

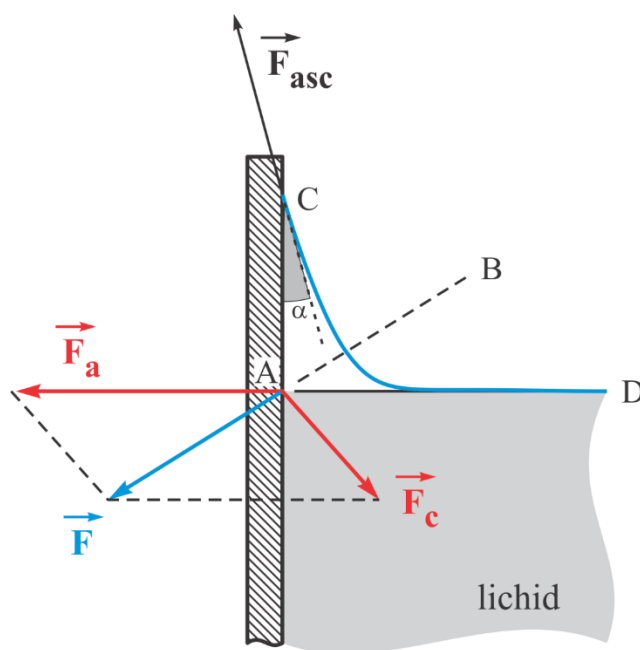


UNIVERSITATEA
DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE
„VICTOR BABEȘ“ DIN TIMIȘOARA

Mirela Nicolov Zoltan Szabadai
Claudia Watz

FIZICĂ FARMACEUTICĂ PARTEA I

EDIȚIA A DOUA ÎMBUNĂȚITĂ ȘI ADĂUGITĂ



Editura "Victor Babeș" Timișoara
2024

Editura "Victor Babeș"

Piața „ Eftimie Murgu ” nr. 2, cam. 316, 300041 Timișoara

Tel. /Fax 0256 495 210

email: *evb@umft.ro*

www.umft.ro/editura

Director General: Prof. univ. Dr. Sorin Ursoniu

Colecția: MANUALE

Coordonator colecție : Prof. univ. dr. Codruța Șoica

Prof. univ. dr. Daniel Lighezan

Referent științific: Prof. univ. dr. Codruța Șoica

© 2024

Toate drepturile asupra acestor ediții sunt rezervate.

Reproducerea parțială sau integrală a textului, pe orice suport, fără acordul scris al autorilor este interzisă și se va sancționa conform legilor în vigoare.

ISBN 978-606-786-392-5 Vol. 1
ISBN 978-606-786-394-9 GENERAL

Fizică Farmaceutică Partea I

CUPRINS

1. INTRODUCERE ÎN FIZICĂ.....	5
2. MECANICĂ	6
NOȚIUNI DE ISTORIA MECANICII	6
MĂRIMI FIZICE ȘI UNITĂȚI DE MĂSURĂ	9
MĂRIMI SCALARE ȘI MĂRIMI VECTORIALE	20
OPERAȚII CU VECTORI	20
CINEMATICA ȘI DINAMICA	27
3. STATICA.....	60
CALCUL VECTORAL.....	61
PÂRGHII	68
BALANTE	74
4. TEORIA OSCILAȚIILOR.....	78
INTRODUCERE	78
MIȘCARE OSCILATORIE ARMONICĂ.....	80
MIȘCAREA OSCILATORIE AMORTIZATĂ.....	82
MIȘCAREA OSCILATORIE FORȚATĂ	84
5. TEORIA UNDELOR.....	86
INTRODUCERE ÎN TEORIA UNDELOR.....	86
UNDE LONGITUDINALE	87
UNDE TRANSVERSALE	90
6.TERMODINAMICĂ.....	92
STAREA UNUI SISTEM TERMODINAMIC. MARIMI CARE CARACTERIZEAZA SISTEMUL TERMODINAMIC	92
PRINCIPIUL ZERO AL TERMODINAMICII.....	94
PRINCIPIUL I AL TERMODINAMICII	104
PRINCIPIUL II AL TERMODINAMICII.....	105
PRINCIPIUL III AL TERMODINAMICII	106
APLICAȚII ALE PRINCIPIULUI I AL TERMODINAMICII ÎN BIOFIZICĂ.....	107
APLICAȚII ALE PRINCIPIULUI II AL TERMODINAMICII ÎN BIOFIZICĂ	109
APLICAȚII ALE PRINCIPIULUI II AL TERMODINAMICII. CICLURILE TERMICE.....	129
7. FIZICA LICHIDELOR	139
PROPRIETĂȚI GENERALE ALE LICHIDELOR	139
MODELE LICHIDE	141
STATICA FLIDELOR.....	145
LEGEA LUI PASCAL	147

LEGEA LUI ARHIMEDE	148
LEGEA LUI BERNOULLI	152
VÂSCOZITATEA	155
APLICAȚII: HEMODINAMICA	159
MOLECULA DE APĂ	164
LICHIDE - PROPRIETĂȚI FIZICE ȘI CHIMICE	171
8.FIZICA MOLECULARA.FENOMENE DE TRANSPORT DE SUBSTANȚA ȘI TRANSPORT DE CĂLDURĂ	218
FENOMENE DE TRANSPORT DE SUBSTANȚA	218
DIFUZIA	219
APLICAREA DIFUZIEI ÎN CORPUL UMAN	223
OSMOZA	225
TRANSFER DE CĂLDURĂ PRIN CONDUȚIE, CONVECȚIE ȘI RADIAȚIE	232
9. PROPRIETĂȚI FIZICE ȘI CHIMICE ALE CELULEI, NUCLEULUI ȘI MEMBRANELOR CELULARE	236
CELULA	236
NUCLEUL	241
MEMBRANA CELULARA	244
MEDIATORII CHIMICI	269
<i>ACETILCOLINA</i>	269
<i>DOPAMINA</i>	271
<i>GABA</i>	272
<i>HISTAMINA</i>	273
<i>SEROTONINA</i>	275
10.MODELE DE ÎNTREBĂRI PENTRU EXAMEN	276
11.BIBLIOGRAFIE	281

1. INTRODUCERE ÎN FIZICĂ

Fizica (din greaca veche: physis φύσις „natura”) este un domeniu al științei care s-a dezvoltat din filozofie și a fost considerat filozofie naturală până la sfârșitul secolului al XIX-lea, termen care descrie un domeniu de studiu pentru „modul de funcționare al naturii”.

Astăzi, **fizica este definită în mod tradițional ca studiul materiei, energiei și relația dintre ele**. Fizica este într-un sens, cea mai veche și mai elementară știință pură. Descoperirea sa are aplicații în toate științele naturii, deoarece materia și energia sunt constituenții de bază ai lumii naturale. Alte științe sunt în general mai limitate în domeniul lor și pot fi considerate ca ramuri care se desprind de fizică pentru a deveni științe în sine.

Cu toate acestea, în zilele noastre fizica poate fi împărțită în fizică clasică și fizică modernă.

Fizica a devenit mai mult decât știința de bază care ne ajută să înțelegem universul și legile naturii. Fizica a devenit baza unei economii construite pe lasere de înaltă tehnologie, fibră optică, dispozitive semiconductoare, materiale avansate și multe alte inovații. Aceasta înseamnă că fizica ne oferă oportunitatea de a construi viitorul în același mod în care ne ajută să înțelegem lumea din jurul nostru.

Răspunsul la întrebări fundamentale din domenii atât de diverse precum medicina, știința materialelor, industria generală, afaceri sau politică se află în principiile și legile fizicii.

Obiectivul fundamental al fizicii este înțelegerea transformării materiei și energiei la toate nivelurile, de la originile universului conform teoriei Big Bang până la interiorul atomului.

În cercetările lor și încercările lor de a înțelege și explica toate acestea, fizicienii și fizica ne-au schimbat viața. Iată câteva dintre realizările secolului al XX-lea datorate la cercetarea lor științifică: electricitate, radio, televiziune și telefonie mobilă, călătorii pe Lună sau alte planete, tranzistorul și revoluția electronică, inclusiv rețelele de calculatoare și calculatoare. Primul computer digital este opera unui fizician, Howard Aiken. Web-ul (www) a cărui invenție se datorează nevoii fizicienilor de a comunica rapid într-o rețea de calculatoare, imagistica medicală, imagistica prin rezonanță magnetică, ultrasunete, tomografia cu emisie de pozitroni, endoscopie, descoperirea Big Bang-ului, găurile negre și expansiunea accelerată a Universului (<http://phys.ubbcluj.ro/>)

Fizica este arta de a înțelege lucrurile. De mii de ani oamenii s-au întrebat de ce strălucesc stelele, de ce piatra este tare sau aurul strălucește. Acum obținem răspunsurile.

Da Vinci a realizat un model preliminar al unui vârtej în apă curgătoare pe care acum îl putem explica, a schițat și mașini zburătoare fantastice pe care acum le putem construi.

Oamenii visau să poată comunica între continente, să atingă luna sau să privească în interiorul atomului. Acum toate aceste lucruri au devenit realitate.

Fizica ne învață să transformăm o problemă insolubilă într-una inteligibilă, să o rezolvăm și să comunicăm rezultatele în mod clar.

Un fizician experimentator este mai mult decât un om de știință, este inginer, electrician, chimist, maestru mecanic, instalator (chiar mai specializat în heliu lichid decât în apă), dulgher, expert programator, inventator, scriitor și gânditor.

2. MECANICĂ

NOȚIUNI DE ISTORIA MECANICII

Cunoștințele de mecanică există încă din antichitate, în special problemele de statică.

ARHIMEDE (287-212 î.Hr.) proiectează teoria pârgheii, teoria centrului de greutate (250 î.Hr.) pune bazele hidrostaticii, face multe invenții tehnice.

Dezvoltarea intensivă a mecanicii începe în epoca Renașterii:

LÉONARDO da VINCI (1452-1519) dă o teorie a mecanismelor, studiul legilor frecării, teoria planului înclinat, definește și aplică momentul unei forțe.

GALILEO GALILEI (1564-1642) este cel care a descoperit legea inerției, legea căderii corpurilor, legile pendulului etc.

CHRISTIAN HUYGENS (1629-1695) descoperă pendulul fizic, momentul de inerție, introduce conceptele de forță centrifugă, moment de inerție, centru de oscilație și pune bazele teoriei ondulatorii în „Traité de la lumière”.

ISAAC NEWTON (1643-1727) în celebra sa lucrare „*PHILOSOPHIAE NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA*” (1687) a publicat legile dinamicii și construcția mecanicii teoretice. El formulează, de asemenea, legea gravitației universale și o aplică mecanicii cerești.

Mecanica a fost dezvoltată de **LEONARD EULER** (1707-1783), **JEAN D'ALEMBERT** (1717-1783), **JOSEF LAGRANGE** (1730-1813), **WILLIAM HAMILTON** (1805-1865), etc.

Stabilitatea sistemelor dinamice a fost studiată de **H.POINCARÉ** (1854-1912) și **M.A. LIAPUNOV**. Dinamica corpurilor cu masă variabilă a fost dezvoltată de **I .V. MESCERSKI** (1859-1935) și **T. LEVI-CIVITA** (1873-1941).

În România, **ANGHEL SALIGNY**, **SPIRU HARET**, **ANDREI IOACHIMESCU**, **ION IONESCU**, **GH. EM. FILIPESCU**, **V. VALCOV**, **O. ONICESCU** au avut contribuții valoroase în acest domeniu

LIMITELE MECANICII

Conceptele neo-newtoniene au avut de multă vreme o influență puternică asupra întregii fizici.

Astfel s-a născut o concepție mecanicistă despre natură, conform căreia toate științele naturii trebuiau reduse la legi mecanice.

Acest punct de vedere a fost respins la sfârșitul secolului trecut, având în vedere imposibilitatea reducerii fenomenelor electromagnetice la mișcări mecanice.

A fost creată o imagine electromagnetică a lumii care explică toate fenomenele folosind teoriile din electromagnetism. De asemenea, această explicație nu este posibilă deoarece forțele nucleare nu pot fi reduse la forțe electromagnetice, astfel materia fiind infinită și nepuizabilă, nicio teorie nu poate fi universală și definitivă. Aplicarea mecanicii newtoniene clasice se limitează doar la organismele de dimensiuni obișnuite sau mari (macroscopice) și la viteze mici în comparație cu viteza luminii în vid ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$).

Pentru viteze mari apropiate de viteza luminii, mecanica relativistă a fost creată în 1905 de **ALBERT EINSTEIN** (1879-1955).

Pentru particulele de dimensiuni atomice, mecanica cuantică a lui **SCHRÖDINGER W. HEISENBERG**, **L. DE BROGLIE**, **P.A.M DIRAC** și alții a fost creată în 1925 .

SIMON STEVIN (1548-1620) a creat echilibrul pe planul înclinat și a notat descompunerea forțelor în componente (regula paralelogramului).

Fundamentul dinamicii (mișcarea însăși) se datorează lui **GALILEO GALILEI** (1564-1642) și dezvoltarea acesteia de către **CHRISTIAN HUYGENS**.

ISAAC NEWTON (1643-1727) l-a transformat într-un grad de perfecțiune, motiv pentru care se numește **DINAMICĂ NEWTONIANĂ** în cinstea sa.

Experimentele lui **GALILEO GALILEI** asupra căderii corpurilor au început la scurt timp după 1589, iar cartea lui Newton „*PHILOSOPHIAE NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA*” a apărut în 1687.

Deci, dinamica a fost creată de aproape un secol, rezultatul acestei realizări este cuprins în două principii: **produsul dintre masa și accelerația unui punct este egal cu forța exercitată asupra acestuia** (accelerația și forța sunt mărimi vectoriale orientate și principiul impune, printre altele, ca ambele să aibă aceeași direcție).

Acesta este **PRINCIPIUL FUNDAMENTAL AL DINAMICII**.

La aceasta se adaugă **PRINCIPIUL ACTIUNII SI REACTIUNII: fortele exercitate între doua mase sunt de marime egala si opusa**.

Sensul accelerației a devenit clar încă de pe vremea lui Galileo care a studiat cu mijloace primitive conceptul de viteză variabilă. Newton a creat împreună cu **GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ** (1646-1716) calculul infinitezimal, care ar putea facilita această lucrare.

Accelerația este modificarea vitezei în raport cu timpul, derivata vitezei în raport cu timpul și, prin urmare, derivata a doua în raport cu timpul a vectorului deplasare. Dacă suntem exacti în ceea ce privește măsurarea poziției și a timpului, explicația conceptelor de viteză și accelerație urmează firesc.

Primul principiu dă o ecuație diferențială de ordinul 2 pentru poziția punctului în funcție de timp, integrarea ecuației dă traiectoria și viteza cu care este parcursa.

Dacă nu apare nicio forță, $F = 0$ și mișcarea are loc cu o viteză constantă conform principiului inerției.

Teoria gravitației a lui Newton a fost înlocuită de teoria relativității lui Einstein în 1916.

Teoriile de mai sus sunt calitativ diferite de mecanică, dar o conțin ca caz special sau limitativ (principiul corespondenței).

Teoria echilibrului – **STATICA** – își are rădăcinile în antichitatea îndepărtată: pârghie, șurub, scripete, plan înclinat care a facilitat existența omului.

Noțiuni precum greutatea specifică, centrul de greutate au fost dezvoltate de greci. Statica a culminat cu principiul deplasărilor virtuale: este necesar să se calculeze pentru fiecare punct material produsul dintre forța și distanța pe care ar parcurge-o punctul său de aplicare dacă s-ar produce o mișcare în direcția forței.

Legea pârghiei este un caz special, iar **principiul lui Arhimede** este un alt caz special.

ROBERT KIRCHHOFF (1824-1887) în „Prelegeri de mecanică”, a afirmat că **LOUIS POISSON** (1777-1859) a dat formă definitivă mecanicii corpului rigid.

GASPARD-GUSTAVE CORIOLIS (1792-1843) a examinat influența rotației Pământului asupra proceselor care au loc acolo.

LOUIS AUGUSTIN CAUCHY (1789-1859) a dat în 1822 cea mai generală formulare matematică a noțiunilor de tensiune elastică și deformare. Cauchy și Hooke au dat forma definitivă mecanicii corpurilor deformabile.

WILLIAM ROWAN HAMILTON (1804-1865) a enunțat principiul minimei acțiuni.

GUSTAV CARL JACOBI (1804-1851) a creat metoda ecuației diferențiale Hamilton-Jacobi pentru sisteme cu mai multe corpuri.

LORD RAYLEIGH (1842-1919), **OSBORNE REYNOLDS** (1842-1912), **LUDWIG PRANDTL** (1875-1953) au dezvoltat dinamica lichidelor și gazelor ținând cont de frecare, în special pentru nevoile construcțiilor hidro și aeronautice.

Ceea ce contează este diferența dintre un flux ordonat „laminar” și un flux „turbulent”.

Cel mai important este principiul acțiunii minime al lui Hamilton, pe care **HELMHOLTZ HERMAN** (1829-1894) l-a extins în 1866 ca subiect principal al unei serii întregi de procese mecanice. **MAX PLANCK** (1858-1947) a văzut în acest principiu cea mai completă dintre legile naturii.

W.R. HAMILTON a scos în evidență că traiectoriile tuturor punctelor materiale care ies cu aceeași viteză din același punct creează o imagine „optic” mecanic.

Mecanica este știința mișcării; scopul său este de a descrie complet și în cel mai simplu mod mișcările care apar în natură.

În intervalul dintre timpul lui Galileo și cel al lui Newton au avut loc și alte axe de dezvoltare. **TORRICELLI EVANGELISTA** (1608-1647) a inventat barometrul cu mercur în 1644. **OTTO VON GUERICKE** (1602-1686) a construit mașina pneumatică și a explicat prin multe experimente impresionante *natura presiunii aerului*.

Pentru mecanica solidelor, un contemporan al lui PASCAL, **ROBERT HOOKE** (1635-1703) a descoperit în 1676 pe baza unor exemple simple *proporționalitatea deformației și a forței*.

BERNOULLI DANIEL (1700-1782) și **LEONNARD EULER** (1707-1783) au studiat sistemele de noi puncte materiale și s-au ocupat de corpuri rigide și hidrodinamică.

JEAN LE ROND D'ALEMBERT este autorul principiilor care înlocuiesc ecuațiile de mișcare (numite după el).

PIERRE SIMON DE LAPLACE (1749-1827) a scris „*Mecanica cerească*” în cinci volume în jurul anului 1800, care include mai mult decât promite titlul său, inclusiv o *teorie a undelor în lichide și a capilarității*.

MĂRIMI FIZICE ȘI UNITĂȚI DE MĂSURĂ

FENOMENUL FIZIC (proces sau transformare) este o succesiune de modificări într-un corp sau într-un sistem de corpuri care evoluează în timp, după o anumită lege.

Toate aceste modificări sunt supuse studiului fizicii și sunt evaluate prin observații calitative și cantitative.

MĂSURAREA este un proces prin care mărimea fizică în cauză este comparată cu o mărime definită de aceeași natură care a fost aleasă ca unitate de măsură. Această comparație (sau măsurare) se face folosind un instrument de măsurare.

Exemple de unități:

lungime: 1 metru (m)

timp: 1 secundă (s)

masa: 1 kilogram (kg)

Unele mărimi fizice sunt mărimi fundamentale, care sunt definite doar prin descrierea procesului de măsurare.

De exemplu, distanța este măsurată folosind o riglă, iar timpul este măsurat cu un cronometru/ceas. Alte mărimi fizice sunt mărimi derivate, care sunt definite prin diferite formule folosind mărimi fundamentale.

De exemplu, viteza este raportul dintre distanța parcursă de un corp într-un anumit interval de timp.

Au fost utilizate de-a lungul timpului diferite sisteme de unități – seturi de mărimi fizice fundamentale și unitățile de măsură corespunzătoare.

SISTEMUL INTERNAȚIONAL DE MĂSURI (SI) este considerat cel mai des folosit sistem, operează cu următoarele mărimi și unități fundamentale/de bază:

Nu	Mărimi fizice	Unitate	SI	CGS
1	Timp	secunda(e)	s	s
2	Distanță	metru (m)	m	cm
3	Masa	Kilogram (kg)	kg	g
4	Temperatura	Kelvin	K	K
5	Cantitate de substanță	Cârțiță	Cârțiță	Cârțiță
6	Intensitatea curentului electric	Amper	A	A
7	Intensitatea luminii	Lumânare	CD	CD

DEFINIȚIA UNITĂȚILOR FUNDAMENTALE DE MĂSURĂ

METRUL este unitatea de masura pentru lungime (m) fiind lungimea egală cu 1650763,73 lungimi de undă în vid ale radiației corespunzătoare tranziției dintre nivelele de energie $2p^{10}$ și $5d^5$ a atomului de cripton 86.

$\lambda = 605,78 \text{ nm}$ (galben)

Notă: Definiția metrului a fost adoptată de a 11^{-a} Conferință Generală de Măsură și Greutăți din 1960 prin a șasea rezoluție .

Din 2019, definiția METRULUI este următoarea: METRUL este lungimea drumului parcurs de lumină în vid în $1/299\,792\,458$ dintr-o secundă .

KILOGRAMUL este unitatea de masura pentru masă (kg) este masa prototipului internațional al kilogramului.

Termenul desemnează aceeași mărime ca o forță $G = m \cdot g$, unde g este accelerația gravitațională ; $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$

Notă: Definiția kilogramului a fost adoptată de prima și a treia Conferință Generală de Măsură și Greutăți din 1889 și, respectiv, 1901.

Kilogramul ca „prototip internațional” este păstrat la Biroul Internațional de Măsură și Greutăți din Sèvres, în condițiile definite de Conferința Generală de Măsură și Greutăți din 1889.

Din 2019: Kilogramul este definit prin fixarea valorii constantei lui Planck h la valoarea exactă de $6,62607015 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

($J = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$), date fiind definițiile de metru și secundă. Formula devine astfel $\text{kg} = h / (6,62607015 \times 10^{-34} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})$.

Alte definiții pentru kilogram :

(1793): kilogramul a fost definit ca fiind masa unui litru de apă pură aflată la punctul de înghețare

(1889): masa unui cilindru squat de $\sim 47 \text{ cm}^3$ din amestec de platinum-iridium ținut în Pavillon de Breteuil , France.

SECUNDA este unitatea de masura pentru timp (s) este durata a 9.192.631.770 de perioade ale radiației corespunzătoare tranziției dintre cele două niveluri hiperfine ale stării fundamentale a atomului de cesiu Cs³³.

Notă: A doua definiție a SECUNDEI a fost adoptată de a 13^{-a} Conferință de Măsură și Greutăți din 1967 în prima rezoluție .

Alte forme de definiție :

prima forma definiție: $1/86400$ dintr-o zi ,24 ore și 60 minute și 60 secunde

Din 1956: $1/31556925,9747$ din anul tropical 1900 începând cu Ianuarie de la ora 0 la 12 – denumit și timp efemer.

AMPERUL este unitatea de măsură pentru intensitatea curentului electric (A). Amperul este curentul electric care menținut constant în doi conductori paraleli, drepti, de lungime infinită și secțiune circulară, neglijabila plasăți sub vid la 1 m distanță unul de celălalt, care vor produce o forță de 1 N între acești conductori pe o lungime de 1 m.

Notă: Definiția amperului a fost adoptată de Conferința Greutăților și Măsurilor în 1948 prin rezoluția 2.
Din 2019: *Amperul este definit ca un curent de $1/(1,602176634 \times 10^{-19})$ sarcini elementare pe secundă.*

Alte definiții :

(1881): $1/10$ din unitatea electromagnetica CGS a curentului . Unitatea electromagnetica CGS a curentului este un arc cu lungimea de 1 cm și raza de 1 cm care creează în centrul sau un câmp de 1 oersted în centru

(1946): Amperul este intensitatea unui curent electric care, menținut în două conductoare paralele rectilinii cu lungimea infinită și cu secțiunea circulară, neglijabilă, așezate în vid, la distanța de 1 m unul de celălalt vor produce între aceste conductoare o forță de 2×10^{-7} N pe o lungime de 1 m.

CANDELA este – unitate pentru intensitatea luminoasă (Cd)

CANDELA este intensitatea luminoasă într-o direcție dată a unei surse care emite radiații monocromatice cu o frecvență de 540.10^{12} Hz și are intensitatea radiantă în această direcție $(1/683)(W/Sr)$.

Notă: Definiția candela a fost adoptată de a 16-a Conferință privind greutatea și măsurile din 1979.

Alte definiții:

(1946): Valoarea unei candelă (ulterior candela) este astfel încât Stralucirea unui radiator la temperatura de solidificare a platinei, și este de 60 de candelă pe secundă.

Valoarea noii lumânări (denumirea timpurie pentru candela) este astfel încât luminozitatea radiatorului complet la temperatura de solidificare a platinei este de 60 de lumânări noi pe centimetru pătrat.

(1979): Candela este intensitatea luminoasă într-o direcție dată a unei surse care emite o radiație monocromatică cu frecvența de 540.10^{12} Hz și a cărei intensitate energetică în această direcție este $1/683$ watt per steradian

KELVINUL - unitate termodinamică de măsurare a temperaturii (K)

Un KELVIN este fracția $1/273,16$ din temperatura termodinamică a punctului triplu al apei.

Notă: Definiția Kelvin a fost adoptată de cea de-a 13^{-a} Conferință privind greutatea și măsurile în 1967 în a patra rezoluție.

Aceeași unitate de măsură și același simbol sunt folosite pentru a evalua un interval de temperatură.

Din 2019: *Kelvinul este definit prin fixarea valorii numerice a constantei lui Boltzmann k la $1,380649 \times 10^{-23} J \cdot K^{-1}$, ($J = kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$), având în vedere definițiile kilogramului, metrului și secunde.*

Alte definiții:

(1743): scara centigrade este obținută prin setarea la $0^\circ C$ al punctului de îngheț al apei și la $100^\circ C$ al punctului de fierbere a apei.

(1954): punctul triplu al apei ($0,01^\circ C$) este definit la exact $273,16$ K

(1967): Un Kelvin este fracțiunea $1/273,16$ din temperatura termodinamică a punctului triplu al apei.

(2019): Kelvinul este definit prin fixarea constantei lui Boltzmann k la valoarea $1.380649 \times 10^{-23} J \cdot K^{-1}$, ($J = kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$), date fiind deja definițiile metrului , secunde și kilogramului

MOLUL – unitate pentru cantitatea de substanță (mol):

MOLUL este cantitatea de substanță dintr-un sistem care conține atâtea entități elementare câte atomi există în 0,012 kg de C^{12} .

De cate ori se utilizează molul, entitățile elementare trebuie specificate, acestea pot fi atomi, molecule, ioni, electroni, alte particule sau grupuri specificate de astfel de particule.

Notă: Definiția aluniței a fost adoptată de cea de-a 14^{-a} Conferință privind Greutăți și Măsuri în 1971

Din 2019 : Cantitatea de substanță (molul) este egală cu exact $6,02214076 \times 10^{23}$ de entități elementare. Aceasta este valoarea numerică fixă pentru constanta lui Avogadro N_A când este exprimată în unitatea mol^{-1} și se numește numărul lui Avogadro.

Alte definiții

(1900): Cantitatea stoichiometrică este egală cu masa în grame a numărului lui AVOGADRO de molecule de substanță

(1967): Molul este cantitatea de substanță a unui sistem care conține atâtea entități elementare câți atomi există în 0,012 Kg de ^{12}C ;

(2019): Cantitatea de substanță a exact $6.02214076 \times 10^{23}$ entități elementare . Acest număr fix reprezintă constanta lui Avogadro , N_A exprimată în unități de mol^{-1} , poartă numele de constanta lui Avogadro.

ISTORIA ȘI DEZVOLTAREA SISTEMULUI INTERNAȚIONAL DE UNITĂȚI (SI)

Prima încercare notabilă de a stabili unități universale (adică bazate pe fenomene fizice reproductibile) este, fără îndoială, a lui John Wilkins , un om de știință englez membru al Societății Regale, care în 1668 a definit o lungime, apoi un volum universal și, în sfârșit, o masă universală (aceea a cantității de apă de ploaie conținută într-un cub de latură egală cu lungimea universală).

Lungimea universală astfel definită este considerată egală cu 38 de inci prusaci (aproximativ 993,7 mm.), sau aproximativ cea a unui pendul simplu a cărui jumătate de perioadă de oscilații mici este de o secundă.

În jurul anului 1670, Gabriel Mouton, un religios din Lyon, a propus o unitate de lungime bazată pe măsurarea unui arc de meridian terestru. De asemenea, definește seria multiplilor și submultiplilor de unități pe baza sistemului zecimal.

În 1675, omul de știință italian Tito Livio Burattini a redenumit măsura universală a metrului John Wilkins și a luat-o drept definiție exactă pe cea a pendulului descris anterior (și nu mai mult de 38 de inci prusaci), atingând astfel o lungime de 993,9 mm . Cu toate acestea, această valoare depinde de accelerația gravitației și, prin urmare, variază ușor de la un loc la altul.

REVOLUȚIA FRANCEZĂ ȘI NAȘTEREA SISTEMULUI METRIC

În 1790, Adunarea Națională Constituantă a decis, la propunerea lui Talleyrand, el însuși sfătuit de Condorcet, să creeze un sistem de măsurare stabil, uniform și simplu, iar unitatea lui Burattini a fost adoptată pentru prima dată ca unitate de bază.

Dar, din moment ce lungimea pendulului care bate pe secundă nu este aceeași în funcție de locul în care vă aflați, din cauza diferenței de gravitație în funcție de distanța de la ecuator (vezi mai sus), este în cele din urmă zece milionatimi față de un sfert de meridian care a fost ales provizoriu în 1793. Doi oameni de știință au fost responsabili pentru efectuarea măsurătorilor geodezice necesare pentru măsurătorile geodezice și Dunkid, care măsoară distanța dintre Barcelona și Sevenkid .

Cu metrul se definesc unitățile de volum și masă: creându-se astfel sistemul zecimal metric , facilitând conversia unităților pentru că, de acum înainte, a trece de la o unitate la multiplii (și sub-multiplii) ei este suficient pentru a muta virgula. În același an, Convenția Națională prevede crearea standardelor pentru metru și mormânt (denumirea inițială a kilogramului). Definiția aleasă în acest fel a fost adoptată definitiv la 18 Germinal, An III (7 aprilie 1795) prin decret al Convenției Naționale Franceze. Acest sistem metric este apoi desemnat prin acronimul MKpS, pentru metru, kilogram-greutate, secundă.

Etalonele metrului, în platină, prescrise de decretele Convenției Naționale sunt depuse în Arhivele Naționale ale Franței la 4 Messidor, Anul VII (22 iunie 1799), care este uneori considerat actul fondator al sistemului metric .

Introdus prin legea din 13 Vendémiaire, An IV (23 septembrie 1795), sistemul metric a fost făcut obligatoriu în Franța cu ocazia celei de-a cincea aniversări prin decretul din 13 Brumaire, An IX (4 noiembrie 1800), folosirea oricărui alt sistem este interzisă. În memoriile sale despre Sfânta Elena, Napoleon, care a sprijinit odată expediția geodezică pentru a determina noua măsură, dar și-a dat seama de dificultatea aclimatizării la noi unități, a scris:

„Nevoia de uniformitate a greutăților și măsurilor a fost simțită de-a lungul secolelor; de mai multe ori statele-generale au subliniat acest lucru [...] Legea în această materie era atât de simplă încât putea fi întocmită în douăzeci și patru de ore [...] Era necesar să se facă comună în toate provinciile unitatea de greutate și măsură orașului Paris [...] Inspectorii, algebriștii, erau consultați asupra unei probleme care era numai de competența administrației. Ei credeau că unitatea de greutate și măsură trebuie dedusă dintr-o ordine firească, astfel încât să fie adoptată de toate națiunile [...] Din acel moment s-a decretat o nouă unitate de greutate și măsură care nu se potrivea cu reglementările din administrația publică, nici cu tabelele de dimensiuni ale tuturor artelor [...] Nu exista niciun avantaj în acest sistem extinzându-se la întreg universul; asta, de altfel, era imposibil: spiritul național al englezilor și al germanilor s-ar fi opus [...] Cu toate acestea, binele generațiilor prezente a fost sacrificat abstracțiilor și speranțelor deșarte [...] cu totul străin de folosit. a unității de greutate și măsură; au adaptat numerotarea zecimală [...] au suprimat toate numerele complexe. Nimic nu este mai contrar organizării minții, memoriei și imaginației [...] În cele din urmă, au folosit rădăcini grecești, ceea ce a crescut dificultățile; aceste mărturisiri, care puteau fi de folos cărturarilor, nu erau bune pentru oameni [...] Oamenii se luptă pentru fleacuri!!! »

EVOLUȚII ALE SISTEMULUI METRIC ÎN SECOLUL XIX

În 1832 Gauss a lucrat pentru a aplica sistemul metric ca sistem coerent de unități în științele fizice. Stabilește măsurători absolute ale câmpului magnetic al Pământului folosind un sistem de unități bazat pe centimetrul, gramul și unitățile secunde, numit uneori „sistemul Gaussian”.

În anii 1860, Maxwell și Thomson s-au implicat în Asociația Britanică pentru Avansarea Științei (BA), fondată în 1831, pentru a stabili un sistem de unități constând din unități de bază și unități derivate. Acest lucru a dus în 1874 la crearea „sistemului CGS” bazat pe unitățile de centimetru, gram și secundă.

În anii 1880 , BA și Congresul Internațional de Electricitate, precursorul Comisiei Electrotehnice Internaționale au convenit asupra unui sistem de unități practice, inclusiv ohmi, volți și amperi .

REVOLUȚIA FRANCEZĂ ȘI NAȘTEREA SISTEMULUI METRIC

Acesta este motivul pentru care, la 12 februarie 1812, Napoleon a emis un decret imperial de stabilire a unor noi unități pentru comerț cu o denumire compatibilă cu uzul antic, precum *ell*, *toise*, *bushel*, *pound*, dar cu noi valori fixate cu referire la sistemul metric și, mai ales, a permis fracții nezezimale pentru aceste noi unități.

După restaurarea franceză din 1814, Ludovic al XVIII-lea a confirmat inițial că dorește să urmărească instituirea sistemului metric, dar sub presiunea plângerilor, un decret ministerial din 21 februarie 1816 a ordonat suprimarea fracțiilor zecimale de greutate și măsuri și utilizarea exclusivă a măsurilor „obișnuite” pentru vânzarea cu amănuntul a produselor alimentare și a mărfurilor. Sistemul metric nu a fost însă abandonat în învățământ și încetul cu încetul oamenii și-au dat seama că este timpul să renunțe la facilitățile introduse prin decretul din 1812 și să se respecte unitățile legale stabilite prin decretul din 13 Brumaire, anul IX. Va fi supusă legii din 4 iulie 1837 semnată de Louis-Philippe care face obligatorie folosirea unităților de sistem metric în comerț și în viața civilă și juridică.

Încă din 1801, Republica Helvetică a dorit să introducă sistemul metric, dar legea nu a fost niciodată aplicată (până în 1877). Regatul Unit al Țărilor de Jos (care a unit apoi viitoarele țări Benelux) a fost primul care l-a readoptat în 1816 la instigarea suveranului său William I al Țărilor de Jos, cu paisprezece ani înainte de Revoluția Franceză din 1830, marcând reintroducerea acesteia în Franța. În Franța, legea din 4 iulie 1837 a făcut obligatorie utilizarea sistemului metric de la 1 ianuarie 1840.

În 1832, Gauss a lucrat pentru a aplica sistemul metric ca un sistem coerent de unități în științele fizice. Stabiliți măsurători absolute ale câmpului magnetic al Pământului folosind un sistem de unități bazat pe unități: centimetru, gram și secundă numit uneori „sistemul Gauss”.

În anii 1860, Maxwell și Thomson s-au implicat în Asociația Britanică pentru Avansarea Științei (BA), fondată în 1831, pentru a stabili un sistem de unități constând din unități de bază și unități derivate. Acest lucru a dus în 1874 la crearea „sistemului CGS” bazat pe unitățile de centimetru, gram și secundă. În anii 1880, BA și Congresul Internațional de Electricitate, precursorul Comisiei Electrotehnice Internaționale, au convenit asupra unui sistem de unități practice, inclusiv ohmi, volți și amperi.

Majoritatea țărilor din lume au făcut din sistemul internațional sistemul lor oficial de unități. În Asia de Est a fost la începutul secolului al XX-^{lea}. Această acțiune (trecerea oficială de la un sistem național de unități la sistemul metric) se numește metricare.

În plus, este legal să folosiți sistemul internațional de unități în toate țările lumii.

