substanţe biochimice este aproximativ aceeaşi pentru aminoacizi, proteine şi hidraţi de carbon, dar este de circa trei ori mai mare pentru lipide, ceea ce explică funcţia de rezerve energetice pe care o au grăsimile în organism.

Aplicatiile principiului I. Legea lui Hess. Coeficienti izocalorici. Rolul ATP-ului in organism.

OBS.

- Legea conservării energiei este valabilă în toate procesele, inclusiv în cazul sistemelor vii.
- Sursa principală de energie în organism o reprezintă *procesele de degradare a substanţelor alimentare*.
- Rolul principal îl constituie reacţiile de oxidare ale carbonului şi hidrogenului (85%), reacţiile de hidroliză (14%), neutralizări, hidratări, scindări moleculare etc (1%).
- Cedarea de energie de către organism se face sub formă de lucru mecanic, căldură, evaporarea apei.

Legea lui Hess este o consecinţă a primului principiu al termodinamicii şi este aplicabilă proceselor chimice.

Enunţul legii este următorul:

Dacă din anumite substanţe iniţiale se obţin pe diferite căi anumiţi produşi finali, indiferent de căile folosite, adică de tipul reacţiilor intermediare, efectul termic total pentru aceste căi va fi acelaşi.

Efectul termic (Q) → suma căldurilor degajate şi a întregului lucru mecanic efectuat de sistem asupra mediului înconjurător.

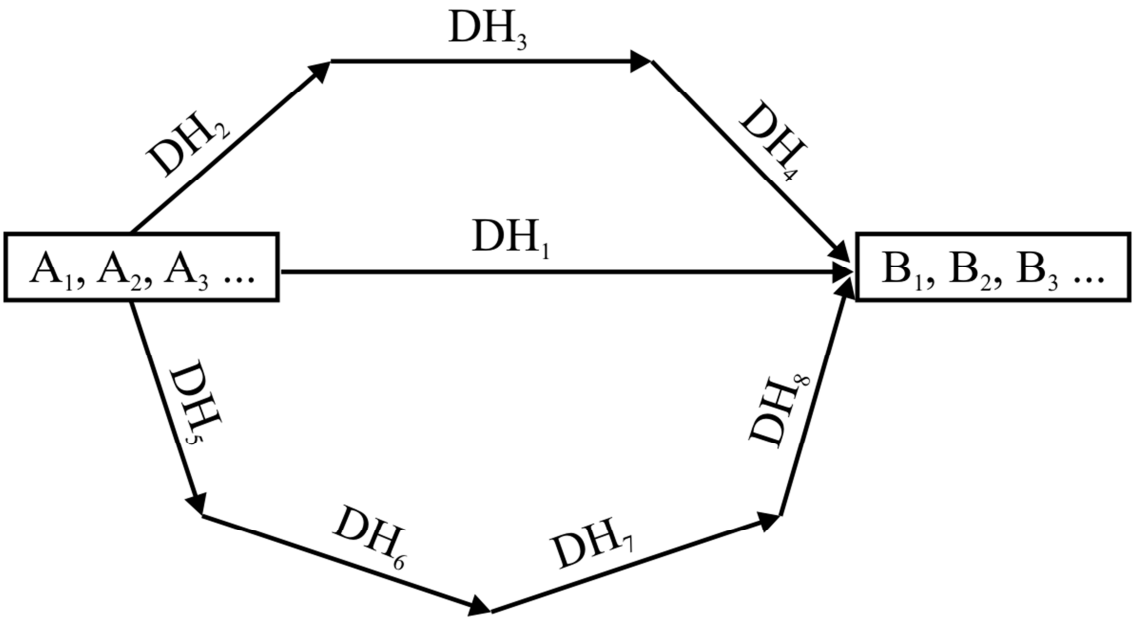
- procesele care se produc la presiune constantă → efectul termic: $Q_p = \Delta H$
- procesele care se produc la volum constant → efectul termic: $Q_v = \Delta U$

Ilustrarea legii lui Hess

→ considerăm produşii iniţiali A_1, A_2, A_3.....de la care prin reacţii chimice se ajunge la produşii finali B_1, B_2, B_3.....

→ acest lucru se poate realiza pe mai multe căi:

- calea directă (I) cu entalpia de reacţie ΔH_1
- calea (II) cu etapele ΔH_2, ΔH_3, ΔH_4
- calea (III) cu etape ΔH_5, ΔH_6, ΔH_7, ΔH_8



Conform legii lui Hess, vor fi îndeplinite egalităţile:

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 = \Delta H_5 + \Delta H_6 + \Delta H_7 + \Delta H_8$$

Coeficienţii izocalorici

→ stabilesc în cazul unui organism viu ***aportul energetic chimic*** prin diferiţii principii alimentari (glucide, lipide, proteine).

→ prin măsurători în afara organismului se poate calcula cantitatea de energie obţinută în urma aportului unei cantităţi de alimente.

Coeficienţii izocalorici (c_i) → cantitatea de energie (kcal) care se pune în libertate prin arderea unui gram de principiu alimentar, în condiţii determinate.

$$c_i = \frac{\Delta H}{m} \text{ (kcal/g)}$$

În funcţie de condiţiile în care se determină:

A. ***Coeficienţii izocalorici fizici*** → cantitatea de energie care se eliberează prin arderea unui gram de principiu alimentar în bomba calorimetrică, în condiţii de laborator.

B. ***Coeficienţii izocalorici fiziologici*** → cantitatea de căldură eliberată prin arderea unui gram de principiu alimentar până la produşii finali de metabolism.

G, L → CO_2 şi H_2O

P → CO_2, H_2O + alte subst. organice complexe (uree, creatina, creatinina...)

OBS.

Pot fi utilizaţi numai în calculele pivind cantităţile princ. aliment. ce intră în reacţiile metabolice.

C. ***Coeficienţii izocalorici practici*** → cantitatea de căldură eliberată prin arderea unui gram de principiu alimentar până la produşii finali de metabolism, ţinându-se cont de gradul de digestibilitate şi absorbţie al alimentelor.

OBS.

Au fost introduşi pentru calculul cantităţilor de energie efectiv primite organism de la alimentele ingerate.

grad de digestibilitate şi absorbţie = coeficient de utilizare digestivă (η_{ud}):

$$\eta_{ud} = \frac{m_{abs}}{m_{ing}}$$

$$c_{ipract} = \eta_{ud} \cdot c_{ifiziol}$$

$\boldsymbol{\eta_{ud}}$ depinde de: factori individuali, natura alimentelor, gradul de preparare.

Principiul al doilea al termodinamicii. Entropia

→ lege generală a naturii

→s-a stabilit în urma unor experienţe: randamentul maşinilor termice care transformă căldura în lucru mecanic.

Carnot → în cazul unei maşini termice care produce lucru mecanic, datorită transformărilor ciclice de stare ale unui fluid ce trece de la o temperatură mai ridicată (T_1) la una mai scăzută (T_2), randamentul depinde doar de cele două temperaturi şi nu depinde de natura fluidului, după relaţia:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

• $\eta < 1$ → nu se poate ca întreaga cantitate de căldură preluată de la sursa caldă să fie transformată integral în lucru mecanic, ci o parte din ea va trece la corpurile înconjurătoare.

• Carnot → printr-o transformare ciclică lucrul mecanic poate fi transformat integral în căldură, invers nu este posibil (sens unic de desfăşurare al proceselor din natură).

• toate procesele spontane dintr-un sistem se desfăşoară în sensul scăderii lucrului pe care l-ar putea efectua sistemul.

• dacă un sistem efectuează lucru mecanic pe seama scăderii energiei interne, lucrul mecanic efectuat este mai mic decât energia internă, deoarece o parte din ea trece în căldură.

• această energie este egală cu produsul dintre temperatura sistemului şi ΔS, unde **S** reprezintă o nouă mărime fizică, ce este totodată o funcţie de stare, şi se numeşte **entropie**: $Q = T \cdot \Delta S$

• în orice proces spontan entropia creşte.

• Deci, sunt posibile numai acele procese termodinamice pentru care $\mathbf{\Delta S \geq 0}$ (inegalitatea lui Clausius).

Primul principiu devine

$$T \cdot \Delta S = \Delta U + L$$

OBS.

Din energia internă a unui sistem aflat la temperatura T poate fi transformată în lucru mecanic doar o parte şi aceea se numeşte **energie liberă (F):**

$$F = U - T \cdot S$$

În sistem izolat:

Proc. Izoterm: $\Delta F = \Delta U - T \cdot \Delta S$, $U = \text{const.} \rightarrow \Delta U = 0$, dar $\Delta S > 0$ şi rezultă că

$$\Delta F = -T \cdot \Delta S < 0.$$

Concluzie:

Potrivit principiului al II-lea al termodinamicii, prin orice proces care are loc într-un sistem izolat, energia liberă scade şi entropia sistemului creşte.

Fenomene de transport

Fenomene moleculare de transport

- La toate nivelele de organizare a materiei se întâlnesc, sub diverse forme, fenomene de ***transport de substanţă*** şi ***transfer de energie***, care sunt indispensabile funcţionării organismelor vii.
- Fenomenele moleculare de transport se manifestă în sisteme neomogene (asimetrice) şi se desfăşoară în sensul diminuării şi eliminării neomogenităţilor sistemului respectiv.
- În consecinţă va apărea un transport de substanţă şi energie care va avea ca scop diminuarea până la dispariţie a neomogenităţilor sistemului.
- Atingerea stării de echilibru se realizează în mod spontan, fără consum de energie din exterior, numai prin agitaţie termică moleculară.

Importanţă:

Fenomenele de transport au o importanţă deosebită în biologie în special în cadrul fenomenelor de transport prin membrane biologice.