Din 2008, doar trei țări din lume nu au adoptat oficial sistemul internațional : Statele Unite, Liberia și Birmania .

Cu toate acestea, în Statele Unite, utilizarea sistemului metric devine din ce în ce mai răspândită printre oamenii de știință, medicină, guvern și mai multe sectoare ale industriei.

În Regatul Unit, utilizarea sistemului metric este obligatorie din 1897 ; dar în anumite domenii - comerț, sănătate publică, securitate, administrație, indicatoare rutiere și vânzarea de metale prețioase, echivalentul în unități imperiale este *tolerat*. Câmpurile (aviație, navigație etc.) în care sunt utilizate unități nemetrice în alte țări ar trebui, de asemenea, adăugate la această listă. Cu toate acestea, este important să facem diferența între obligația legală și toleranță - la fel ca în Franța, facem distincție între dreptul cutumiar, uz și textele legale.

Cele mai multe *unități de măsură nemetrice* sunt acum definite folosind unități SI. De exemplu, Institutul Național de Standarde și Tehnologie publică un tabel cu definițiile unităților de măsură din SUA bazate pe unitățile metrice.

ALTE UNITĂȚI DE MĂSURĂ

Unghiul plan - măsurat în radiani.

Radianul este unghiul plan având vârful în centrul unui cerc și delimitând pe circumferința cercului un arc a cărui lungime este egală cu raza cercului.

Definiția radianului a fost adoptată de Organizația Internațională pentru Standardizare (ISO) în Recomandarea R31, Partea 1.

Unghi solid - măsurat în steradiani.

Steradianul este unghiul solid având vârful unei sfere și care delimitează pe suprafața sferei o zonă egală cu aria unui pătrat a cărui latură este egală cu raza sferei.

Definiția steradianului a fost adoptată de Organizația Internațională pentru Standardizare (ISO) în Recomandarea R31, Partea 1.

Lungime standard

Prima lungime standard a fost o bară din aliaj de platină-iridiu numită metru standard în 1959 și este definită ca: 1 yard=0,9144m, 1 inch=2,54cm.

Sistemul CGS

CGS este un sistem de unități de măsură ale mărimilor fizice, unde unitățile de bază sunt:

lungime: 1 centimetru (cm)

timp: 1 secundă (s)

masa: 1 gram (g)

BAZĂ ȘI UTILIZARE

Sistemul CGS a fost propus de Asociația Britanică pentru Avansarea Științei în 1874. A fost folosit în știință până la mijlocul secolului al XX-^{lea}.

În 1946, Comitetul Internațional de Greutăți și Măsuri a aprobat sistemul MKSA (metru, kilogram, secundă, amperi).

În prezent, sistemul internațional de unități păstrează șapte unități de bază.

Sistemul CGS rămâne utilizat pe scară largă în chimie (mai ales în laborator) deoarece este mai de imaginat să existe cantități de reactivi de ordinul gramelor și centimetrii cubi decât de ordinul kilogramelor și metrii cubi.

Sistemul CGS este, de asemenea, utilizat pe scară largă în astronomie, unde fluxurile sunt adesea exprimate în erg/s/cm²/Hz sau chiar gravimetrie.

Unitati in CGS utilizate in mecanica

Marimea fizica	Unitate de masura	Simbol	valoare in SI
Lungime	Centimetru	1cm	10^{-2} m
Masa	Gram	1g	10^{-3} kg
Timp	Secunda	1s	1s
Acceleratie	Gal	$1 \text{ Gal} = 1 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-2}$	$10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Forta	Dyn	$1 \text{ dyn} = 1 \text{ g} \cdot \text{cm} \cdot \text{s}^{-2}$	10^{-5} N
Energie	Erg	$1 \text{ erg} = 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$	10^{-7} J
Putere	Erg/s	$1 \text{ erg/s} = 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-3}$	10^{-7} W
Presiune	Barye	$1 \text{ Ba} = 1 \text{ dyn/cm}^2 = 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$	10^{-1} Pa Unde $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$
Vascozitate	Poise	$1 \text{ P} = 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$	10^{-1} Pa.s
Inductie magnetica	Gauss	1G	0.1mT

Intervalele de timp	s (secunda)
vârsta pământului	$1.2 \cdot 10^{17}$
vârsta medie a unui bărbat	$2 \cdot 10^9$
Durata revoluției Pământului în jurul Soarelui (1 an)	$3.1 \cdot 10^7$
Durata de rotație a Pământului în jurul axei sale (într-o zi)	$8,6 \cdot 10^4$
Timpul de înjumătățire al neutronilor liberi	$7 \cdot 10^2$
Timp între două bătăi normale ale inimii	$8 \cdot 10^{-1}$
Perioada diapazonului care dă nota A	$2,3 \cdot 10^{-3}$
Perioada tipică de rotație a unei molecule tipice	$1 \cdot 10^{-12}$
Timpul de înjumătățire al pionilor neutri	$2,2 \cdot 10^{-16}$

Distanță	Unitate m (metri)
Distanța până la cel mai îndepărtat quasar	$6 \cdot 10^{25}$
Distanța până la cea mai apropiată nebuloasă (Nebuloasa Mării Andromeda)	$2 \cdot 10^{22}$
raza galaxiei noastre	$6 \cdot 10^{19}$
Distanța până la cea mai apropiată stea (Alpha Centauri)	$4,3 \cdot 10^{16}$
Raza de soare	$6,9 \cdot 10^8$
Raza pământului	$6,4 \cdot 10^6$
inaltimea unui om	$1,8 \cdot 10^0$
Grosimea unei cărți	$4 \cdot 10^{-2}$
Grosimea unei pagini de carte	$1 \cdot 10^{-4}$
Dimensiunea unui virus poliomielita	$1,2 \cdot 10^{-8}$
Raza unui atom de hidrogen,	$5 \cdot 10^{-11}$
Raza efectivă a unui proton	$1,2 \cdot 10^{-15}$

TRANSFORMAREA UNITĂȚILOR DE MĂSURĂ

Pentru Forță: $[F]_{SI} = 1N = 1 (kg.m)/s^2$

Pentru Forță: $[F]_{CGS} = 1dyn = 1 (g.cm)/s^2 = 1.(10^{-3} kg.10^{-2} m)/s^2 = 10^{-5} N$

Pentru energie: $[E]_{SI} = 1J = 1 Nm = 1 (kg.m^2)/s^2$

Pentru energie: $[E]_{CGS} = 1erg = 1(g.cm^2)/s^2 = 1.(10^{-3} kg.10^{-4} m)/s^2 = 10^{-7} J$

ALTE UNITATI

Unități pentru forță :

1 din = $10^{-5} N$

1 kgf = 9,81 N

Unități pentru masă :

1 liră (lb) = 453,5923 g = 0,4535923 kg

1 uncie (oz) = 28,35 g

Unități pentru energie

1 erg = $10^{-7} J$

1kcal= $4.186,10^3 J$

1 eV = $1.602.10^{-19} J$

1kWh= $3,6,10^6 J$

Unități pentru distanță

1 inch (inch) = 25,4 mm

1 yard (yard) = 0,9144 m

1 milă = 1609,344 m

1 milă marine = 1853,18 m

Unități pentru suprafață

1 ar=100 m²
1 ha= 10000 m²
1 acru = 4046,86 m²
1 în² = 645,2 mm²
1 m² = 0,9144 m²

Unități pentru volum

1 galon american = 3,785 L = 3785 m³
1 galon UK = 4,546 L = 4546 m³
1 baril de petrol al Statelor Unite = 158,98 l
1 oz (lichid) = 28,413 cm³ = 1,7339 in³

Unități pentru temperatură

Temperatura în grade Fahrenheit:

$$TF = (9/5) \cdot t^{\circ}C + 32$$

T = 5/9 (TF-32)+ 273,15 UNDE TF este temperatura în grade Fahrenheit

Temperatura în grade Réaumur: t = TK - 218,52

Alte Unități

1 g (SI) = 0,03527 uncii
1 feddan (Egipt) = 1,038 acri = 0,42 hectare
1 ardeb (Egipt) = 191.612 l
1 hamlah (Egipt) = 74.890 kg
1 drahmă (Turcia) = 3,207g
1 cupisco (Sicilia) = 22,1981 l
1 cuartillo (Mexic) = 0,547 l
1 CUARTERON (Spania) ulei = 0,151 l
1 dinero (spaniol) = 1.199 g
1 chittak (India) = 58.319 g
1 Bunce (Indonezia) = 46,344 g
1 bercocvici (Rusia) = 163,85 kg
1 pud (Rusia) = 16,381 kg
1 butoi de ciment (SUA) = 170.550 kg
baril de petrol (SUA) = 158,987 kg
1 fier de călcat (unitate de grosime a pielii) = 1/48 in = 0,539 mm
1 koku (Japonia) = 180,4857 dm³
1 Kivan (Japonia) = 3,75 kg

unitati de masura pentru forta

1 dyn = 10⁻⁵ N sau 1 kgf = 9,81 N

unitati de masura pentru lucru mecanic

1 erg = 10⁻⁷ J
1P (poise) = 1 dyn.s/cm²=0,1 Pa.s
1 st (stokes) = 1 cm²/s= 10⁻⁴m²/s
1 gauss= 1 Gs = 10⁻⁴ T
1 oersted = 1 Oe= (100/4 Pi).(A/m)

Prefixele multiplilor și submultiplilor unităților de măsură			
10^{-1}	deci	10^1	deca
10^{-2}	centi	10^2	hecto
10^{-3}	mili	10^3	kilogram
10^{-6}	micro	10^6	mega
10^{-9}	nano	10^9	giga
10^{-10} m	Å (Angstrom)	10^{10}	
10^{-12}	pico	10^{12}	tera
10^{-15}	femto	10^{15}	peta
10^{-18}	la	10^{18}	exa
10^{-24}	yocto	10^{21}	zetta
10^{-27}	ronto	10^{24}	yotta
10^{-30}	quecto	10^{27}	ronna
		10^{30}	quetta

MĂRIMI SCALARE ȘI MĂRIMI VECTORIALE

OPERAȚII CU VECTORI

MĂRIMILE FIZICE SUNT DE DOUA TIPURI:

- mărimi scalare
- mărimi vectoriale

Mărimile fizice scalare sunt caracterizate de valoare (care poate fi pozitiva sau negativa):

Exemple: timp, masă, volum, densitate, presiune, energie, putere .

Mărimile fizice vectoriale sunt caracterizate prin: modul, direcție și sens.



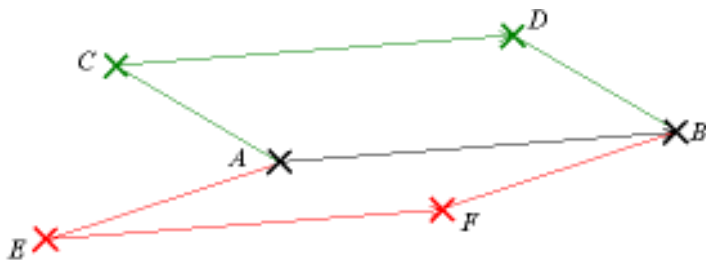
Exemple: viteza, accelerația, forța

Vectorii sunt indicați cu săgeata deasupra literelor normale: \vec{v}

Vectorul este reprezentat printr-o săgeată.

Direcția este determinată de dreapta suport.

Sensul este definit de vârful săgeții, poate fi la stânga sau la dreapta pe aceasta direcție.



Aveți grijă, totuși, să nu confundați sensul cu direcția.

Un VECTOR este reprezentat printr-un segment orientat (o săgeată) având ca puncte de un punct de început și un punct final.

Locația în plan sau spațiu nu contează, două deplasări a două puncte de origine distincte pot corespunde aceluiași vector, contează doar lungimea, direcția și sensul acestuia.

Prin urmare, este posibil să îl desenați liber în plan, paralel cu el însuși.

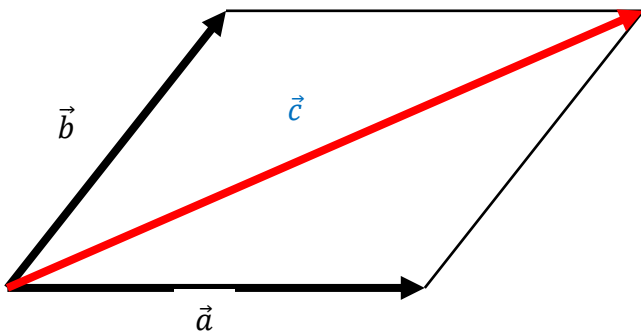
Dacă A și B sunt două puncte distincte, **vectorul are trei elemente caracteristice:**

direcția sa (linia (AB))

sensul său (există două sensuri posibile pentru linie (AB) : de la A la B sau de la B la A)

mărimea sa (sau lungimea sa, lungimea segmentului $[AB]$)

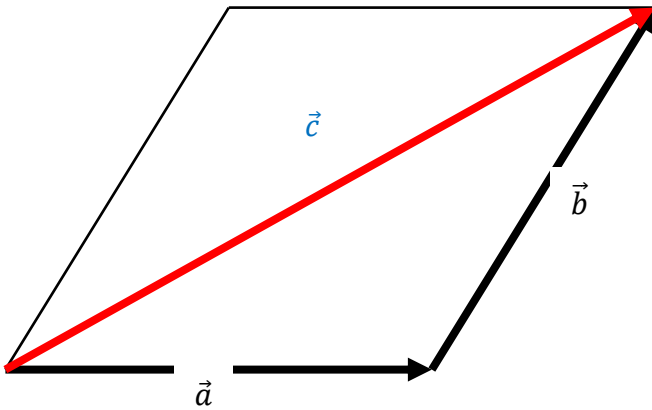
ADUNAREA (COMPUNEREA) VECTORILOR $\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$



Adunarea (compunerea) vectorilor se face după regula paralelogramului.

Suma a doi vectori este egală cu diagonala paralelogramului ale cărui laturi sunt cei doi vectori.

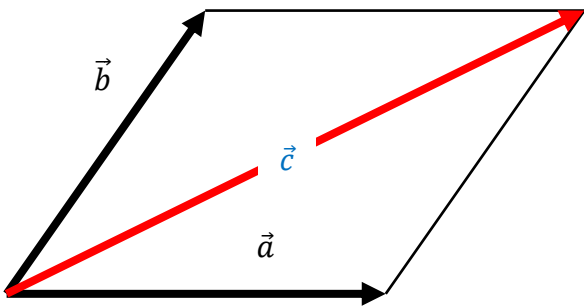
REGULA TRIUNGULUI DE ADUNARE A VECTORILOR:



Vectorii sunt poziționați astfel încât originea celui de-al doilea vector și varful primului vector să coincidă.

Suma vectorilor este egală cu vectorul care leagă originea primului de varful celui de-al doilea vector.

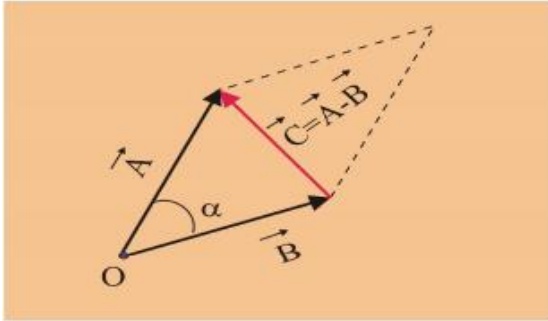
SCADEREA VECTORILOR



$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{c} \rightarrow \vec{b} = \vec{c} - \vec{a}$$

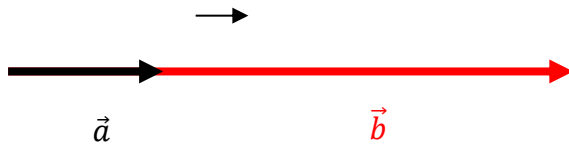
Adunarea (compunerea) vectorilor se face după regula paralelogramului:

Suma a doi vectori este egală cu diagonala paralelogramului ale cărui laturi sunt cei doi vectori



Diferența $\vec{C} = \vec{A} - \vec{B}$ dintre doi vectori \vec{A} și \vec{B} se definește cu ajutorul regulii paralelogramului, așa cum este indicat în figura de mai jos. În acest caz vectorul diferență C are direcția de-a lungul diagonalei mici a paralelogramului construit pe vectorii \vec{A} și \vec{B} , iar direcția este înspre vectorul A .
 Aplicând teorema lui Pitagora generalizată rezultă pentru modulul vectorului diferență expresia $\Rightarrow C^2 = A^2 + B^2 - 2 \cdot A \cdot B \cdot \cos \alpha$, Unde α este unghiul dintre cei doi vectori

MULTIPLICAREA UNUI VECTOR CU UN SCALAR ESTE OPERAȚIA DE MULTIPLICARE A VECTORULUI CU λ



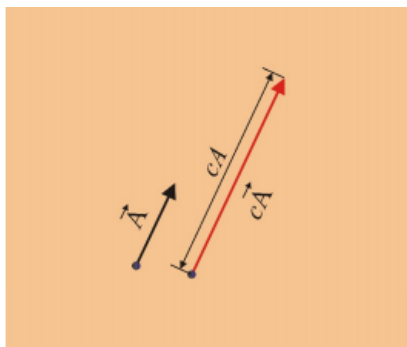
Dacă $\lambda > 0$ vectorul rezultat are același sens
 Dacă $\lambda < 0$ vectorul rezultat este opus

OPERATII DE INMULTIRE CU VECTORI

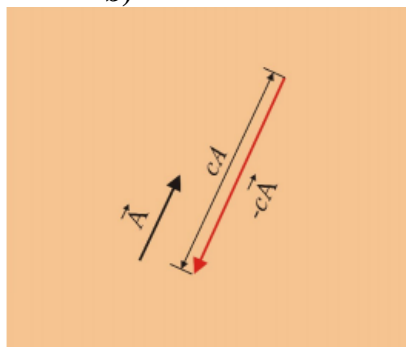
a) INMULTIREA CU UN SCALAR

Un vector poate fi înmulțit cu un număr real. Să considerăm un vector A și un număr real pozitiv, c . Multiplicarea vectorului A cu c se notează prin simbolul cA . Mărimea vectorului cA este egală cu cA , iar direcția și sensul sunt aceleași cu direcția și sensul vectorului A , fig (a). Dacă numărul c este negativ, vectorul $-cA$ are sens invers lui A , fig (b)

a)



b)



**B) PRODUSUL SCALAR -O NOUA OPERATIE DE INMULTIRE,
PRODUSUL SCALAR.**

acest tip de produs se utilizeaza pentru a defini marimi fizice scalare care sunt rezultatul inmultiri a doua marimi vectoriale. Exemplu cel mai comun este lucrul mecanic, care este produul dintre forta si deplasare, $L=F.d$. Prin definitie produsul scalar $A.B$ dintre vectorul A si B este un scalar a carui marime este data de relatia $\vec{A} \cdot \vec{B} = A \cdot B \cdot \cos\alpha$, unde α este unghiul dintre cei doi vectori

Produsul scalar al versorilor unitate

\bullet	\vec{i}	\vec{j}	\vec{k}
\vec{i}	1	0	0
\vec{j}	0	1	0
\vec{k}	0	0	1

c) PRODUSUL VECTORIAL

Produsul vectorial dintre doi vectori se simbolizeaza cu "x".

Prin definitie produsul vectorial este un vector C perpendicular pe planul format de vectorii A si B avand marimea:

$$|\vec{A} \times \vec{B}| = |\vec{A}| \cdot |\vec{B}| \cdot \sin\alpha$$

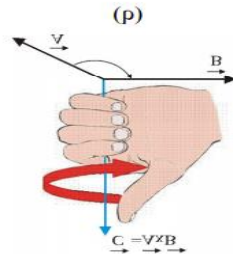
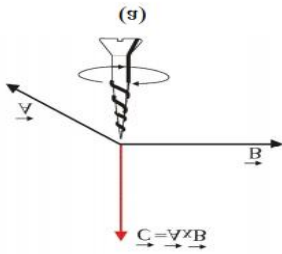
unde α este unghiul dintre vectorii A si B. Sensul vectorului C se determina cu ajutorul regulei surubului drept sau regula burghiului drept.

Conform acestei reguli sensul lui C se obtine rotind vectorul A , primul factor al produsului, cu unghiul cel mai mic spre vectorul B, iar sensul de inaintare al burghiului este chiar sensul vectorului C, asa cum se poate vedea in figura.

O alta modalitate prin care se poate stabili sensul vectorului C este regula mainii drepte. In acest caz indoim degetele mainii drepte in jurul directiei perpendiculare pe planul format de vectorii A si B cu degetele indreptate in directia in care se rotește vectorul A. Sensul vectorului $C=A \times B$ este dat degetul mare al mainii drepte, asa cum este aratat in figura . Este usor de observat ca regula mainii drepte deriva din regula surubului drept. Trebuie notat ca din cauza conventiei de sens vectorul $A \times B$ este opus vectorului $B \times A$

$$(\vec{A} \times \vec{B}) = -(\vec{B} \times \vec{A})$$

Produsul vectorial nu este comutativ.

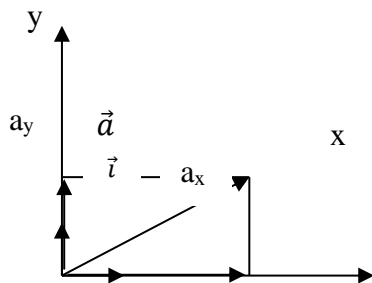


Regula burghiului drept (a) si regula mainii drepte (b).

Produsul vectorial ai versorilor axelor de coordonate

x	\vec{i}	\vec{j}	\vec{k}
\vec{i}	0	\vec{k}	$-\vec{j}$
\vec{j}	$-\vec{k}$	0	\vec{i}
\vec{k}	\vec{j}	$-\vec{i}$	0

DESCOMPUNERE VECTORIALĂ



Vectorii pot fi descompuși într-un plan în două componente. Un caz important este descompunerea conform direcțiilor unui sistem de axe de coordonate ortogonale (X, Y), numit sistem cartezian:

$$\vec{a} = a_x \cdot \vec{i} + a_y \cdot \vec{j}$$

Aici am definit vectorii unitari: \vec{i} și \vec{j} ca vectori în direcțiile x și y având dimensiunea 1.

Rezultă că un vector în plan este echivalent cu definiția unei perechi de mărimi scalare (a_x , a_y) numite componente ale

vectorului de-a lungul axelor Ox și Oy.



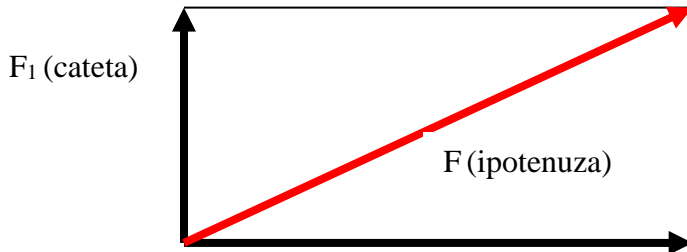
Leonard Euler (1707-1783)

Matematician născut în Elveția care a locuit la Sankt Petersburg (Rusia)

Vectorul dependent de timp poate fi considerat o funcție vectorială care depinde de un scalar (timp).

Exemplu: vectorul de poziție $r(t)$ este un vector cu origine fixă, a cărui extremitate se deplasează de-a lungul unei curbe numită traiectorie.

APLICAȚII: ADUNAREA VECTORILOR PERPENDICULARI

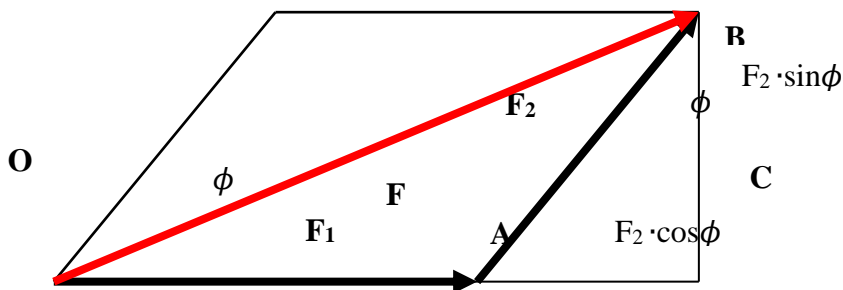


Valorile numerice ale celor doi vectori sunt $F_1=3$ și $F_2=4$

Conform teoremei lui Pitagora: Pătratul ipotenuzei este egal cu suma pătratelor celorlalte două laturi,

deci valoarea rezultantei este $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{9+16} = \sqrt{25} = 5$

Compunerea vectorilor în F_2 (châtetus) face prin asamblarea triunghiului de adunare vectorială OAB și a triunghiului dreptunghic ABC pentru a obține triunghiul dreptunghic OBC. Φ este unghiul dintre vectorii F_1 și F_2 .



Aplicând teorema lui Pitagora triunghiului OBC obținem

$$\begin{aligned}
 F^2 &= (F_1 + F_2 \cos \varphi)^2 + F_2^2 \sin^2 \varphi \\
 &= F_1^2 + 2F_1F_2 \cos \varphi + F_2^2 (\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi) \\
 &= F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \varphi
 \end{aligned}$$

CINEMATICA ȘI DINAMICA

CINEMATICA este o ramură a mecanicii care studiază mișcarea corpurilor, independent de masele lor și de cauzele care produc mișcarea. Din fr. Cinématique. Sursa: DEX '09 (2009)

DINAMICA este o ramură a mecanicii care studiază mișcarea corpurilor sub acțiunea diferitelor forțe. Din fr. Dynamique. Sursa: DEX '09 (2009)

ELEMENTE DE CINEMATICA

MIȘCAREA este în fizică, o schimbare a poziției unui obiect în raport cu timpul.

Există două domenii ale fizicii care se ocupă cu studiul mișcării:

DINAMICA - partea fizicii care studiază mișcarea și forțele mișcării, inclusiv cauzele acestora.

CINEMATICA - parte a fizicii care studiaza miscarea fara a lua in considerare cauzele fortelor care induc miscarea.

MISCĂRILE Fizice sunt definite de mai mulți parametri:

DEPLASAREA este diferența dintre pozițiile inițiale și cele finale ale unui corp deplasat.

TRAIECTORIA este calea urmată de un corp în mișcare, reprezentată de linia descrisă de centrul său de greutate.

Într-o mișcare rectilinie, traiectoria este o linie dreaptă.

Într-o mișcare curbilinie, traiectoria este o curba, poate fi și un cerc.

DISTANȚA (spațiul) este lungimea segmentului de traiectorie, segment definit de punctul initial și punctul final al mișcării corpului.

VITEZA este măsura schimbării poziției și direcției de mișcare a unui corp în funcție de timp.

ACCELERATIA este măsura schimbării poziției unui corp în funcție de timp.

Cinematica studiază legile generale ale mișcării corpurilor fără a lua în considerare cauzele acestor mișcări sau proprietăți particulare cum ar fi forma, dimensiunea, etc.

PUNCTUL MATERIAL este un corp fizic real a cărui dimensiune poate fi neglijată în raport cu alte dimensiuni implicate în această întrebare.

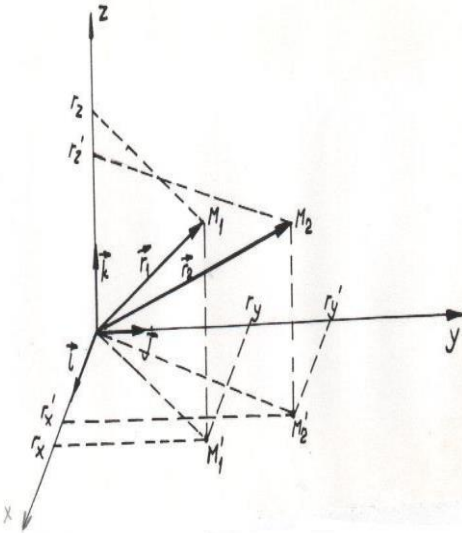
Orice tip de mișcare implică intervale spațiale parcurse în intervale de timp.

Studiul mișcării necesită măsurarea intervalelor spațiu-timp.

Măsurarea unui interval spațial se poate face numai în raport cu un anumit reper de referință numit și corp de referință.

În natură nu există mișcări absolute, ci doar mișcări relative.

SISTEMUL DE COORDONATE CARTEZIAN



Dacă punctul M este reprezentat într-un sistem de coordonate carteziene $Oxyz$ prin vectorul de poziție.

Fiecare axă de coordonate corespunde unui versor sau vector unitar. Versorii sunt amplasați în direcția axelor și au proprietatea: $|\vec{i}| = |\vec{j}| = |\vec{k}| = 1$

Expresia analitică pentru vectorul de poziție al punctului M_1 : $\vec{r}_1 = r_x \cdot \vec{i} + r_y \cdot \vec{j} + r_z \cdot \vec{k}$

Deoarece coordonatele r_x, r_y, r_z pot depinde de timp, este posibil să scriem următoarele

ECUAȚII PARAMETRICE:

$$\begin{aligned} r_x = r_x(t) & \quad x = x(t) \\ r_y = r_y(t) & \quad \text{sau} \quad y = y(t) \\ r_z = r_z(t) & \quad z = z(t) \end{aligned}$$

Prin eliminarea timpului din ecuațiile parametrice putem obține

ECUAȚIA TRAIECTORIEI: $z = z(x, y)$

VITEZA

Viteza punctului material din sistemul de coordonate carteziene este exprimată prin următoarea definiție:

Viteza este variația coordonatelor în timp.

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

$$\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k}$$

$$\vec{v} = \dot{r}_x \vec{i} + \dot{r}_y \vec{j} + \dot{r}_z \vec{k}$$

Unitatea de masura pentru viteza este :

$$[v]_{SI} = \text{m/s unde } [v] = \text{km/h} = 1000\text{m}/3600\text{s}$$

ACCELERATIA punctului material din sistemul de coordonate carteziene se exprimă prin definiție astfel:

ACCELERATIA este schimbarea vitezei în timp.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$$

$$\vec{a} = a_x \cdot \vec{i} + a_y \cdot \vec{j} + a_z \cdot \vec{k}$$

$$\vec{a} = \dot{v}_x \cdot \vec{i} + \dot{v}_y \cdot \vec{j} + \dot{v}_z \cdot \vec{k}$$

$$\vec{a} = \ddot{r}_x \cdot \vec{i} + \ddot{r}_y \cdot \vec{j} + \ddot{r}_z \cdot \vec{k}$$

Unitatea de masura pentru viteza este :

$$[a]_{SI} = m/s^2, [v]_{SI} = m \cdot s^{-1}$$

FORȚA este produsul dintre masă și accelerație .

Forța exercitată asupra punctului material este o forță newtoniană.

Cunoscând masa m a punctului material și aplicând principiul fundamental (principiul 2 al mecanicii),

vom avea următoarele relații: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

$$\vec{F} = m \cdot a_x \cdot \vec{i} + m \cdot a_y \cdot \vec{j} + m \cdot a_z \cdot \vec{k}$$

$$F_x = m \cdot a_x$$

$$F_y = m \cdot a_y$$

$$F_z = m \cdot a_z$$

CONCLUZIE:

Cunoscând vectorul de poziție al unui punct material și, inevitabil, ecuațiile parametrice și ecuația traiectoriei, se pot determina viteza, accelerația și tipul de forță care acționează asupra acestuia.

SISTEMUL DE COORDONATE CARTESIAN. METODA INVERSA

Cunoscând tipul de forță care acționează asupra punctului material, este posibil să se determine ecuația traseului pe care acesta se deplasează.

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}; \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Din definiția accelerației :

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$d\vec{v} = \vec{a} \cdot dt$$

dacă separăm variabilele avem : $d\vec{v} = \vec{a} \cdot dt$

și se integrează folosind condițiile inițiale.

se poate observa ce se întâmplă la t_0 și t , la v_0 și v

După ce faceți o adăugare pentru toți termenii, se obțin următoarele relații:

$$\int_{v_0}^v d\vec{v} = \int_{t_0}^t \vec{a} \cdot dt \Rightarrow \vec{v} - v_0 = \int_{t_0}^t \vec{a} \cdot dt$$

Legea vitezei are următoarea formulă: $\vec{v} = v_0 + \int_{t_0}^t \vec{a} \cdot dt$

Din definiția vitezei $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$

dacă separăm variabilele $d\vec{r} = \vec{v} \cdot dt$

și integram coordonatele din stânga și timpul din membrul drept folosind condițiile inițiale:

$$\int_{\vec{r}_0}^{\vec{r}} d\vec{r} = \int_{t_0}^t \vec{v} \cdot dt \Rightarrow \vec{r} - \vec{r}_0 = \int_{t_0}^t \vec{v} \cdot dt$$

LEGEA MIȘCĂRII $\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \int_{t_0}^t \vec{v} \cdot dt$ și

$$x(t) = x_0 + \int_{t_0}^t v_x \cdot dt$$

$$y(t) = y_0 + \int_{t_0}^t v_y \cdot dt$$

$$z(t) = z_0 + \int_{t_0}^t v_z \cdot dt$$

Când eliminăm timpul din ecuațiile parametrice, obținem ecuația traiectoriei: $z = z(x, y)$

Vectorul de poziție $\vec{r} = x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j} + z \cdot \vec{k}$

APLICATII

Fiecare molecula de medicament are inregistrata in baza de date de la Cambridge pozitia tuturor atomilor in molecula.

De ex molecula de vitamina C : $C_6H_8O_6$

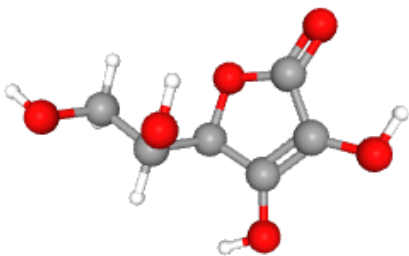
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/ascorbic-acid#section=2d-structure>

In figura urmatoare se poate vedea cu pe primele 3 coloane in fisierul cif corespunzator sunt pozitia fiecarui atom de C,H,O din molecula de vitamina C.