Difuzia. Legile lui Fick

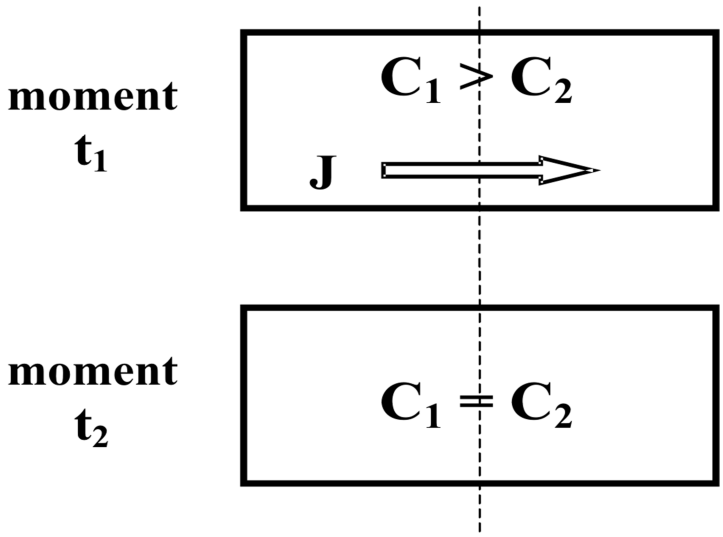
Def.

Difuzia reprezintă fenomenul de pătrundere a moleculelor unui corp printre moleculele altui corp aflat în aceeaşi stare de agregare.

Obs.

La lichide fenomenul se produce cu o intensitate mai mică decât la gaze, datorită forţelor intermoleculare mai mari şi a agitaţiei termice mai mici decât în cazul gazelor.

- Două soluţii de concentraţii diferite ($C_1 > C_2$), separate printr-un perete despărţitor → flux de substanţă de la concentraţie mare la concentraţie mică şi va înceta în momentul în care ele devin egale.



DEF.

Fluxul de substanţă reprezintă cantitatea de substanţă care traversează unitatea de suprafaţă în unitatea de timp:

$$J = \frac{\Delta m}{S \cdot \Delta t} \qquad (1)$$

DEF.

Fluxul de substanţă transportată este proporţional cu diferenţa de concentraţie de-a lungul direcţiei după care are loc.

$$J = -D \cdot \frac{\Delta C}{\Delta x} \qquad (2)$$

D coeficient de difuzie şi depinde de:

- natura substanţei, a mediului
- frecarea internă
- temperatură.

Din formulele (1) şi (2) rezultă că:

$$\frac{\Delta m}{S \cdot \Delta t} = -D \cdot \frac{\Delta C}{\Delta x}$$

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = -D \cdot S \cdot \frac{\Delta C}{\Delta x}$$

Cantitatea de substanţă transportată în unitatea de timp este proporţională cu secţiunea transversală prin care are loc difuzia, cu gradientul de concentraţie, depinde de natura substanţei care difuzează şi de natura mediului în care are loc difuzia.

Transportul de substanţă → modificarea concentraţiei în timp în fiecare punct al spaţiului → uniformizarea soluţiei.

Legea a II a Fick: $$\frac{dc}{dt} = -D\frac{d}{dx}(\frac{dc}{dx})$$

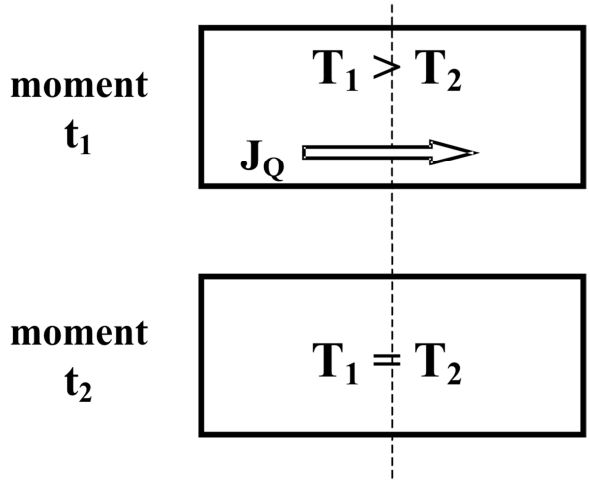
Transportul căldurii prin conducţie, convecţie şi radiaţie

a) Transportul căldurii prin conducţie

Fenomenul de transport al căldurii se numeşte conductibilitate termică şi a fost studiat de către Fourier.

- Sistem neuniform încălzit, adică există o diferenţă de temperatură între diferite puncte ale sale.
- În consecinţă → flux de căldură (J_Q) → echilibru termic (se egalează temperaturile).

Mecanismul de transmitere → energia cinetică a moleculelor fiind mai mare la capătul mai cald duce la o ciocnire mare a moleculelor şi energia calorică se transmite din aproape în aproape la capătul opus.



DEF.

Fluxul de căldură (J_Q) reprezintă cantitatea de căldură ΔQ ce trece prin unitatea de arie S în unitatea de timp.

$$J_Q = \frac{\Delta Q}{S \cdot \Delta t} \quad (3)$$

DEF.

Fluxul de căldură depinde de gradientul de temperatură $\left(\frac{\Delta T}{\Delta x}\right)$ şi de natura substanţei (λ)

$$J_Q = -\lambda \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (4)$$

λ → coeficient de conductibilitate termică.

Din formulele (3) şi (4) rezultă:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -\lambda \cdot S \cdot \frac{\Delta T}{\Delta X}$$

Cantitatea de căldură transportată în unitatea de timp este proporţională cu secţiunea transversală prin care are loc conductibilitatea, cu gradientul de temperatură şi depinde de natura substanţei.

- Conductibilitatea termică a cristalelor depinde de direcţie deoarece sunt sisteme anizotrope.
- Conductibilitatea termică a lichidelor este mai mică decât a solidelor, iar a gazelor este mai mică decât cea a lichidelor.

Conductibilitatea termică şi cea electrică cresc atunci când temperatura scade.

b) Transportul căldurii prin convecţie (curenţi)

- Are loc numai în cazul lichidelor şi al gazelor care vin în contact cu un material solid compact aflat la altă temperatură.
- Dacă solidul cu care vine în contact masa de fluid (ex. aer) este la o temperatură mai scăzută decât a acestuia, atunci fluidul cald cedează peretelui o parte din energie şi se va răci.
- Devenind prin răcire mai dens, aerul va „cădea”, urmând să fie înlocuit de o cantitate de aer mai cald din incintă.
- În acest fel se realizează o deplasare continuă de aer în jurul peretelui şi totodată se realizează un transfer de căldură de la aerul cald la peretele rece
- Prin încălzire, la locul de contact cu o sursă caldă, fluidul îşi modifică densitatea şi ca urmare se formează curenţi ascendenţi.

c) Transportul căldurii prin radiaţie

- Spre deosebire de conducţie şi convecţie, la transportul căldurii prin radiaţie nu este necesar un mediu material pentru a transporta energia.
- Energia calorică se transmite prin ***unde electromagnetice*** cu lungime de undă mai mare decât a luminii de culoare roşie din spectrul vizibil ($\lambda > \lambda_{roşu}$), care sunt purtătoare cu căldură. Ele se numesc ***radiaţii infraroşii***.
- Corpurile care permit trecerea radiaţiilor infraroşii se numesc diatermane iar cele care nu permit trecerea lor se numesc atermane.
- Când un corp metalic atinge o temperatură de 500^0C el se înroşeşte şi devine luminos. Odată cu creşterea în continuare a temperaturii culoarea lui variază spre alb.

- Căldura pe care o primeşte corpul prin încălzire se transformă în energie radiantă.
- Energia radiantă emisă în unitatea de timp se numeşte *putere emiţătoare a corpului*.
- Un corp care absoarbe toate radiaţiile care cad asupra lui se numeşte ***corp negru***. Atunci când un corp negru este încălzit, el emite toate radiaţiile posibile. Corpul negru este definit ca emitor şi totodată absorbant perfect de radiaţie.

Transportul căldurii în organism

- Organismul uman produce căldură care se transmite din centrul corpului spre suprafaţă, iar de aici spre mediul exterior.
- Cantitatea de căldură şi temperatura din interiorul organismului diferă de la un organ la altul. Căldura este transportată din locurile cu temperatura mai ridicată spre cele cu temperatura mai scăzută prin conducţie şi convecţie.
- Conductibilitatea termică a ţesuturilor este redusă, mai ales a celor groase, astfel încât rolul principal în transportul căldurii îl constituie sângele.
- Transmiterea căldurii prin intermediul sângelui este favorizată şi de căldura lui specifică mare, fiind aproximativ egală cu cea a apei (1 cal/g·grad sau 4185 J/kg·grad).

- Transportul căldurii din interiorul organismului cu temperatura T_i spre suprafaţa lui cu temperatura T_S este dat de relaţia:

$$Q_1 = C_1(T_i - T_S)$$

C_1 este capacitatea calorică a organismului în transferul căldurii din interior spre suprafaţă.

- Transportul căldurii de la suprafaţa corpului cu temperatura T_S în mediul exterior cu temperatura T_e este dat de o relaţie similară:

$$Q_2 = C_2(T_S - T_e),$$

C_2 este capacitatea calorică a organismului în transportul căldurii de la suprafaţa lui în mediul ambiant.

În regim staţionar: $Q_1 = Q_2$, adică:

$$C_1(T_i - T_S) = C_2(T_S - T_e)$$

Din care rezultă $\frac{C_1}{C_2} = \frac{T_S - T_e}{T_i - T_S}$, $\frac{C_1}{C_2}$ se numeşte indice termic al circulaţiei.

- Transmisia căldurii spre exterior se realizează prin conducţie, convecţie, radiere şi evaporarea apei prin transpiraţie.

- Transmiterea căldurii prin conducţie, convecţie şi radiere reprezintă aproximativ 70 – 80 % din totalul căldurii transmise mediului exterior, iar prin evaporare se cedează 20 – 30 % din aceasta.
- În condiţii de efort fizic pierderea de căldură prin evaporare este de 60–70 % din totalul căldurii. În cazul muncilor fizice grele corpul poate pierde
  4 –12 l apă prin evaporare, ceea ce reprezintă o cedare considerabilă de căldură.
- Din cauza aderării unui strat de aer de circa 4 – 8 mm la suprafaţa pielii, numit strat marginal, corpul se va opune cedării căldurii prin curenţii de convecţie şi conducţie. Grosimea acestui strat scade atunci când corpul este în mişcare.

TRANSFORMĂRI DE FAZĂ

I. Transformarea reciprocă între starea solidă şi cea lichidă.

Corpuri solide:

A. cristaline
B. amorfe

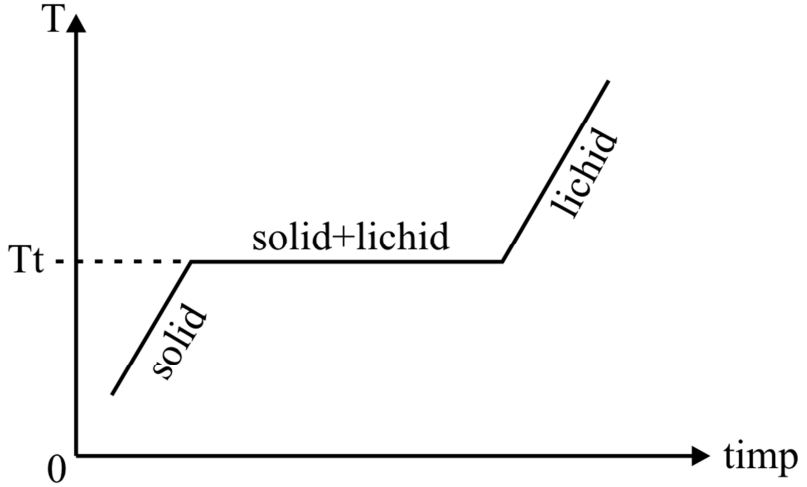
A. Corpuri cristaline:

- simetrie de aranjare a atomilor, ionilor
- dispunere: regulată, continuă şi periodică a particulelor în cristale (dat. forţelor de inter. foarte puternice)
- particulele se aranjează a.î. E_{pot} = min (cristalul este stabil)
- proprietăţi: - anizotropie
- punct de topire bine determinat pentru ac. presiune

B. Corpuri amorfe:

- nu au o simetrie de aranjare a particulelor
- dispunere: haotică a particulelor componente în tot volumul corpului.
- ordine locală.
- dispunerea este asemănătoare cu cea a particulelor în lichide, dar în corpurile amorfe au o mobilitate mult mai mică (sticla).

I. Corp cristalin solid



$$\text{corp solid cristalin} \xrightarrow[\lambda_t]{T-\text{bine det.}} \text{stare lichida}$$

Def.

Procesul de trecere a unei substanţe din faza solidă în faza lichidă la T_t în absorbţie de căldură → **TOPIRE.**

Procesul invers: stare lichidă → stare solidă → **SOLIDIFICARE (CRISTALIZARE)**

Explicarea topirii:

$F_{atr.}$ → slabe → corpul solid îşi reorganizează local reţeaua cristalină.

La topire: V - corp cristalin → creşte

ρ - corp cristalin $\rightarrow$ scade

EXCEPŢIE: - gheaţa, fonta, aliaje

V $\rightarrow$ scade, $\rho \rightarrow$ creşte

Legile topirii (solidificării):

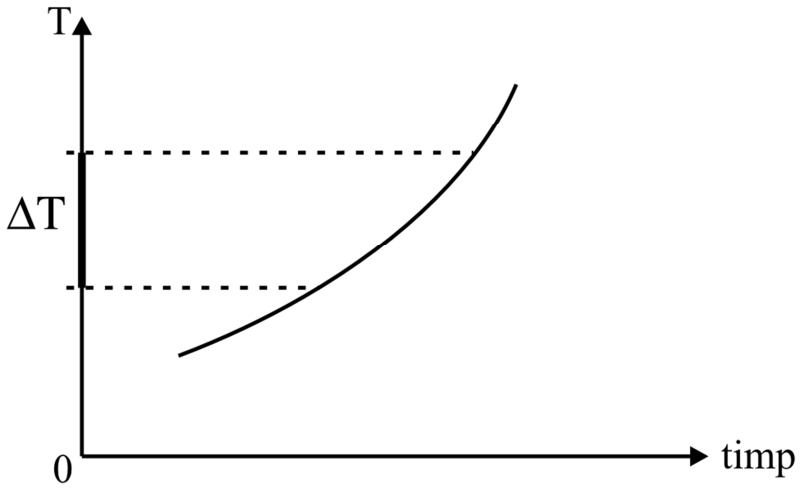
1. Topirea şi solidificarea $\rightarrow$ fenomene inverse (au loc la aceeaşi temperatură).
2. T_t = constant (când ρ = constant)
3. La T_t, starea solidă şi cea lichidă sunt în echilibru: pres. vaporilor celor 2 faze este aceeaşi.

Căldura latentă de topire:

$$\lambda_t = \frac{Q}{m}$$

B. Corpuri amorfe:

- tranziţia în starea lichidă se realizează
- la încălzire treptat se înmoaie şi în final devin lichide.
- în timpul **topirii** corpurile amorfe $\rightarrow$ T_t creşte astfel încât $T_t \neq$ constant
- la solidificare, temperatura scade constant $\rightarrow$ interval de temperatură de înmuiere (solidificare)



Eutectice

T_t a unei substanţe depinde de puritatea ei.

Definiţie:

Compoziţia aliajului sau amestecului care corespunde punctului de T_t minimă se numeşte **eutectic**.

În tehnică → amestecurile eutectice – foarte importante în special în cazul amestecurilor sub formă de pulbere a căror temperatură corespunzătoare eutecticului se găseşte la temperatura camerei.

II. Transformarea din starea lichidă în starea gazoasă şi reciproc.

Trecerea unei substanţe din stare lichidă în stare de vapori cu abs. de căldură → **VAPORIZARE**.

Procesul invers: **CONDENSARE**.

Dacă: Viteza moleculelor de lichid > viteza medie ⇒ E_c suficient de mare ⇒ învingerea $F_{atr.}$ Din interiorul lichidului ⇒ moleculele părăsesc suprafaţa liberă a lichidului ⇒ **VAPORIZARE**.

Vaporizarea la suprafaţa lichidului → **EVAPORARE**.

<u>Vapori saturanţi</u> → vaporii aflaţi în echilibrul dinamic cu lichidul din care provin (p_s). Vaporii saturanţi sunt în contact cu lichidul şi au o presiune maximă.

<u>Vapori nesaturanţi</u> → sunt acei vapori care nu sunt în contact cu lichidul propriu şi au o presiune mai mică decât cea a vaporilor saturanţi.

Pentru ca vaporizarea să aibă loc la o temperatură constantă, este necesară furnizarea unei energii calorice lichidului.

Căldura latentă de vaporizare: $\lambda_V = \frac{Q}{m}$

FIERBEREA → procesul de vaporizare care are loc în toată masa lichidului.

Temperatura la care fierbe lichidul este constantă şi se numeşte **temperatură de fierbere**.

OBS:

Dacă presiunea deasupra lichidului este normală, adică de 1 atm, temperatura la care fierbe lichidul se numeşte **temperatură normală de fierbere**. Odată cu creşterea presiunii exterioare temperatura de fierbere va creşte de asemenea şi invers.

APLICAŢIE:

- autoclve → temperatura de fierbere a apei atinge 131°C şi permite sterilizarea mai bună, distrugând şi bacteriile rezistente la temperatura normală de fierbere a apei.

Spre deosebire de vaporizarea în vid, în atmosferă gazoasă evaporarea se face mai lent. Dacă se face într-un volum limitat, ea se produce la fel ca şi în cazul

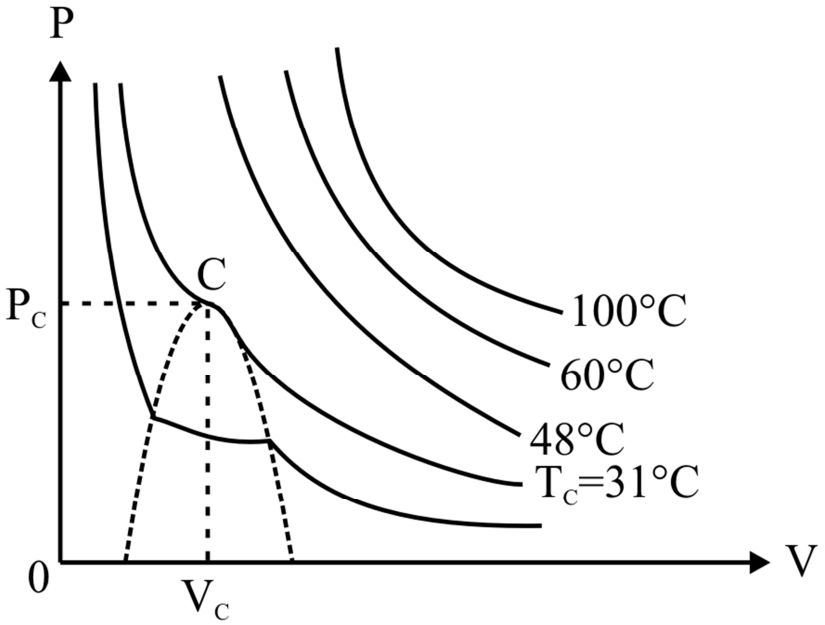
în care s-ar face în vid, până când presiunea vaporilor din incintă devine egală cu presiunea vaporilor saturanţi.

III. Lichefierea gazelor:

- Scăderea temperaturii + creşterea presiunii deasupra unui lichid favorizează transformarea din gaz în lichid.
- În unele cazuri este suficientă o simplă răcire (SO_3, la t = -8°C, p = 1 atm) sau o simplă comprimare la temperatură const. (SO_2, t = 10°C, p = 3,24 atm)

Andrews (1813 – 1885) → a comprimat izot.