54670067

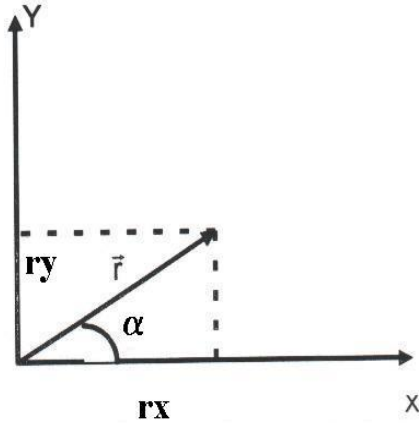
-OEChem-10102309173D

```
20 20 0      1 0 0      0 0 0999 V2000
 0.0932  -1.1066   0.6445 O   0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
-1.3436   0.0892  -1.3863 O   0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0.8392   2.3901   0.2844 O   0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
-3.8929  -0.2040  -0.3326 O   0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 3.0220   0.5695  -0.6056 O   0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 1.9915  -2.1560  -0.1376 O   0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
-0.3397   0.2618   0.7853 C   0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
-1.6059   0.4585  -0.0330 C   0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0.8212   1.0265   0.2887 C   0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
-2.7464  -0.4082   0.4863 C   0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 1.8077   0.2273  -0.1049 C   0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 1.3536  -1.1481   0.1108 C   0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
-0.5154   0.4609   1.8484 H   0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
-1.9162   1.5092  -0.0432 H   0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
-2.4989  -1.4735   0.4351 H   0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
-3.0013  -0.1462   1.5179 H   0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
-1.0999  -0.8522  -1.3986 H   0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0.0039   2.6957   0.6780 H   0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
-4.6023  -0.7644   0.0257 H   0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 3.5024  -0.2572  -0.7856 H   0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```



SISTEMUL DE COORDONATE POLARE ÎN PLAN

În sistemul de coordonate polare xOy se consideră punctul material M, caracterizat prin ecuațiile parametrice: $\alpha = \alpha(t)$, $r = r(t)$



$r = r(\alpha)$ - Ecuația traiectoriei

Relația dintre sistemul de coordonate carteziene și sistemul de coordonate polar este:

$$x = r \cdot \cos \alpha$$

$$y = r \cdot \sin \alpha$$

$$\vec{r} = x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j}$$

$$\vec{r} = r \cdot \cos \alpha \cdot \vec{i} + r \cdot \sin \alpha \cdot \vec{j}$$

Vectorul de poziție are următoarea formă:

$$\vec{r} = r \cdot \cos \alpha \cdot \vec{i} + r \cdot \sin \alpha \cdot \vec{j}$$

VECTORUL RADIAL: $\vec{i} \cdot \cos \alpha + \vec{j} \cdot \sin \alpha = \vec{\rho}$

VECTORUL TANGENTIAL: $-\vec{i} \cdot \sin \alpha + \vec{j} \cdot \cos \alpha = \vec{n}$

VITEZĂ

Prin definiție, viteza este egală cu: $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}}$

cu vectorul de poziție: $\vec{r} = r \cdot \cos \alpha \cdot \vec{i} + r \cdot \sin \alpha \cdot \vec{j}$

și vectorul viteză: $\vec{v} = \dot{\vec{r}} = \dot{r} \cdot \cos \alpha \cdot \vec{i} - r \cdot \dot{\alpha} \cdot \sin \alpha \cdot \vec{i} + \dot{r} \cdot \sin \alpha \cdot \vec{j} + r \cdot \dot{\alpha} \cdot \cos \alpha \cdot \vec{j}$

$$\vec{v} = \dot{r} \cdot (\vec{i} \cdot \cos \alpha + \vec{j} \cdot \sin \alpha) + r \cdot \dot{\alpha} \cdot (-\vec{i} \cdot \sin \alpha + \vec{j} \cdot \cos \alpha)$$

VITEZA în SISTEMUL DE COORDONATE POLARE IN PLAN este: $\vec{v} = \dot{r} \cdot \vec{\rho} + r \cdot \dot{\alpha} \cdot \vec{n}$

Componenta radială a vitezei $\dot{r} = v_r$

Componenta tangențială a vitezei $r \cdot \dot{\alpha} = v_t$

Atunci vectorul viteză este: $\vec{v} = v_r \cdot \vec{\rho} + v_t \cdot \vec{n}$

Notatii:

Coordonată liniară – r
 coordonata unghiulara – α

viteza liniara: $\dot{r} = \frac{dr}{dt}$

Este variația coordonatei în timp

viteza unghiulara : $\dot{\alpha} = \frac{d\alpha}{dt}$

Este unghiul care variaza în timp

Accelerație liniară $\ddot{r} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}$

Este variația de ordinul 2 a distanței în timp

Accelerația unghiulară $\ddot{\alpha} = \frac{d^2 \alpha}{dt^2}$

Este variația de ordinul 2 a unghiului în timp

Accelerația este variația de ordinul întâi a vitezei în timp $\vec{a} = \dot{\vec{v}}$

Se fac următoarele calcule: $\vec{v} = \dot{\vec{r}} = \dot{r} \cdot \cos \alpha \cdot \vec{i} - r \cdot \dot{\alpha} \cdot \sin \alpha \cdot \vec{i} + \dot{r} \cdot \sin \alpha \cdot \vec{j} + r \cdot \dot{\alpha} \cdot \cos \alpha \cdot \vec{j}$

$$\vec{a} = \dot{\vec{v}} = \ddot{r} \cdot \cos \alpha \cdot \vec{i} - \dot{r} \cdot \dot{\alpha} \cdot \sin \alpha \cdot \vec{i} - \dot{r} \cdot \dot{\alpha} \cdot \sin \alpha \cdot \vec{i} - r \cdot \ddot{\alpha} \cdot \sin \alpha \cdot \vec{i} - r \cdot \dot{\alpha}^2 \cdot \cos \alpha \cdot \vec{i} +$$

$$+ \ddot{r} \cdot \sin \alpha \cdot \vec{j} + \dot{r} \cdot \dot{\alpha} \cdot \cos \alpha \cdot \vec{j} + \dot{r} \cdot \dot{\alpha} \cdot \cos \alpha \cdot \vec{j} + r \cdot \ddot{\alpha} \cdot \cos \alpha \cdot \vec{j} - r \cdot \dot{\alpha}^2 \cdot \sin \alpha \cdot \vec{j}$$

După efectuarea calculelor anterioare obținem forma finală a **accelerației**:

$$\vec{a} = \left(\ddot{r} - r \cdot \dot{\alpha}^2 \right) \cdot \vec{\rho} + \left(2 \cdot \dot{r} \cdot \dot{\alpha} + r \cdot \ddot{\alpha} \right) \cdot \vec{n}$$

Unde avem următoarele componente:

VERSORUL RADIAL: $\vec{\rho} = \dot{i} \cdot \cos \alpha + \dot{j} \cdot \sin \alpha$

VERSORUL TANGENTIAL : $\vec{n} = -\dot{i} \cdot \sin \alpha + \dot{j} \cdot \cos \alpha$

Componenta radială a accelerației : $2 \cdot \dot{r} \cdot \dot{\alpha} + r \cdot \ddot{\alpha} = a_n$

Componenta tangentiala a accelerației : $\ddot{r} - r \cdot \dot{\alpha}^2 = a_r$

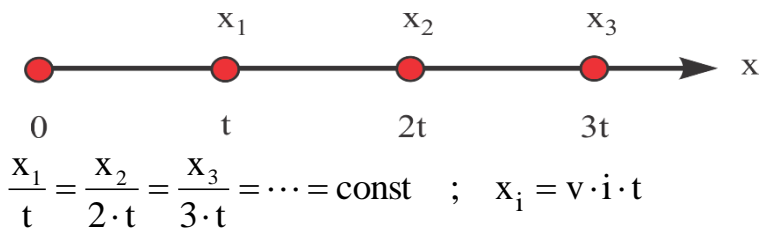
Vectorul de accelerație : $\vec{a} = a_r \cdot \vec{\rho} + a_n \cdot \vec{n}$

Modulul de accelerare : $a = \sqrt{a_r^2 + a_n^2}$

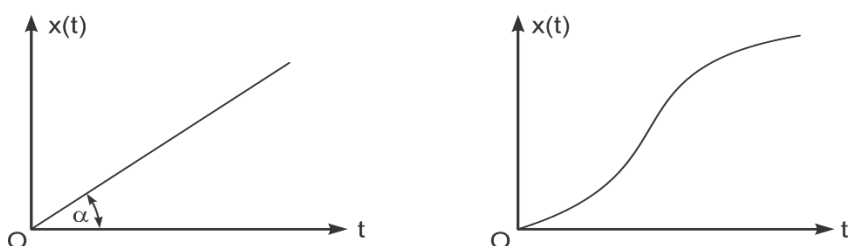
Dacă punctul material are masa m, atunci forța exercitată asupra punctului de masă are expresia: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ or $\vec{F} = m \cdot (a_r \cdot \vec{\rho} + a_n \cdot \vec{n})$

TIPURI DE MIȘCARE

MIȘCAREA LINEARĂ UNIFORMĂ



MIȘCARE LINEARĂ NEUNIFORMĂ

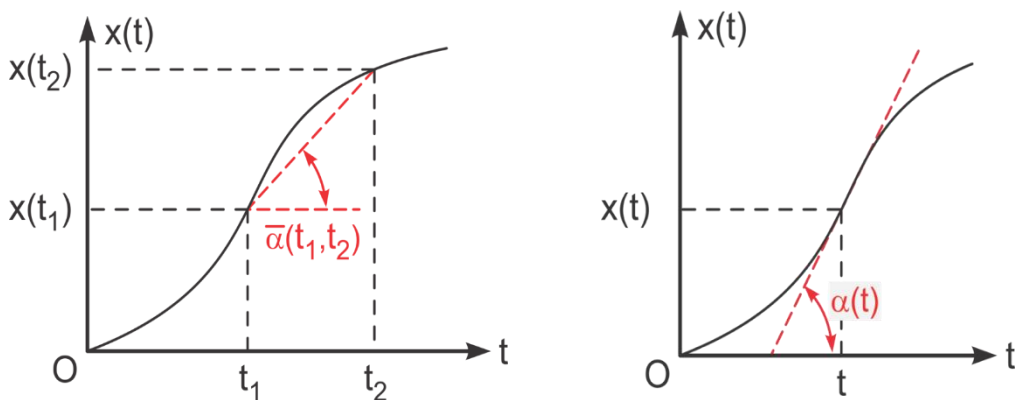


Deplasarea $x(t)$ este o funcție de timp, iar viteza (v) nu depinde de timp.

$$v = \frac{dx(t)}{dt} = \frac{x(t)}{t} = \text{const}$$

Deplasarea $x(t)$ și viteza $v(t)$ sunt funcții de timp: $v = \frac{dx(t)}{dt}$

Viteza medie. Viteza instantanee



Viteza medie $x(t_1, t_2)$ în intervalul de timp (t_1, t_2) .

$$\bar{v}(t_1, t_2) = \frac{x(t_2) - x(t_1)}{t_2 - t_1}$$

Distanța (Δx) parcursă în intervalul de timp Δt :

$$\Delta x = \bar{v}(t_1, t_2) \cdot \Delta t$$

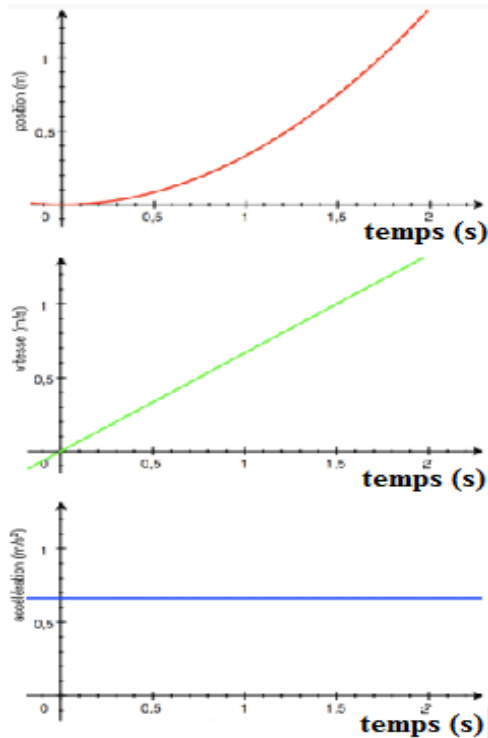
Viteza instantanee $v(t)$ la momentul t este dată de formula: $v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = \dot{x}(t)$

Distanța parcursă $\Delta x(t_1, t_2)$, la intervalul de timp $\Delta t = t_2 - t_1$

$$\Delta x(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} v(t) \cdot dt$$

MIȘCARE LINEARĂ NEUNIFORMĂ CU VITEZĂ VARIABILĂ (ACELERAȚIE NEZERO)

Modificarea vitezei pe unitatea de timp se numește accelerație. ACCELERAREA este derivata vitezei în raport cu timpul.



$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = \frac{d^2x(t)}{dt^2}$$

$$a(t) = \dot{v}(t) = \ddot{x}(t)$$

Mișcare uniform accelerată: $a > 0$

Mișcare uniform decelerată: $a < 0$

$$\langle a \rangle_{SI} = \text{m/s}^2$$

Dacă mișcarea este rectilinie și accelerată, accelerația este constantă în timp și avem o mișcare rectilinie uniform variată ($a = \text{const}$).

$$a = \text{const}$$

$$v(t) = v(t_0) + a \cdot t - \text{velocity law}$$

$$x(t) = x(t_0) + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 - \text{displacement law}$$

Prin combinarea celor două relații s-a obținut

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot d \text{ relația Galileo}$$

În cinematică, o **MIȘCARE RECTILINIE UNIFORM ACCELERATA** este o mișcare a cărei accelerație este constantă.

Uneori sunt folosite abrevieri

ECUAȚII DE MIȘCARE

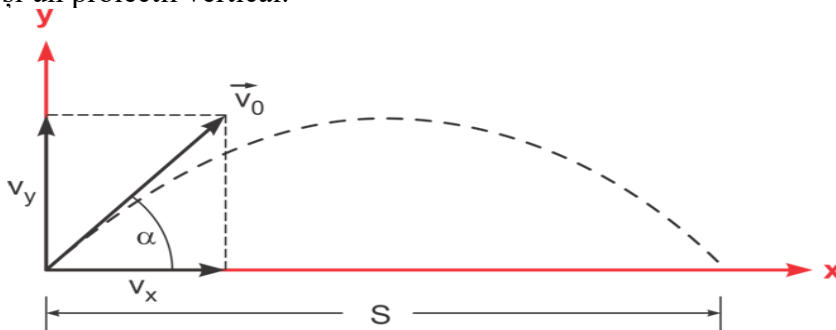
Să presupunem că mișcarea este de-a lungul *axe* x .

$$\begin{cases} a(t) = \ddot{x} = \text{constante} \\ v(t) = \dot{x} = v_0 + at \\ x(t) = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2. \end{cases}$$

Din aceste formule se poate deduce relația dintre accelerație, variația vitezei și distanța parcursă (xx_0)
 $v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$

ARUNCAREA SUB UNGHI α A UNUI PUNCT DE MATERIAL ÎN CÂMPUL GRAVITAȚIONAL

Aceasta este compusă dintr-o mișcare orizontală rectilinie și uniformă și un proiectil vertical.



La fiecare moment t , coordonatele $x(t)$ și $y(t)$ ale punctului material sunt exprimate după cum urmează:
 $x(t) = t \cdot v_0 \cdot \cos \alpha$

$$y(t) = t \cdot v_0 \cdot \sin \alpha - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

Eliminând t din cele două ecuații obținem:

$$y = \frac{v_0^2 \cdot x \cdot 2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha - g \cdot x^2}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}$$

$$\text{if } y \rightarrow 0, \text{ then } x \rightarrow \left\{ \begin{matrix} 0 \\ S \end{matrix} \right\} \Rightarrow S = \frac{v_0^2 \cdot \sin(2 \cdot \alpha)}{g}$$

În câmpul gravitațional la astfel de distanțe toate corpurile au aceeași accelerație.

Această concluzie este rezultatul a numeroase date experimentale ale lui Galileo Galilei (1564-1642).

Dacă timpul t este egal cu 0, vectorul punct material este r și viteza sa inițială v este:

$$C1 = v_0, C2 = r_0,$$

Prin urmare

$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t - \frac{gt^2}{2} \vec{j}$$

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 - g t \vec{j}$$

Legile mișcării pe axele Ox și Oy :

$$x(t) = x_0 + v_0 t \cos \alpha$$

$$y(t) = y_0 + v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$$

$$v_x(t) = v_x = v_0 \cos \alpha$$

Timpul după care corpul atinge o înălțime maximă

ARUNCAREA PE VERTICALĂ

Pentru următorul caz : $x=0$ și $\alpha = \pi/2$

$$y(t) = y_0 + v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$$

□

$$v_x = v_0 - gt = 0$$

$$t_0 = \frac{v_0}{g} \text{ timpul după care corpul ajunge la înălțimea maximă}$$

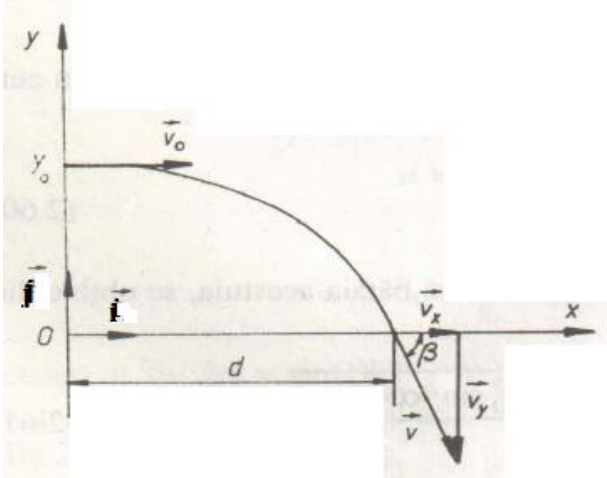
$$y_{\max} = y_0 + v_0 t_0 - \frac{gt_0^2}{2} = y_0 + \frac{v_0^2}{2g} - \text{înălțimea maximă}$$

ARUNCAREA PE ORIZONTALĂ CU VITEZA v_0 DE LA ÎNĂLȚIMEA H

Caz pentru care $x=0$ și $\alpha=0$

$$x(t) = v_0 t$$

$$y(t) = y_0 + \frac{gt^2}{2}$$



Timp după care punctul material atinge solul :

$$y_0 = \frac{gt^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot y_0}{g}}$$

Distanța parcursă orizontal de la punctul material:

$$d = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2y_0}{g}}$$

COMPONENTE VITEZEI CÂND PUNCTUL MATERIAL AJUNGE LA SUPRAFAȚA PĂMÂNTULUI

$$v_x = v_0$$

$$v_y = -gt = -g \sqrt{\frac{2y_0}{g}} = -\sqrt{2gy_0}$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + 2gy_0}$$

MISCAREA RECTILINIE UNIFORM VARIATA

Variatia in unitatea de timp a vitezei la un moment dat = acceleratia in momentul respectiv

Derivata in raport cu timpul a vitezei = acceleratia (a)

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = \frac{d^2x(t)}{dt^2}$$

$$a(t) = \dot{v}(t) = \ddot{x}(t)$$

Miscare uniform accelerata: $a > 0$

Miscare uniform incetinita: $a < 0$

$$\langle a \rangle_{SI} = \text{m/s}^2$$

Daca miscarea este rectiline si acceleratia este constanta in timp, miscare este rectilinie si uniform variata ($a = \text{const}$).

$$a = \text{const}$$

$$v(t) = v(t_0) + a \cdot t$$

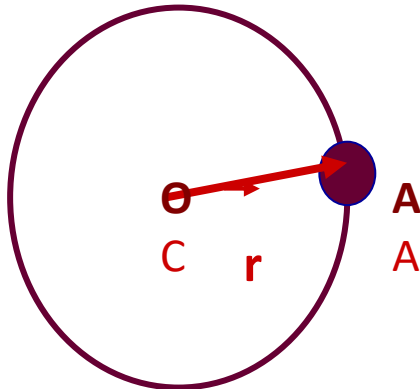
$$x(t) = x(t_0) + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

Combinand ultimele doua relatii se obtine relatia Galilei $v(t)^2 = v(t_0)^2 + 2 \cdot a \cdot t$

MIȘCAREA CIRCULARĂ UNIFORMĂ

Este mișcarea punctului material pe un cerc când viteza sa are un modul constant.
Punctul material descrie arce egale în intervale de timp egale.

MARIMI FIZICE CARACTERISTICE

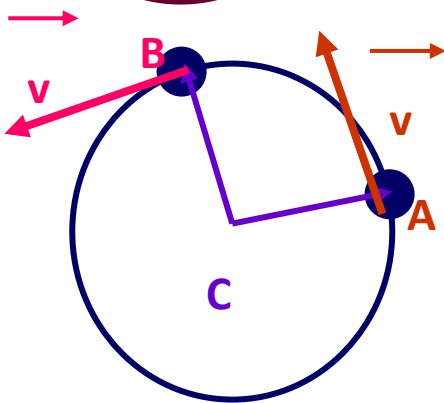


Vectorul rază (r) - vectorul de poziție al punctului material desenat din centrul cercului spre exterior

Perioada (T) - timpul în care punctul material parcurge întreaga lungime a cercului.

Frecvență (ν) - numărul de rotații complete efectuate de punctul material pe unitatea de timp: $\nu = \frac{1}{T}$

$$[\nu]_{SI} = \frac{1}{s} \left(\frac{rot}{s} \right)$$



Viteza liniară (v) - viteza punctului material de pe traiectorie având modulul egal cu lungimea arcului circular parcurs pe

unitatea de timp: $v = \frac{AB}{\Delta t}$

Viteza unghiulară (ω) - acesta este unghiul central descris de vector pe unitatea de timp: $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ iar unitatea este:

$$[\omega]_{SI} = \frac{rad}{s}$$

Accelerație normală (centripetă) - aceasta este variația vitezei punctului material pe unitatea de timp:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$$

$$a = -\omega^2 r$$

Legea mișcării circulare uniforme: $\theta = \theta_0 + \omega(t - t_0)$

Relația dintre viteza unghiulară (ω), perioada (T), frecvența (ν): $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$

Relația dintre viteza liniară (v) și viteza unghiulară (ω): $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$

și valoarea sau modulul vectorului: $v = \omega r$

Forța centripetă este forța care se exercită asupra punctului material și determină o mișcare circulară uniformă.

Forța centripetă poate fi forța gravitațională exercitată asupra Pământului de către Soare sau forța exercitată de Pământ asupra Lunii.

$$F = m\omega^2 r = m \frac{v^2}{r}$$

Sau $F = -m\omega^2 r$

Forța de frecare aplicată anvelopelor prin traseul circular.

Forța electrică exercitată de nucleu asupra electronilor atomului .

Forța exercitată de câmpul magnetic asupra unei sarcini electrice care se mișcă într-un câmp se numește forță Lorentz.

FORȚA CENTRIFUGĂ

Într-un cadru de referință inerțial, când avem o forță centrifugă, avem automat o forță centripetă.

Exemple:

1) FORȚA CENTRIPETĂ - aceasta este forța exercitată de Soare asupra Pământului

2) FORȚA CENTRIFUGĂ - aceasta este forța exercitată de Pământ asupra Soarelui

În cazul FORȚEI DE INERTIE CENTRIFUGĂ care apare într-un cadru de referință neinerțial avem următorul exemplu:

În curbe, corpurile aflate în mișcare accelerată au tendința de a se deplasa în afara curbei.

Efectele și aplicațiile forței centrifuge

Centrifuga pentru extragerea mierii

Mașină de spălat centrifugă

La întoarcere, bicicliștii și motocicliștii se înclină spre centrul curbei colțului: $tg \alpha = \frac{v^2}{gR}$ pentru a evita

căderea.

În curbe șina exterioară este ridicată pentru a evita aplicarea neuniformă a forțelor asupra șinelor și în consecință răsturnarea vagoanelor.

Pentru a evita derapajul mașinilor pe traseu, drumul este înclinat de la unghi orizontal la unghi

orizontal: $tg \alpha = \frac{v^2}{gR}$

Aplicații:

Separatorul centrifugal

ventilator centrifug

Efectul forței centrifuge este aplatizarea Pământului la poli.

CENTRIFUGAREA

Centrifugarea este un proces de separare gravitațională a suspensiilor în apă la accelerații mai mari decât accelerația gravitațională.

În cazul centrifugării se obține o viteză mare de sedimentare, ceea ce duce la separarea unei mase mari de suspensii pe unitatea de timp.

Prin centrifugare se obțin concentrate mai compacte cu un conținut mai mare de solide.

Datorită costului ridicat de instalare și consumului de energie, acest proces se aplică de preferință apelor uzate care conțin suspensii cu concentrație mare și pentru concentrarea nămolului.

CENTRIFUGAREA este un proces de separare a compușilor într-un amestec în funcție de diferența lor de densitate prin supunerea acestora la forța centrifugă.

Amestecul de separat poate consta fie din două faze lichide, fie din particule solide suspendate într-un fluid.

Dispozitivul folosit este o mașină rotativă de mare viteză numită CENTRIFUGĂ.

PRINCIPIUL CENTRIFUGĂRII

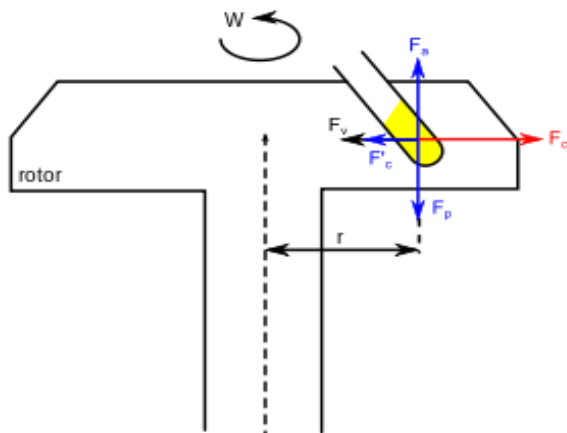


Schéma des différentes forces s'appliquant sur le composé à centrifuger

Separarea compușilor dintr-un amestec se poate realiza prin DECANTARE, sub acțiune dintre singurele rezultate bune și, prin urmare, este adesea ineficientă.

Prin urmare, este mai eficient să folosiți centrifugarea.

În timpul acestei operațiuni de separare, compușii din fluid se află la o distanță r de axa de rotație sunt supuse unor forțe diferite

Forța gravitațională de coborâre - F_p

Forța ascendentă a lui Arhimede - F_a

O forță de frecare - F_v

Forța centripetă - F_c'

Forța centrifugă - F_c

Separarea are loc prin acțiunea forței centrifuge F_c asupra compușilor.

Această forță centrifugă, exprimată în newtoni, este dată de relația :

$F_c = m\omega^2 r$ în N sau $(kg \cdot m/s^2)$ unde :

m reprezintă masa compusului de separat

r este distanța tubului față de axa de rotație a centrifugei

unghiulară ω exprimată în radiani pe secundă sau rotații pe minut (rpm) .

Raportul dintre forța centrifugă F_c și F_p se numește intensitatea gravitației artificiale și se exprimă în „g”.

Valorile utilizate în centrifugare sunt de aproximativ 400 până la 10.000 g, ceea ce corespunde unor viteze de rotație de ordinul 2.000 până la 10.000 de rotații (sau rotații) /min în funcție de raza rotoarelor. Unele aplicații, cum ar fi separarea macromoleculele biologice (proteine, acizi nucleici), necesită metoda de ultracentrifugare dezvoltată de Svedberg care utilizează intensități foarte mari ale gravitației artificiale de ordinul a 200.000 g, și care deci necesită viteze de rotație de câteva zeci de mii de rotații pe minut.

CENTRIFUGAREA - UTILIZARE

În viața de zi cu zi: centrifugare salată (ex: centrifuga de salată), centrifugare rufe (ex: mașina de spălat rufe), extragerea sucului din fructe și legume;

În mediu: uscare nămol pentru tratarea apelor uzate;

În industria alimentară: separarea smântânii de lapte (dezgrasare), îndepărtarea particulelor din bere sau vin (clarificare), extracția uleiurilor și grăsimilor (extracția uleiului de măsline), extracția mierii (apicultura),

În laboratoare: pentru recuperarea unui precipitat, pentru separarea elementelor formate în sânge (globule roșii, globule albe, trombocite suspendate în plasma sanguină), separarea compușilor celulari pentru studiu biochimic sau molecular.

În gold panning: pentru a separa aurul de nisipurile aurii cu o tigaie.

În domeniul nuclear: îmbogățirea uraniului cu izotopul ușor U235;

În turnătorie pentru producția de piese cilindrice;

Pentru apele uzate se folosesc decantoare centrifugale cu ax orizontal cu funcționare continuă.

Ele constau dintr-un corp rotativ cilindric-conic în care, la rândul său, se rotește un vierme, cu o viteză ceva mai mică.

Suspensiile apoase sunt introduse prin axa corpului și proiectate pe fața internă a peretelui corpului centrifugei.

Solidele depuse pe perete din cauza forțelor centrifuge sunt răzuite și împinse cu șurubul peste zona conică a centrifugei.

Lichidul limpezit numit centrat este evacuat la capătul opus al centrifugei.

Adâncimea stratului de lichid de deasupra peretelui centrifugei este fixată prin intermediul unor preaplinuri inelare reglabile prin care este evacuat lichidul limpezit. Transportul concentratului în con este o sarcină delicată din cauza forțelor mari de forfecare implicate și a posibilității de stropire a lichidului limpezit, care poate conduce materialul solid înapoi în corpul centrifugei.

Astfel, concentratul obținut prin centrifugare conține mai mult de 50% substanță uscată față de nămolul obținut prin alte metode de separare a căror concentrație este între 4% și 10%.

SEDIMENTAREA

CENTRIFUGAREA este o operație hidrodinamică prin care se pot separa amestecuri eterogene

Acest lucru se face folosind forța centrifugă care apare la viteză mare de rotație.

Dispozitivele cu care se realizează centrifugarea se numesc în general CENTRIFUGE .

Centrifugele sunt caracterizate de elemente care se rotesc cu o viteză mare. În unele cazuri, centrifugele primesc denumiri speciale, în mare măsură determinate de operația efectuată: separator, clarificator, concentrator etc.

Centrifugele constau în principal dintr-un tambur care se rotește cu viteză mare în jurul unei axe verticale sau orizontale.

Separarea amestecurilor eterogene sub influența forței centrifuge se realizează conform PRINCIPIULUI DE SEDIMENTARE sau PRINCIPIUL FILTRĂRII .

În primul caz, tamburul centrifugei nu este perforat, astfel că separarea are loc prin sedimentare în câmpul centrifug a particulelor solide care se acumulează pe pereții tamburului, aranjându-se în straturi în funcție de diferența de densitate și claritate. Lichidul rămâne în centrifugă.

Centrifugarea după principiul sedimentării are uneori denumiri speciale în funcție de stadiul tehnologic efectuat, cum ar fi:

clarificare (eliminarea impurităților solide dintr-un lichid),
concentrație (concentrația particulelor solide într-un amestec solid-lichid)

În al doilea caz, pereții tamburului sunt perforați și acoperiți cu un filtru. Astfel, sub acțiunea forței centrifuge, suspensia se deplasează la periferia tamburului, unde particulele solide se depun pe pânza filtrantă și lichidul trece prin stratul de sediment. Particulele solide sunt filtrate și îndepărtate prin orificiile din tambur. Trebuie avut în vedere faptul că prin procesul de filtrare lichidul trece prin suprafața filtrului sub efectul forței centrifuge, iar particulele solide antrenate și de forța centrifugă sunt reținute pe suprafața stratului filtrant ca și în cazul sedimentării.

Au loc trei faze principale și anume: formarea precipitatului, compactarea acestuia și eliminarea lichidului reținut de forțele capilare și moleculare în porii sedimentului.

Prima etapă de filtrare este foarte asemănătoare cu sedimentarea, dar în filtrarea centrifugă presiunea fluidului care trece prin sediment este mai mare, iar îndepărtarea umidității mai intensă. Fazele de compactare și eliminare a lichidului reținut de forțele capilare și moleculare în porii sedimentului nu există în filtrarea obișnuită (sedimentare).

Faza de îndepărtare a lichidului reținut în porii sedimentului este foarte asemănătoare cu un proces de uscare mecanică.

FILTRAREA

Pereții tamburului sunt perforați și acoperiți cu un filtru.

Astfel, sub acțiunea forței centrifuge, suspensia se deplasează la periferia tamburului, unde particulele solide se depun pe pânza filtrantă și lichidul trece prin stratul de sediment. Particulele solide sunt filtrate și îndepărtate prin orificiile din tambur. Trebuie avut în vedere faptul că prin procesul de filtrare lichidul trece prin suprafața filtrului sub efectul forței centrifuge, iar particulele solide antrenate și de forța centrifugă sunt reținute pe suprafața stratului filtrant ca și în cazul sedimentării.

Au loc trei faze principale:

- **formarea precipitatului,**
- **compactarea acestuia și**
- **eliminarea lichidului reținut de forțele capilare și moleculare în porii sedimentului.**

Prima etapă de filtrare este foarte asemănătoare cu sedimentarea, dar în filtrarea centrifugă presiunea fluidului care trece prin sediment este mai mare, iar îndepărtarea umidității mai intensă. Fazele de compactare și eliminare a lichidului reținut de forțele capilare și moleculare în porii sedimentului nu există în filtrarea obișnuită (sedimentare).

Faza de îndepărtare a lichidului reținut în porii sedimentului este foarte asemănătoare cu un proces de uscare mecanică.

Prin urmare, sub influența forței centrifuge, filtrarea poate elimina mai mult lichid și se pot obține sedimente mai uscate, comparativ cu filtrarea obișnuită.

După aceea, se poate face o spălare a precipitatului.

Durata fazelor de filtrare sub efectul forței centrifuge depinde de un anumit număr de factori.

În nămolurile diluate, etapa de formare a sedimentelor este foarte importantă, în timp ce în nămolurile concentrate, această etapă este absentă deoarece decantarea are loc instantaneu.

Trebuie remarcat faptul că sedimentarea sub influența forței centrifuge diferă de sedimentarea sub influența gravitației.

Viteza de sedimentare în câmpul gravitațional a particulelor având aceeași dimensiune și densitate poate fi considerată constantă în întregul recipient în care are loc sedimentarea deoarece accelerația gravitațională este independentă de poziția particulei.

Efectul forței centrifuge este influențat de o serie de factori atât pentru sedimentare, cât și pentru separarea prin filtrare.

Principalii factori implicați în proces sunt:

valoarea forței centrifuge

natura materialului care trebuie separat

materialul din care este fabricată mașina

Separarea este cauzată de forța centrifugă rezultată din rotația unui corp în jurul axei sale.

Forța centrifugă rezultată din mișcarea unei particule de-a lungul unui traseu curbat este exprimată prin

$$\text{ecuația: } F_c = \frac{m \cdot w^2}{R}$$

Sau:

F_c - forța centrifugă, N;

m - masa particulelor, kg;

w - viteza periferică, m / s;

R - raza de rotație, m;

Având în vedere viteza unghiulară ω , relația devine: $F_c = m\omega^2R$

APLICATIE: TIPURI DE CENTRIFUGE:

1. ULTRACENTRIFUGE – CU VITEZE DE ROTATIE E 75000RPM
2. CENTRIFUGE DE VITEZA INALTA: 20000-25000 RPM
3. CENTRIFUGE DE BIROU – 300 RPM

CENTRIFUGE4 CLINICE CLASICE SIMPLE: sunt simple ieftine, si lucreaza cu viteza maxima de rotatie de 3000 rpm, lucreaza la temperatura ambintala.



Centrifugele de viteza ridicata sunt centrifuge in flux continuu sau centrifuge cu viteza ridicata de refrigerare- congelare.

Centrifugele de viteza ridicata lucreaza la viteze cuprinse intre 20000 si 25000 rpm, pot fi echipate cu echipamente de congelare.

Centrifuge de flux continuu: sunt relativ simple au capacitate mare de lucru separa si amestecuri de lichide

Centrifugele de viteza ridicata pentru refrigerare (congelare)

Au capacitate mica

Selecteaza microorganisme cum ar fi virusi si organele mici



ULTRACENTRIFUGE au viteze de 75000rpm. Isoleaza virusi, ADN, ARN si proteine.

Centrifugele au 4 parti componente:

1. Sistem de comanda si control al transmisiilor si deplasarii
2. Sistem de control al temperaturii
3. Sistemul de control al starii de vid
4. Rotorii

$$v = \frac{dr}{dt} = \frac{V \cdot (\rho_p - \rho_m) \omega^2 \cdot r}{f}$$

viteza de sedimentare

Unde

r(cm) este distanta de la axa de rotatie la molecula sau particula sedimentata.

V(cm³), volumul unei particule

ρ_p (g/cm³), densitatea particulei

ρ_m (g/cm³), the densitatea mediului

f(g/sec), coefficientul de frecare

ω (cm/sec), viteza radiala de sedimentare a particulei

Coefficientul de sedimentare:

$$s = \frac{dr}{dt} \cdot \frac{1}{\omega^2 \cdot r}$$

sau

$$s = V \cdot (\rho_p - \rho_m) \cdot f$$

$$S(s), \text{ unitate: } 10^{-13} \text{ secunde} = 8 \times 10^{-13} \text{ secunde} = 18s$$

Adesea coeficientul de sedimentare este corectat de valori ale densitatii si viscozitatii apei la 20°C

$$s_{20,w} = s_{t,m} \cdot \frac{\eta_{t,m} (\rho_p - \rho_{20,w})}{\eta_{20,w} (\rho_p - \rho_{t,m})}$$

$s_{t,m}$ coeficientul de sedimentare necorectat determinat de mediul m si de temperatura t

$\eta_{t,m}$, viscozitatea mediului la temperatura de centrifugare

$\eta_{20,w}$ viscozitatea apei la 20°C

ρ_p este densitatea particulelor sau a moleculelor din solutie

$\rho_{t,m}$ densitatea mediului la temperatura de centrifugare

$\rho_{20,w}$ densitatea apei la 20°C

Coefficientul de frecare

$$f = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r_m$$

r_m (cm), raza moleculei sau a particulei

η (g/cm•sec), viscozitatea mediului in poise