CO_2 → izot. de variaţie a p în f. de V:



45°C (p.V. = const.) → legea B-M

35°C uşoară inflexiune

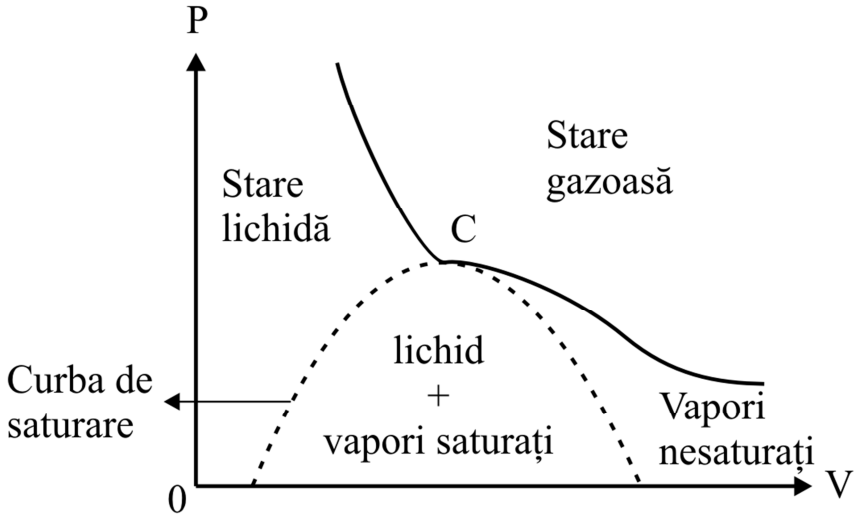
31,1°C CO_2lichid (în pct. „C”)

→ **izoterma critică**

1. deasupra ei → poate fi numai gaz
2. sub ea → gazul poate fi lichefiat prin mărirea presiunii.

Gazele - departe de izot. crit. → gaze ideale

- aproape de izot. crit. → gaze reale



Gaze reale:

La o anumită presiune, $\underline{V_{g.real}} < \underline{V_{g.ideal}}$

Studiul interacţiunilor dintre molecule (V.d.W.)

1. din cauza forţei de interacţiune $\Rightarrow$ p + π

$$pV = RT \quad \Rightarrow \quad (p+\pi)V = RT$$

2. volumul molecular nu mai poate fi neglijat $\Rightarrow$V - b

$$(p+\pi)(V - b) = RT$$

$$\pi = a/V^2$$

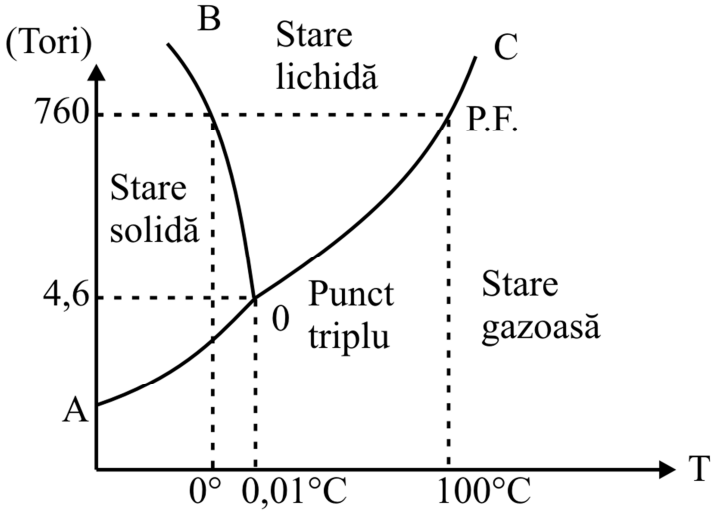
$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

ec. V.d.W. pentru gaze reale

Forţele V.d.W. sunt mult mai slabe decât energia de legătură chimică.

faza solidă $\rightarrow$ faza gazoasă $\rightarrow$ **SUBLIMARE**

faza solidă $\leftarrow$ faza gazoasă $\leftarrow$ **DESUBLIMARE**



(p,T): $\exists$ un punct în care se află în echilibru cele 3 faze: S, L, G, ale unei substanţe $\Rightarrow$ **STAREA TRIPLĂ A SUBSTANŢELOR**

H_2O: T_t = 273,15 K

KELVINUL: 1/273,15 din temperatura corespunzătoare stării triple a apei.

- Caracteristic pentru această diagramă este faptul că cele 3 curbe de echilibru delimitează cele 3 faze posibile ale sistemului solid-lichid-vapori.
- Echilibrele dintre cele 3 faze sunt redate prin curbele OA, OB şi OC.
- Pentru fiecare presiune dată, sistemul este în echilibru (deci nu mai variază) numai la o anumită temperatură.

De ex. pentru presiunea de 760 torr, temperatura de echilibru este 0^0C, iar temperatura de echilibru apă-vapori este de 100^0C.

Din diagramă se observă că, la diferite presiuni şi temperaturi, pot exista câte două faze în echilibru: solid-lichid, lichid-vapori sau solid-vapori. Există un singur punct, **punctul triplu**, la care pot coexista cele 3 faze gheaţă, apă şi vapori. La apă, punctul triplu este de $0{,}01^0$C şi 4,6 torr.

Proprietăţi coligative ale soluţiilor

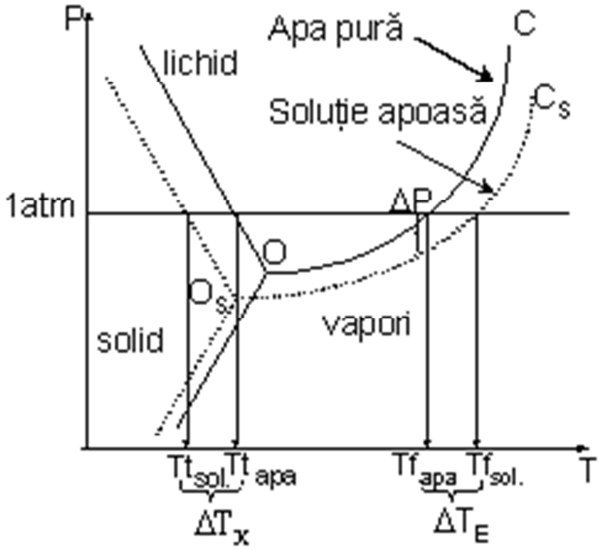
1. **Reducerea presiunii vaporilor**
2. **Creşterea temperaturii de fierbere (ebuliosopie)**
3. **Reducerea temperaturii de congelare (crioscopie)**
4. **Osmoza**

OBS.

- Presiunea de vapori, punctul de fierbere şi de congelare (topire) ale unei soluţii nu sunt aceleaşi cu cele ale solventului pur.
- Variaţiile punctelor de fierbere şi de congelare, pentru soluţiile diluate sunt proporţionale cu concentraţiile molare ale substanţei dizolvate.

1. **Reducerea presiunii de vapori.**

- Odată cu formarea unei soluţii se modifică atât proprietăţile substanţei dizolvate cât şi proprietăţile dizolvantului.
- Diagrama de faze a apei comparativ cu cea a unei soluţii apoase:



O: punctul triplu al apei

O_S: punctul triplu al soluţiei

- Presiunea de vapori a soluţiilor, P_i, este mai mică cu ΔP decât presiunea de vapori a solventului pur, P_0, iar scăderea de presiune este proporţională cu fracţia molară a substanţei dizolvate, X_i.
- Acest enunţ este cunoscut ca ***Legea lui Raoult***:

$$\Delta P = (P_o - P_i) = X_i \cdot P_o,$$

$$X_i = v_2/ (v_1+v_2) \sim v_2/ v_1$$

$v_2 \rightarrow$ nr. moli subst. dizolv.

$v_1 \rightarrow$ nr. moli solvent

$$(Po-P)/P_o = (m_2/M_2)/(m_1/M_1) = (v_2/1000)\cdot M_1 \sim C_{molară}$$

Scăderea relativă a pesiunii de vapori este proporţională cu concentraţia molară a soluţiei.

2. Creşterea temperaturii de fierbere (ebulioscopie):

- Ca urmare a micşorării presiunii de vapori, o soluţie fierbe la o temperatură $T_{fierb.sol}$ superioară temperaturii $T_{fierb.solv.}$ a solventului pur.
- Creşterea punctului de fierbere al soluţiei depinde numai de concentraţia soluţiei şi nu de natura substanţei dizolvate:

$$\Delta T_{ebulioscopic} = T_{fierb.sol} - T_{fierb.solvent}$$

Creşterea temperaturii de fierbere a unei soluţii în comparaţie cu temperatura de fierbere a solventului pur se numeşte ***efect ebulioscopic*.**

Raoult: ***Pentru acelaşi solvent, creşterea temperaturii de fierbere a soluţiei faţă de cea a solventului pur este proporţională cu concentraţia soluţiei.***

$$\Delta T_{ebulioscopic} = K_E \cdot C_{molară}$$

$K_E \rightarrow$ constanta ebuloscopică (ridicarea punctului de fierbere atunci când în sol. se află un mol de substanţă dizolvată în 1000 g solvent).

3. Reducerea temperaturii de congelare (crioscopie)

Efectul crioscopic constă în scăderea punctului de congelare (îngheţare) unei soluţii în comparaţie cu punctul de congelare al solventului pur:

$$\Delta T_{crioscopic} = T_{cong.\ solvent} - T_{cong.\ sol.}$$

Raoult: ***Pentru orice solvent pur, scăderea temperaturii de congelare a soluţiei faţă de cea a solventului pur este proporţională cu concentraţia molară a soluţiei.***

$$\Delta T_{crioscopic} = K_C \cdot C_{molară}$$

$K_C \rightarrow$ constanta crioscopică (coborârea punctului de congelare când în soluţie se găseşte un mol de substanţă dizolvată în 1000 g solvent).

OBS.

- În cazul **neelectroliţilor**, $\Delta T_{crioscopic}$ şi K_C nu depind de natura substanţei, ci doar de numărul de molecule-gram dizolvate.
- În cazul **electroliţilor**, datorită disociaţiei vor exista mai multe particule în unitatea de volum. Rezultă un factor de corecţie, i:

$$\Delta T_{crioscopic} = i \cdot K_C \cdot C_{molară}$$

$$\mathbf{i = 1 + (\gamma - 1) \cdot \alpha}, \text{ unde } \gamma = \text{nr. de ioni şi } \alpha = \text{grd. de disociere}$$

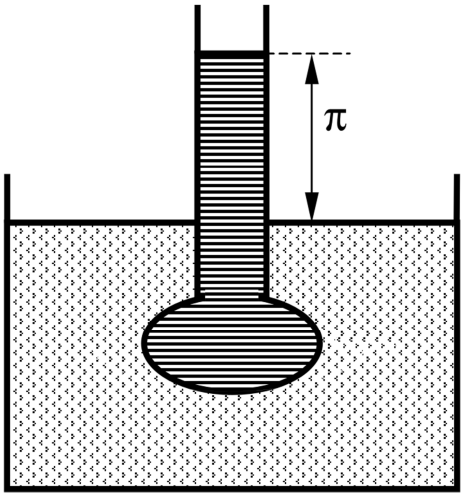
4. Osmoza

DEF.

Dacă două soluţii de concentraţii diferite snt despărţite printr-o membrană semipermeabilă are loc un fenomen de difuzie selectivă a moleculelor solventului, fenomen numit **osmoză.**

4.1. Presiunea osmotică – Legea van't Hoff

Pentru a pune în evidenţă fenomenul de difuzie a substanţelor prin anumite membrane, Pfeffer a realizat următoarea experienţă:



Osmometrul Pfeffer

- capătul inferior al unui tub din sticlă → membrană semipermeabilă
- tubul a fost umplut până la un anumit nivel cu o soluţie de zahăr şi apoi cu partea acoperită de membrană s-a introdus într-un vas cu apă până la nivelul la care se afla soluţia de zahăr
- ridicarea nivelului soluţiei în tubul respectiv → pătrunderea apei în tub prin membrana semipermeabilă.

⇒ apa pătrunde prin membrană în tub până când va fi oprită din cauza atingerii unei stări de echilibru, când presiunea osmotică devine egală cu diferenţa de presiune hidrostatică.

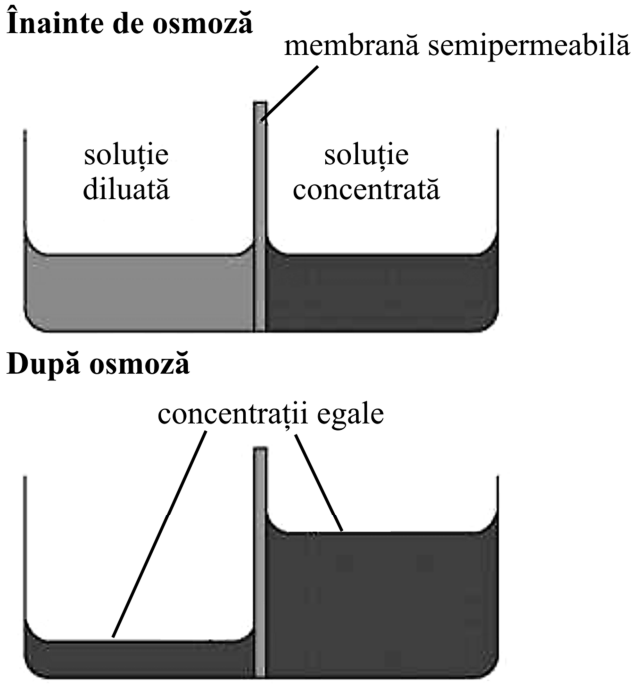
DEF.

Diferenţa de presiune apărută pe cele două părţi ale membranei se numeşte **presiune osmotică**.

CONCLUZIE:

Prin osmoză se înţelege, deci, fenomenul de trecere preferenţială şi cu viteză mare a solventului pur sau a unei soluţii mai diluate spre o soluţie mai concentrată.

Exercitarea presiunii osmotice:



OBS.

- transferul nu are loc dinspre soluţia concentrată spre cea diluată pentru egalizarea concentraţiilor, ci invers.
- solventul poate trece prin membrană, dar nu şi solvatul şi în acest caz procesul care are loc se va desfăşura sub acţiunea presiunii osmotice.

Van't Hoff $\rightarrow$ analogie între presiunea exercitată de o soluţie diluată şi neelectrolitică şi presiunea exercitată de un gaz, aplicând în cazul soluţiei legea generată a gazelor perfecte, adică:

$$\pi \cdot V = \nu \cdot R \cdot T$$

$\pi = \frac{\nu}{V} R \cdot T$ unde $\frac{\nu}{V} = c$ reprezintă concentraţia molară.

Cu aceste înlocuiri obţinem pentru presiunea osmotică:

$$\pi = c \cdot R \cdot T$$

legea **van't Hoff** (laureat al premiului Nobel pentru chimie în anul 1904).

π reprezintă presiunea osmotică, c concentraţia molară, R constanta universală a gazelor, iar T reprezintă temperatura.

$\Rightarrow$ două soluţii care au aceeaşi concentraţie molară şi au aceeaşi temperatură au presiunile osmotice egale, indiferent de natura lor.

DEF.

Două soluţii cu presiunile osmotice egale se numesc **izotonice**.

Trecerea apei din exterior spre interior se numeşte **endosmoză**, iar invers, spre exterior se numeşte **exosmoză**.

Dacă două soluţii au presiuni osmotice diferite, cea cu presiunea osmotică **mai mare** se numeşte **hipertonică**, iar ce cu presiunea osmotică **mai mică** se numeşte **hipotonică**.

4.2. Importanţa biologică a osmozei

Osmoza intervine în multe procese fiziologice care au loc în interiorul plantelor şi animalelor, jucând un rol important în schimbările dintre organisme şi mediul lor de viaţă, între celulele şi mediul extracelular.

OBS.

O celulă introdusă într-o soluţie izotonică nu va suferi nici o modificare a volumului, deoarece nu se produce nici un schimb de substanţă între soluţie şi citoplasmă.

- **Turgescenţa** reprezintă fenomenul de mărire a volumului unei celule prin pătrunderea apei în interiorul ei (endosmoză).
- Atunci când celulele se găsesc într-o soluţie hipotonică, apa intră în celulă căutând să dilueze conţinutul ei.
- Fenomenul invers, de micşorare a volumului unei celule prin ieşirea apei, atunci când se găseşte într-o soluţie hipertonă se numeşte **plasmoliză**.

Hemoliza:

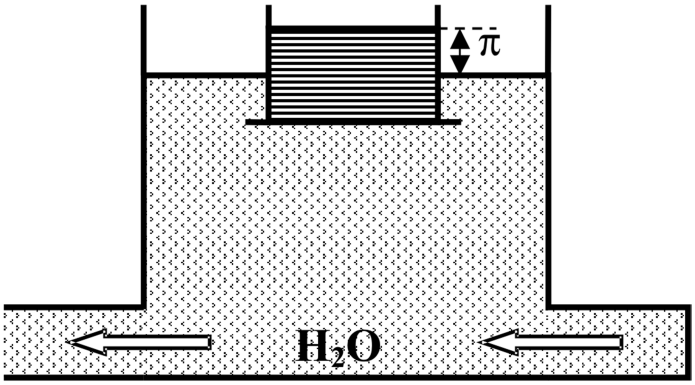
- Dacă celula este o hematie şi se introduce într-o soluţie hipotonică, ea se va umfla datorită pătrunderii apei, însă doar până la o anumită limită, când se va rupe şi în consecinţă va elibera hemoglobina trecând în lichidul de suspensie.
- Fenomenul de rupere a hematiei se numeşte **hemoliză** iar volumul la care se rupe hematia se numeşte **volum critic de hemoliză**.
- În final celula moare, iar fenomenul se numeşte **citoliză**.

OBS.

Izotonia este o condiţie importantă de care trebuie să se ţină cont atunci când se introduc cantităţi de lichid în sânge, fie în scop curativ (prin injecţii intravenoase), fie în cazul conservării sângelui. Pentru a nu se modifica echilibrul osmotic al serului sanguin, soluţiile injectate trebuie să aibă aceeaşi presiune osmotică.

La animale, ca urmare a existenţei substanţelor coloidale (substanţe cu diametrul 1 – 100 μm) apare o **presiune coloid osmotică (oncotică).**

- Formarea edemelor în stările patologice se explică prin dereglarea presiunii coloid osmotice.
- Membranele animale nu sunt perfect semipermeabile, deoarece lasă să treacă şi substanţele cristaloide dizolvate, dar nu lasă să treacă suspensiile coloidale. Această însuşire permite separarea substanţelor sub formă coloidă de cele cristaloide, proces ce se numeşte **dializă**.



Realizarea dializei

Soluţia cu amestecul de coloizi şi cristaloizi se introduce în vasul prevăzut cu membrană. Cristaloizii difuzează în curentul de apă curată, în timp ce coloidul este reţinut.

Apa şi importanţa ei în lumea vie

Clasificarea apei din organismele vii

- În raport cu celulele există apă **intracelulară** şi **extracelulară**, care la rândul ei poate fi **interstiţială** şi **circulantă** (intravasculara).
- După starea ei de fixare în organism, apa poate fi **legată** (conţinută în structuri moleculare) şi **liberă**.
- În funcţie de provenienţă, apa poate fi **exogenă** (adusă din exterior) sau **endogenă** (rezultată din procesele metabolice).