Deci viteza de sedimentare este influentata de marimea, forma si densitatea moleculelor sau a particulelor sedimentate dar si de viscozitatea si densitatea mediului considerat

Timpul

$$s = \frac{dr}{dt} \cdot \frac{1}{\omega^2 \cdot r}$$

$$s = \frac{\ln r_t - \ln r_0}{\omega^2 (t_t - t_0)}$$

$$t_t - t_0 = \frac{1}{s} \cdot \frac{(\ln r_t - \ln r_0)}{\omega^2} = \Delta t$$

r_t , -raza tubului superior de centrifugare

r_0 , raza tubului inferior de centrifugare

Δt - este timpul necesar pentru a determina sedimentarea totală sau granularea din specia sedimentata

Gradientul densitatii:

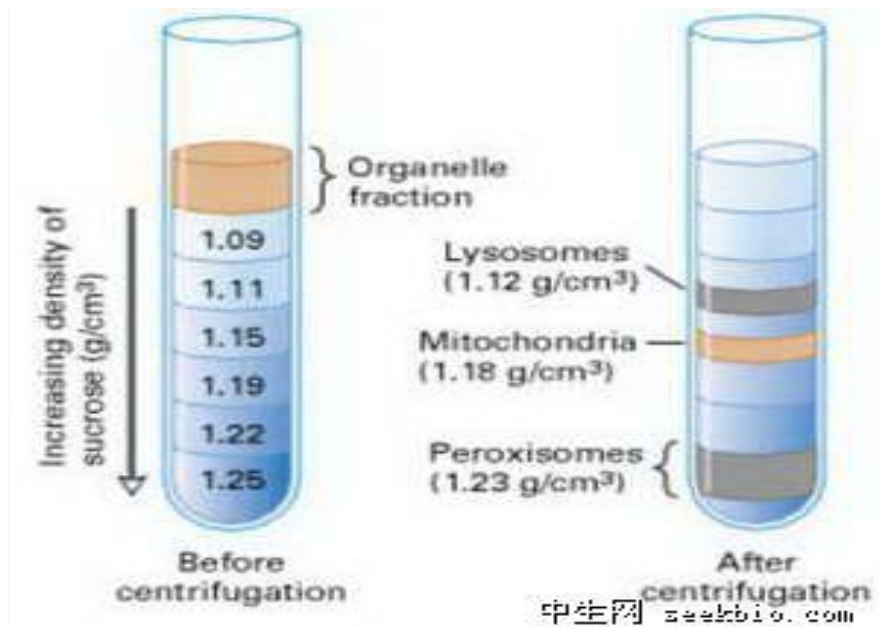
Solutia este mai densa la baza tubului si valoarea densitatii descreste catre varful tubului.

- Pentru a realiza aceasta se utilizeaza doua tehnici majore:
- Centrifugarea zonala si centrifugarea izopicnica.

Exemplu:

Metoda de purificare fractionata :

centrifugarea echilibrata in gradient de densitate : celulele se separa in functie de densitatea lor.



La viteza mare (aprox. 40000 rpm)- cateva ore

PRINCIPIILE MECANICII NEWTONIENE

Mecanica clasică se bazează pe trei principii fundamentale stabilite de Issac Newton (1642-1727) în celebra sa lucrare „Philosophy Naturalis Principia Mathematica” publicat în 1686.

Succesele mecanicii newtoniene au fost atât de mari încât s-a considerat mai ales în secolul al XIX-^{lea} că a explica orice fenomen fizic înseamnă a-l reduce la un proces mecanic care poate fi înțeles pe baza principiilor lui Newton.

Datele experimentale au condus la următoarele concluzii:

Un corp care suferă acțiunea altor corpuri își modifică viteza, adică primește o anumită accelerație.

Un corp supus acțiunii altor corpuri se deformează prin schimbarea dimensiunii și formei sale.

Descrierea cantitativă a acestor fenomene se face prin introducerea conceptului de forță: orice acțiune exercitată asupra unui corp care îi dă o accelerație sau produce o deformare se numește FORȚA.

Rezultatele experimentale arată că pentru un corp dat raportul dintre forță și accelerație este o caracteristică constantă a acestui corp, numită și masă inerțială.

În mecanica clasică, masa inertă va avea următoarele proprietăți fundamentale:

- *Masa inertă m este o mărime fizică aditivă*, adică masa unui corp care este egală cu suma maselor componentelor sale.
- *Masa inerțială m este o mărime fizică constantă* caracteristică corpului considerată independentă de starea de mișcare a corpului.

Forțele sunt clasificate după cum urmează:

Forțe distribuite în volumul corpurilor și proporționale cu masele componentelor lor, cum ar fi forțele gravitaționale.

Forțe aplicate sau concentrate într-un punct de pe corp. Aceste forțe sunt transmise de la o parte a corpului la alta datorită interacțiunilor reciproce dintre părțile corespunzătoare, producând întotdeauna o deformare.

Forța, ca măsură a interacțiunilor dintre corpuri, este considerată cauza că un anumit corp are o anumită accelerație. Dar s-ar părea că această afirmație nu este corectă, deoarece accelerația unui corp depinde și de cadrul de referință.

Rezultă că accelerația unui corp poate avea două origini:

- interacțiunea dintre corpul considerat și alte organisme
- proprietățile cadrului de referință

Soluția problemei fundamentale a dinamicii se bazează pe mai multe principii fundamentale, dintre care primele trei au fost propuse de Isaac Newton (1642).

PRINCIPIUL INERTIEI (primul principiu al dinamicii):

Un corp asupra căruia nu acționează nicio forță, își menține starea de mișcare rectilinie și uniformă sau de repaus relativ.

PRINCIPIUL PROPORȚIONALITĂȚII DINTRE FORȚA ȘI ACCELERAȚIE (AL DOILEA PRINCIPIU AL DINAMICII) poate fi enunțat după cum urmează:

„O forță care acționează asupra unui corp îi conferă o accelerație proporțională cu forța și invers proporțională cu masa corpului.”

Scrierea cantitativă: $F = m \cdot a$

Poate fi exprimat astfel:

$$F_x = m \cdot a_x$$

$$F_y = m \cdot a_y$$

$$F_z = m \cdot a_z$$

ecuațiile lui NEWTON

PRINCIPIUL ACȚIUNILOR RECIPROCE

(principiul acțiunii și reacției) afirmă că forțele de interacțiune dintre două corpuri sunt de mărime egală și de direcție opusă, adică

$F_{ij} = -F_{ji}$ ($i \neq j$); Unde

F_{ij} este forța cu care corpul j acționează asupra corpului i

F_{ji} este forța cu care corpul i acționează asupra corpului j

PRINCIPIUL INDEPENDENȚEI ACȚIUNII FORȚELOR:

Fiecare dintre forțele exercitate asupra unui corp este independentă de existența celorlalte forțe aplicate.

PRINCIPIUL RELATIVITĂȚII CLASICE GALILEENE reflectă o proprietate fizică importantă a sistemelor de referință inerțiale:

„Orice experiment mecanic efectuat într-un sistem de referință inerțial nu poate demonstra nici mișcarea rectilinie și uniformă, nici starea relativă de repaus a sistemului de referință în raport cu alte sisteme de referință inerțiale”.

O formă evidentă a acestui principiu a fost dată de Galileo Galilei în 1632:

„Legile fenomenelor rămân neschimbate în translația uniformă a cadrului de referință inerțial în care sunt studiate aceste fenomene, față de orice alt cadru de referință inerțial”.

IMPULSUL MECANIC

Definiție în mecanica newtoniană clasică

În mecanica clasică, **IMPULSUL** unui punct material de masă m asupra caruia acționează o viteză într-un sistem de referință dat este definită ca produsul dintre masă și viteză : $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$

Este ca și viteza, o mărime vectorială, a cărei unitate în SI este $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Această cantitate este *aditivă*, astfel încât pentru un sistem material compus din N particule, impulsul

total (sau *rezultanta cinetică*) a sistemului este definit prin următoarea formulă: $\vec{p} = \sum_{i=1}^n m \vec{v}_i$

TEOREME FUNDAMENTALE ALE MECANICII

Teorema de variație a impulsului este o altă formă în care poate fi formulată a doua lege a dinamicii .
Introducem impulsul corpului cu masa m : $\vec{p} = m\vec{v}$

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

TEOREMA VARIAȚIEI IMPULSULUI poate fi exprimată după cum urmează:

„Forța este egală cu variația impulsului în timp” : $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$

variația impulsului punctului material este egală cu impulsul forței $d\vec{p} = \vec{F}.dt$

sau

Impulsul este produsul unei forțe constante și timpul de aplicare a acesteia.

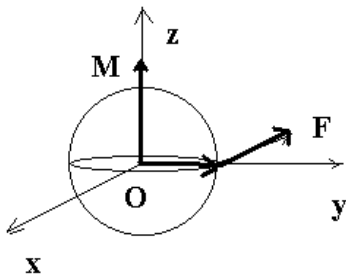
TEOREMA CONSERVĂRII IMPULSULUI

Dacă rezultanta forțelor care acționează asupra punctului material este zero

($\vec{F} = 0$), atunci rezultatul este principiul conservării impulsului (legea) $\vec{p} = \text{constant}$

Principiul (legea) conservării impulsului punctului material este enunțat: dacă rezultanta forțelor care acționează asupra punctului este zero ($\vec{F} = 0$), atunci sistemul este în echilibru translațional și se păstrează impulsul punctului material. $\vec{p} = \text{constant}$

MOMENTUL FORȚEI



Dacă o forță acționează asupra corpului în direcția și sensul axei Ox,

vectorul de poziție în care se aplică forța este definit de: $\vec{r} = r_x\vec{i} + r_y\vec{j} + r_z\vec{k}$

Totul este reprezentat într-un sistem de coordonate carteziane.

forță este definit de: $\vec{F} = F_x\vec{i} + F_y\vec{j} + F_z\vec{k}$

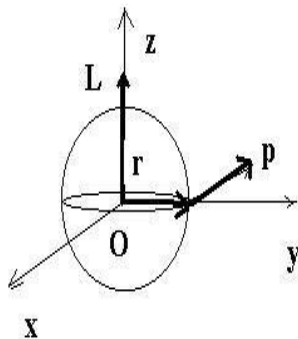
MOMENTUL FORȚEI poate fi exprimat după cum urmează :

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ r_x & r_y & r_z \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix} = M_x \vec{i} + M_y \vec{j} + M_z \vec{k}$$

Și norma este scrisă: $|\vec{M}| = |\vec{r}| |\vec{F}| \sin(\vec{r}, \vec{F})$

Luați un stilou care se rotește și rotiți așa cum se arată în figură: r pe F. Observați dacă vectorul M merge în sus sau în jos.

MOMENTUL CINETIC



Dacă impulsul acționează asupra corpului reprezentat într-un sistem de coordonate carteziene în direcția și sensul axei Ox, atunci

vectorul de poziție al punctului în care se aplică forța este definit de: $\vec{r} = r_x \vec{i} + r_y \vec{j} + r_z \vec{k}$

Iar impulsul (sau cantitatea de mișcare) este:

$$\vec{p} = p_x \vec{i} + p_y \vec{j} + p_z \vec{k}$$

Mărimea vectorială MOMENTUL CINETIC poate fi exprimat după cum urmează:

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ r_x & r_y & r_z \\ p_x & p_y & p_z \end{vmatrix} = L_x \vec{i} + L_y \vec{j} + L_z \vec{k}$$

Mărimea scalară sau expresia standard a MOMENTULUI CINETIC poate fi scrisă după cum urmează:

$$|\vec{L}| = |\vec{r}| |\vec{p}| \sin(\vec{r}, \vec{p})$$

Dacă momentul unghiular este definit de: $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$

atunci variația momentului unghiular în raport cu timpul este: $\frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d\vec{r}}{dt} \times \vec{p} + \vec{r} \times \frac{d\vec{p}}{dt}$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

dar: Este definiția vitezei și definiția forței

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Și $\frac{d\vec{r}}{dt} \times \vec{p} = 0$ deoarece cei doi vectori sunt poziționați paralel

TEOREMA DE VARIAȚIE A MOMENTULUI FORȚEI

Folosind definițiile forței și vitezei obținem următoarele afirmație: „Variația momentului unghiular în raport cu timpul este egală cu impulsul forței”.

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{r} \times \frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{M}$$

TEOREMA CONSERVĂRII MOMENTULUI FORȚEI

Dacă momentul forței este zero, atunci variația momentului unghiular este zero și momentul unghiular

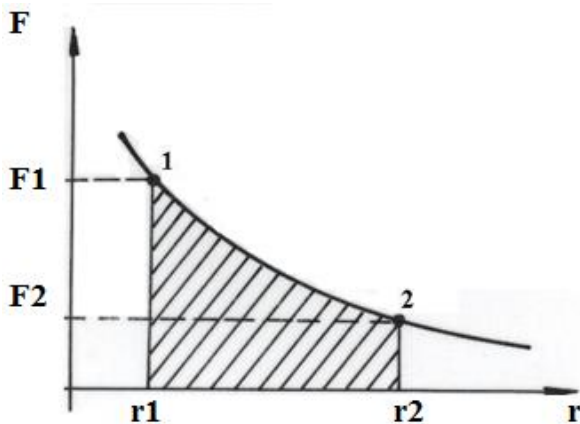
$$\text{este constant } \frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}$$

Și afirmația teoremei conservării momentului unghiular este: $\vec{M} = 0 \quad d\vec{L} = 0 \quad \vec{L} = \text{constan t}$

„Dacă impulsul rezultat din forțele care acționează asupra sistemului se anulează, aceasta înseamnă că sistemul este în echilibru de rotație, astfel încât momentul unghiular al sistemului este conservat.”

LUCRUL MECANIC

Lucrul mecanic elementar efectuat de forța $d\vec{F}$ pentru deplasarea punctului material de la punctul 1 la punctul 2 este definit de următoarea relație: $dW = \vec{F}d\vec{r}$



Calculul muncii mecanice pentru diferite tipuri de forțe

Lucrul mecanic este definit prin:

$$W_{12} = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F}d\vec{r} = A_{12r_2r_1}$$

În mecanica clasică, lucrul mecanic este egal și cu aria figurii formată de curba forței, perpendicularele coborâte la punctele 1 și 2 (punctul inițial și punctul final) și axele de mișcare.

Următoarea formulă poate fi scrisă și pentru o direcție: $W_{12} = \int_{x_1}^{x_2} Fdx$

CAZURI SPECIALE

Calculul lucrului mecanic în cazul FORȚEI ELASTICE

Mărimea vectorială a forței elastice este: $\vec{F}_e = -k\vec{r}$

Într-o direcție, mărimea scalară a forței elastice se poate scrie:

$$F_e = -kx$$

$$\text{Lucrul mecanic este: } W_{12} = \int_{x_1}^{x_2} F dx = \int_{x_1}^{x_2} -kx dx = -\frac{k}{2}(x_2^2 - x_1^2)$$

$$\text{Formula generală: } \int_{x_1}^{x_2} x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} \Big|_{x_1}^{x_2} = \frac{x_2^{n+1} - x_1^{n+1}}{n+1}$$

CALCULUL LUCRULUI MECANIC ÎN CAZUL FORȚEI DE TIP CENTRAL:

EXEMPLE DE FORȚE DE TIP CENTRAL :

$$\text{Forța universală de atracție: } F = \frac{km_1m_2}{r^2}$$

$$\text{Forța de atracție dintre două sarcini punctiforme sau forța lui Coulomb: } F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1q_2}{r^2}$$

$$\begin{aligned} \text{Forma generală a forței de tip central} \\ F &= \frac{\alpha}{r^2} \\ \vec{F} &= \frac{\alpha}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \end{aligned}$$

Pentru forțele de atracție universală: $\alpha = km_1m_2$

$$\text{Pentru forțele Coulombiene: } \alpha = \frac{q_1q_2}{4\pi\epsilon_0}$$

$$dW_{12} = F dr = \frac{\alpha}{r^2} dr$$

$$\text{Lucrul mecanic al forțelor de tip central: } W_{12} = \int_{r_1}^{r_2} \frac{\alpha}{r^2} dr = -\alpha \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

CALCULUL LUCRULUI MECANIC ÎN CAZUL FORȚEI CONSTANTE

În general, pentru o forță constantă : $\vec{F} = \text{constant}$

Lucrul mecanic elementar are următoarea formă: $dW = \vec{F}d\vec{r}$

Lucrul mecanic total este scris după cum urmează: $W_{12} = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F} \cdot d\vec{r} = \vec{F} \cdot (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)$

Lucrul mecanic nu depinde de forma traseului parcurs între stările 1 și 2 (poziția inițială și poziția finală a căii).

Pentru forța gravitațională omogenă care acționează asupra corpului de masă m $\vec{G} = m\vec{g} = mg\vec{k}$

Lucrul mecanic elementar este: $dW = \vec{G}d\vec{r} = -mgdz$

În cele din urmă, obținem formula pentru lucrul mecanic total: $W_{12} = mg \int_{z_1}^{z_2} dz = mg(z_2 - z_1)$

Integrala este un semn care arată că colectăm toate valorile de la starea inițială până la starea finală.

CALCULUL LUCRULUI MECANIC PENTRU FORȚA DE FRECARE $F_f = \mu N$

Dacă punctul material se deplasează dintr-o poziție inițială 1 într-o poziție finală 2 pe un cerc cu raza r ,

Lucrul mecanic efectuat de forța de frecare este: $W_{12} = \int_{r_1}^{r_2} F_f dr = -2 \cdot \pi \cdot r \cdot \mu mg$ dacă mișcarea are loc pe

arcul de cerc.

Și pentru distanța $(r_2 - r_1)$: $W_{12} = \int_{r_1}^{r_2} F_f dr = \mu mg(r_2 - r_1)$

ENERGIA

ENERGIA este definită în fizică ca fiind capacitatea unui sistem de a produce Lucrul mecanic, provocând mișcare sau producând, de exemplu, lumină, căldură sau electricitate.

Este o mărime fizică care caracterizează starea unui sistem și se păstrează la nivel global în timpul transformărilor.

Energia este exprimată în jouli (în sistemul internațional de unități) sau adesea în kilowați-oră (kWh·h sau kWh).

Energia este un concept esențial în fizică care a devenit mai clar încă din secolul al XIX-lea.

Găsim conceptul de energie în toate ramurile fizicii:

în mecanică;

în termodinamică;

în electromagnetism;

în mecanica cuantică;

la alte discipline, în special la chimie.

FORME DE ENERGIE ÎN MECANICA FIZICA

Mecanică Fizica ia în considerare două manifestări pentru energie:

energia cinetică a unei mase în mișcare;

energia potențială a forțelor de interacțiune care acționează între sisteme.

Când două sisteme interacționează, ele schimbă energie. În timpul interacțiunii, suma modificărilor de energie din primul sistem este opusul sumei modificărilor de energie din al doilea: există conservarea energiei.

De exemplu, un balon care cade liber în atmosfera Pământului își va transforma energia gravitațională în căldură, transmisă în aer, prin forțele de frecare datorate forței electromagnetice.

Există o conversie a energiei potențiale a forței gravitaționale a mingii în energie cinetică și apoi în energia cinetică a moleculelor de aer (căldură).

ENERGIA CINETICĂ

(din greacă *ἐνέργεια* / *énergeia* „forță în acțiune” și *κίνησις* / *kinesis* „mișcare”)

ENERGIA CINETICĂ este energia deținută de un corp datorită mișcării sale față de un anumit cadru de referință. Valoarea sa depinde deci de alegerea acestui cadru de referință.

Se exprimă în jouli (J).

Pentru un punct material, energia cinetică este egală cu munca forțelor aplicate necesare pentru a muta corpul din repaus la mișcarea sa (dacă cadrul de referință ales nu este galilean, va fi necesar să se țină cont de munca forțelor inerțiale de antrenament).

În consecință, energia cinetică nu este în general prima integrală a mișcării, cu excepția cazului în care munca forțelor externe și interne (pentru un sistem de puncte materiale) este nulă în timpul mișcării.

Un exemplu clasic al acestui tip de situație este cazul mișcării unei sarcini electrice într-un câmp magnetic uniform.

Energia cinetică - Istorie

Gottfried Leibniz, opunându-se astfel lui Descartes, care credea că impulsul se păstrează întotdeauna, a dezvoltat ideea de „forță vie” (*vis viva*), căreia i-a atribuit o valoare. Forța vie este deci de două ori mai mare decât energia cinetică.

„Demult am corectat doctrina conservării impulsului și am pus în locul ei altceva absolut, tocmai ceea ce este necesar, forța absolută (vie)... Se poate dovedi, prin rațiune și experiență, că este forța vie care se păstrează...”

ENERGIA CINETICĂ - DEFINIȚII

În cazuri non-relativiste (adică când vitezele sunt mici în comparație cu viteza luminii în vid), $M = \sum_i m_i$ energie cinetică (în J) al unui punct material de masă m (în kg) care se mișcă cu o viteză v (în ms^{-1}) într-un cadru de referință specific este exprimat astfel: $E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$

În cazul unui punct material

În domeniul validității mecanicii newtoniene, conceptul de energie cinetică poate fi ușor demonstrat pentru un punct material, un corp considerat ca punct de masă constantă m .

Cazul unui sistem de puncte

În cazul unui corp care nu poate fi considerat punctual, acesta poate fi asimilat unui sistem (de o infinitate) puncte materiale a maselor ca *masa corporala totala* .

Energie Cinetică al sistemului de puncte poate fi definit ca suma energiilor cinetice asociate punctelor

materiale care constituie sistemul: $E_c = \sum_i E_{c,i} = \sum_i \frac{1}{2} m_i \cdot v_i^2$

Această expresie este generală și nu prejudică natura sistemului, deformabil sau nu.

ENERGIA CINETICĂ- ÎN MECANICA RELATIVISTA

În teoria relativității a lui Einstein (folosită în principal pentru viteze apropiate de viteza luminii, dar valabilă pentru toate vitezele), energia cinetică este:

$$E_k = mc^2(\gamma - 1) = \gamma mc^2 - mc^2$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

γ este factorul relativist

E_k : energia cinetică a corpului (în cadrul de referință considerat);

v : viteza corpului (în cadrul de referință considerat);

m : masa sa în repaus (în cadrul său de referință);

c : viteza luminii în vid (în orice cadru de referință inerțial);

γmc^2 : energia totală a corpului (în cadrul de referință considerat);

mc^2 : este energia în repaus (90 petajouli pe kilogram) exprimată în unități convenționale.

Teoria relativității afirmă că energia cinetică a unui obiect (având o masă „de repaus” diferită de zero) tinde spre infinit atunci când viteza sa se apropie de viteza luminii și că, prin urmare, este imposibil să accelerezi un obiect până la această viteză.

TEOREMA ENERGIEI CINETICE

Această teoremă, valabilă numai în cadrul mecanicii newtoniene, face posibilă legarea energiei cinetice a unui sistem de munca efectuată de acest sistem.

Într-un cadru de referință galileian, pentru un corp punctual de masă constantă m care traversează un drum care leagă un punct A de un punct B, modificarea energiei cinetice este egală cu suma muncii W a forțelor externe și interne care se exercită asupra solidului considerat:

$$E_{kAB} = E_{kB} - E_{kA} = \sum W_{FEXT/INT}^{AB}$$

unde E_{kA} și E_{kB} sunt energia cinetică a solidului în punctele A și, respectiv, B.

ENERGIE POTENȚIALĂ MECANICĂ

Energia potențială mecanică este energia care este modificată de un corp atunci când acesta se mișcă în timp ce este supus unei forțe conservatoare.

Se exprimă în jouli (însemnând - newtoni înmulțiți cu metri).

Această energie potențială, definită până la o constantă arbitrară, depinde doar de poziția corpului în spațiu.

Această energie se numește *potențial* deoarece poate fi stocată de un corp și apoi *transformată*, de exemplu, în energie cinetică atunci când corpul este pus în mișcare.

Mai exact, modificarea energiei potențiale a unui corp atunci când se mișcă între două puncte este opusul muncii efectuate de forța la care este expus (între acele două puncte).

Astfel, munca unei forțe conservatoare verifică relația: $\delta W_F = -dE_p$

Un exemplu simplu este cel al unui corp terestru ținut în sus (și, prin urmare, posedă energie potențială gravitațională datorită înălțimii sale) care, odată eliberat, transformă această energie potențială în energie cinetică atunci când viteza sa crește în timpul căderii sale.

ENERGIE POTENȚIALĂ MECANICĂ – GENERALITATI

Fiecare forță conservatoare dă naștere energiei potențiale, astfel încât se poate distinge:

Energia potențială gravitațională,

Energia potențială elastică,

Energia potențială electrostatică,

Energia potențială magnetică,

Energia potențiale inerțiale (în unele situații simple).

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Energia potențială gravitațională $E_p = m \cdot g \cdot h$

Energia potențială gravitațională este energia pe care o posedă un corp datorită poziției sale într-un câmp gravitațional.

În ceea ce privește toată energia, unitatea sa în sistemul internațional este joule.

Această energie potențială este notă ca „ E_{pp} ” sau „ U_0 ”

Este definit prin relația: $\delta W_p = \vec{P} \cdot d\vec{z} = -\delta E_{pp}$

p fiind greutatea obiectului însuși (forța care acționează asupra acestuia datorită masei și poziției sale într-un câmp gravitațional)

Aproximație curentă :

Cel mai adesea, pe Pământ, gravitația este considerată a fi de valoare constantă, orientată în jos (spre centrul Pământului) și de valoare de $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

În acest caz, alegând nivelul mării ca origine a potențialelor, atunci această energie este egală cu:

$E_{pp} = m \cdot g \cdot h$ (m se exprimă în kg și h (altitudinea) se exprimă în m)

Dar pentru o anumită problemă, în general sunt luate în considerare numai diferențele potențiale.

Între punctele de cotă z_0 și z_1 , diferența de energie potențială este: $\Delta E_{pp} = mg(z_1 - z_0)$

(energia primită în timpul mișcării de la punctul de altitudine z_0 la punctul de altitudine z_1).

În funcție de problemă, putem deci stabili o origine arbitrară a potențialelor, mai ales că nu pune nicio problemă deosebită a avea o energie potențială negativă. De exemplu, dacă studiem căderea unui obiect pe podeaua unui laborator, fixăm originea potențialelor la nivelul acestui etaj, indiferent de altitudinea reală a laboratorului.

Caz general

În orice problemă care implică gravitația, este important ca calculul prin aplicarea principiului fundamental al dinamicii să fie în concordanță cu conservarea energiei.

Aici, înseamnă că expresia folosită pentru energia potențială gravitațională este în concordanță cu cea folosită pentru gravitația în sine. Greutatea ar trebui să provină întotdeauna de la E_{pp} .

Dacă folosim următoarea formulă (aproximație la 0° latitudine) pentru a evalua gravitația: $g = 9,780318 \cdot (1 - 3,15 \cdot 10^{-7} h)$

atunci E_{pp} , exprimat în funcție de altitudine, devine:

$E_{pp} = m \cdot 9,780318 \cdot (h - 1,57 \cdot 10^{-7} \cdot h^2)$

Pentru un obiect departe de suprafața pământului, energia potențială gravitațională (nu mai este gravitațională) este mai degrabă $1/r$ (inversa distanței), deoarece gravitația în sine este $1/r^2$.

ENERGIE POTENȚIALĂ ELASTICĂ

În fizică, energia potențială elastică este energia potențială stocată într-un corp elastic atunci când este comprimată sau întinsă din poziția sa naturală.

Când forța de comprimare sau întindere a arcului se oprește, corpul tinde în mod natural să revină la poziția sa naturală și astfel își transformă energia potențială în energie cinetică.

Natura elastică a unui obiect este remarcabilă prin capacitatea sa de a se retrage sau de a-și recăpăta forma după deformare.

Energia potențială elastică, notată ca E_{pe} și exprimată în jouli, depinde de x (lungirea sau scurtarea

arcului) și de constanta elastică sau rigiditatea k a arcului, conform relației: $E_{pe} = \frac{1}{2} kx^2$

Dacă este considerat un reper cu $(0, \vec{i})$ reprezentarea poziției capătului arcului în repaus și îndreptată de-a lungul axei arcului.

Apoi forța elastică are următoarea expresie: $\vec{F} = -k \cdot x \cdot \vec{i}$

PUTEREA

În fizică, este cantitatea de energie din unitatea de timp furnizată de un sistem altuia.

Puterea corespunde unui flux de energie: două sisteme cu puteri diferite pot furniza același lucru mecanic (aceeași energie), dar sistemul mai puternic va fi cel mai rapid.

PUTEREA este exprimată în general în wați, în Jouli/secundă sau în $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$

În unele cazuri, este necesară o putere mare (energie mare pentru o perioadă scurtă de timp) la pornire, astfel încât numai sistemele puternice pot opera dispozitivul.

Puterea este întotdeauna egală cu produsul unei mărimi de efort (forță, cuplu, presiune, tensiune etc.) cu o mărime de curgere (viteza, viteza unghiulară, debitul, intensitatea curentului etc.).

PUTEREA MECANICA

Puterea mecanică a unei forțe este energia care poate fi câștigată sau pierdută cu acea forță într-un timp dat.

Unitatea SI de putere este watul (simbol: W), care corespunde unui joule livrat pe secundă.

Cai putere este încă folosit la motoarele termice: 1 CP (cai putere)= aproximativ 736 W

PUTEREA MEDIE P_m este energia E furnizată de un fenomen împărțită la durata τ a acestui fenomen:

$$P_m = \frac{E}{t}$$

PUTEREA INSTANTANEE este variația energiei furnizate în raport cu timpul: $P_m = \frac{dE}{dt}$

PUTEREA UNEI FORȚE

Dacă punctul de aplicare al unei forțe (în N) se mișcă cu viteza instantanee (în m/s), atunci puterea instantanee se exprimă în wați

Rezultatul poate fi găsit cu ușurință prin derivarea lucrului mecanic efectuat de o forță: $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$

TEOREMA VARIATIEI ENERGIEI CINETICE

Într-un cadru de referință galileian, puterea forțelor care acționează asupra punctului M este egală cu derivata în timp a energiei cinetice.

$$P = \frac{dE_c}{dt}$$

3. STATICA

Statica studiaza fortele din urmatoarele situatii:

Reducerea sau compunerea fortelor care consta in stabilirea unui sistem echivalent de forte cu sistemul de forte dat initial.

Echilibrul sistemelor de forte : adica stabilirea conditiilor care trebuiesc indeplinite ca sistemul de forte dat sa fie in echilibru.

Un sistem de forte este constituit dintr-un ansamblu de forte ce pot fi concurente, oarecare sau paralele.

Doua sisteme de forte sunt echivalente daca produc acelasi efect mecanic asupra corpului caruia sunt aplicate.

Un sistem de forte este echivalent cu zero daca sub actiunea lor corpul nu-si modifica starea sa mecanica de repaus sau de miscare.

Statica poate sa abordeze urmatoarele directii:

- Statica punctului material
- Sistemele de forte si reducerea lor
- Centre de greutate
- Statica rigidului
- Statica sistemului de puncte materiale si a sistemelor de rigide
- Aplicatiile tehnice ale staticii.

CALCUL VECTORIAL

Vectorii sunt mărimi fizice orientate, complet determinate de:

- Modul (magnitudine, valoare)
- Punct de aplicare (origine)
- Direcție
- Sens

Exemple : forța, viteza, accelerația, momentul unei forțe.

Elementele unui vector sunt:

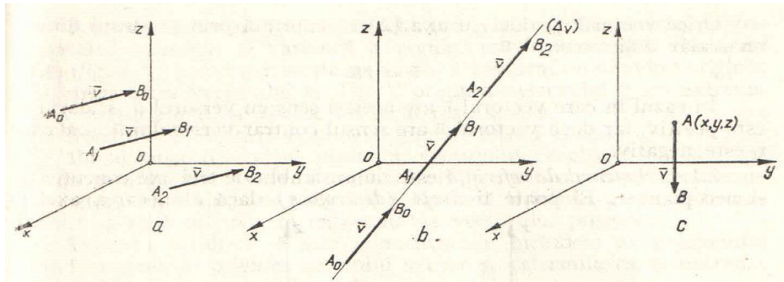
Originea A (Punctul de aplicare)

Direcție (suport sau linie de aplicare)

Sens (de la A la B)

Modul sau valoare numerică $|v|$ care reprezintă lungimea segmentului AB la scara aleasă pentru reprezentarea grafică.

CLASIFICAREA VECTORILOR



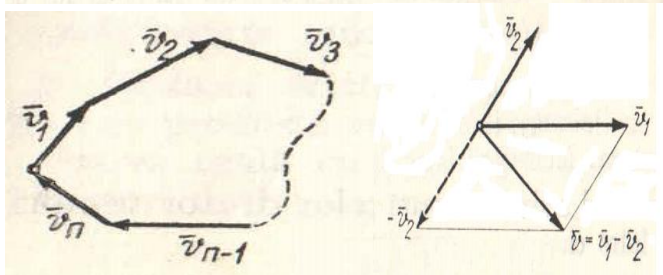
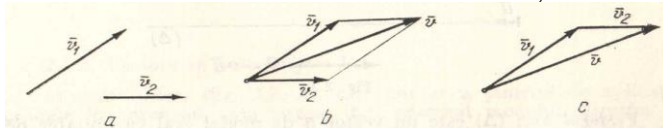
a) vectori liberi : punctul de aplicare poate fi oriunde în sistemul dat, păstrând modulul, direcția și sensul.

De exemplu , viteza și accelerația unui corp în mișcare de translație.

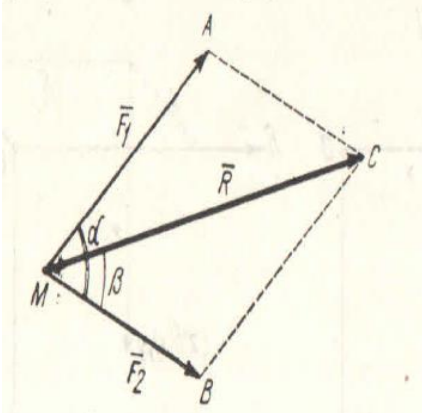
b) vectori de alunecare : punctul în care aplicația poate fi deplasată oriunde pe suportul său, păstrând modulul, direcția și sensul. **De exemplu ,** viteza unghiulară, accelerația unghiulară, forța în cazul unui solid rigid nedeformabil.

c) vectori legați: a căror origine este bine definită la un anumit punct, păstrând mărimea, direcția și sensul. **De exemplu ,** forța în cazul corpurilor elastice, momentul forței raportat la un punct, viteza și accelerația unui corp în mișcare sunt arbitrare.

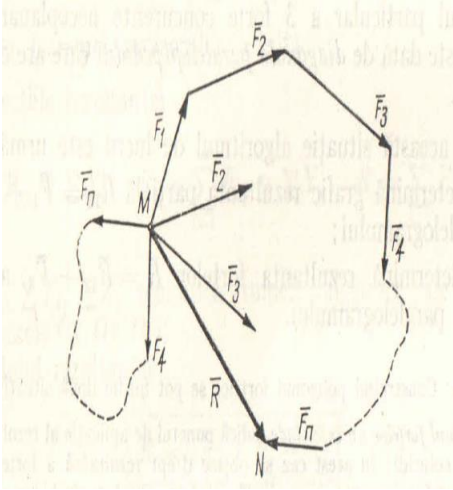
SUMA A DOI VECTORI LIBERI V_1 ȘI V_2



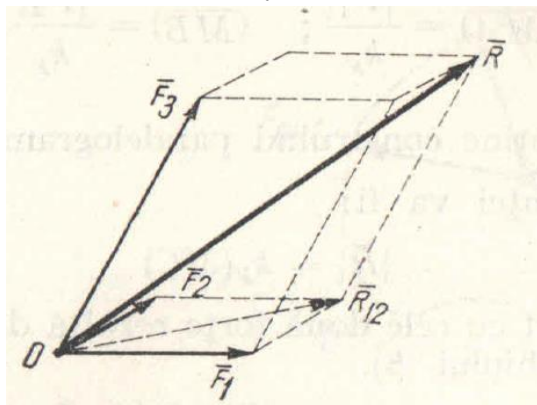
COMPUNEREA A DOUA FORȚE CONCURENTE PRIN METODA GRAFICA



COMPUNEREA FORȚELOR CONCURENTE PRIN METODA GRAFICA



REGULA POLIGONULUI :
DACA FORȚELE SUNT CONCURENTE, REZULTANTA R ESTE DIAGONALA UNUI PARALELIPED.



Algoritmul pentru această situație este următorul:

1. Determinarea grafică a rezultantei parțiale: $\vec{R}_{12} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

2. Determinarea rezultantei forțelor: $\vec{R} = \vec{R}_{12} + \vec{F}_3$

În ambele situații, se aplică regula paralelogramului.

Folosim teorema proiecției: fiecare forță este proiectată pe axele Ox, Oy și Oz.

CAZUL A N FORȚE CONCURENTE CARE FORMEAZA UNGHIURILE α , β , γ

Aceste unghiuri sunt formate de dreptele suport ale forțelor considerate și de axele de coordonate.

$$\text{Pentru forțe: } \vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$$

$$F_{1x} = pr_{Ox} \vec{F}_1 = |\vec{F}_1| \cdot \cos \alpha_1; \quad F_{1y} = pr_{Oy} \vec{F}_1 = |\vec{F}_1| \cdot \cos \beta_1; \quad F_{1z} = pr_{Oz} \vec{F}_1 = |\vec{F}_1| \cdot \cos \gamma_1;$$

$$F_{2x} = pr_{Ox} \vec{F}_2 = |\vec{F}_2| \cdot \cos \alpha_2; \quad F_{2y} = pr_{Oy} \vec{F}_2 = |\vec{F}_2| \cdot \cos \beta_2; \quad F_{2z} = pr_{Oz} \vec{F}_2 = |\vec{F}_2| \cdot \cos \gamma_2;$$

$$F_{3x} = pr_{Ox} \vec{F}_3 = |\vec{F}_3| \cdot \cos \alpha_3; \quad F_{3y} = pr_{Oy} \vec{F}_3 = |\vec{F}_3| \cdot \cos \beta_3; \quad F_{3z} = pr_{Oz} \vec{F}_3 = |\vec{F}_3| \cdot \cos \gamma_3;$$

$$R_x = pr_{Ox} \vec{R} = |\vec{R}| \cdot \cos \alpha$$

$$\text{Proiecțiile forței rezultante: } R_y = pr_{Oy} \vec{R} = |\vec{R}| \cdot \cos \beta$$

$$R_z = pr_{Oz} \vec{R} = |\vec{R}| \cdot \cos \gamma$$

Proiecțiile forței rezultante sunt:

$$R_x = \sum_{i=1}^n F_{ix} = \sum X_i$$

$$R_y = \sum_{i=1}^n F_{iy} = \sum Y_i$$

$$R_z = \sum_{i=1}^n F_{iz} = \sum Z_i$$

unde sumele înseamnă sume algebrice ale proiecțiilor forțelor pe axele Ox, Oy, Oz.

Cosinusii directori ai suportului forței rezultante sunt:

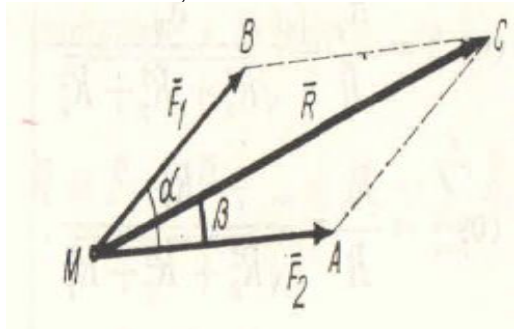
$$\cos \alpha = \frac{R_x}{R} = \frac{R_x}{\sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}}$$

$$\cos \beta = \frac{R_y}{R} = \frac{R_y}{\sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}}$$

$$\cos \gamma = \frac{R_z}{R} = \frac{R_z}{\sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}}$$

$$\text{Modulul forței rezultante: } |\vec{R}| = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}$$

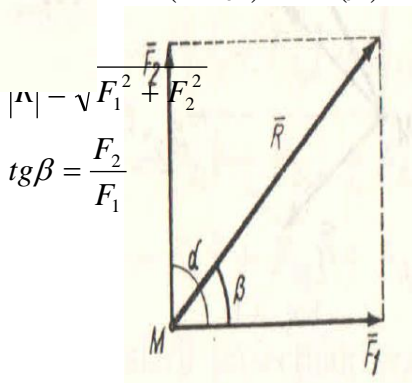
DOUA FORȚE CONCURENTE COPLANARE ORIENTATE ÎN DIRECȚII ARBITRARE:



Două forțe concurente coplanare perpendiculare între ele:

$$|\vec{R}| = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_1 F_2 \cos(\vec{F}_1, \vec{F}_2)}$$

$$\frac{|\vec{F}_1|}{\sin(\alpha - \beta)} = \frac{|\vec{F}_2|}{\sin(\beta)} = \frac{|\vec{F}_3|}{\sin(\alpha)}$$



$$|\vec{R}| = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

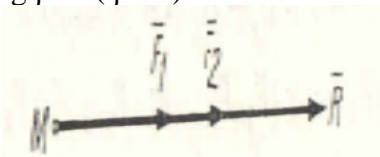
$$\operatorname{tg} \beta = \frac{F_2}{F_1}$$

COMPUNEREA FORȚELOR CONCURENTE PRIN METODĂ ANALITICĂ

Două forțe concurente având aceeași direcție și sens

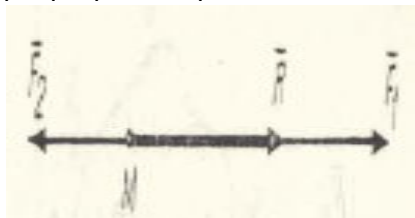
$$|R| = |F_1 + F_2|$$

$$\operatorname{tg} \beta = 0 \quad (\beta = 0)$$



Două forțe concurente având aceeași direcție dar sensuri diferite

$$|R| = |F_1 - F_2|$$

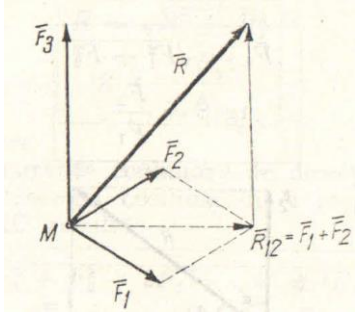


Trei forțe concurente având direcții arbitrare în spațiu

Modulul forței rezultante se obține prin ridicarea la pătrat a ecuației vectoriale de compunere a forțelor.

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

$$|\vec{R}| = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2 + 2F_1F_2 \cos(\vec{F}_1, \vec{F}_2) + 2F_1F_3 \cos(\vec{F}_1, \vec{F}_3) + 2F_2F_3 \cos(\vec{F}_2, \vec{F}_3)}$$



$$\cos \alpha_1 = \frac{F_1 + F_2 \cos(\vec{F}_1, \vec{F}_2) + F_3 \cos(\vec{F}_1, \vec{F}_3)}{R}$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{F_1 \cos(\vec{F}_1, \vec{F}_2) + F_2 + F_3 \cos(\vec{F}_2, \vec{F}_3)}{R}$$

$$\cos \alpha_3 = \frac{F_1 \cos(\vec{F}_1, \vec{F}_3) + F_2 \cos(\vec{F}_2, \vec{F}_3) + F_3}{R}$$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ sunt unghiurile formate de forța rezultantă R cu vectorii F1, F2, F3.

COMPUNEREA FORȚELOR CONCURENTE PRIN METODĂ ANALITICĂ

TREI FORȚE CONCURENȚE AVAND DIFERITE DIRECȚII ÎN SPAȚIU

Dacă forțele F1, F2, F3 sunt definite folosind proiecțiile lor pe axele Ox, Oy și Oz, forța rezultantă a celor trei forțe compuse este:

$$\vec{F}_1 = F_{1x} \cdot \vec{i} + F_{1y} \cdot \vec{j} + F_{1z} \cdot \vec{k}$$

$$\vec{F}_2 = F_{2x} \cdot \vec{i} + F_{2y} \cdot \vec{j} + F_{2z} \cdot \vec{k}$$

forma vectoriala

$$\vec{F}_3 = F_{3x} \cdot \vec{i} + F_{3y} \cdot \vec{j} + F_{3z} \cdot \vec{k}$$

$$R_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x}$$

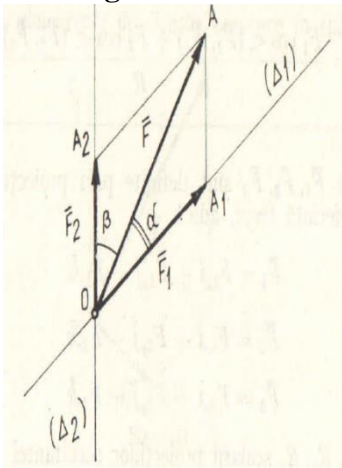
$$R_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y}$$

forma scalara

$$R_z = F_{1z} + F_{2z} + F_{3z}$$

DESCOMPUNEREA UNEI FORȚE DUPA 2 DIRECȚII CONCURENTE DATE

Metoda grafică



Metoda analitică:

$$\frac{F_1}{\sin \beta} = \frac{F_2}{\sin \alpha} = \frac{F}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$F_1 = F \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$F_2 = F \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$F_1 = F \cos \alpha = F \sin \beta$$

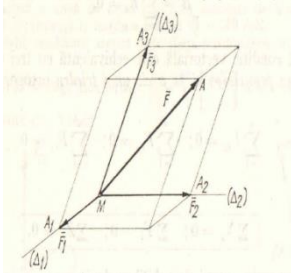
$$F_2 = F \sin \alpha = F \cos \alpha \beta$$

and Δ_1 este perpendicular pe Δ_2 :

DESCOMPUNEREA UNEI FORȚE DUPA DIRECTII CONCURENTE DATE

DESCOMPUNEREA UNEI FORȚE DUPA 3 DIRECTII NECOPLANARE CONCURENTE

Metoda grafică: teorema proiecției



Metoda analitică:

se deduce la

$$\vec{F}_1 = k_F (\vec{OA}_1)$$

$$\vec{F}_2 = k_F (\vec{OA}_2)$$

$$\vec{F}_3 = k_F (\vec{OA}_3)$$

ECHILIBRUL PUNCTULUI MATERIAL LIBER

Dacă luăm în considerare un punct material liber care se află în repaus față de un sistem de referință inerțial, trebuie să găsim condiția necesară și suficientă pentru ca punctul material să continue să rămână în repaus după ce a fost supus unui sistem de forțe - adică să rămână în echilibru.

Conform principiului paralelogramului forțelor, sistemul de forțe aplicate este echivalent cu o forță

rezultantă:
$$R = \sum_{i=1}^n F_i$$

$$R = \sum_{i=1}^n F_i = 0$$

sau

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0; \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0; \sum_{i=1}^n F_{iz} = 0$$

sau

$$\sum_{i=1}^n X_i = 0; \sum_{i=1}^n Y_i = 0; \sum_{i=1}^n Z_i = 0$$

Conform principiului inerției punctului material: punctul material își menține starea de repaus dacă asupra lui nu se exercită nicio forță.

Pentru a îndeplini condiția de echilibru de translație, este necesar și suficient ca rezultanta sistemului de forțe concurente să fie zero.

PÂRGHII

Definiție: O pârghie este o bară rigidă care se mișcă în jurul unui punct fix numit punct de sprijin.

Două forțe acționează asupra unei pârghii :

o forță activă F , care pune pârghia în mișcare

o forță de rezistență R , care trebuie depășită

În cazul pârghiei osoase, punctul de sprijin S este reprezentat de axa biomecanică de mișcare, punctul de sprijin pe sol sau orice dispozitiv (în sală).

Forța de rezistență R este reprezentată de greutatea corpului sau a segmentului în mișcare iar forța activă F este mușchiul care efectuează mișcarea.

Actiunea pârghiilor se bazează pe echilibrul momentelor celor două forțe: activă și rezistență pasivă.

$$M_F = M_R; M_F = F \cdot b_f; M_R = R \cdot b_R$$

$$F \cdot b_f = R \cdot b_R \Rightarrow \frac{F}{R} = \frac{b_f}{b_R}$$

Sau:

MF - momentul forței active;

MR - momentul forței de rezistență;

bF – brațul forței active;

bR - brațul forței rezistente.

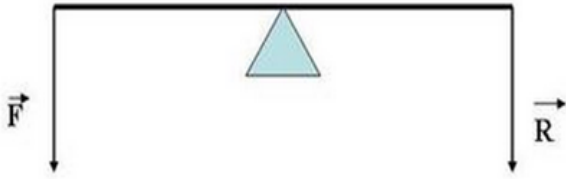
Pârghiile sunt caracterizate de trei puncte principale:

- Punctul de aplicare a forței active F

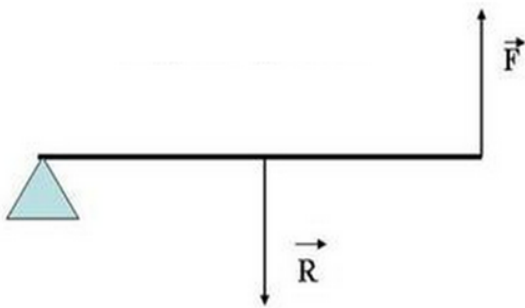
- Punctul de aplicare a rezistenței R

- Punctul de aplicare S al forțelor rezultante, numit punctul de sprijin al pârghiei în jurul căruia forțele F și R conferă pârghiei o mișcare de rotație.

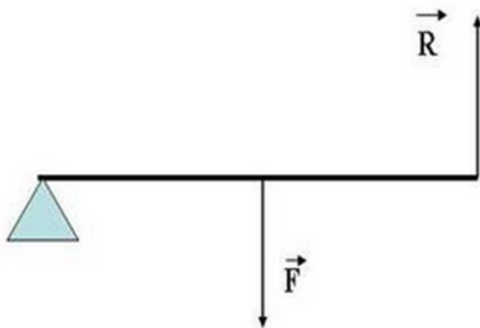
CLASIFICAREA PARGHIILOR SE FACE IN FUNCTIE DE CELE TREI PUNCTE DE APLICARE A FORTEI ACTIVE F, REACTIVE R SI A PUNCTULUI DE SPRIJIN S



PÂRGIA DE GRADUL I are punctul de sprijin situat între punctele de aplicare a celor doua forte.



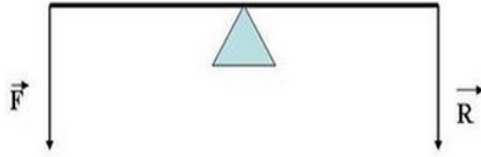
PÂRGIA DE GRADUL II are punctul de sprijin la un capăt și punctul de aplicare a forței active la celălalt capăt.



PÂRGIA DE GRADUL III are punctul de sprijin situat la un capăt și punctul de aplicare al forței de rezistență la celălalt capăt.

EXEMPLE DE PARGHII

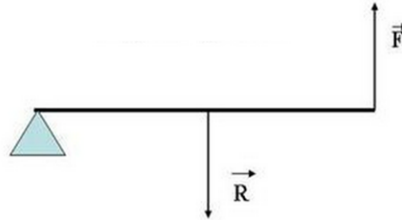
Pârghia de gradul I are punctul de sprijin situat între punctele de aplicare a celor două forțe



Exemple de pârghii de gradul I: cântar, balansoar, foarfece, clește, rangă, clește.

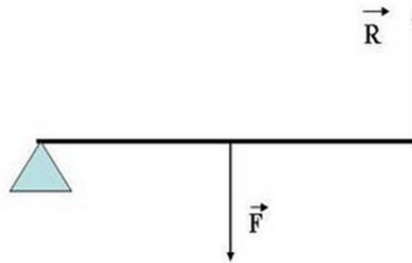
Pârghia de gradul doi are punctul de sprijin la un capăt și punctul de aplicare a forței active la celălalt capăt.

Exemple de pârghii de gradul doi: roabă, spărgător de nuci, pedală de frână, pumn, vâslă etc.



Pârghia de gradul trei are punctul de sprijin situat la un capăt și punctul de aplicare a forței de rezistență la celălalt capăt.

Exemple de pârghii de gradul trei: capsator, greblă, undiță etc.



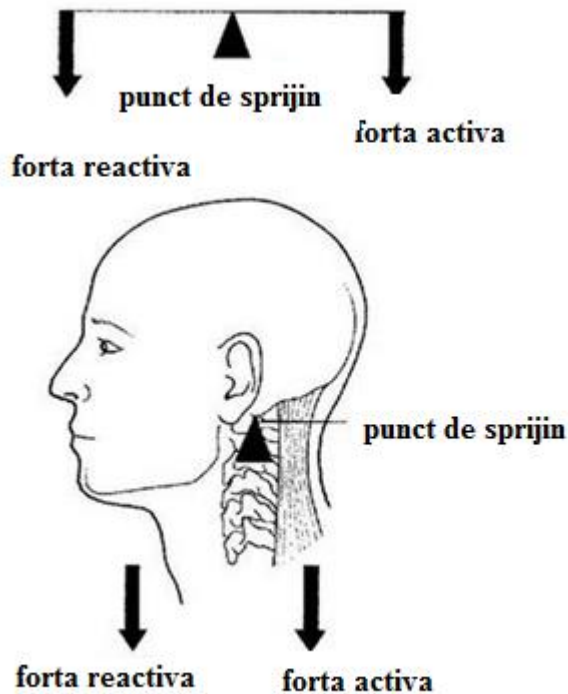
PÂRGII DIN CORPUL UMAN

Pârghiile de gradul I sunt pârghiile de echilibru, deoarece realizează echilibrul static.

Forța reactivă este reprezentată de greutatea corpului sau a segmentului care se mișcă și

Forța activă este reprezentată de inserția pe segmentul osos al mușchiului care realizează mișcarea.

IDENTIFICAREA PÂRGIILOR DE GRADUL I DIN CORPUL UMAN :



TRUNCHIUL ESTE IN ECHILIBRU PE PICIOARE ca o pârghie de gradul I

CAPUL ESTE IN ECHILIBRU PE COLOANA VERTEBRALA.

Punctul de sprijin este vertebra atlas,

Forța de reactivă este greutatea capului, care tinde să cadă înainte, iar

Forța activă este dezvoltată de mușchii gâtului care împiedică capul să cadă înainte.

ANTABRAȚUL ÎN EXTENSIE acționează ca o pârghie de gradul I:

când se face îndoirea și extinderea brațelor în poziția „stând pe mâini”, antebrațul acționează ca o pârghie de gradul I, mușchii extensori preiau rolul de agoniști atât în mișcarea de extensie, cât și în cea de flexie, îndoirea brațelor în această poziție o face greutatea și o gradează mușchii extensori (triceps), iar extensia coatelor este realizată de mușchii extensori;

CÂND PICIOARELE SUNT FIXATE DE PODEA

- **în situația în care piciorul este fixat pe sol** (la mers, alergare, momentul bătăii în săritură, cădere de la înălțime),
- segmentul gambei este tot o pârghie de ordinul I cu punctul de sprijin la mijloc.

IDENTIFICAREA PÂRGIILOR DE GRADUL II DIN CORPUL UMAN



Aceste pârghii au, de obicei, formă de pană.

Exemple:

Dinții incisivi

Dinții canini

Piciorul având ca rezistență greutatea corpului transmisă prin tibie

- Greutatea corpului este aplicată la nivelul articulației tibio-tarsiene, astfel încât forța o vor da mușchii inserați prin tendonul lui Ahile pe calcaneu;
- punctul de sprijin, când stăm pe vârful picioarelor, se află la extremitatea metatarsienelor în contact cu solul;

Segmentul membrului superior în timpul executării flotărilor.

IDENTIFICAREA PÂRGIILOR DE GRADUL III DIN CORPUL UMAN



PÂRGIILE DE GRADUL III sunt pârgii de deplasare, ele utilizând o forță mare pentru a învinge o forță mică, în schimb deplasează mult punctul de aplicație a forței rezistente.

Acest tip de pârgii este cel mai frecvent întâlnit în corpul uman.

La acest tip de pârgii punctul de aplicație al forței active – locul de inserare a mușchiului – se află întru punctul de sprijin – articulația – și punctul de aplicație a forței rezistente.

Antebrațul în flexie funcționează ca o pârgie de gradul al III-lea când mușchii flexori se contractă pentru a-l ridica; Bicepsul se contractă producând o forță care are punctul de aplicație pe antebraț.

În acest caz, brațul forței active este de aproximativ 8 ori mai mic decât brațul forței rezistente, rezultă că forța activă trebuie să fie de 8 ori mai mare decât forța rezistentă;

• ***Coastele, în timpul respirației, la inspirație și expirație.***

- Articulația costo – vertebrală reprezintă punctul de sprijin, zonele de inserție a mușchiului pe corpul coastei reprezintă punctul de aplicație al forței active iar partea anterioară a coastelor reprezintă rezistența;
- ***Gamba acționează ca o pârgie de gradul III, la fotbal, în cazul unui voleu, piciorul nu este fixat pe sol, deci punctul de aplicație al forței active se află la mijloc iar rezistența este reprezentată de un ansamblu de forțe (greutatea mingii, greutatea piciorului etc.).***
- Spre exemplu, însumând greutatea piciorului, greutatea gambei, greutatea obiectului lovit (mingii), forța de contracție a extensorilor gambei pe coapsă, precum și valorile accelerației rezultate din pendularea gambei spre înainte, rezultă că o minge de fotbal poate fi lovită cu o forță de aproximativ 2 kN chiar de un individ neantrenat;
- ***Mâna, atunci când prinde obiectele ca o pensă.***

BALANTE

În secolul al XVIII-lea, observațiile și câștigurile în sensibilitate datorate lui Lavoisier au fost propice utilizării eficiente în laboratoare.

Balanta lui Roberval a fost perfecționată de Béranger care a redus forțele laterale și frecarea prin înlocuirea tijelor de forță cu grinzi secundare mici.

În secolul al XX-lea balantele „Roberval” și „Béranger” se aflau pe toate ghișeele magazinelor când, în a doua jumătate a secolului al XX-lea a apărut „cântarul automat” cu cadran gradat, circular sau de formă, prin poziția unui marcator în mișcare fără a fi nevoie să mișcăm manual greutatea.

Electronica se află la originea unei schimbări tehnologice cu cântare echipate cu ecrane și imprimante care oferă date dezirabile precum, în comerț, prețul cantității cântărite.

BALANTA DE MANA



Este folosită pentru a cântări cantități mici de substanță, de obicei 0,05g-100-200g.

Sunt cunoscute mai multe limitări, cum ar fi 0,25g; 0,5g; 1g; 2g; 5g; 10g; 20 g – cu sensibilitate în scădere.

Cântarul de mână constă dintr-o pârghie metalică suspendată cu o săgeată îndreptată în sus, cu două brațe egale care se balansează în jurul unui punct de sprijin cu o terminație ca un inel.

Balantele de mana pot fi simple sau cu cursor (calareti) .

La balantele de mână simple, cântărirea se face prin echilibrarea greutateii substanței pe unul dintre platane cu greutatea adecvată așezate pe platanul opus.

La balantele de mână cu cursor, unul dintre brațe (de obicei stânga) este gradat, iar cursorul care alunecă de-a lungul pârghiei indică greutatea cântărită (greutatea este așezată pe platan, de obicei brațul care nu cântărește).

Uneori se pot folosi greutatea adăugate treptat pe platanul brațului gradat.

Această operație nu este recomandată în mod special pentru cântărirea substanțelor foarte active.

BALANTA FARMACEUTICA se numeste balanta cu coloana, fiind cel mai folosita in farmacie.



Este folosita pentru a cântări de la 10 la 1000 g sau de la 500 g la 5 cg cu sensibilitate la centigrame.

Balanta este formata dintr-o coloana metalica, montata vertical pe o cutie sau suport, acoperita de obicei cu o placa de marmura cu 1-3 sertare.

Vârful coloanei se sprijină pe un cuțit, o pârghie orizontală cu brațe egale care sunt suspendate de cuțit, cu două tăvi.

Echilibrul balantei este indicat de indicatorul pozitionat in mijlocul manetei care oscileaza cu acesta in fata unui cadran gradat.

Balanta trebuie echilibrata înainte de fiecare cântărire.

Balanțele farmaceutice au un șurub de reglare a brațului la fiecare capăt.

BALANȚĂ ELECTRONICĂ



Principiul de funcționare al acestor balanțe se bazează pe variațiile caracteristicilor electrice ale anumitor materiale atunci când sunt supuse la compresiune mecanică.

Aceste variații electrice sunt măsurate și trimise la un cadran care oferă o indicație a masei sarcinii necunoscute care a comprimat materialul.

În funcție de cea mai mică masă pe care o pot măsura, balantele electronice sunt clasificate în funcție de cea mai mică diviziune și capacitatea tipică:

Balanță analitică:

Ultramicroanalitic (0,1 μ g / 3g)

Microanalitic (0,001 mg / 3 g)

Semimicroanalitic (0,01 mg / 30 g)

Macroanalitic (0,1 mg / 160 g)

Balanță de precizie (1 mg / 160 g - 60 kg)

BALANȚA ANALITICA

Se mai numesc și balanțe de precizie .

Sunt folosite pentru cântărire cu sensibilitate ridicată.

Erorile pot fi de ordinul zecilor de miligrame.

Acest tip de balanțe este utilizat în laboratoare pentru determinări analitice cantitative atunci când Farmacopeea folosește expresia „cântărit cu precizie”.

Rezultatele cântăririi sunt exprimate cu patru zecimale (Farmacopeea permite o eroare de $\pm 0,0002$ g).

Balanțe analitice XPE-a Balanța inteligentă Metler-Toledo

http://fr.mt.com/fr/fr/home/products/Laboratory_Weighing_Solutions/Analytical.html?smartRedirectEvent=true

Balanțele analitice XPE oferă cea mai înaltă performanță în cântărirea analitică și îndeplinesc cele mai stricte cerințe de siguranță, eficiență și conformitate. Datorită repetabilității lor scăzute, balanțe analitice XPE vă oferă beneficiul celei mai mici greutate minime.

Caracteristicile de management al calității, cum ar fi tehnologia inovatoare StatusLight™ și funcționalitatea brevetată StaticDetect™ elimină grijile legate de cântărire și vă oferă încredere deplină în rezultate. Disponând de o gamă largă de accesorii și opțiuni multiple de conectivitate, cântarele XPE cresc odată cu nevoile dvs. Vă veți bucura de o mulțime de posibilități de cântărire pentru anii următori. Proiectat, proiectat și fabricat în Elveția pentru o calitate și fiabilitate de neegalat. Obțineți funcții inteligente de cântărire: • Afișaj color nou cu funcție de avertizare StatusLight • Funcționalitate StaticDetect brevetată • Nouă tehnologie de eliminare a sarcinii electrostatice • TestManager™ care face testarea de rutină mai ușoară • Tavă de cântărire SmartGrid revizuită și revizuită • Software LabX® pentru instrucțiuni de lucru personalizate pe ecran .

Cea mai sensibilă balanță din lume poate realiza cântărirea yoctogramului

1 yg (yoctogram) = 10^{-24} g = 10^{-27} kg

http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/high-tech-thematique_193/la-balance-la-plus-sensible-au-monde-peser-au-yoctogramme-pres-article_71917/?utm_source=ABO&utm_medium=alerte&utm_campaign=tiThematic_6345

Cercetătorii catalani au reușit să măsoare cele mai mici unități de masă, 1 yoctogram, folosind o balanță al cărei principiu este centrat pe vibrația nanotuburilor scurte de carbon.

O miliardime de miliardime de milion de gram: cercetătorii catalani de la Institutul Catalan de Nanotehnologie din Barcelona au reușit să dezvolte cea mai sensibilă balanță din lume, suficient de sensibil pentru a măsura cele mai mici unități de masă... la cea mai apropiată yoctogramă, sau 10 la puterea minus 27 de kilograme Cântărirea unui atom până la ultimul său proton ar putea fi aproape !

Cele mai sensibile balanțe sunt în prezent capabile să măsoare mase de până la o sută de yoctograme și se bazează pe vibrația nanotuburilor când o masă se sprijină pe ele. Într-adevăr, este suficient să calculăm frecvența de vibrație a acestor nanotuburi pentru a deduce masa particulei sau moleculei care se sprijină pe ele.

Adrian Bachtold și colegii săi de la Institutul Catalan de Nanotehnologie au folosit nanotuburi mai scurte pentru a măsura mase și mai mici. Rezoluția este îmbunătățită, la temperatură scăzută. Echipamentul a fost plasat în condiții aproape de vid pentru a minimiza interferența cu alți atomi, având mare grijă să îndepărteze ultimii atomi răstăciți prin creșterea temperaturii nanotuburilor, rupând astfel orice potențiale legături cu alți atomi. Catalanii au putut apoi să cântărească un atom de xenon, la cea mai apropiată yoctogramă și, prin urmare, au putut măsura cel mai mic proton (adică 1,7 yoctograme).

Un astfel de echilibru ar putea ajuta la distingerea între diferitele elemente dintr-o probă, unele diferând doar prin câțiva protoni. De asemenea, ar putea ajuta la identificarea diferențelor de greutate de ordinul unui proton la nivel molecular, care ar putea fi un marker al bolii, facilitând potențial anumite diagnostice.

Balanțe tehnice de precizie sunt concepute pentru a fi utilizate în procesele de cântărire din laboratoare, cercetare, medicină, farmacie, educație, industria alimentară, electronică și interesul public general.
Balanțe tehnice economice cu platforme de cântărire separate – WLCK



Balante Analitice Ultra si Micro-Analitice

- Ultra Micro Balante 2g/0,1 μ g .. mai multe »
- Micro Balante si Balante Microanalitice 21g/1 μ g..
mai multe »»
- Balante Semianalitice Semi-Micro 102g / 0.01 mg
.. **mai multe** »»
- Balante Analitice de Precizie ... **mai multe** »»

www.multilab.ro/balante/balanta_farmacie.html

Exemple:

WLC 6/F1- capacitate: 6 Kg, Precizie 0,1 g

WLC 12/F1 - capacitate: 12 Kg, Precizie 0,2g

WLC 30/F1 - capacitate: 30 Kg, Precizie 0,5g

WLC 60/C21 - capacitate: 60 Kg, Precizie 1g

WLC 120/C2 - capacitate: 120 Kg, Precizie 2g

www.multilab.ro/balante/balanta_farmacie.html

4. TEORIA OSCILAȚIILOR

INTRODUCERE

OSCILAȚII sau mișcări oscilatorii reprezintă mișcările care se repetă periodic sau cvasi-periodic în timp. În funcție de natura lor fizică, se disting oscilații mecanice, electromagnetice etc.

Oscilațiile pot fi clasificate după mai multe criterii.

1. **Oscilațiile periodice** se disting *dacă toate valorile mărimilor fizice caracteristice procesului de oscilație se repetă la intervale regulate de timp* .

Intervalele minime de timp se numesc perioade T. Această valoare T este perioada oscilațiilor și reprezintă durata unei oscilații complete.

Frecvența oscilațiilor este numărul de oscilații complete efectuate pe unitatea de timp : $\nu = \frac{1}{T}$

Dependența de timp a oricărei mărimi fizice A care caracterizează o oscilație periodică are următoarea formă: $A(t) = A_0 + X(t)$

unde: A_0 = constant și $X(t)$ este o funcție periodică a timpului:

$$X(t+T) = X(t)$$

2. **oscilațiile sunt cvasi-periodice** dacă doar o parte din mărimile fizice caracteristice sunt de acest tip.

CLASIFICAREA OSCILATIILOR

In funcție de VARIAȚIA ÎN TIMP A MARIMILOR CARACTERISTICE, se pot distinge:

- OSCILAȚII PERIODICE în care toate mărimile fizice caracteristice procesului de oscilație se repetă la intervale regulate de timp.
Intervalul minim de timp este perioada de oscilație T și este perioada unei oscilații complete.
Frecvența (ν) este numărul de oscilații complete efectuate pe unitatea de timp.
- OSCILAȚII cvasi-periodice pentru care doar o parte din marimile fizice caracteristice sunt cvasi-periodice.

În funcție de TIPUL DE FORȚE EXTERNE CARE DETERMINĂ OSCILAȚIILE, se pot distinge:

- OSCILAȚII LIBERE (care apar în absența forțelor exterioare de frecare sau de menținere a mișcării)
- OSCILAȚII AMORTIZATE (forțe de frecare sunt prezente)
- OSCILAȚII FORȚATE (sub acțiunea forțelor externe care mențin mișcarea)

In funcție de TIPUL DE ECUAȚII DIFERENȚIALE CARE LE DETERMINĂ, oscilațiile se clasifică astfel:

- OSCILAȚII LINEARE dacă ecuațiile corespunzătoare de mișcare sunt ecuații diferențiale liniare.
- OSCILAȚII NELINIARE altfel.

MIȘCARE OSCILATORIE ARMONICĂ

Cea mai simplă mișcare oscilatorie este mișcarea oscilatorie armonică care este mișcarea care are loc sub acțiunea unei forțe elastice.

Forța elastică este o forță al cărei sprijin trece întotdeauna printr-un punct fix 0 (centrul de mișcare) a cărei mărime este proporțională cu distanța dintre 0 și punctul de aplicare al forței și a cărei direcție este opusă deplasării.

Expresia forței elastice este: $\vec{F}_e = -k \cdot \vec{r}$

unde k este o constantă de proporționalitate numită constantă de elasticitate sau coeficient de elasticitate. După aceea, luăm în considerare doar mișcarea oscilatorie armonică unidimensională pe axa Ox.

În acest caz, forța elastică are forma $F_e = -kx$, unde distanța $x = x(t)$ față de centrul O se numește alungire.

Problema este de a studia mișcarea unui punct material asupra căruia se exercită o forță elastică.

Sistemul astfel format se numește oscilator armonic liniar .

Ecuatia caracteristică pentru acest sistem este:

$$\boxed{m \cdot \ddot{x} + kx = 0} \quad \text{sau} \quad \boxed{m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} + kx = 0} \quad (1)$$

Dacă împărțim ecuația (1) la masa m a oscilatorului și dacă introducem notația pentru pulsație proprie

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

atunci ecuația (1) devine: $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$ (2)

$$\text{sau} \quad \frac{d^2 x}{dt^2} + \omega^2 x = 0 \quad (3)$$

Această ecuație se numește ecuația diferențială a mișcării oscilatorii armonice liniare.

Ecuatia diferențială a mișcării oscilatorii armonice liniare $\boxed{\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega^2 x = 0}$

Soluția acestei ecuații este ecuația oscilației și poate fi scrisă sub următoarea formă: $\boxed{x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)}$

Mărimile A și φ sunt constante și depind de condițiile inițiale ale mișcării.

Argumentul funcției cos în legea mișcării este: $\psi(t) = \omega t + \varphi_0$ – adică mărimea Ψ se numește faza de mișcare și φ_0 se numește faza inițială.

La momentul inițial $t = 0$ faza devine $\psi(0) = \varphi$

și deci reprezintă faza de referință care se numește faza inițială a mișcării.

dacă $\omega t + \varphi = 2n\pi$ apoi, $\cos(\omega t + \varphi) = 1$

deci alungirea maximă x este A care este domeniul de mișcare.

Mișcarea oscilatorie armonică simplă este mișcare periodică.

Alungirea x(t) este periodică în timp și are aceeași valoare cu cât timpul t crește cu o perioadă, după cum urmează:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi) = A \cos[\omega(t + T) + \varphi]$$

Frecvența oscilației este: $\omega t = 2\pi$ ou $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$

Viteza punctului material în mișcarea oscilatorie armonică este: $v = \dot{x} = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$

Accelerația este: $a = \ddot{x} = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x$

Prin urmare, într-o mișcare oscilatorie armonică, accelerația este proporțională și opusă alungirii.

Legea mișcării oscilatorii armonice și liniare poate fi pusă în una dintre următoarele forme care sunt echivalente:

$$x = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$$

$$x = a \cdot \sin \omega t + b \cdot \cos \omega t$$

$$x = C_1 \cdot e^{i\omega t} + C_2 \cdot e^{-i\omega t}$$

$$x = A \cdot e^{i(\omega t + \varphi)}$$

Energia cinetică E_c a unui oscilator armonic liniar este:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \omega^2 \cdot A^2 \cdot \sin^2(\omega \cdot t + \varphi)$$

Energia potențială E_p este egală cu lucrul mecanic necesar pentru deplasarea oscilatorului din poziția inițială în poziția finală x .

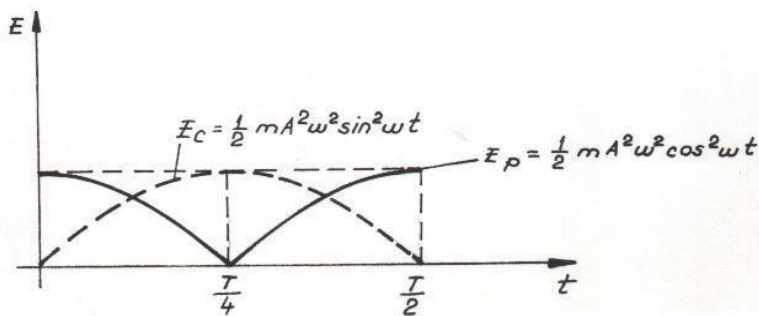
Prin urmare, energia potențială va fi: $E_p = \int_0^x k \cdot x dx = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2$

Ținând cont de forma alungirii dată mai sus, putem scrie: $E_p = \frac{1}{2} \cdot k \cdot A^2 \cdot \cos^2(\omega \cdot t + \varphi)$