Proprietăţile fizice ale apei

Datorită proprietăţilor fizice pe care le are, apa are o importanţă deosebită pentru organismele vii, influenţând **existenţa, conformaţia şi funcţiile** acestora.

Variaţia densităţii apei cu temperatura

- Spre deosebire de celelalte lichide, apa îşi măreşte volumul prin solidificare şi îşi micşorează densitatea. Ea are densitatea maximă la 4°C.
- Prin răcire, între 4°C şi 0°C apa se comportă anormal, dilatându-se. Ca urmare, gheaţa are densitatea mai mică decât apa la 4°C şi de aceea pluteşte pe apă.

(Această anomalie se explică prin faptul că, o dată cu scăderea temperaturii, creşte gradul de ordonare al moleculelor de apă, prin creşterea numărului de legături de hidrogen. Reţeaua moleculară devine tot mai structurată, ceea ce determină mărirea volumului gheţii şi scăderea densităţii).

Proprietăţile termice ale apei

- Ca urmare a activităţii metabolice, organismele vii produc energie, mai ales sub formă de căldură.
- Dacă se presupune că un organism viu ar fi un sistem izolat având căldura specifică apropiată de cea a apei (1 cal/g·grad), atunci valoarea temperaturii lui ar creşte mult peste 37 – 40°C. (Însă la temperaturi mai mari de 42°C încep să se denatureze proteinele, vitezele reacţiilor chimice ar creşte foarte mult, iar aceste modificări nu mai sunt compatibile cu viaţa).

OBS.

Prin proprietăţile fizice şi valorile constantelor termice, apa are un rol deosebit de important în procesele de termoreglare ale organismului (rol termoregulator).

- Organismele vii pot primi din exterior cantităţi însemnate de căldură, care însă produc încălziri mici. Sângele, prin conţinutul ridicat de apă, transportă o mare cantitate de căldură din locul unde se produce în tot organismul, uniformizând temperatura acestuia. Prin intermediul vaselor sanguine din apropierea suprafeţei corpului, sângele cedează căldură mediului exterior prin radiaţii.
- **Conductivitatea termică** a apei este mare în comparaţie cu alţi constituenţi organici şi, în concluzie, organismele vii pot evita hipertermiile locale prin transport rapid al căldurii.

Noţiuni de biofizică celulară

Membrane biologice

DEF.

Membranele biologice se definesc ca fiind ansambluri compuse din proteine şi lipide care formează structuri continue bidimensionale, cu proprietăţi caracteristice de permeabilitate selectivă, prin care se realizează compartimentarea materiei vii.

I. Structură şi proprietăţi

Funcţiile pe care le îndeplineşte membrana sunt următoarele:

- delimitează celula (organitele celulare) de mediul exterior;
- prezintă permeabilitate specifică pentru ioni şi unele macromolecule;
- constituie locul unor reacţii enzimatice.

II. Compoziţia biochimică a membranelor biologice

Toate membranele biologice au în principiu o structură comună.

Principalele componente ale membranelor biologice sunt:

- **proteinele** (60-80 %)
- **lipidele** (40-20 %) (resturile glucidice sunt întotdeauna ataşate proteinelor sau lipidelor)
- **alte componente minore** (ioni, apă, transportori) (insuficient studiate cantitativ).

I. Lipidele asigură funcţia de barieră a membranelor. Principalele clase de lipide întâlnite în membranele celulare sunt:

A. **fosfolipidele** (55 % din lipidele membranare);

B. **glicolipidele**;

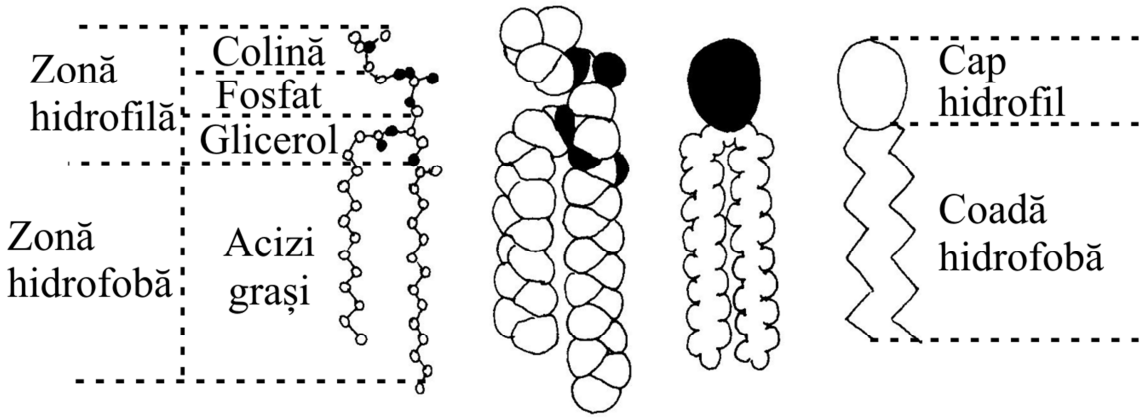
C. **colesterolul**.

Ele au în structura lor o grupare polară şi una nepolară.

A. Fosfolipidele:

a. Fosfogliceridele

- Se bazează pe molecule de glicerol în care două grupări hidroxil sunt esterificate cu acizi graşi (unul saturat şi unul nesaturat), iar a treia poziţie este ocupată de o grupare polară.



Structura fosfogliceridelor

Gruparea polară a fosfogliceridelor este variată.

- De restul de acid fosforic H_3PO_4 se leagă:
  - **colină** (în lecitină şi în fosfotidilcolină)
  - **etanolamină** (în fosfatidilietanolamină)
  - **serină** (în fosfatidilserină).

b. Sfingolipidele

Au la bază **sfingozină** (aminoalcool cu lanţ lung de atomi de carbon). Structura lor →asemănătoare cu cea a fosfogliceridelor. Cea mai răspândită sfingozipidă este **sfingomielina** care are aceeaşi grupare polară ca şi lecitina.

B. Glicolipidele

- Au la bază tot structura sfingomielinei, dar în locul grupării polare fosforilcolină se află legate resturi glucidice.
- În cele mai simple glicolipide, numite **cerebrozide**, gruparea polară constă dintr-un asemenea rest, de exemplu glucoză sau galactoză (galactocerebrozida este componenta majoră a mielinei).

C. Colesterolul

- Este o altă lipidă majoră din membranele celulelor eucariote.
- Proporţia acestuia este mai mare în plasmalemă şi în mielină (deci în membranele la care predomină funcţia de barieră) şi mai mică în membranele intracelulare.

OBS.

Compoziţia lipidică a membranelor celulare variază de la un tip de membrană la altul, chiar în aceeaşi celulă, de la o specie la alta, şi de la o celulă la alta când este vorba de acelaşi tip de membrană.

II. Proteinele conferă funcţionalitatea membranei.

- Ele intervin în transportul activ, îndeplinesc funcţii enzimatice sau de receptori.
- Dimensiunile lor sunt mai mari decât ale lipidelor.

Există 2 categorii de proteine: **proteine periferice** şi **proteine integrate.**

1.**Proteine periferice**

Ele sunt extrinseci şi pot fi extrase uşor prin tratare cu soluţii diluate de săruri; sunt ataşate la exteriorul bistratului lipidic, interacţionând în principal cu grupările polare ale lipidelor sau cu proteinele intrinseci (integrale) prin forţe electrostatice.

2. Proteine integrate

Aceste proteine sunt integrate şi nu pot fi extrase decât după distrugerea structurii membranei cu detergenţi; acestea sunt molecule amfifile mici ce formează micele în apă.

III. Caracteristicile fizice ale membranelor biologice

Caracterul amfifil – se datorează lipidelor care prezintă un „cap" hidrofil şi o „coadă" hidrofobă; în consecinţă ele formează în mod spontan în apă micelii şi lipozomi (unilamelari, multilamelari) :

Formarea miceliilor şi a lipozomilor

Fluiditatea membranelor

OBS.

Fluiditatea, f, este inversul vâscozităţii $\left(f = \frac{1}{\eta}\right)$ şi se aplică lichidelor izotrope (aceleaşi proprietăţi în toate cele 3 direcţii ale spaţiului).

Fluiditatea membranelor→ mobilitatea lor.

Se disting mai multe tipuri de mişcări:

1. Mişcări în interiorul moleculei fosfolipidelor

a. mişcările de flexiune ale atomilor de carbon din grupările metilenice (-CH_2-) din laţurile acizilor graşi (din ce în ce mai mobile spre centrul stratului dublu lipidic şi mai rigide spre gruparea polară);

b. mişcările atomilor din gruparea polară.

2. Mişcări ale întregii molecule de fosfolipide

a. mişcarea de deplasare laterală (translaţie)- 2μm/s

b. mişcarea de rotaţie în jurul axei longitudinale a moleculei - rapid

c. mişcarea de deplasare transversală (flip-flop) – lent.

IV. Modele de membrană

➢ Au fost elaborate pe baza unor tehnici fizico-chimice:

- Difr. razeX, măsurători de difuzie interfacială, RMN, RES, microscopie electronică.

- **1925, *Gorter*** şi ***Grendel***

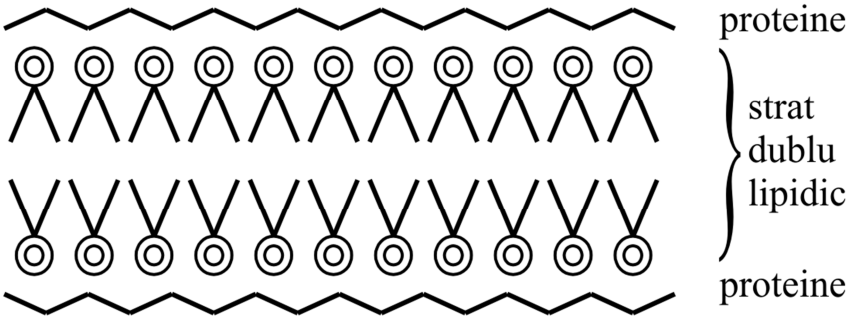
- sunt primii care extrag lipidele din membrana eritrocitelor şi găsesc că la o comprimare maximă ele ocupă o arie care este egală cu dublul ariei eritrocitelor.