Dacă $k = m \cdot \omega^2$, se scrie și ultima relație:

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot m \cdot A^2 \cdot \omega^2 \cdot \cos^2(\omega \cdot t + \varphi) = 2 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot v^2 \cdot A^2 \cdot \cos^2(\omega \cdot t + \varphi)$$

Energia totală E este: $E = E_c + E_p = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \omega^2 \cdot A^2 = 2 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot v^2 \cdot A^2$



MIȘCAREA OSCILATORIE AMORTIZATĂ

Definiție:

Oscilațiile sunt atenuate atunci când amplitudinea scade în timp. Ele apar atunci când are loc o disipare a energiei sub acțiunea forțelor de frecare.

Dacă un corp se mișcă într-un mediu cu o viteză relativ mică $v = \dot{x}$ atunci forța de rezistență rezultată este proporțională cu viteza, adică: $F_r = -r \cdot \dot{x}$

unde $r > 0$ este un coeficient care depinde de natura mediului și de forma corpului în mișcare și se numește **coeficient de rezistență**

Oscilațiile amortizate sunt oscilațiile unui sistem asupra căruia acționează două forțe:

forța elastică: $F_e = -k \cdot x$

și forța de rezistență : $F_r = -r \cdot \dot{x}$

Pentru a determina legea oscilației, ecuația mișcării este utilizată după cum urmează:

Folosim : $m \cdot \ddot{x} = \frac{r}{m} \cdot \dot{x} + \frac{k \cdot x}{m}$

- coeficientul de amortizare δ

- pulsație proprie: ω_0 - pulsație pe care un sistem ar avea-o numai sub acțiunea forței elastice.

Ecuația diferențială pentru mișcarea oscilativă amortizată este: $\ddot{x} + 2 \cdot \delta \cdot \dot{x} + \omega_0^2 \cdot x = 0$ Sau

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2 \cdot \delta \cdot \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 \cdot x = 0$$

Ecuația diferențială pentru mișcarea oscilativă amortizată:

$$\ddot{x} + 2 \cdot \delta \cdot \dot{x} + \omega_0^2 \cdot x = 0$$

Rezolvarea acestei ecuații se poate obține dacă facem înlocuirea:

$$x(t) = z(t) \cdot e^{-\delta \cdot t}$$

și obținem: $\ddot{z} + (\omega_0^2 - \delta^2) \cdot z = 0$

- **Dacă elasticitatea predomina rezistenței mediului: $\omega_0^2 > \delta^2$**

putem introduce notația $\alpha^2 = \omega_0^2 - \delta^2$

Unde α reprezintă pseudopulsația care este o constantă pozitivă.

$$\text{În consecință: } \ddot{z} + \alpha^2 \cdot z = 0 \quad (19)$$

astfel, obținem o ecuație de forma ecuației diferențiale a mișcării oscilatorii armonice.

$$\text{Soluția poate fi scrisă astfel: } z(t) = A \cdot \cos(\alpha \cdot t + \varphi) \quad (20)$$

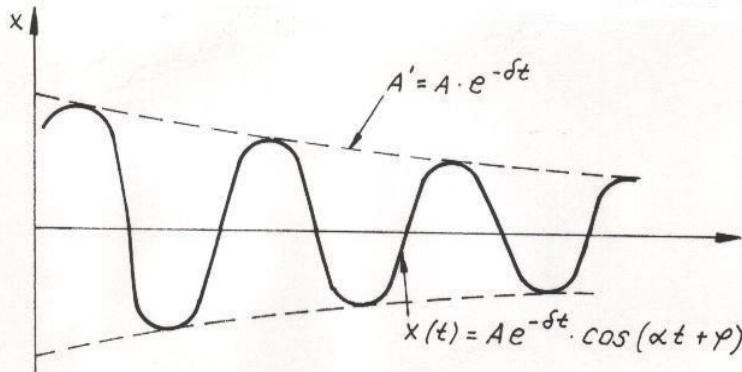
$$\text{deci legea mișcării este: } x(t) = A \cdot e^{-\delta \cdot t} \cdot \cos(\alpha \cdot t + \varphi) \quad (21)$$

$$\text{Dacă notăm: } A'(t) = A \cdot e^{-\delta \cdot t} \quad (22)$$

care reprezintă intervalul de mișcare: $x(t) = A'(t) \cdot \cos(\alpha \cdot t + \varphi)$

Legea mișcării: $x(t) = A'(t) \cdot \cos(\alpha \cdot t + \varphi)$

Expresia de mai sus arată că alungirea x variază periodic cu o amplitudine care scade exponențial în timp.



Prin analogie cu mișcarea oscilatorie armonică, **pseudoperioda** mișcării oscilatorii amortizate este α .

În mod similar definim o pseudoperioadă $T = \frac{2 \cdot \pi}{\alpha}$

O altă mărime care caracterizează oscilațiile amortizate este decrementul logaritmic definit ca logaritmul natural al raportului a două valori succesive de amplitudine separate printr-un interval de timp egal cu o pseudoperioadă: $\lambda = \ln \frac{A'(t)}{A'(t+T)} = \ln \frac{A \cdot e^{-\delta \cdot t}}{A \cdot e^{-\delta(t+T)}} = \delta \cdot T$

- Dacă rezistența mediului predomina elasticității, astfel încât: $\omega^2 < \delta^2$

putem scrie: $\beta^2 = \delta^2 - \omega^2 > 0$

Ecuția diferențială a mișcării oscilatorii amortizate devine:

$$\ddot{z} - \beta^2 \cdot z = 0$$

cu soluția: $z(t) = C_1 \cdot e^{\beta \cdot t} + C_2 \cdot e^{-\beta \cdot t}$ (25)

astfel încât legea mișcării oscilatorii amortizate se va scrie:

$$x(t) = z(t) \cdot e^{-\delta \cdot t} = C_1 \cdot e^{-(\delta - \beta) \cdot t} + C_2 \cdot e^{-(\delta + \beta) \cdot t}$$
 (26)

Pentru că în acest caz $\delta > \beta$ rezultă că fiecare termen exponențial scade monoton în timp.

Miscarea își pierde caracterul periodic iar amortizarea este aperiodică.

Dacă în starea inițială sistemul este retras din poziția de echilibru, acesta revine asimptotic la starea de echilibru.

MIȘCAREA OSCILATORIE FORȚATĂ

Oscilații forțate

Oscilațiile forțate sunt oscilațiile efectuate de un punct material asupra căruia se exercită trei forțe:

O forță elastică: $F_e = -k \cdot x$

O forță de rezistență: $F_r = -r \cdot \dot{x}$

O forță periodică externă: $F' = F_0 \cdot \cos \omega t$

Experiența arată, iar calculele teoretice o confirmă, că în primele momente ale acțiunii forței exterioare oscilațiile nu mai au un caracter staționar, adică o amplitudine și un impuls constant. În acest caz pulsația și amplitudinea variază după o lege complicată și regimul acestor oscilații se numește regim tranzitoriu.

Ecuția mișcării este: $m \cdot \ddot{x} = -k \cdot x - r \cdot \dot{x} + F_0 \cdot \cos \omega \cdot t$

$$\ddot{x} + \frac{r}{m} \cdot \dot{x} + \frac{k}{m} \cdot x - \frac{F_0}{m} \cdot \cos \omega \cdot t = 0$$

Observăm: $\frac{r}{m} = 2 \cdot \delta$; $\frac{k}{m} = \omega_0^2$; $\frac{F_0}{m} = f$

Ecuția diferențială a oscilației forțate **sau ecuația mișcării oscilatorii forțate este:**

$$\ddot{x} + 2 \cdot \delta \cdot \dot{x} + \omega_0^2 \cdot x = f \cdot \cos \omega \cdot t$$

Marimea δ este coeficientul de amortizare iar ω_0 este pulsația proprie a oscilațiilor.

În regim staționar, soluția ecuației

$$\ddot{x} + 2 \cdot \delta \cdot \dot{x} + \omega_0^2 \cdot x = f \cdot \cos \omega \cdot t \quad (29)$$

$$\text{este: } x = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi) \quad (30)$$

unde constantele A și φ trebuie determinate în funcție de dimensiunile lui ω și f care sunt implicate în ecuația (29).

Diferențiând ecuația (30) de două ori în funcție de timp și înlocuind formula (16), obținem :

$$(\omega_0^2 - \omega^2) \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi) - 2 \cdot \delta \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi) = \frac{f}{A} \cdot \cos \omega \cdot t$$

Ultima egalitate trebuie să fie variabilă în orice moment.

La momentul t_1 pentru care: $\omega \cdot t_1 + \varphi = 2 \cdot \pi$

adica : $\omega \cdot t_1 = 2 \cdot \pi - \varphi$

deoarece $\cos(2 \cdot \pi - \varphi) = \cos \varphi$

$$\text{rezultă că } \omega_0^2 - \omega^2 = \frac{f}{A} \cdot \cos \varphi \quad (32)$$

La momentul t_2 astfel încât $\omega \cdot t_2 + \varphi = \frac{\pi}{2}$

deoarece $\cos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right) = \sin \varphi$

relația (31) devine: $2 \cdot \delta \cdot \omega = -\frac{f}{A} \cdot \sin \varphi$

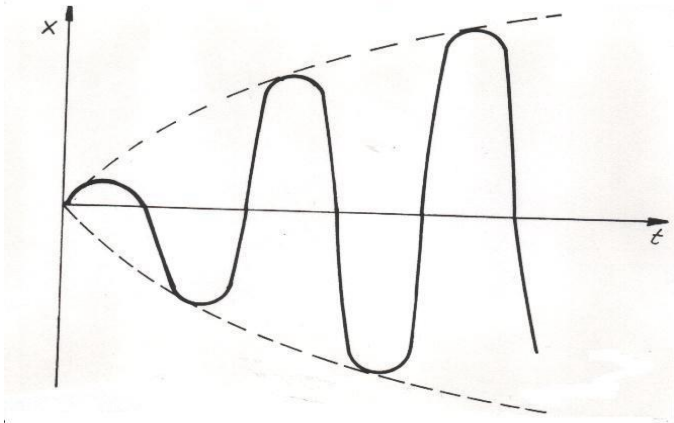
Punând la pătrat ultimele două relații și adunându-le, obținem: $A = \frac{f}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4 \cdot \delta^2 \cdot \omega^2}}$

Împărțind (33) la (32) obținem: $\operatorname{tg} \varphi = \frac{2 \cdot \delta \cdot \omega}{\omega^2 - \omega_0^2}$

Relațiile obținute rezolvă problema în așa fel încât în condiții de echilibru, soluția ecuației (29) este:

$$x = \frac{f}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4 \cdot \delta^2 \cdot \omega^2}} \cdot \cos\left(\omega \cdot t + \operatorname{arctg} \frac{2 \cdot \delta \cdot \omega}{\omega^2 - \omega_0^2}\right)$$

Dacă corpul este inițial în repaus și asupra lui începe să acționeze o forță periodică externă, atunci începe să efectueze oscilații forțate, a căror amplitudine crește până când atinge valoarea maximă dată de relația (20).



Din relațiile (34) și (35) vedem că amplitudinea A și faza inițială a oscilațiilor forțate depind de pulsația forței externe.

Valoarea pulsației forței externe se numește **pulsatie de rezonanță** iar **fenomenul de desfășurare a unei oscilații forțate de amplitudine maximă sub acțiunea forței externe se numește în acest caz REZONANȚA**.

Pulsatia de rezonanță se obține din condiția extremă $\frac{dA}{d\omega} = 0$ și efectuând derivata, obținem

$$\omega_{rez} = \sqrt{\omega_0^2 - 2 \cdot \delta^2}$$

Valoarea maximă a amplitudinii se numește **amplitudine de rezonanță** și se obține prin substituirea

valorii pulsației de rezonanță în expresii amplitudinii $A_{rez} = \frac{f}{2 \cdot \delta \cdot \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}}$

Dacă pulsația de rezonanță este zero atunci din relația (23) obținem: $\omega_{rez} = \omega_0$

adică, în acest caz, rezonanța se obține atunci când pulsația forței periodice exterioare este egală cu pulsația oscilației.

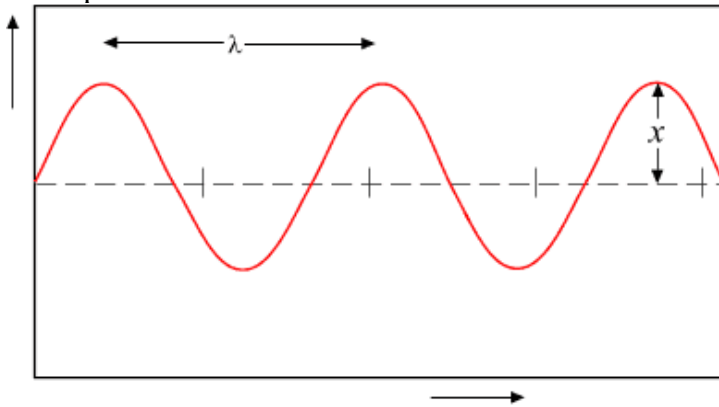
5. TEORIA UNDELOR

INTRODUCERE ÎN TEORIA UNDELOR

Definiție : Locul tuturor punctelor care au aceeași fază se numește UNDA .

- λ - lungimea de unda este distanta minima dintre doua puncte din spatiu care oscileaza in faza

x - amplitudinea

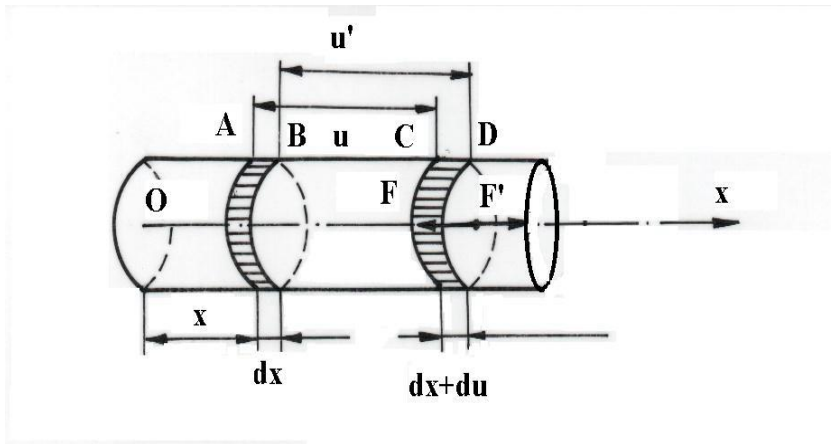
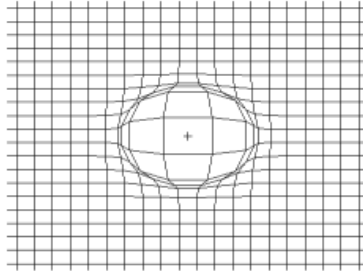
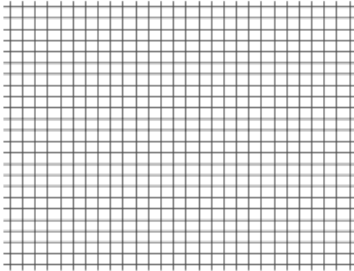


Definiție:

Setul de oscilații ale punctului material al unui mediu elastic se numește undă elastică.

UNDE LONGITUDINALE

Undele pentru care viteza instantanee a fiecărei particule este paralelă cu direcția de propagare a undei în punctele în care se află particula se numesc unde longitudinale. Când o undă longitudinală se propagă, se creează vibrații locale de presiune.



Dacă în fir se propagă o perturbare de-a lungul axei Ox, atunci elementul dx se deformează (alungire sau compresie) conform legii lui Hooke și dă naștere forței:

$$F = SE \frac{\partial u}{\partial x} = k \frac{\partial u}{\partial x} \quad (4)$$

Se ia în considerare perturbația care se propagă de-a lungul unui fir elastic unde undele longitudinale se propagă în direcția Ox.

Ele produc deformatii elastice locale.

Forțele exercitate asupra diferitelor secțiuni sunt diferite astfel încât asupra secțiunii S din stânga elementului ($dx + du$) se aplica forța F și asupra secțiunii S' din dreapta elementului ($dx+ du$) se aplica forța F', rezultanta lor fiind:

$$F' - F = \Delta F = \frac{\partial F}{\partial x} \cdot \Delta x \quad (5)$$

În afară de efectul de distorsiune, cele două forțe au un efect de accelerare prin rezultanta lor.

Putem scrie a doua lege a lui Newton:

$$\Delta m \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = F + \Delta F - F = \Delta F \quad (6)$$

Dar $F = F(x)$, astfel încât $F(x) + \Delta F = F(x + \Delta x)$

Apoi scrieți dezvoltarea în serie Taylor a forței F sub forma:

$$F(x + \Delta x) = F(x) + \Delta x \cdot \frac{\partial F}{\partial x} + \Delta x^2 \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial^2 x^2} + \dots = 0 \quad (7)$$

Termenii de ordin superior sunt neglijați.

Variația forței are forma: $\Delta F = \frac{\partial F}{\partial x} \cdot \Delta x \quad (8)$

și în același timp $\Delta m \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial F}{\partial x} \cdot \Delta x \quad (9)$

Având în vedere efectul de deformare, se obține o a doua relație între x și u :

$$\frac{E}{S} = E \cdot \varepsilon \text{ sau } \sigma = E \cdot \varepsilon$$

Ecuția diferențială parțială pentru undele elastice longitudinale este:

$$\frac{\rho}{E} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

(15)

Soluția acestei ecuații este: $u = f_1(x - ct) + f_2(x + ct) \quad (16)$

unde f_1 și f_2 sunt funcții arbitrare și

c este viteza de propagare a undelor elastice longitudinale:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (17)$$

Deci putem scrie:

$$\boxed{\frac{1}{c^2} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}}$$

Dacă luăm în considerare propagarea în spațiu, putem arăta că ecuația pentru propagarea undelor în

spațiu este: $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (18)$

iar membrul stâng funcția este laplacianul

Deci putem scrie ecuația diferențială parțială a undelor pentru propagarea lor în spațiu

$$\Delta u = \frac{1}{c^2} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (19.1)$$

Sau

$$\left(\Delta - \frac{1}{c^2} \cdot \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)u = 0 \quad (19.2)$$

În ecuațiile în care $\frac{\partial u}{\partial t}$ apare fenomenul de absorbție a undelor atenuate.

Ecuția diferențială parțială pentru descrierea undelor

Ecuția diferențială parțială a undelor elastice pe o direcție este

$$\frac{1}{c^2} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

Ecuția diferențială parțială pentru propagarea undelor în spațiu este

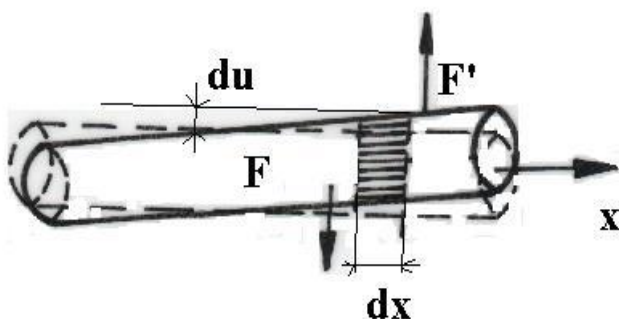
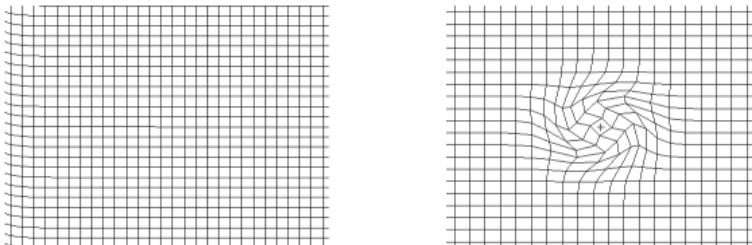
$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$

Unde c este viteza de propagare a undelor longitudinale

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 2,997924 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$

UNDE TRANSVERSALE

Undele pentru care viteza instantanee a unei particule este perpendiculară pe direcția de propagare a undei se numesc unde transversale.



Se ia în considerare o bară care, în stare nedeformată, este desenată cu o linie întreruptă, așa cum se arată în figură.

Dacă bara este lovită transversal, va începe să vibreze și la un moment dat se va afla într-o poziție determinată de linia continuă din figură.

O secțiune elementară a barei se va deplasa transversal către poziția de echilibru, după deformarea acesteia, cu valoarea du .

Secțiunea dx este supusă forțelor F' și F care acționează tangențial la suprafețele S' și S ale secțiunilor și produc o deformare prin forfecare.

Această deformare prin forfecare va fi caracterizată de mărimea:

$$\gamma = \frac{\partial u}{\partial x} \quad (30)$$

Deformarea de forfecare este proporțională cu forța tangențială pe unitatea de suprafață

$$\gamma = \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{G} \frac{F}{S} \quad (31)$$

Prin urmare, forța care acționează asupra mediului considerat în cazul propagării transversale a undelor elastice are forma:

$$F = G.S. \frac{\partial u}{\partial x} \quad (32)$$

G se numește modul de forfecare.

Rezultanta forțelor F' și F se scrie:

$$F' - F = \frac{\partial F}{\partial x} dx \quad (33)$$

și produce un efect de accelerator asupra elementului dx care, conform celui de-al doilea principiu al

dinamicii, se scrie:
$$\frac{\partial F}{\partial x} dx = \rho \cdot S \cdot dx \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (34)$$

În această relație ρ este densitatea mediului și S este secțiunea barei la un moment dat, deci putem scrie:

$$\frac{\partial F}{\partial x} = \rho \cdot S \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (35)$$

Deoarece forța are forma: $F = G \cdot S \cdot \frac{\partial u}{\partial x}$

prin urmare:
$$\frac{\partial F}{\partial x} = G \cdot S \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (36)$$

Și astfel obținem ecuația diferențială parțială a propagării unei transversale într-o bară:

$$\frac{\rho}{G} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (37)$$

unde viteza de propagare a undelor transversale este $v = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$

Ecuația de undă devine:
$$\frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (38)$$

Ecuația de undă în cazul tridimensional devine:

$$\frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (39)$$

$$\frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \Delta u$$

unde Δu se numește laplacianul funcției u .

Rezolvarea acestei ecuații are forma: $u(x, t) = f_1(x - vt) + f_2(x + vt)$

ECUAȚIA ȘI SOLUȚIA ECUAȚIEI UNDELOR

ecuația timpului valului $\omega^2 + \frac{1}{T} \frac{d^2 T}{dt^2} = 0$

Soluție temporară $T = C_1 e^{i\omega t} + C_2 e^{-i\omega t}$

ecuația undelor spațiale $\frac{1}{X} \frac{d^2 X}{dx^2} + k^2 X = 0$

Soluție spațială $X = D_1 e^{ikx} + D_2 e^{-ikx}$

Soluția generală a ecuației de undă $u(x, t) = e^{\pm i(\omega t \pm kx)}$

6. TERMODINAMICĂ

Obiectul termodinamicii este studiul legilor fizice ale sistemelor macroscopice, legi legate de procesele termice existente în aceste corpuri, legea evoluției acestor sisteme și mai ales a comportamentului lor la echilibru.

Sistemul fizic studiat poate consta dintr-un gaz, un corp solid cu proprietăți elastice, radiații electromagnetice la echilibru termic.

Termodinamica se bazează pe trei principii foarte generale, care rezumă rezultatele unui număr mare de experimente de un anumit tip: sunt experimente negative, și anume eșecul încercărilor de a face mașinile să funcționeze gratuit. Astfel, cele două principii ale termodinamicii presupun că anumite clase majore de fenomene nu pot apărea. Primul principiu neagă posibilitatea de a converti căldura în întregime în lucru mecanic.

STAREA UNUI SISTEM TERMODINAMIC. MARIMI CARE CARACTERIZEAZA SISTEMUL TERMODINAMIC

SISTEMUL TERMODINAMIC este o porțiune a universului delimitată astfel încât obiectele macroscopice (corpuri sau câmpuri) pe care le conține interacționează cu mediul în ansamblu.

SISTEMUL IZOLAT este un sistem termodinamic în care nu există schimb de energie sau vreo componentă externă.

SISTEMUL ADIABATIC IZOLAT este un sistem care poate interactiona cu exteriorul doar prin efectuarea de lucru mecanic

SISTEMUL ÎNCHIS este un sistem în care nu există schimb de substanțe între sistem și lumea exterioară.

1. **STĂRILE STATIONARE** sunt stări care au următoarele caracteristici:

- parametrii care le definesc nu variaza in timp,
- au gradienti constanti pentru mărimile caracteristice,
- prezinta un consum de energie.

MARIMILE DE STARE sunt stări de echilibru sau de neechilibru.

1.1. **STĂRILE DE ECHILIBRU** sunt stări care au următoarele caracteristici:

- parametrii intensivi au aceeasi valoare in fiecare punct al sistemului,
- starea sistemului nu variaza în timp, nu modifica condițiile externe,
- starea sistemului nu se modifica atâta timp cât sistemul nu este traversat de fluxuri externe care implică transportul de substanță.

1.2. **STĂRILE DE DEZECHILIBRU** sunt stări care au următoarele caracteristici:

- au gradienti diferiti de zero pentru mărimile caracteristice,
- parametrii acestora se modifica în timp.

PARAMETRII DE STARE

Starea unui sistem termodinamic se caracterizează prin valorile pe care anumiți parametri le iau la un moment dat.

PARAMETRII DE STARE sunt reprezentați de un număr de mărimi fizice care îi caracterizează proprietățile macroscopice.

Parametrii utilizați pentru a descrie starea sistemului pot depinde unul de celălalt. Alegem un număr minim de parametri pentru a descrie starea.

Parametrii pot fi:

PARAMETRI EXTERNI: care depind doar de coordonatele generalizate ale câmpurilor externe cu care sistemul interacționează – câmpul gravitațional sau orice câmp de forță poate fi un parametru extern.

PARAMETRI INTERNI : când depind și de coordonatele generalizate ale corpurilor externe, valorile medii ale coordonatelor și vitezelor particulelor.

PARAMETRII POT FI MECANICI SAU TERMODINAMICI.

Parametrii mecanici pot fi:

- parametri de forță care depind de forțele externe care acționează asupra sistemului (forță, presiune)
- parametri de poziție - care arată poziția sistemului față de exterior (volum, suprafață).

PROCESELE TERMODINAMICE pot fi clasificate astfel:

PROCESELE REVERSIBILE sunt procese în care sistemul poate reveni la starea inițială numai dacă trece prin aceleași stări intermediare ca și în procesele directe.

PROCESELE IREVERSIBILE sunt procese în care starea inițială nu poate fi atinsă pe aceeași cale, iar stările intermediare sunt stări de neechilibru.

PROCESELE Cvasistatice sunt procese foarte lente, procese pentru care stările intermediare pot fi considerate stări de echilibru.

PROCESELE NONSTATICE sunt procese în care trecerea de la starea inițială la starea finală are loc printr-o succesiune de stări de neechilibru.

POSTULATELE TERMODINAMICII

PRIMUL POSTULAT: Un sistem izolat atinge întotdeauna după un interval de timp starea de echilibru termodinamic și nu poate părăsi niciodată această stare de la sine (dacă parametrii sunt menținuți constanți).

Primul postulat al termodinamicii conduce la existența unei serii întregi de funcții de stare ale sistemului în echilibru termodinamic. Se mai numește și principiul general al termodinamicii.

AL DOILEA POSTULAT: Două sisteme A și B care pot face schimb de căldură sunt în contact termic. Dacă sistemele termodinamice puse în contact nu fac schimb de căldură între ele, se spune că se află într-o stare de echilibru termic.

Al doilea postulat afirmă că echilibrul termic este tranzitiv.

Rezultă că starea de echilibru termic a unui sistem este dată de parametrii externi și de o mărime fizică numită temperatură empirică unde toți parametrii interni ai unui sistem în stare de echilibru termodinamic sunt în funcție de parametrii externi și empiric de temperatură. La echilibru termic, temperatura empirică are aceeași valoare pentru toate sistemele care sunt în contact termic.

AL DOILEA POSTULAT DE TERMODINAMICĂ poate fi enunțat astfel: toți parametrii de echilibru intern (B_i) ai unui sistem fizic sunt o funcție a parametrilor externi (A_k) și a temperaturii (T), și anume: $B_i = B_i(A_1, A_2, \dots, A_n, T)$.

Acest postulat referitor la existența temperaturii ca parametru de stare particular al unui sistem de echilibru se numește PRINCIPIUL ZERO al termodinamicii deoarece, ca și primul principiu și, de asemenea, al doilea principiu care stabilește existența unei funcții de stare, acest principiu stabilește existența temperaturii, în funcție de starea sistemelor aflate în echilibru.

PRINCIPIUL ZERO AL TERMODINAMICII

ENUNT: „Principiul zero al termodinamicii face posibilă definirea temperaturii ca mărime fizică măsurabilă prin asocierea univoca a valorilor numerice. »

APLICAREA PRINCIPIULUI ZERO AL TERMODINAMICĂ: MĂSURAREA TEMPERATURII

Determinarea practică a temperaturii necesită utilizarea unei scări de temperatură legate de proprietățile termice ale unei substanțe. Considerăm că starea termodinamică a substanței este complet determinată de un parametru extern X și de un parametru intern Y . Temperatura empirică θ este: $\theta = \theta(X, Y)$

(1)

Dacă $Y = \text{constant}$, obținem: $\theta = \theta(X)$

Un sistem standardizat, numit TERMOMETRU, poate fi stabilit astfel încât temperatura empirică θ să depindă liniar de un parametru de stare:

$X: \theta = a + bX$

Pentru a determina constantele a și b , trebuie să fixăm două izoterme de referință, cărora le atribuim valorile θ_1 și θ_2 :

$$a = \frac{\theta_1 X_2 - \theta_2 X_1}{X_2 - X_1} ; b = \frac{\theta_2 - \theta_1}{X_2 - X_1} ; \theta = \frac{\theta_1 X_2 - \theta_2 X_1}{X_2 - X_1} + \frac{\theta_2 - \theta_1}{X_2 - X_1} X$$

Pe baza acestui raționament, au fost dezvoltate mai multe scale de temperatură.

TEMPERATURA EMPIRICĂ - PROPRIETĂȚI

Temperatura empirică este un parametru scalar cu următoarele proprietăți:

Este un parametru intensiv care ia aceleași valori pentru stările de echilibru ale unui set de izoterme indiferent de sistemul termodinamic căruia îi aparține.

Stările care nu sunt într-o relație de echilibru termodinamic au temperaturi diferite.

Prin utilizarea unei metode de măsurare adecvate, este posibil să se asocieze o valoare empirică a temperaturii cu fiecare dintre seturile de stări izoterme.

MĂSURAREA TEMPERATURII EMPIRICE:

Condiții necesare pentru măsurarea empirică eficientă a temperaturii

alegerea corpului termometric

alegerea proprietăților termometrice

determinarea valorii inițiale A_0 și a valorii finale A

alegerea unei mulțimi de referință M_0 a sistemelor izotrope având ca element reprezentativ o stare de conductivitate maximă a unui anumit sistem ales expres în acest scop. Această stare poate fi, de exemplu, cea a unui sistem format din apă pură, gheață pură și vapori de apă puri. Cele trei stări sunt în echilibru termodinamic și formează punctul triplu al apei.

SCARI DE MĂSURARE A TEMPERATURII

SCARA KELVIN:

Această scară de măsurare a temperaturii este fixată la $\theta_0 = 273,16$

Unitatea se numește Kelvin (K) și este temperatura punctului triplu al apei.

Această scară empirică de măsurare a temperaturii are un punct 0 nedefinit deoarece temperatura 0 K este practic inaccesibilă.

Tehnic acum putem măsura valoarea lui 0K care este în același timp (- 273 °C).

Prin urmare, avem dreptul să o numim SCARA KELVIN

A fost propusă în 1848 de omul de știință englez Lord Kelvin.

Nimic nu poate fi răcit atât de mult, chiar dacă s-a atins o temperatură de 0,000007 K.

SCARA CELSIUS:

În practică, cea mai frecvent utilizată este scara Celsius ale cărei temperaturi sunt legate de cele ale scării Kelvin prin ecuația: $\theta_{celsius} = \theta_{Kelvin} - 273,16$

Unitatea se numește grad Celsius (°C) și este temperatura punctului triplu al apei.

Scara Celsius stabilește următoarele izoterme de referință:

izoterma corespunzătoare echilibrului dintre gheață și apă lichidă, la o presiune $p_0 = 1$ atm, pentru care $\theta_1 = 0$ °C

izoterma corespunzătoare echilibrului dintre apa lichidă și vaporii de apă la o presiune $p_0 = 1$ atm., pentru care vom considera temperatura empirică $\theta_2 = 100$ °C

SCARA FAHRENHEIT

În Statele Unite și în alte țări vorbitoare de limbă engleză, cu excepția Marii Britanii, scara Fahrenheit este utilizată pe scară largă.

Relația dintre temperatura Fahrenheit și scala Celsius este următoarea: $\theta_{Fahrenheit} = \frac{9}{5}\theta_{celsius} + 32$

Scala Fahrenheit stabilește aceleași izoterme de referință ca scara Celsius, dar le atribuie temperaturile $\theta_1 = 32$ F și $\theta_2 = 212$ F.

În 1724, Gabriel Fahrenheit a folosit pentru prima dată mercurul ca lichid termometric. Mercurul se dilată foarte mult, nu aderă la recipient și rămâne în stare lichidă pentru o gamă largă de temperaturi.

Termometrul indică 32°F la punctul de îngheț al apei și 212°F la punctul de fierbere la presiunea atmosferică normală.

De obicei, această scară de temperatură este utilizată în Statele Unite.

Scara Fahrenheit este folosită astăzi în Statele Unite, Belize și Insulele Cayman.

În Canada, este, prin lege, utilizabil ca o scară suplimentară. În alte țări ale Commonwealth-ului, unde a fost utilizat pe scară largă, a fost înlocuit de scara Celsius în a doua jumătate a secolului XX .

Exercitii

$$\theta_{Fahrenheit} = \frac{9}{5} \theta_{celsius} + 32$$

$$\theta_{celsius} = (\theta_{Fahrenheit} - 32) \cdot \frac{5}{9}$$

$$100 = \frac{9}{5} \theta_{celsius} + 32$$

$$\theta_{celsius} = (100 - 32) \cdot \frac{5}{9} = 37.77C$$

$$\theta_{Fahrenheit} = \frac{9}{5} \theta_{celsius} + 32$$

$$\theta_{celsius} = (\theta_{Fahrenheit} - 32) \cdot \frac{5}{9}$$

$$100 = \frac{9}{5} \theta_{celsius} + 32$$

$$\theta_{celsius} = (100 - 32) \cdot \frac{5}{9} = 37.77C$$

DILATAREA

Măsurarea temperaturii se bazează pe proprietățile reproductibile ale sistemelor termodinamice, cum ar fi:

Expansiunea termică a solidelor, lichidelor și gazelor (termometre)

Influența temperaturii asupra tensiunii de contact dintre doi conductori (termocupluri)

Influența temperaturii asupra rezistenței electrice pentru conductori și semiconductori (termometre cu rezistență, termocupluri sau termoelemente)

DILATAREA este fenomenul pe care se bazează măsurarea temperaturii cu termometre.

Dilatarea este fenomenul prin care un corp își modifică volumul datorită schimbului de căldură fără a produce lucru mecanic.

→ SOLIDE:

Lineara : $l=l_0(1+ \alpha \cdot \Delta t)$

superficiala: $A=A_0(1+ 2 \alpha \cdot \Delta t)$

Volumica: $V=V_0(1+ 3 \alpha \cdot \Delta t)$

unde $\alpha = \Delta l / l_0 \Delta t$, coeficientul de dilatare liniară

→ FLUIDE:

$\gamma = \Delta V / V_0 \Delta t$, coeficientul de dilatare termică volumetrică ;

relația devine, aproape de 0°C: $V=V_0(1+ \gamma t)$

ΔV = modificarea reală a volumului lichidului din cauza unei schimbări de temperatură.

INSTRUMENTE PENTRU MĂSURAREA TEMPERATURII

TERMOMETRE CLASICE

TERMOMETRELE CLINICE CU MERCUR pot fi folosite pentru a măsura temperatura corpului uman. Au o obstrucție (un gât îngust) în partea inferioară a tubului, astfel încât lichidul să nu revină în rezervor imediat după măsurare.

TERMOMETRE OBISNUITE – se utilizează pentru măsurarea temperaturii folosind expansiunea lichidului: cu cât temperatura este mai mare, cu atât lichidul se dilată mai mult și valoarea indicată crește. Mercurul este folosit în termometre datorită proprietăților sale unice. Poate măsura o gamă largă de temperaturi de la -40°C la 356°C și până la 570°C sub presiune, în stare lichidă.

Se extinde în mod regulat cu modificări ale temperaturii absolute. Funcționează bine în tuburi capilare, nu „umedă” și se obține ușor în formă pură.

Alte substanțe folosite sunt:

alcool – care poate fi folosit la temperaturi sub mercur (-80°C) și

pentan (C_5H_{12} - alcan) - care poate fi utilizat la (-200°C).

TERMOMETRE DE MAXIM SI MINIM – înregistrează cele mai scăzute sau mai ridicate temperaturi. Ele sunt adesea combinate într-un singur termometru maxim și minim.

TERMOMETRUL DE MAXIM CU ÎNREGISTRARE AUTOMATĂ introdus de Daniel Rutherford (inventat în 1794) constă dintr-un tub de mercur în interiorul căruia se află o mică bucată de oțel situată deasupra nivelului lichidului.

Deoarece lichidul se dilată când temperatura crește, împinge piesa de oțel. Când lichidul se contractă, piesa rămâne pe loc, marcând cea mai mare temperatură atinsă de când a fost atașat termometrul.

Instrumentul poate fi resetat cu un magnet.



TERMOMETRUL DE MINIM contine alcool in loc de mercur.

În interior se află o bucată mică de sticlă, al cărei capăt superior ajunge la suprafața lichidului. Pe măsură ce alcoolul se contractă, paharul este târât în jos de alcool. În timpul expansiunii își menține poziția, extremitatea sa indicând cea mai scăzută temperatură atinsă.

TERMOMETRUL CU METAL are doua benzi metalice cu coeficienti diferiti de dilatare termica care sunt sudate intre ele si rasucite in spirala in interior, metalul avand coeficientul de temperatura mai mare. Pe măsură ce lama interioară se extinde și mai mult atunci când este încălzită, spirala se desface. În mod similar, o temperatură redusă provoacă răsucirea în spirală. La un astfel de instrument poate fi atașat un ac conceput pentru a indica variațiile de temperatură.

TERMOMETRUL CU GAZ este mai sensibil la un coeficient ridicat de dilatare a gazului. Măsoară variațiile de temperatură prin înregistrarea variației de presiune corespunzătoare. Cu toate acestea, acest tip de termometru tinde să fie mare și voluminos, necesitând cantități mari de lichide a căror temperatură trebuie măsurată.

TERMOMETRU CU LICHID

Acest tip de termometru este folosit pentru a măsura temperatura locală în intervalul 200-1050°C.

Principiul de funcționare al termometrelor cu lichid se bazează pe expansiunea unui lichid într-un spațiu restrâns.

Aceste termometre sunt realizate din sticla transparenta, cu o calitate termica buna si un coeficient maxim de dilatare de 2,55.

Lichidul termometric poate fi:

pentan: 200 ... 20 °C;

alcool: 110 ... 75 °C;

toluen: 80 ... 100 °C;

mercur: 35 ... 800 °C;

aliaj de galiu: 0 ... 1050 °C.

DIFERITE TIPURI DE TERMOMETRE

a) Termometrul capilar masiv are un capilar cu diametrul aproximativ egal cu rezervorul.

b) Termometru tubular are scara si rezervorul montate pe capatul tijeii, in prelungirea corpului tubular. Scara gradată este desenată pe o placă opacă în interiorul corpului tubular.

c) Termometrul capilar neprotejat are la capătul superior un tub capilar îndoit fixat pe o placă pe care se desenează scara gradată.

Termometrul digital non contact in infrarosu TH1004, Laica [8013240200736]

Termometrul digital in IR pentru frunte detecteaza temperatura corporala cu precizie fara sa cauzez durere sau incomfort

Este usor si rapid de masurat datorita tehnologiei de lucru in IR

Timp de masurare - 1 secunda.

Masuratoarea se face pe frunte , fara contactul cu pielea, poate lua temperatura la nivelul urechii, poate masura temperatura lichidelor sau a suprafetelor

Mod de utilizare:

Pentru a efectua masuratoarea se pozitioneaza termometrul la o distanta de 0-5 mm de frunte si se apasa butonul O / I.

Termometrul va emite un bip ceea ce indica : masuratoarea s-a efectuat. Rezultatul se afiseaza pe ecrani si va fi colorat in functie de valoarea temperaturii masurate:

- Verde (36,0-37,1 oCelsius),
- galben (37,2-38,1 oCelsius)
- rosu (38,2 - 43,0 oCelsius).

Temperatura poate fi masurata in grade Celsius ($^{\circ}$ C) sau grade Fahrenheit ($^{\circ}$ F).



Termometrul digital TH3106, Laica [8033224601601]

Termometrul digital Laica TH3106 este un aparat usor de utilizat pentru masurarea temperaturii.

Termometrul este echipat cu ecran LCD

este un aparat de monitorizare a temperaturii sigur si usor de folosit, dotat cu un ecran LCD usor de citit, iar intregul ansamblu nu contine substante periculoase cum sunt sticla sau mercurul.

- Termometrul are cap flexibil si rezistent la apa.
- La terminarea masuratorii se aude o alarma sonora.
- Se poate folosi bucal, axilar sau rectal.
- Memoreaza ultima temperatura masurata.
- Functioneaza cu o baterie 1.5 V LR/SR-41 inclusa in pachet, care poate fi inlocuita.
- Bateria dureaza aproximativ 100 de ore de functionare continuu

Specificatii tehnice:

Masura temperatura in 60s

Plaja de masurare: 32-42 oC

Memoreaza ultimile valori masurate

Masa: 10g

Dimensiunile ecranului: LCD: 2,1x0,9 (cm);

dimensiunile termometrului: L = 12,4, Lat = 1,8

Autonomia bateriei 200h



TERMOMETRE CU REZISTENTA METALICA

Funcționarea termometrelor cu rezistență metalică se bazează pe variația rezistenței electrice a unui conductor de temperatură:

$$R_T = R_{T_0} \left[1 + \alpha(T - T_0) + \beta(T - T_0)^2 + \dots \right] \quad (1)$$

unde: R_T – rezistența conductorului la temperatura T °C;

R_{T_0} – rezistența conductorului la temperatura de bază T_0 (de obicei 0 °C);

α , β - coeficienții care depind de natura materialului.

Modificarea rezistenței este detectată și convertită într-un semnal electric, de obicei prin circuite în punte. Domeniul principal de măsurare este între 100°C-500°C.

Termometrul cu rezistență metalica se bazează pe un fir metalic cu proprietatea că rezistența acestuia crește /descrește odată cu creșterea/scăderea temperaturii.

Condiții care trebuie îndeplinite de materialele utilizate ca senzor:

să aibă o rezistivitate mare;

să aibă aceleași proprietăți pe întregul interval de temperatură;

rezistență la coroziune;

să fie stabil într-un interval de temperatură;

rezista la cicluri repetate de temperatură;

sa aiba caracteristici de rezistenta reproductibile - temperatura;

să reacționeze rapid la schimbările de temperatură;

poate fi folosit pentru a produce fire foarte subțiri.

Materialul folosit pentru producerea rezistenței metalice este caracterizat de un coeficient de temperatură α care reprezintă panta dreptei care leagă punctele care dau rezistența la 0°C – 100 °C.

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{100R_0}$$

unde: α - coeficientul de temperatură

R_{100} - rezistență la 100 °C [Ω]

R_0 - rezistență la 0 °C [Ω]

Materialele comune pentru rezistența metalelor sunt metalele pure (platină, nichel, cupru) și aliajele metalice, cum ar fi nichel-fier .

Pentru realizarea termistoarelor (termometru de rezistență) se folosesc materiale performante cu un coeficient de temperatură ridicat și valori reproductibile ale rezistenței pe o gamă largă de temperaturi.

De obicei, se folosesc următoarele materiale: platină Pt (-200 °C la +600 °C), nichel (Ni) (- 60 °C la + 180 °C) sau, mai rar, aliaje de cupru (Cu) și aur (Au) sau argint (Ag). sunt folosite.

TERMISTORI

Ele se bazează pe variația rezistenței electrice a materialelor semiconductoare în funcție de temperatură. Principiul de funcționare este același cu cel al senzorului de rezistență metalică, diferența fiind în materialul din care este realizată rezistența.

În funcție de materialul semiconductor, acestea sunt clasificate după cum urmează:

termistoare cu coeficient de temperatură negativ în care rezistența scade pe măsură ce temperatura crește (majoritatea dintre ele au un coeficient de temperatură negativ);

termistori cu coeficient de temperatură pozitiv , în care rezistența crește pe măsură ce temperatura crește.

Termistorii sunt semiconductori (cu un coeficient de variație negativ al temperaturii) formați din amestecuri de oxizi metalici sau germaniu pur. Variația rezistenței electrice cu temperatura poate fi descrisă prin ecuația:

$$R_{\theta} = R_0 e^{-b\theta} = R_0 \left(1 - \beta\theta + \frac{\beta^2}{\theta^2} - \dots \right) \quad (1)$$

unde R_{θ} - rezistența termistorului la temperatura θ ;

R_0 - rezistența termistoarelor la temperatura inițială θ_0 ;

θ - temperatura la un moment dat;

b – coeficient care depinde de material ($b = 0,03$ până la $0,06$ grade⁻¹);

β - coeficient care depinde de temperatura (factor de proportionalitate)

$$\beta = \frac{1}{R_0} = \frac{dR_0}{d\theta} = -\frac{b}{\theta^2} \quad (2)$$

Coeficientul β este negativ. Depinde foarte mult de temperatura, fiind de aproximativ 10 ori mai mare decât cea a termistorilor.

Aplicarea este în general de la - 70 °C la + 300 °C.

MĂSURAREA TEMPERATURII CU TERMOCUPLUL

Materialele care împreună prezintă un efect Seebeck formează un termocuplu. Într-un fir metalic ale cărui capete au temperaturi diferite $T_A > T_B$ există o diferență de potențial electric U_{AB} cauzată de faptul că electronii de conducție la capătul de temperatură mai mare au o energie cinetică mai mare și se vor propaga spre capătul mai rece. În acest fel, capătul fierbinte va avea o sarcină pozitivă, iar capătul rece al firului va fi încărcat negativ. Rețineți că, dacă purtătorii de sarcină în mișcare sunt găuri, sarcini pozitive, atunci capătul fierbinte va avea o sarcină negativă, iar capătul rece o sarcină pozitivă.

Acesta este motivul pentru care efectul termoelectric sau efectul Seebeck este folosit pentru a determina tipul de purtători liberi de încărcare dintr-un semiconductor. Tensiunea termoelectromotoare (tem) care apare U_{AB} este direct proporțională cu diferența de temperatură dintre capetele firului: $U_{AB} = V_A - V_B = S (T_A - T_B)$ (1)

unde S este coeficientul Seebeck, o proprietate a materialului din care este rulat firul.

Soluția problemei a fost extinderea termoelectrodilor prin alți conductori de aceeași natură, în general din același material. În acest fel, la contactul dintre firele termocuplului și cablurile de prelungire, formarea unui termocuplu nu este posibilă și, prin urmare, forța termoelectromotoare nu are loc.

Aceste fire se numesc fire compensatoare și sunt complet separate de termocuplu, conexiunea facându-se doar la montarea termocuplului.

Funcția cablului de compensare este de a muta joncțiunea rece de la temperatura aproape maximă la o locație cu temperatură constantă.

Joncțiunea rece se va forma la joncțiunea dintre cablul de compensare și cablul de legătură. Termocuplurile sunt realizate din diferite metale sau aliaje.

Tensiunea termoelectromotoare a diferitelor termocupluri depinde de materialul din care sunt fabricați termoelectrozii precum și de temperatura joncțiunilor calde și reci.

Relația dintre temperatură și forța termoelectromotoare poate fi exprimată printr-o ecuație pătratică: $E = a + bt + ct^2$

unde E este forța termoelectromotoare rezultantă, când t este temperatura joncțiunii calde și temperatura joncțiunii la rece este constantă (de obicei 0°C) și a, b și c sunt trei constante ale căror valori sunt determinate prin măsurarea tensiunii termoelectromotoare la temperaturi fixe cunoscute (temperatura de solidificare a antimoniului, argintului și aurului). Valoarea constantelor a, b și c depinde numai de materialul termoelectrodului. Curbele care reprezintă relația dintre temperatură și tensiunea termoelectromotoare sunt numite curbe internaționale.

Fiecare tip de termocuplu are propria sa curbă internațională.

PRINCIPIUL I AL TERMODINAMICII

Energia internă U a unui sistem termodinamic este o mărime de stare a cărei variație ΔU este egală cu diferența dintre căldura Q și lucrul W schimbat de sistem cu mediul extern:

$$\Delta U = Q - W = U_2 - U_1$$

Pentru sistemele închise care nu fac schimb de substanțe cu mediul, relația este: ΔU
 $= U_2 - U_1 = Q - W$

unde $\Delta U = U_2 - U_1$ este modificarea energiei interne a sistemului în procesul de la starea 2 la starea 1.

Q este căldura primită ($Q > 0$) sau
căldură transferată ($Q < 0$) de către sistem,
lucrul mecanic efectuat de sistem ($W > 0$) sau
lucrul mecanic efectuat asupra sistemului ($W < 0$)

Pentru sistemele termodinamice deschise, expresia pentru prima lege a termodinamicii este:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = Q - W = Q - W + T$$

Unde T este energia transportată de sistemul, primită sau cedată prin schimbul de particule cu mediul.

Dacă procesul termodinamic este elementar sau infinitezimal, scriem:

$$\delta U = \delta Q - \delta W + \delta T$$

Notăm δQ , δW și δT pentru a sublinia că acestea sunt cantități elementare, de proces, nu diferențe totale exacte.

Pentru sisteme termodinamice închise :

Pentru $N = \text{const.}$ putem scrie $dU = \delta Q - \delta W$

Pentru procesele termodinamice care sunt ciclice putem scrie:

$$dU=0, \delta Q - \delta W = 0, \delta W = \delta Q$$

Această egalitate conduce la concluzia că este imposibil să se obțină un motor termic care să poată efectua lucrări mecanice într-un proces ciclic fără a primi căldură din exterior [perpetuum mobile de speta I].

Deoarece energia internă U este o funcție de stare, dU este o diferență totală exactă, deci putem scrie:

$$\oint dU = 0$$

Putem spune că energia internă U caracterizează rezerva de energie a unui sistem termodinamic, care – în principiu – poate fi transferată sub formă de căldură sau prin lucru mecanic.

Pentru sistemele termodinamice situate în câmpuri electrice sau magnetice care sunt polarizate sau magnetizate.

Pentru polarizarea volumului unitar al unui dielectric omogen, situat într-un câmp electric cu intensitatea E , lucrul mecanic efectuat este:

$$\Delta W_p = EdP$$

unde P este vectorul de polarizare care depinde de intensitatea câmpului electric E și de temperatura T

$$P = P(E, T) = D - \epsilon_0 E = \epsilon_0 (\epsilon - 1) E = \lambda_e(T) \cdot \epsilon_0 E$$

unde $\lambda_e(T) = \epsilon_r(T) - 1$ este susceptibilitatea electrică a substanței.

Lucrul efectuat pentru magnetizarea volumului unitar al unei substanțe magnetice izotrope este:

$$\delta W_m = HdM$$

unde H este intensitatea câmpului magnetic și M este magnetizarea:

$M = M(H, T) = B - \mu_0 H = \mu_0 H (\mu_r - 1) = \lambda_m(T) \mu_0 H$
unde $\lambda_m(T)$ - susceptibilitatea magnetică a substanței.

Astfel, un sistem termodinamic simplu, situat în câmpuri electrice și magnetice externe, poate fi considerat ca un sistem caracterizat prin trei forțe generalizate: $F_1 = p$, $F_2 = E$, $F_3 = H$

Cele trei coordonate generalizate sunt: $x_1 = V$, $x_2 = p$, $x_3 = M$

iar lucrul mecanic este: $\delta W = \sum F_i \cdot dx_i = p \cdot dV + H \cdot dp + H \cdot dM$

Dacă μ_j este potențialul chimic față de o singură moleculă și N_j este numărul de molecule ale componentului j din sistem, atunci rezultă că potențialul chimic este o forță generalizată și numărul de molecule poate fi interpretat ca o coordonată generalizată: $T \delta = \sum \mu_i \cdot dN_i$

PRINCIPIUL II AL TERMODINAMICII

FORMULAREA LUI THOMSON

Într-o transformare monotermă ciclică, sistemul nu poate transfera lucrul mecanic în exterior. Dacă transformarea monotermă ciclică este și ireversibilă, sistemul primește lucru mecanic din exterior.

FORMULAREA LUI CLAUSIUS

Este imposibil să construim un motor care să funcționeze într-un proces ciclic care nu produce alt efect decât transferul de căldură de la un corp mai rece la unul mai cald.

FORMULAREA LUI KELVIN

Este imposibil să se efectueze un proces ciclic care nu produce alt efect decât extragerea căldurii dintr-un rezervor și transformarea acesteia în lucru mecanic.

Sau: „nu există motor care să funcționeze ciclic dintr-o singură sursă de căldură.”

FORMULAREA LUI CARATHEODORY

În apropierea oricărei stări de echilibru termodinamic a unui sistem există stări care nu pot fi atinse printr-un proces adiabatic.

AL DOILEA PRINCIPIUL DIN PUNCT DE VEDERE STATIC:

Într-un sistem izolat, procesele au loc în direcția creșterii probabilității termodinamice, adică mai ordonate de stări mai dezordonate.

AL DOILEA PRINCIPIU PRIN UTILIZAREA ENTROPIEI:

Într-o transformare reversibilă elementară, raportul dintre căldura schimbată și temperatura termodinamică a sursei este o diferență totală care prin definiție este entropia: $\Delta S = \Delta Q / T$.

Formularea celui de-al doilea principiu al termodinamicii pentru procese ireversibile sau legea creșterii entropiei : Entropia unui sistem izolat nu poate scădea niciodată: $\Delta S > 0$ sau $S_B - S_A > 0$

PRINCIPIUL III AL TERMODINAMICII

FORMULAREA celui de-al treilea PRINCIPIU al termodinamicii:

entropia absolută a sistemului termodinamic tinde spre zero atunci când temperatura absolută tinde spre zero Kelvin.

FORMULAREA celui de-al treilea PRINCIPIU de termodinamică sau Teorema lui Nernst: izoterma zero absolut coincide cu cea adiabatică.

Datele experimentale au condus la concluzia că entropia sistemelor termodinamice tinde spre o valoare constantă atunci când temperatura absolută T tinde spre zero absolut.

Max Planck a postulat că, pe măsură ce T tinde spre 0 K , entropia tinde spre zero: entropia absolută a unui sistem termodinamic tinde spre zero pe măsură ce temperatura absolută tinde spre 0 K :

Acest raport este una dintre afirmațiile posibile ale celei de-a treia legi a termodinamicii.

CONSECINȚELE CELUI AL TREILEA PRINCIPIUL TERMODINAMIC

1. Indiferent de procesul pe care îl efectuează un sistem termodinamic, capacitatea sa de căldură se anulează cu temperatura absolută.

$$\lim_{T \rightarrow 0K} C = \lim_{T \rightarrow 0K} \left(T \frac{\partial S}{\partial T} \right) = \lim_{T \rightarrow 0K} \left(T \frac{\partial S}{\partial \ln T} \right) = 0$$

În special, pentru a obține $\lim_{T \rightarrow 0K} C_v = \lim_{T \rightarrow 0K} \left(T \frac{\partial S}{\partial \ln T} \right) = 0$; $\lim_{T \rightarrow 0K} \left(T \frac{\partial S}{\partial \ln T} \right) = 0$

Aceasta înseamnă că chiar și temperatura $T \rightarrow 0K$ ecuația termică a stării ideale a gazului nu este valabilă.

2. Se poate arăta că pentru $T \rightarrow 0K$, coeficientul de dilatare termică α și coeficientul termic de presiune β tind spre zero.

De exemplu, pentru $T \rightarrow 0K$, solidele nu mai sunt compresibile.

3. $T \rightarrow 0K$, entropia sistemului nu poate fi modificată printr-o acțiune, de unde o altă formulare a celei de-a treia legi a termodinamicii: „Izoterma zero absolut coincide cu cea adiabatică”.

4. Semnificația fizică a anulării capacității termice la $T = 0\text{ K}$ este: „Temperatura de 0 K reprezintă starea în care sistemul nu mai poate da căldură în condițiile în care se obține starea minimă de energie”.

5. Prin urmare, valabilitatea celei de-a treia legi a termodinamicii conduce la concluzia că; Temperatura de 0 K este practic de neatins.

APLICAȚII ALE PRINCIPIULUI I AL TERMODINAMICII ÎN BIOFIZICĂ

S-a demonstrat experimental că:

- În fenomenele care apar într-o singură formă de energie, cantitatea de energie este conservată.
 - În fenomenele care transformă o formă de energie în alta, transformarea se face în cantități echivalente.
- În 1842 - 1850 R. Mayer, J.Joule și H.Helmholtz constată că ori de câte ori munca efectuată de un sistem este transformată în căldură, sau invers, între aceste forme de energie, există o echivalență și determinarea se face din echivalentul mecanic al caloriilor. Există o relație cantitativă între diferitele tipuri de energie luate în considerare.

Pe baza primului principiu al termodinamicii s-ar putea formula o lege generală a conservării energiei, conform căreia energia nu poate fi creată sau distrusă, ea poate fi transformată dintr-o formă în alta doar în cantități echivalente. Prin urmare, **primul principiu al termodinamicii a fost numit principiu conservării energiei.**

Acest principiu arată existența unui parametru de stare caracteristic oricărui sistem numit de Clausius (1850) energia internă a sistemului U , care este un parametru care în fiecare stare a sistemului are o valoare determinată. Acest parametru exprimă capacitatea sistemului de a efectua acțiuni de orice fel (mecanice, osmotice, chimice, electrice).

Dacă sistemul are schimburi de energie cu exteriorul, energia sa internă variază cu o sumă egală cu suma tuturor acestor schimburi.

Când există o variație a energiei de mișcare dezordonată (agitație termică) a moleculelor sau a energiilor de interacțiune (dezordonate) ale moleculelor, sistemul face schimb de căldură cu exteriorul Q , când există o variație a energiei de mișcare ordonată a unei serii de molecule ale sistemului, sistemul schimbă lucru mecanic W cu exteriorul astfel încât apar macroscopice-scale .

Atunci când în sistem au loc reacții chimice, energia internă variază din cauza reacțiilor care au loc, care se reflectă în exterior prin schimb de muncă sau schimb de căldură.

În cazul organismelor vii care sunt sisteme deschise, transferul de energie între sistem și mediu este asigurat și prin schimbul de substanțe.

Odată cu schimbul de molecule, toate formele de energie asociate cu acestea sunt transferate.

Variația energiei interne ΔU a unui sistem biologic, la trecerea de la o stare la alta, va fi dată de suma algebrică a cantității de căldură Q și a tuturor formelor de lucru W_m - mecanic, W_o - osmotic, W_c - chimic, modificat. din acest sistem cu mediul, adică: $\Delta U = Q + W_m + W_c + W_o + \dots$

Convenția în biofizică și în ecuația de mai sus este dezvoltată după cum urmează:

- (+) se referă la cantitatea de căldură și muncă primită de sistemul biologic și
- (-) se referă la cantitatea de căldură și muncă care se pierde din sistemul biologic.

Relația (1) reprezintă o formulă generală pentru prima lege a termodinamicii din care sunt derivate toate ecuațiile de conservare a energiei pentru diferitele sisteme.

Organismele vii sunt sisteme a căror energie internă poate crește sau scădea în funcție de diferite condiții (vârstă, stare fiziologică etc.).

Pentru o aplicare corectă a primului principiu al termodinamicii pentru organismele vii, trebuie avut în vedere că sistemele biologice sunt sisteme deschise, deci conservarea energiei are loc numai pentru sistemul închis format din organism și mediul său.

Legea conservării energiei pentru organismele vii este următoarea:

$$E_m = W + Q + E_d$$

Când se aplică unui organism, prima lege a termodinamicii ia următoarea formă:

$$E_m = W + Q + E_d$$

unde E_m este energia din mediu

W este lucrul mecanic efectuat de corp

Q este căldura emanată de corp

E_d este energia stocată în rezervele organismului

Daca animalele cu sange rece pot obtine energie sub forma de caldura, procesul este simplificat daca corpurile sunt in repaus, deci nu se efectueaza lucru mecanic ($W=0$) si organismul nu a mancat de cel putin 12 ore, adica nu preia energie din mediu ($E_m = 0$).

În aceste condiții, putem scrie: $0 = Q + E_d$

Relația de mai sus arată că organismul produce căldură în detrimentul rezervelor proprii de energie care sunt diminuate prin utilizare: $Q = -E_d = E_u$

E_u este energia folosită de organism.

Determinarea producerii de caldura in organismul uman, in aceste conditii extreme mentionate mai sus, constituie testul clinic al metabolismului bazal care definește valoarea de referinta la care se raporteaza efectul diferitilor factori care influenteaza metabolismul, energia.

Principala sursă de energie pentru a trăi în lume este radiația solară.

S-a calculat a fi $9,10^{22}$ kcal/s, din care doar o fracțiune foarte mică $\{1/(2,10^9)\}$ se află pe suprafața pământului și doar un mic procent din ea este preluat de plante și utilizat pentru sintetizarea din lumina soarelui, dioxid de carbon, apă minerală și substanțe organice bogate în energie (biosinteză).

Aceste substanțe organice au fost sursa de energie pentru organismele heterotrofe care includ omul.

După ce omul primitiv a început să folosească hrana animalelor, între oameni și plantele verzi a apărut o altă etapă a consumului de energie, astfel încât eficiența energetică este mai mică.

În urma cercetărilor, se ajunge la concluzia că, în general, transformarea alimentelor de origine vegetală în alimente de origine animală presupune o pierdere de energie de 80-90%.

Dar proteinele animale sunt un aliment de calitate superioară decât produsele vegetale.

APLICAȚII ALE PRINCIPIULUI II AL TERMODINAMICII ÎN BIOFIZICĂ

Dacă un sistem efectuează muncă mecanică, electrică sau osmotică prin scăderea energiei sale cinetice cu o cantitate ΔU , munca efectuată, $-W$ este mai mică decât ΔU , deoarece o parte din energia internă este transferată în energia termică Q . Această energie „degradată” este egală cu produsul dintre temperatura absolută T a sistemului și cu creșterea ΔS a unui parametru de stare, numit entropie.

Dacă prima lege a termodinamicii a folosit parametrul de stare al întregului sistem numit energie internă (U), Principiul II introduce un nou parametru care caracterizează fiecare stare a unui sistem numit entropie (S), a cărui particularitate este că crește prin orice proces spontan.

Prin urmare, a doua lege a termodinamicii numită și legea creșterii entropiei.

Dacă sistemul este izolat, entropia acestuia va crește în timp, evoluția sistemului mergând spre entropia maximă, unde toată energia internă a sistemului a fost transformată în căldură și nu mai poate fi transformată în lucru mecanic.

Rezultă că, din energia internă U a unui sistem la temperatura T , doar o parte poate fi transformată în lucru mecanic, care se numește energia liberă a sistemului F : $F = U - T \cdot S$

În sistemele izolate în care energia internă U este constantă, creșterea entropiei implică în mod evident scăderea energiei libere conform relațiilor ($F=U-TS$): $\Delta F = \Delta U - T \cdot \Delta S$

$U = \text{constantă}; \Delta U = 0$

$\Delta S > 0 \rightarrow \Delta F = -T \Delta S < 0$

Astfel, al doilea principiu al termodinamicii afirmă că în orice proces care are loc într-un sistem izolat, energia sa liberă F scade și entropia sa S crește.

După cum se precizează în primul principiu al termodinamicii, modificarea energiei interne ΔU este dată de: $\Delta U = Q - W$ care constă din doi termeni:

Q reprezintă schimbul de căldură (căldura primită) cu exteriorul datorită mișcării dezordonate a moleculelor.

W reprezintă schimbul de lucru mecanic (sau alt tip de lucru) datorat mișcării ordonate macroscopice în cazul variației de volum din cauza presiunilor externe variație de suprafață datorată tensiunii superficiale, al transportului de sarcină electrică datorită unei diferențe de potențial (W este negativ).

Dacă în ecuația de mai sus, Q este cantitatea de căldură absorbită de sistem și W este considerat lucru mecanic datorat modificării de volum ΔV ,