De aici s-a născut ideea existenţei unui **strat dublu lipidic** ca bază a structurii membranelor biologice.

- ***Danielli*** şi ***Davson***

- au măsurat tensiunea superficială a membranei celulare găsind valori foarte joase de aproximativ 1 dyn/cm, (în timp ce stratul dublu trebuie să aibă aproximativ 5 dyn/cm).

- se consideră că stratul dublu este tapetat de o parte şi de alta de straturi de proteine, ştiut fiind că proteinele scad tensiunea interfacială.



Modelul Danielli-Davson

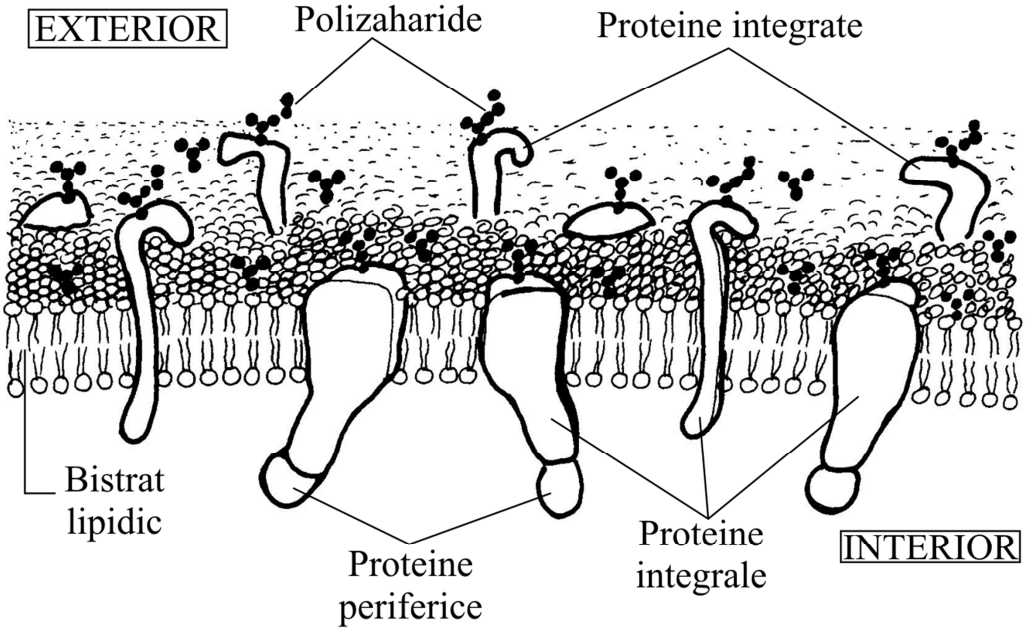
OBS.

→ modelul Danielli-Davson este criticabil din mai multe puncte de vedere.

→orice sistem tinde să ia starea cu energie minimă, care este cea mai stabilă; în cazul de faţă capetele polare ale fosfolipidelor (lipidelor amfifile) trebuie să fie în contact cu mediul apos (extern sau intern), ele deci nu pot fi acoperite cu proteine.

- 1972 **Singer şi Nicolson**, **modelul în mozaic lipido-proteic** (modelul mozaicului fluid)

- proteinele integrale din membrană ar fi împlântate în stratul dublu lipidic la fel ca nişte „iceberguri” ce plutesc pe mare.
- această „mare lipidică” este concepută fluidă, deci cu lipidele stratului dublu în stare de cristal lichid şi în planul său proteinele se pot deplasa lateral sau se pot roti în jurul unei axe perpendiculare pe planul membranei.
- se consideră azi că, în marea lor majoritate, proteinele integrale străbat stratul dublu lipidic de pe o faţă pe cealaltă (deci sunt transmembranare).
- modelul în mozaic lipido-proteic îndeplineşte condiţiile de stabilitate a structurii din punct de vedere termodinamic.
- date experimentale de microscopie electronică şi difracţie a razelor X, ce susţin structura globulară a proteinelor de membrană şi penetrarea lor în stratul dublu lipidic.



Modelul mozaicului fluid

V. Transportul prin membrane biologice

Clasificarea tipurilor de transport – criterii:

Tipurile de transport membranar pot fi clasificate în funcţie de mai multe criterii.

1. Din punct de vedere energetic:

- transport pasiv (fără consum energetic, în sensul gradientului de concentraţie sau al celui electrochimic)

- transport activ (cu consum energetic, în sens opus gradientului de concentraţie sau al celui electrochimic)

2. După natura substratului:

- transportul prin bistratul lipidic
- transportul prin polipeptide (oligopeptide)
- transportul prin proteine

3. După cinetică:

- difuzia simplă
- difuzia facilitată

Sisteme de:

- macrotransport

1. transp. dir. al unor macromolecule prin membrane (de ex. la bacterii în cursul procesului de transformare genetică, în care moleculele de ADN trec atât prin peretele celular cât şi prin plasmalemă)

2. transp. prin vezicule:

a. endocitoza (pinocitoza, fagocitoza)

b. exocitoza

c. transcitoza

Endocitoza: materialele pătrund în celulă înglobate în vezicule ce se desprind din plasmalemă.

fagocitoza – pătrunderea substanţelor solide în celulă

pinocitoza – pătrunderea macromoleculelor în soluţie

Exocitoza: se varsă în exteriorul celulei produsle secretate în celulă (se produce prin fuziunea unor vezicule din citoplasmă cu plsmalema şi materialele din vezcule sunt vărsate în afara celulei)

Transcitoza: realizează transortul moleculelor prin celulele endoteliului capilar.

- microtransport

1. transport pasiv
2. ransport activ

V.1 Transportul pasiv:

A. Difuziunea simplă prin bistratul lipidic

Un exemplu de difuziune simplă prin bistratul lipidic este pătrunderea substanţelor liposolubile conform coeficientului de partiţie între ulei şi apă (k).

Overton a observat încă din secolul trecut că pătrunderea substanţelor în celule este proporţională cu solubilitatea substanţelor în lipide măsurată prin **coeficientul de partiţie** al substanţei între ulei şi apă (k).

Conform legii I a lui Fick:

$$J = D \cdot \frac{c_2 - c_1}{d}$$

Şi notând $\frac{D}{d} = P$, unde P se numeşte coeficient de permeabilitate şi $c_2 - c_1 = \Delta c$, diferenţa de concentraţie.

Legea lui Fick devine:

$$\mathbf{J = P \cdot \Delta c}$$

Regula lui Overton - cu cât coeficientul de partiţie are valoare mai mare, cu atât substanţa este mai liposolubilă şi pătrunde mai repede în celule, deci există proporţionalitate directă între coeficientul de permeabilitate(P) şi coeficientul de partiţie (k).

- gruparea – OH scade coeficientul de permeabilitate de 10^{-2} – 10^{-3} ori
- gruparea – CH_3 creşte coeficientul de permeabilitate până la cinci ori

B. Difuziunea simplă mediată de polipeptide

Un exemplu îl constituie transportul ionilor prin polipeptide produse de microorganisme care sunt numite **ionofori**.

Există două tipuri de ionofori:

1. Polipeptide ciclice care au în interior un spaţiu polar în care sechestrează în mod specific un anumit ion; aceşti ionofori se numesc **transportatori mobili** sau **cărăuşi**.

De exemplu, valinomicina leagă cationul K^+; exteriorul ionoforului este hidrofob.

Ionoforii din această categorie preiau ionul pe o faţă a membranei, difuzează prin stratul dublu lipidic şi eliberează ionul pe cealaltă faţă, deci „fac naveta" prin membrană.

2. Ionoforii de tip canal formează pori ce străbat stratul dublu lipidic. Gramicidina este un polipeptid compus din 15 aminoacizi laterali hidrofobi. Două molecule de gramicidină vin în contact formând un canal perpendicular pe planul membranei prin care cationii şi apa difuzează mult mai rapid decât în cazul difuziunii prin stratul dublu lipidic.

Ionoforii produşi de microorganisme sunt ***antibiotice*** (împiedică dezvoltarea altor microorganisme).

Ele sunt arme de apărare ale unor microorganisme împotriva altora fiindcă anihilează potenţialul de membrană. Ionoforii de tip canal sunt şi **filipina**, **nistanina** şi **amfotericina B**, care formează pori numai în membranele ce conţin steroli, cum sunt membranele fungilor. De aceea sunt utilizate în practica medicală drept antifungice.

C. Difuzia facilitată

- Difuzia facilitată se produce de la o concentraţie mai mare la una mai mică şi se opreşte în momentul egalizării concentraţiilor de cele două părţi ale membranei, dar substanţele trec mult mai rapid (de aproximativ 100.000 de ori), decât ar fi de aşteptat pentru dimensiunea şi solubilitatea lor în lipide.
- Fiecare proteină transportoare are un loc specific de legare a substratului;
- viteza transportului atinge valoarea maximă (v_{max}), caracteristică pentru fiecare transportor, atunci când acesta este saturat (când toate locurile de legare sunt ocupate);
- fiecare transportor are o constantă caracteristică de legare a substanţei pe care o transportă, numită K_M (concentraţia substanţei când viteza de transport atinge jumătate din valoarea maximă).

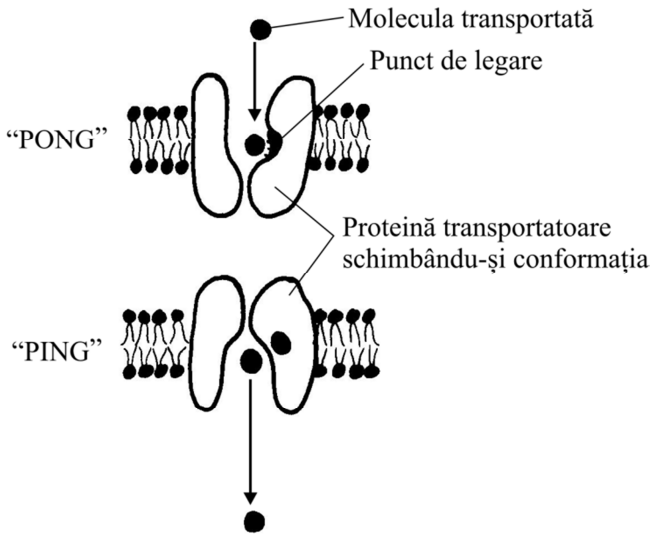
Exemple de difuzie facilitată:

- transportul anionilor, al ureei, al glicerolului şi al altor neelectroliţi prin membrana eritrocitului;
- transportul glucozei şi al aminoacizilor prin plasmalema mai multor celule.

Mecanismul se numeşte **„ping-pong”**

Transportorul este o proteină transmembranară, care suferă modificări conformaţionale reversibile, după cum urmează:

- într-o anumită stare conformaţională („pong”) locurile de legare sunt deschise spre exteriorul membranei, iar în stare „ping” se închid la exterior şi se deschid spre interior;
- în cealaltă stare conformaţională (”ping”), aceleaşi locuri sunt expuse spre partea opusă a membranei, iar substanţa este eliberată.



Difuzia facilitată

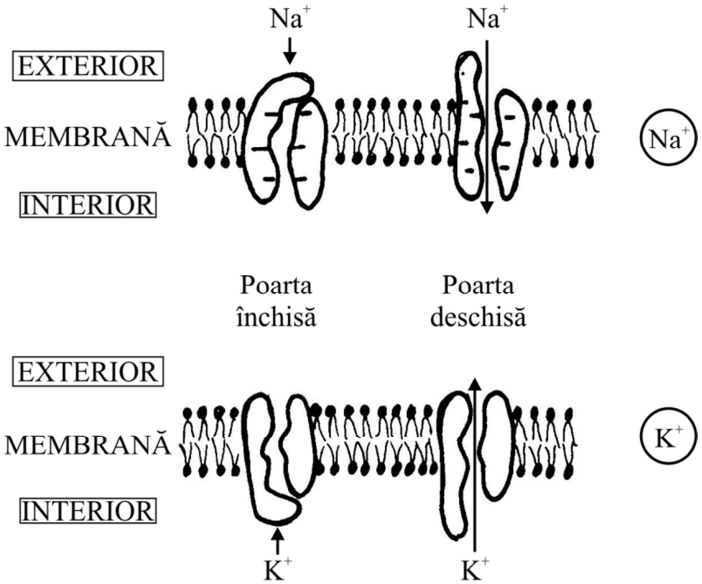
B. Difuzia simplă mediată de proteine-canal

Acest tip de difuzie se deosebeşte de difuzia facilitată prin faptul că viteza transportului poate fi mai mare decât în cazul difuziei facilitate şi transportul nu se saturează (deci nu există V_{max}).

De asemenea, unele canale formate din proteine de transport sunt deschise în mod constant, pe când altele numai tranzitoriu şi acestea din urmă se numesc **proteine de tip poartă** şi sunt de 3 tipuri:

- tipul A – dependente de potenţial;
- tipul B – dependente de ligand (se deschid la legarea unui ligand pe un receptor);
- tipul C – mecanodependente.

Mai există şi canale proteice care se deschid ca răspuns la creşterea concentraţiei intracelulare a unor ioni, de exemplu canalele pentru K^+ ce se deschid atunci când creşte concentraţia Ca^{2+} în citosol.



Difuzia mediată de proteine canal

Transportul activ

Transportul activ se realizează cu consum de energie, de la o concentraţie mică spre o concentraţie mare.

După modul în care se utilizează energia există mai multe tipuri:

A. transportul ionilor;

B. transportul activ cuplat cu gradiente ionice;

C. translocarea de grup.

A. Transportul ionilor

Transportul ionilor se realizează de către proteine care folosesc direct energia din adenozintrifosfat (ATP), aceste pompe ionice având şi funcţie ATP-azică.

De exemplu, **pompa de Na^+ şi K^+** din plasmalemă, pompa de Ca^{2+} din plasmalemă şi reticulul sarcoplasmatic al celulelor musculare.

Plasmalema tuturor celulelor este polarizată, adică prezintă un potenţial de membrană cu valori între –20 mV şi –200 mV. Faţa citoplasmatică a plasmalemei este încărcată negativ, iar cea externă pozitiv.

Concentraţia intracelulară a K^+ este mult mai mare decât cea extracelulară iar pentru Na^+ situaţia este exact inversă.

Pompa de Na^+ şi K^+ se află în plasmalema tuturor celulelor animale şi este responsabilă de:

- menţinerea potenţialului de membrană
- controlul volumului
- „întreţinerea” transportului activ al aminoacizilor şi glucidelor.
- reglează volumul celular

OBS.

Peste o treime din necesarul de energie al celulei este consumat de această pompă, iar în celulele nervoase, care trebuie să-şi refacă potenţialul de membrană după depolarizarea ce se produce la excitarea lor, se ajunge ca până la 70 % din consumul energetic să revină pompei.

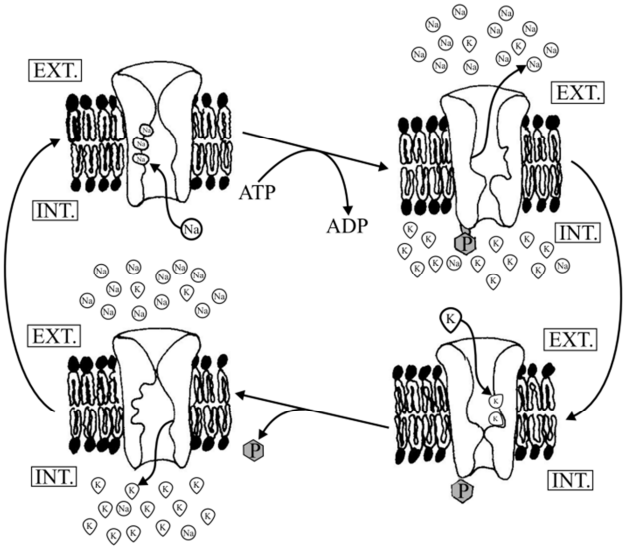
Pentru fiecare moleculă de ATP hidrolizată se pompează:

- la exterior 3 Na^+
- la interior 2 K^+

OBS.

- Fiecare moleculă de ATPază putând scinda 100 molecule ATP pe secundă.

- Pompând la exterior 3 Na^+ şi la interior 2 K^+, proteina contribuie în mod direct la generarea potenţialului electric de membrană (se pompează în exces sarcini pozitive).
- Această contribuţie reprezintă numai 20 %, fiindcă majoritatea potenţialului de membrană (80 %) se datorează gradienţilor de Na^+ şi K^+ menţinuţi prin Na^+ – K^+ ATPază, combinaţi cu permeabilitatea mai mare a plasmalemei pentru K^+ decât pentru Na^+ sau anioni.



Pompa de Na^+-K^+

- **Pompele de Ca^{2+}** sunt importante în menţinerea concentraţiei scăzute de Ca^{2+} în citosol (10^{-7} M) faţă de o concentraţie mult mai mare a Ca^{2+} extracelular (10^{-3} M).
- Există în plasmalemă o pompă de Ca^{2+} numită şi Ca^{2+} ATPază ce transportă activ Ca^{2+} la exterior.
- Gradientul enorm de concentraţie al Ca^{2+} asigură condiţii pentru transmiterea de semnale de la exterior la interiorul celulei prin plasmalemă.
- Reglarea concentraţiei Ca^{2+} în citosol are o mare importanţă pentru procurarea de secreţie celulară şi motilitatea lor.

OBS.

O caracteristică generală a pompelor ionice este **reversibilitatea** lor:

- prin hidroliza ATP-ului ele menţin gradienţii ionici
- puse în condiţii în care se introduc gradienţi de concentraţie foarte mari (care depăşesc capacitatea pompelor), în loc să consume ATP pentru a creşte gradienţii de concentraţie ionici, pompele sunt

reversibile: ionii se scurg conform gradienţilor de concentraţie, iar enzima sintetizează ATP din ADP şi fosfat anorganic.

B. Transportul activ cuplat cu gradiente ionice

Acestui tip de transport aparţin transportul glucozei şi transportul aminoacizilor.

Transportul glucozei prin plasmalema celulelor din mucoasa intestinală şi a celulelor din tubii renali

- Absorbţia intestinală a glucozei ar fi foarte ineficientă dacă s-ar face prin transport pasiv, fiindcă ar însemna ca în intestin concentraţia glucozei să fie în permanenţă mai mare ca în plasmă.
- În realitate, în ambele cazuri, glucoza este transportată împotriva gradientului de concentraţie de către un cărăuş al glucozei de care se leagă şi Na^+.
- Este un sistem simport: Na^+ tinde să intre în celulă conform gradientului său electrochimic şi într-un sens antrenează glucoza.
- Cu cât gradientul de Na^+ este mai mare, şi viteza transportului este mai mare, dacă se reduce mult gradientul de Na^+ se opreşte transportul glucozei. Na^+ care intră în celulă cu glucoza este pompat în afară de Na^+ - K^+ ATPaza ce menţine gradientul Na^+.

Transportul aminoacizilor

se face tot prin sisteme simport cu Na^+, existând cel puţin 5 proteine diferite în plasmalema celulelor animale (una pentru fiecare grup de aminoacizi înrudit structural).

C. **Translocarea de grup**

- la unele bacterii
- constă în fosforilarea unor glucide în cursul trecerii lor prin plasmalemă