Atunci relația devine $\Delta U = Q - p \cdot \Delta V$

În timpul transformărilor chimice în absența lucrului mecanic și la volum constant, variația de energie internă devine: $\Delta U = Q$

În acest caz, Q este cantitatea de căldură rezultată din efectul termic izocor (la volum constant). Această cantitate de căldură este măsurată folosind un calorimetru cu bombă care etanșează complet locul în care au loc reacțiile chimice.

APLICAȚII ALE PRINCIPIULUI II AL TERMODINAMICII ÎN BIOFIZICA SISTEMELOR DESCHISE

În cazul proceselor biologice care au loc în atmosfera liberă sub presiune constantă, procese numite izobare din acest motiv, este util să se folosească în locul energiei interne (U) mărimea numită entalpie:

$$H = U + pV$$

Variația entalpiei este:

$$dH = dU + p.dV + V.dp$$

$$dW = p.dV \text{ lucru realizat de sistem.}$$

Dacă avem în vedere relația: $dU = dQ + p.dV$

atunci ecuația de variație a entalpiei dH devine $dH = dQ + V.dp$

În procesele biologice $dp = 0$, deci $dH = dQ$, ceea ce înseamnă că modificarea entalpiei este măsurată prin efectul termic izobar al procesului.

Cantitatea de căldură izobară (modificarea entalpiei) obținută prin arderea diferitelor substanțe biochimice este aproximativ aceeași pentru aminoacizi, proteine și carbohidrați, dar este de aproximativ 3 ori mai mare pentru lipide, ceea ce explică funcția rezervelor energetice ale grăsimilor din organism.

Parametrul de stare care măsoară capacitatea reală a unui sistem de a lucra la presiune constantă este **entalpia liberă G definită de ecuația:**

$$G = H - TS$$

Acest parametru termodinamic arată cât de mult din energia internă a unui sistem poate fi convertită în lucru mecanic la presiune constantă, **G mai este numită și energie liberă Gibbs.**

În procesele biologice care sunt izobare, posibilitatea de a obține orice formă de lucru mecanic, osmotic, electric se exprimă prin variația entalpiei libere în timpul procesului.

Parametrii termodinamici definiți aici sunt:

Energia internă (U)

Energie liberă (F)

Entalpie (H)

Entalpia liberă (G)

Entropie (S)

Acestea sunt cantități fizice utilizate pe scară largă pentru a caracteriza stările și transformările oricărui sistem, inclusiv sistemele biologice și ecologice.

AL DOILEA PRINCIPIUL TERMODINAMICII afirmă că prin orice proces care are loc într-un sistem izolat, energia și entropia liberă F și entropia lui S cresc.

Dacă procesul este cvasistatic sau ireversibil, sistemul poate fi restabilit la starea sa inițială în mediul extern fără modificare, iar sistemul a primit cantitatea de căldură dQ_{rev} menținută la o temperatură constantă T, atunci entropia sistemului crește cu: $dS = [(dQ_{rev}) / T]$

Dacă procesul este nestatic sau ireversibil (sistemul nu poate fi restabilit la starea sa inițială fără schimbări în mediu pentru a produce modificări) căldura și o parte din energia liberă a sistemului.

Dacă procesul este nestatic sau ireversibil, sistemul nu poate fi revenit la starea inițială fără modificarea mediului și sistemul a primit cantitatea de căldură dQ_{rev} , cu menținerea temperaturii T, entropia sistemului crește cu: $dS > [(dQ_{rev}) / T]$

Entropia sistemului crește ca rezultat al oricărui proces numai dacă sistemul este izolat. Aceasta este afirmația celui de-al doilea principiu al termodinamicii clasice, care a studiat doar sisteme izolate.

În sistemele deschise, cum ar fi organismele vii, entropia poate fi chiar scăzută, cu condiția ca aceasta să crească în mediu.

Dacă unui organism viu i se atribuie un mediu limitat, întregul organism-mediul poate fi considerat ca un sistem izolat de restul mediului, iar al doilea principiu al termodinamicii poate fi aplicat sistemului izolat. Conceptul de entropie a fost introdus în 1865 de către Clausius. Sensul fizic al conceptului de entropie a fost introdus de Boltzmann care a legat acest concept de structura internă a sistemului (moleculară sau atomică).

Se știe că un sistem se află într-una dintre stările macroscopice, deși unele părți componente (molecule sau atomi) sunt aranjate diferit unele de altele.

Dacă N indică numărul de aranjamente ale părților unui sistem, corespunzătoare unei stări macroscopice a sistemului, iar S entropia termodinamică a sistemului în această stare, atunci, conform **relației stabilită de Boltzmann:**

$$S = k \cdot \ln N$$

unde k este constanta lui Boltzmann $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$.

unde entropia S a sistemului este direct proporțională cu logaritmul natural al numărului N de aranjamente ale părților componente ale sistemului.

Dacă ordinea sistemului crește, crește și numărul de legături dintre moleculele sistemului. Ca urmare, moleculele se pot aranja în mai puține configurații și, prin urmare, valoarea lui N scade, ceea ce scade și entropia S a sistemului. Dacă ordinea crescătoare a sistemului este un mijloc de scădere a entropiei sistemului, dimpotrivă, o perturbare a sistemului va permite un număr mai mare de aranjamente ale moleculelor, ceea ce înseamnă o creștere a entropiei.

În concluzie, putem spune că principiul doi al termodinamicii este o lege generală a naturii care afirmă că: Toate procesele care au loc în sisteme izolate merg în direcția creșterii entropiei acestor sisteme, adică în direcția scăderii gradului lor de organizare. Derularea acestor procese are loc în direcția scăderii capacității sistemului de a efectua lucrări mecanice (scăderea energiei libere).

Conform acestui principiu, pentru un sistem izolat, o scădere a entropiei este considerată un fenomen extrem de improbabil.

Interpretarea fizică a principiului doi al termodinamicii este că entropia scade și ordinea sistemelor fie rămâne constantă, fie crește.

În organismele vii, alimentele cu o stare energetică relativ scăzută sunt transformate în substanțe cu conținut energetic mai mare și cu o stare structurală mai ordonată. Acest lucru contrazice principiul doi al termodinamicii la prima vedere.

După formularea principiului creșterii entropiei, considerat valabil pentru toate procesele, s-a remarcat comportamentul diametral opus al organismelor și al lumii vii în ansamblu, a cărei evoluție merge în direcția creșterii complexității structurale și diversificării funcțiilor, reducând astfel entropia.

AL DOILEA PRINCIPIUL TERMODINAMICII nu descrie corect situația organismelor vii care, cel puțin pe parcursul unei părți a vieții lor, își dezvoltă și complică structura prin sintetizarea macromoleculilor complexe prin organizarea lor într-o arhitectură supramoleculară bine definită.

AL DOILEA PRINCIPIUL TERMODINAMICII în forma sa clasică se aplică numai sistemelor izolate (fără schimb de substanță cu mediul), în timp ce sistemele biologice sunt sisteme deschise, deci AL DOILEA PRINCIPIUL TERMODINAMICII în forma sa clasică nu poate fi aplicat sistemelor biologice.

E. Schrödinger a arătat că principiile termodinamicii au fost formulate înainte ca sistemele biologice să fie studiate în profunzime. Prin urmare, Schrödinger recomandă prudență în aplicarea principiilor termodinamicii organismelor vii care sunt sisteme deschise în care au loc și procese ireversibile.

Într-un sistem fără schimb de substanțe cu mediul, procesele care au loc în el sunt limitate de numărul de substanțe disponibile în sistem care pot intra în reacții reciproce, iar când reacția este completă, există o stare de echilibru, caracterizată prin constanța în timp a proprietăților sistemului. Condițiile termodinamice ale acestui echilibru termodinamic rezultă din energia liberă minimă a sistemului și valoarea maximă a entropiei.

Într-un sistem deschis, există un flux continuu de substanțe în și în afară.

În locul echilibrului termodinamic al sistemului caracterizat prin viteza de reacții chimice și difuzie care trebuie să fie constantă.

Echilibrul termodinamic și starea de echilibru sunt similare prin aceea că sistemul își menține permanent proprietățile.

Într-o stare de echilibru termodinamic nu există nicio modificare a energiei libere, atunci când energia liberă în stare de echilibru variază cu o rată constantă, adică: $(dF) / (dT) = 0$

Pentru un organism viu poate exista un număr nelimitat de stări de echilibru, în funcție de condițiile interne și externe ale sistemului.

În starea staționară a unui sistem deschis, entropia rămâne constantă, dar valoarea sa diferă de valoarea maximă.

Starea staționară sau staționară este menținută deoarece sistemul primește continuu energie gratuită din mediu, adică o cantitate care compensează variația de energie liberă a sistemului la limită.

Pentru un sistem care nu are schimb de substanță cu mediul în cazul echilibrului termic, entropia rămâne constantă în timp, adică variația sa în timp este zero: $(dS) / dt = 0$

Pentru un sistem deschis, entropia crește în general cu timpul și anume: $(dS) / dt > 0$

Dar entropia sistemelor deschise poate scădea și dacă produc entropie în mediul extern.

Formula lui Prigogine pentru variația pe unitatea de timp a entropiei unui sistem deschis este următoarea: $[(dS) / dt] = [(dSi) / dt] + [(dSe) / dt]$

Sau

- $[(dSi) / dt]$ este modificarea entropiei pe unitatea de timp rezultată din modificările sistemului (în procese ireversibile)
- $[(dSe) / dt]$ este modificarea entropiei pe unitatea de timp rezultată din interacțiunea sistemului cu exteriorul. Mărimea poate fi pozitivă sau negativă. Este negativă din cauza importului de entropie negativă externă, care este echivalentă cu situația în care sistemul dă entropie mediului.

Dacă $[(dSE) / dt]$ depășește în valoare absolută termenul $[(dSI) / dt]$ atunci entropia sistemului scade.

În celebra formulare Schrödinger a indicat: organismele vii „evită” creșterea entropiei lor prin preluarea entropiei negative din mediul extern. Aceasta înseamnă că organismele primesc energie externă gratuită, fie ca energie radiantă dacă plantele sunt în fotosinteză, fie ca energie chimică stocată în hrana animalelor, iar ecosistemele elimină deșeurile din activitatea metabolică suplimentară (produse de descompunere și căldură).

Conform teoriei lui Schrodinger, animalele se hrănesc cu energie negativă.

Substanțele luate extern, precum glucoza ($S = 50,7$ kcal/mol.K) și oxigenul ($S = 48,9$ kcal/mol.K) au entropie mai mică decât substanțele rezultate din oxidarea substanțelor organice: CO_2 ($S = 49,0$ kcal/mol.K) și apa ($51,1$ kcal/mol.K). Astfel, entropia unui sistem deschis poate nu numai să crească, ci și să scadă.

Scăderea entropiei este foarte lentă și se crede că se datorează faptului că energia eliberată în procesele metabolice este consumată de sistemele biologice.

Scăderea entropiei în timpul evoluției unui organism are ca rezultat un grad mai mare de organizare în acel organism datorită importului de materie externă și energie din entropia negativă.

Pot exista procese, dintre care unele sunt însoțite de o scădere a entropiei, iar altele de creșterea acesteia, astfel încât variația totală a entropiei în spațiul menționat este pozitivă. O astfel de cuplare se găsește în multe procese ireversibile care apar în lumile vii și neînsuflețite.

Cercetări recente arată că calea de producere a energiei în celulele tumorale este modificată. În celula normală predomină procesul de producere a energiei aerobe, care are o eficiență mai mare.

În celulele tumorale predomină glicoliza anaerobă, al căror randament este scăzut.

Energia celulelor tumorale seamănă cu energia celulelor embrionare. Alterarea energiei celulare în condiții patologice rămâne de studiat în viitor.

Termodinamica proceselor ireversibile include până acum doar mici abateri de la echilibrul termodinamic.

Teoria sistemelor deschise este aplicată fenomenelor de adaptare și la multe probleme din fiziologia și biochimia microorganismelor.

Termodinamica sistemelor deschise oferă noi perspective biofizicii de a examina sistemele biologice.

Se prevede că multe fenomene inexplicabile vor găsi explicația corectă, odată cu dezvoltarea termodinamicii biologice în studiul sistemelor biologice:

- unificarea principiilor termodinamicii cu teoria informației;
- interacțiuni medicamentoase cu sistemele biologice;
- influența factorilor fizici de mediu asupra sistemelor biologice;
- fenomene de creștere, îmbătrânire și patologie malignă.

CALCULUL LUCRULUI MECANIC, AL CĂLDURII ȘI AL VARIATIEI DE ENERGIE INTERNA ÎN PROCESE TERMODINAMICE

CAZ GENERAL

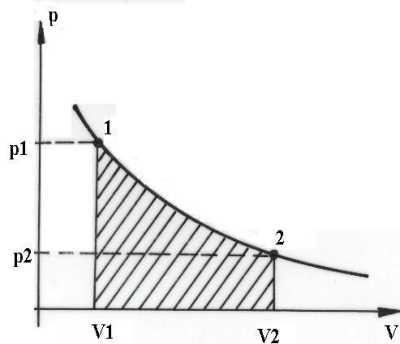
Lucrul în termodinamică se calculează folosind formula: $W_{12} = \int_{V_1}^{V_2} p \cdot dV = A_{12V_2V_1}$

p - este presiunea gazului luat în considerare;

dV este variația elementară de volum;

W_{12} este lucru de la 1 la 2

$A_{12V_2V_1}$ este aria formată de curba presiunii de 1-2, perpendicularele descendente de la starea inițială la starea finală pe axa celor două volume.



Când $p = \text{const}$ avem: $W_{12} = p \cdot \Delta V = p(V_2 - V_1) = A_{12V_2V_1}$

Variația internă a energiei : $\Delta U = \nu C_v \Delta T$

ν este cantitatea de substanță;

C_v este căldura izocorului molar;

ΔT este schimbarea temperaturii de la starea inițială la starea finală

Această formă de exprimare este valabilă pentru orice tip de transformare.

căldură: $Q = \Delta U + W$

TRANSFORMARE POLITROPICĂ : $p \cdot V^n = \text{const}$

LUCRU MECANIC

Într-o transformare politropică, volumul gazului ideal variază de la V_1 la V_2 ,

Lucrul mecanic efectuat de un gaz ideal este

$$W_{1-2} = \int_{V_1}^{V_2} p dV = p_1 V_1^n \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^n} = \frac{p_1 V_1^n}{n-1} \left[V^{-n+1} \right]_{V_1}^{V_2}$$

$$\text{Sau: } W_{1-2} = \frac{p_1 V_1^n}{n-1} (V_2^{1-n} - V_1^{1-n}) = \frac{1}{n-1} [p_2 V_2^{1-n} V_2^n - p_1 V_1^{1-n} V_1^n] = \frac{1}{n-1} [P_2 V_2 - p_1 V_1]$$

Sau:

$$W_{1-2} = \frac{1}{n-1} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{\nu \cdot R}{n-1} (T_2 - T_1)$$

Variația energiei interne $\Delta U = \nu C_v \Delta T$

Căldura primită sau cedată de gazele ideale în timpul procesului politropic.

Dacă c_v și c_p sunt căldurile molare specifice atunci căldura are forma

$$Q_{1-2} = U_2 - U_1 + W_{1-2} = \nu c_v (T_2 - T_1) + \frac{\nu R}{n-1} (T_2 - T_1)$$

Sau :

$$Q_{1-2} = \nu c_v (T_2 - T_1) + \frac{\nu (c_p - c_v)}{n-1} (T_2 - T_1) = \nu c_v \frac{n - \gamma}{n-1} (T_2 - T_1)$$

TRANSFORMAREA ADIABATICĂ : $pV^\gamma = \text{const.}$

Într-o transformare adiabatică $dQ = 0$ (fără schimb de căldură cu exteriorul) unde coeficientul politropic are forma $n = \gamma$, deci lucrarea are următoarea formă: $W_{1-2} = \frac{\nu R}{\gamma - 1} (T_1 - T_2)$

Din relațiile dintre căldura molară izocoră, izobară și constanta universală a gazului R: $C_p - C_v = \nu R$;

$$\frac{C_p}{C_v} = \gamma \text{ Coeficient adiabatic}$$

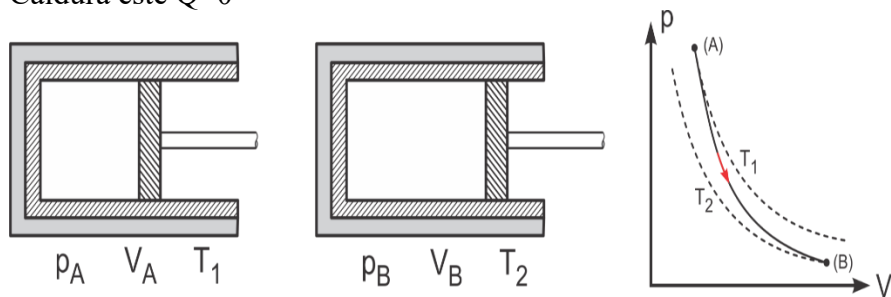
$$W_{1-2} = c_v (T_1 - T_2) = U_1 - U_2 = - \Delta U$$

În procesele adiabatică munca efectuată este rezultatul scăderii căldurii gazelor ideale:

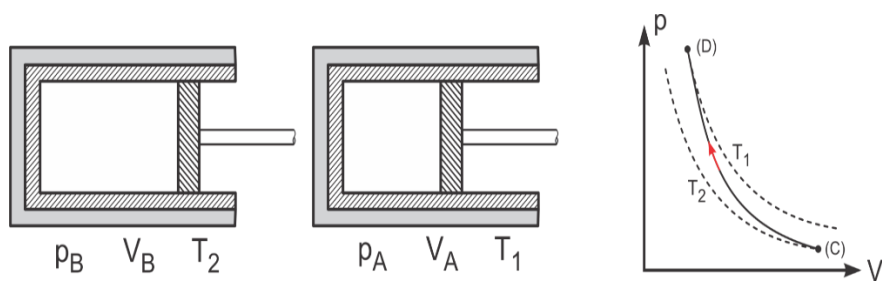
$$W_{1-2} = \frac{\nu R}{\gamma - 1} (T_1 - T_2)$$

Variația energiei interne este: $\Delta U = \nu C_v \Delta T$

Căldura este $Q=0$



În timpul expansiunii adiabatică temperatura gazului ideal scade



În timpul compresiei adiabatică, temperatura gazului crește

SD Poisson (1781 – 1840)



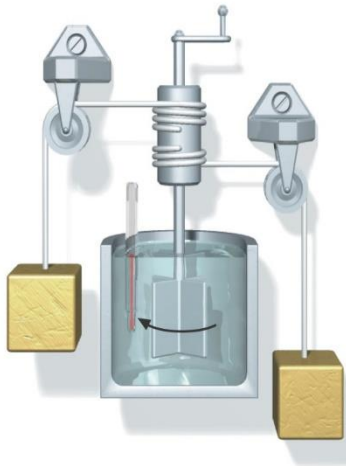
În practică, este imposibil să se realizeze o transformare adiabatică perfectă (este imposibil să se elimine schimbul perfect de căldură cu mediul) și, de asemenea, este dificil să se realizeze o transformare izotermă perfectă.

În practică, transformările sunt „politropice” (transformări intermediare între transformările izoterme și adiabatică). Ecuația unei transformări politropice de la starea inițială „1” la starea finală „2”) este:

$$p_1 \cdot V_1^n = p_2 \cdot V_2^n = \text{const.}$$

$$(1 \leq n \leq \gamma)$$

ECHIVALENTUL MECANIC AL CĂLDURII



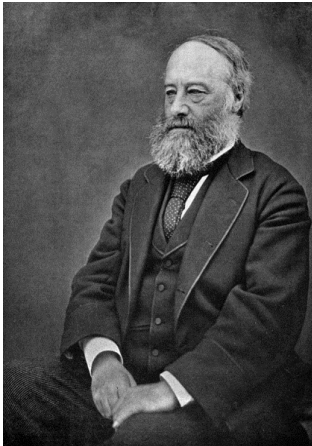
Expresia de legatura dintre cantitatea de caldura si calorie este introdusă de Nicolas Clément

1 cal este cantitatea de căldură necesară pentru a ridica temperatura unui gram de apă de la 4,5°C la 5,5°C

1 kcal este cantitatea de căldură necesară pentru a ridica temperatura unui kilogram de apă de la 5,5°C la 4,5°C

Cantitatea de căldură este o formă de energie –

Pentru a demonstra și determina echivalența stabilim $1 \text{ cal} = 4,18400 \text{ J}$



James Prescott Joule (1818-1889) Julius Robert von Mayer (1814-1878)

TRANSFORMAREA IZOTERMA (T=const.)

În transformare izotermă $n = 1$ ($pV = \text{const.}$)

$T = \text{const.}$ și $\Delta T = 0$

Ecuția transformării izoterme este $PV = \text{const} = P_1V_1 = P_2V_2$

LUCRUL MECANIC

$$W_{12} = \int_{V_1}^{V_2} p \cdot dV = A_{12V_2V_1}$$

Se calculează cu formula

$$p = \frac{p_1 V_1}{V}$$

Unde se înlocuiește

$$W_{1-2} = \nu RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \nu RT \ln \frac{p_1}{p_2}$$

Deci:

VARIAȚIA ENERGIEI INTERNE: $\Delta U = 0$

($\Delta U = \nu \cdot C_v \cdot \Delta T$ – formula generală)

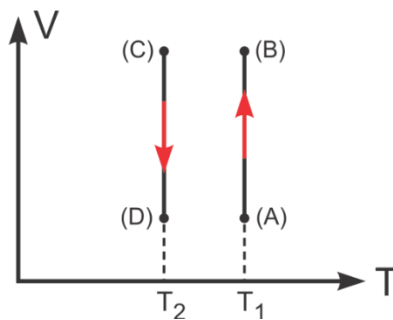
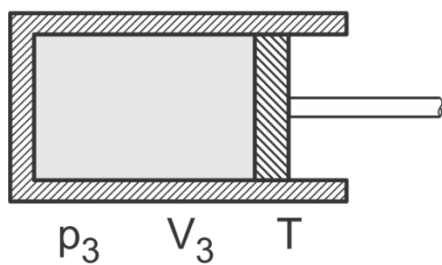
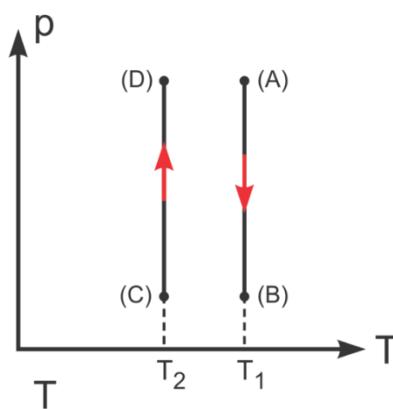
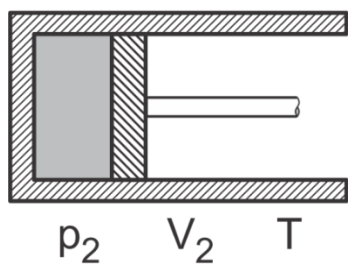
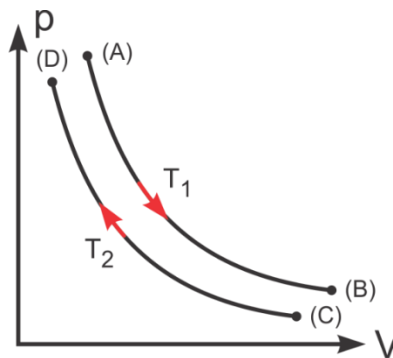
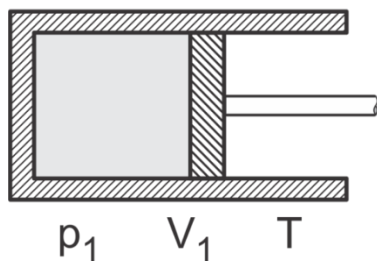
Deoarece $\Delta T = 0$ – datorită temperaturii constante, nu există nicio variație de temperatură

Căldura: obținută aici din primul principiu al termodinamicii:

$$Q = \Delta U + W$$

Deoarece modificarea energiei interne este zero, căldura este egală cu muncă: $Q = W$

TRANSFORMAREA IZOTERMA (T=CONST.)
LEGEA BOYLE-MARIOTTE



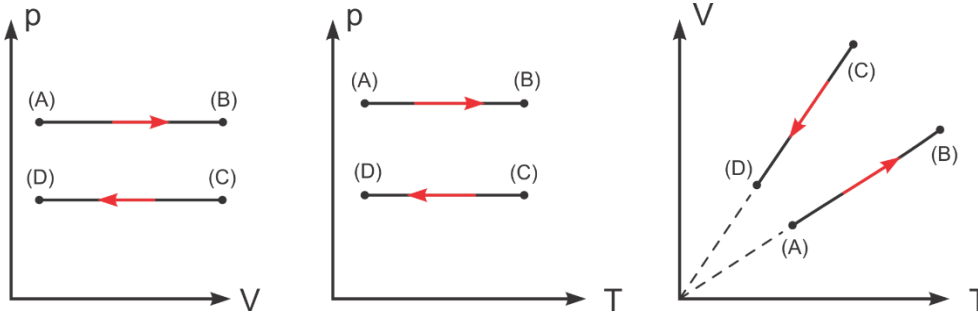
(A) → (B) Expansiune izotermă (T_1)

(C) → (D) Compresie izotermă (T_2)

$T_1 > T_2$

Legea Boyle-Mariotte: $p_A \cdot V_A = p_B \cdot V_B$

**TRANSFORMARE ISOBARA (P=CONST) –
LEGEA LUI CHARLES**



(A) →(B) Încălzire izobară $\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B}$

(C) →(D) Răcire izobară $\frac{V_C}{T_C} = \frac{V_D}{T_D}$

Ecuția termică a gazelor ideale: $pV = \nu RT$
(*Mendeleev-Clapeyron*)

Transformare generală

$(p_A, V_A, T_A) \rightarrow (p_B, V_B, T_B)$ pentru gazul ideal

$$\frac{p_A \cdot V_A}{T_A} = \frac{p_B \cdot V_B}{T_B}$$

R: constanta universală a gazelor ideale (*HV Regnault*)

$R = 8,3144 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $R = 0,08205 \text{ l} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

TRANSFORMARE IZOBARA – in acest caz presupunem ca $p = \text{const}$

Deci $p_2 = p_1$ și $n = 0$

Lucrul mecanic efectuat este: $W_{1-2} = p_1 (V_2 - V_1) = \nu R (T_2 - T_1)$

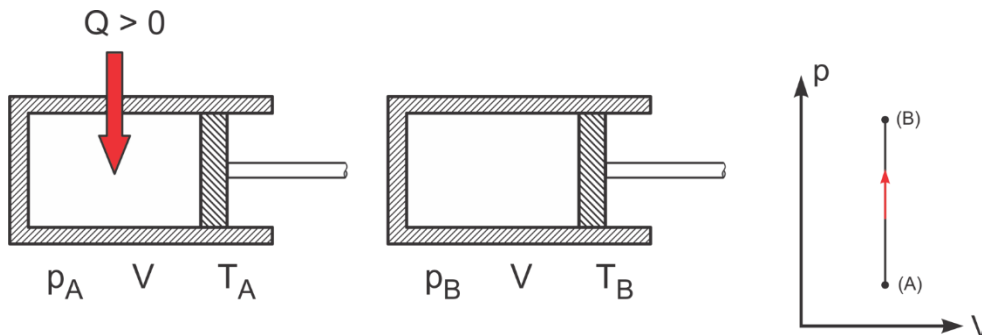
Variația energiei interne este: $\Delta U = \nu C_v \Delta T$

Căldura se obține aici din principiul I al termodinamicii:

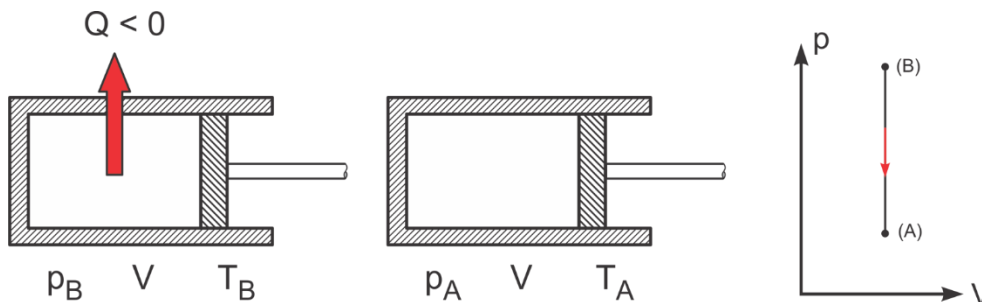
$Q = \Delta U + W = \nu C_v \Delta T + \nu R \Delta T = \nu C_p \Delta T$

TRANSFORMAREA ISOCORĂ ($V = \text{const}$):

LEGEA LUI GAY-LUSSAC



Într-un încălzitor izocor gazul preia căldură din împrejurimi și crește presiunea gazului



Într-o răcire izocoră, gazul degajă căldură mediului și reduce presiunea gazului

$$\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B}$$

Pentru TRANSFORMAREA izocoră presupunem că $n = \pm\infty$

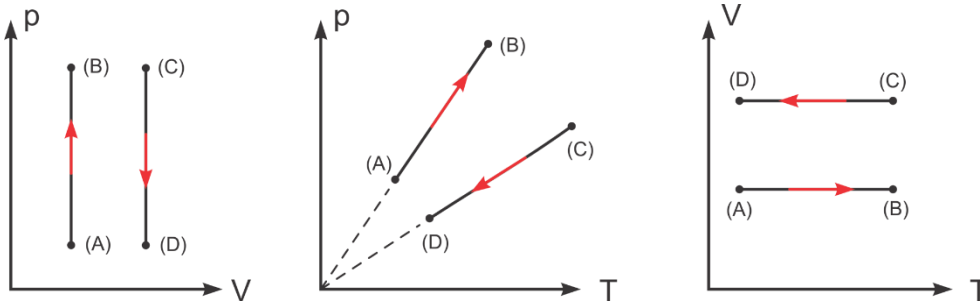
Pentru TRANSFORMAREA izocoră se presupune că $V = \text{const}$.

Lucrul este $W_{1-2} = 0$ ($W = p \cdot \Delta V$ și $V = \text{const}$, $\Delta V = 0$)

Deoarece volumul stării inițiale 1 coincide cu cel al stării finale 2

Modificarea energiei interne: $\Delta U = \nu C_v \Delta T$

Căldura: o obținem aici din prima lege a termodinamicii: $Q = \Delta U + W = \nu C_v \Delta T$



(A) → (B) încălzire izocoră $\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B}$

(C) → (D) răcire izocoră $\frac{p_C}{T_C} = \frac{p_D}{T_D}$

Într-o transformare izocoră gazul ideal nu realizează lucru mecanic asupra mediului și mediul nu realizează lucru mecanic asupra gazului ideal ($W = 0$).

Pentru $1 < n < \gamma$, căldura specifică c_n este negativă.

În această transformare, gazul în expansiune efectuează mai mult lucru mecanic decât căldura furnizată de gaz.

Pentru a efectua lucrări mecanice, gazul consumă ceva energie internă.

Astfel, pentru indicele politropic n între 1 și γ are loc o anumită transformare și gazul se răcește, dar a primit căldură din exterior.

Pentru gaze biatomice: $C_v = 5/2R$ și $C_p = 7/2R$

Pentru gazele monoatomice: $C_v = 3/2R$ și $C_p = 5/2R$

POTENȚIALE TERMODINAMICE

ENTROPIA S

Experimentele efectuate cu același sistem termodinamic, de exemplu un gaz ideal, arată că:

Izotermele nu se intersectează;

Adiabații nu se intersectează;

O izotermă adiabatică și o izotermă adecvată se intersectează doar într-un punct din planul (V, p).

Toate aceste rezultate experimentale arată că există o relație neechivocă între perechile de parametri (S, T) și (p, V).

Și anume, unei perechi de valori p1, V1 corespunde unei singure perechi de valori S1, T1.

Prin urmare, pentru toate sistemele termodinamice, obținem dependențele clare:

$$P=P(T,S);$$

$$V=V(T,S);$$

Entropia absolută a gazului ideal

Relația dintre căldura elementară și modificarea entropiei

Din discuția anterioară rezultă că există o relație proporțională între căldura elementară și modificarea

entropiei: $dS = \delta Q / \alpha$ Or $\frac{dQ}{dS} = T$

unde α este un factor esențial care transformă valoarea elementară δQ într-o diferențială totală exactă dS

Definiția entropiei : $\frac{dQ}{T} = dS$

Formule de entropie pentru diferite procese termodinamice

pentru procesul izobaric $dQ_p = \nu \cdot c_p \cdot dT$; $dS_p = \nu c_p \frac{dT}{T}$

pentru procesul izocor $dQ_v = \nu \cdot c_v \cdot dT$; $dS_v = \nu c_v \frac{dT}{T}$

pentru procesul izotermic $dQ_T = \nu RT \frac{dV}{V}$; $dS_T = \nu R \frac{dV}{V}$

pentru procesul adiabatic $\delta Q = 0$; $dS = 0$

ECUAȚIA FUNDAMENTALĂ A TERMODINAMICII

Astfel, se pare că: $Q_{1-2} = \int_{S_1}^{S_2} T dS$. sau $dQ = T \cdot dS$

ecuația fundamentală a termodinamicii pentru procesele cvasistatice și reversibile:

$$dU = dQ - dW$$

$$dU = T \cdot dS - p \cdot dV$$

În termeni geometrici, căldura are aceeași semnificație în $[S, T]$ ca și munca în $[V, p]$.

PROPRIETATI ALE ENTROPIEI ABSOLUTE

Entropia absolută S este o funcție de stare și dS este o diferență totală exactă și: $\oint dS = 0$

În procesele adiabatice și cvasi-statice, entropia absolută este conservată [$S = \text{constant}$, $dS = 0$]

Entropia absolută este o funcție a stărilor aditive, adică pentru mai multe subsisteme obținem: $S = \sum_{k=1}^N S_k$

Entropia este definită până la o constantă aditivă arbitrară S_0 , care nu poate fi determinată de a doua lege a termodinamicii.

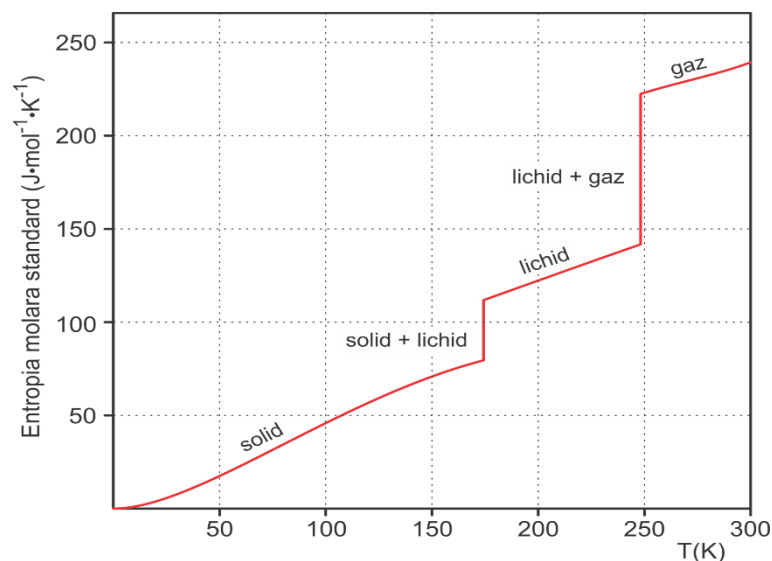
Cu toate acestea, variația entropiei între două stări este bine definită $S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$

Potențialele termodinamice sunt introduse în mod similar cu energia potențială în mecanică $\delta W = F dx = -dE_p$

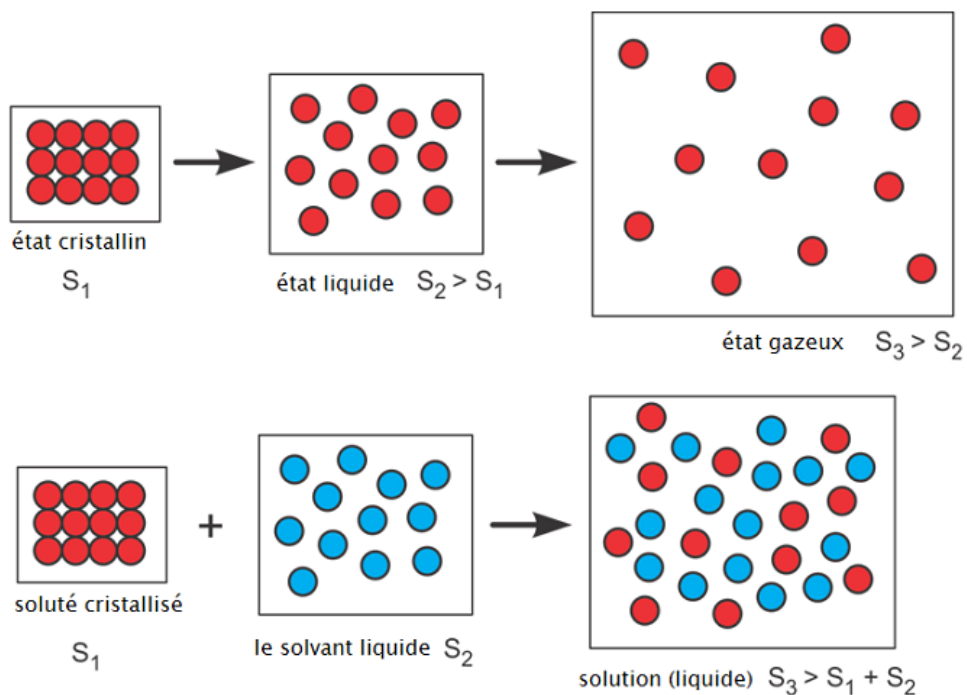
Dacă energia potențială este minimă, sistemul este în echilibru stabil.

În mod similar, potențialele termodinamice îndeplinesc cerințele: derivata lor față de o coordonată generalizată este o forță generalizată.

Când potențialul termodinamic este minim, sistemul este într-o stare de echilibru termodinamic.



Variația entropiei în timpul transformărilor de fază



Entropia unui sistem termodinamic se corelează cu gradul de „dezordine” (numărul de grade de libertate) intern sistemului

ENERGIA INTERNĂ U

Ecuatia fundamentală a termodinamicii procesului este: $dU = dQ - p \cdot dV = T \cdot dS - p \cdot dV$

unde energia internă U este o funcție a stărilor variabilelor termodinamice S și V: $U = U(S, V)$

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial S} \right)_v dS + \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_s dV$$

$$T = \left(\frac{\partial U}{\partial S} \right)_v ;$$

Astfel se poate scrie

$$p = \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_s$$

ENERGIA LIBERA F

Energia liberă F este definită de ecuația: $F = U - T \cdot S$

Dacă în cadrul sistemului considerat volumul V și temperatura absolută T variază, se poate scrie următoarea formulă:

$$dF = dU - (TdS + SdT) = (T \cdot dS - p \cdot dV) - (TdS + SdT) =$$
$$dF = -S \cdot dT - p \cdot dV$$

ceea ce înseamnă că energia liberă F este o funcție a variabilelor V și T:

$$F = F(T, V)$$

$$dF = \left(\frac{\partial F}{\partial T} \right)_V dT + \left(\frac{\partial F}{\partial V} \right)_T dV$$

$$S = - \left(\frac{\partial F}{\partial T} \right)_V$$

Sau:

$$p = - \left(\frac{\partial F}{\partial V} \right)_T$$

Aceasta este prima relație Gibbs-Helmholtz.

Energia liberă este partea din energia internă pe care sistemul o poate modifica cu mediul înconjurător, iar cantitatea de energie $E_l = TS$ se numește energie legată, deoarece nu poate fi îndepărtată din sistem.

În procesele izoterme: $dF = -p \cdot dV = -dW$

$$W = - \int_1^2 dF = F_1 - F_2$$

Rezultă că scăderea energiei libere reprezintă munca efectuată de sistemul termodinamic al proceselor izoterme.

ENTALPIA H

Entalpia H este definită prin ecuația: $H = U + pV$

Din care putem obține: $dH = dU + p.dV + V.dV$

Dacă în cadrul sistemului considerat presiunea și entropia variază, expresia entalpiei H poate fi scrisă după cum urmează: $dH = T.dS + V.dp$

$$\text{Când } H = H(S, P) \quad dH = \left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_p dS + \left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_S dP$$

$$T = \left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_p$$

Și

$$V = \left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_S$$

Dacă cel termodinamic proces este izobar ($p = \text{const}$) atunci: $dH = T.dS = dQ$

Variația de entalpie în procesele termodinamice reprezintă căldura izobară primită sau dată de sistem.

Putem scrie relația: $U = H - p.V$

$$U = H - pV = H - p \left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_S$$

ENTALPIA LIBERĂ G

Entalpia liberă G este dată de expresia

$$G = H - TS = U + pV - TS$$

În sistemele în care există intervale de pres

si temperatură, formula variației entalpiei libere poate fi scrisă după cum urmează:

$$dG = + V.dp - S.dT$$

$$\text{unde } G = G(p, T) \text{ atunci } dG = \left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T dp + \left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p dT$$

$$V = \left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T$$

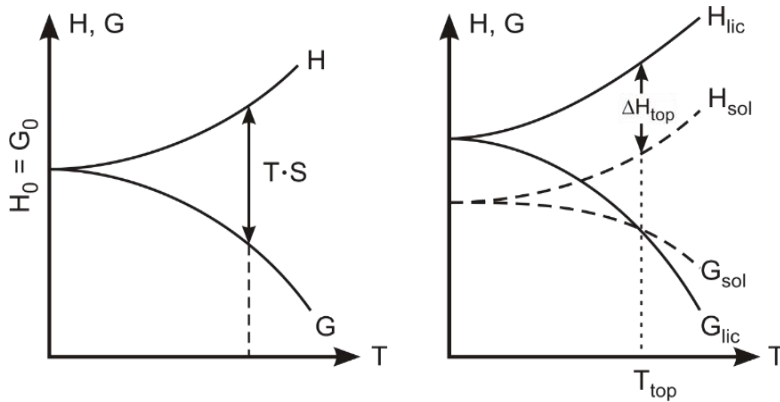
Și

$$S = -\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p$$

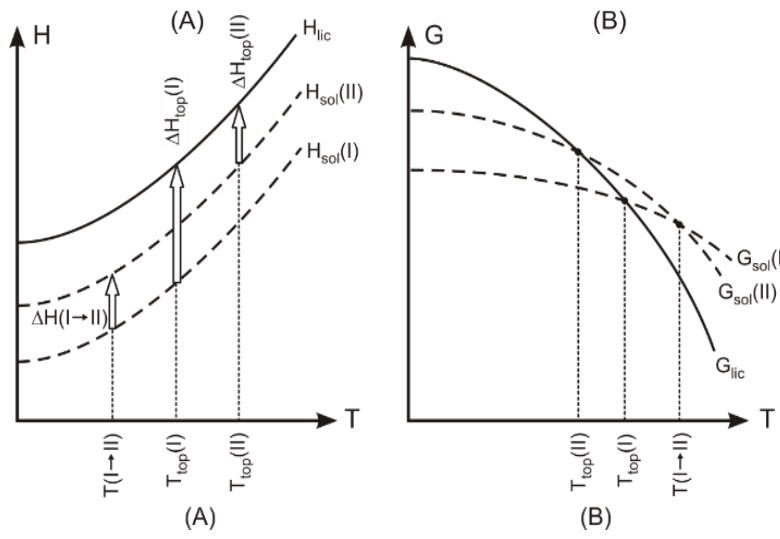
Entalpia H poate fi exprimată în termeni de entalpie liberă

$$H = G + TS = G - T \left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p$$

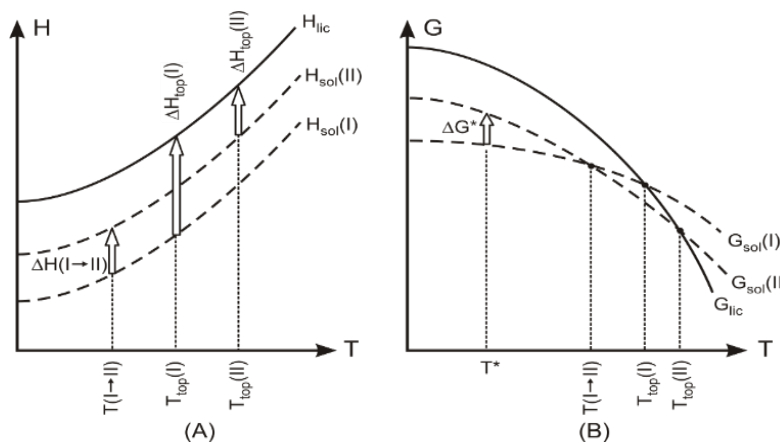
Aceasta este a doua relație Gibbs-Helmholtz



Variația entalpiei și a entalpiei libere cu temperatura
 Variația entalpiei Gibbs H și a entalpiei libere G în funcție de temperatură.
 (A) în cazul unei faze omogene
 (B) în cazul unei faze solid-lichid eterogene



Variația entalpiei H (A) și a entalpiei libere Gibbs G (B) în funcție de temperatură - în cazul unei faze heterogene de separare solid-lichid cu polimorfism monotrop



Variația entalpiei (A) și a entalpiei Gibbs libere (B) în funcție de temperatură în cazul unei faze heterogene de separare solid-lichid cu polimorfism enantiotrop

$$\Delta G^* = R \cdot T^* \cdot \ln \frac{S^*(II)}{S^*(I)}$$
 sau S^* - solubilitate la temperatura T*

APLICAȚII ALE PRINCIPIULUI II AL TERMODINAMICII. CICLURILE TERMICE

CICLUL CARNOT

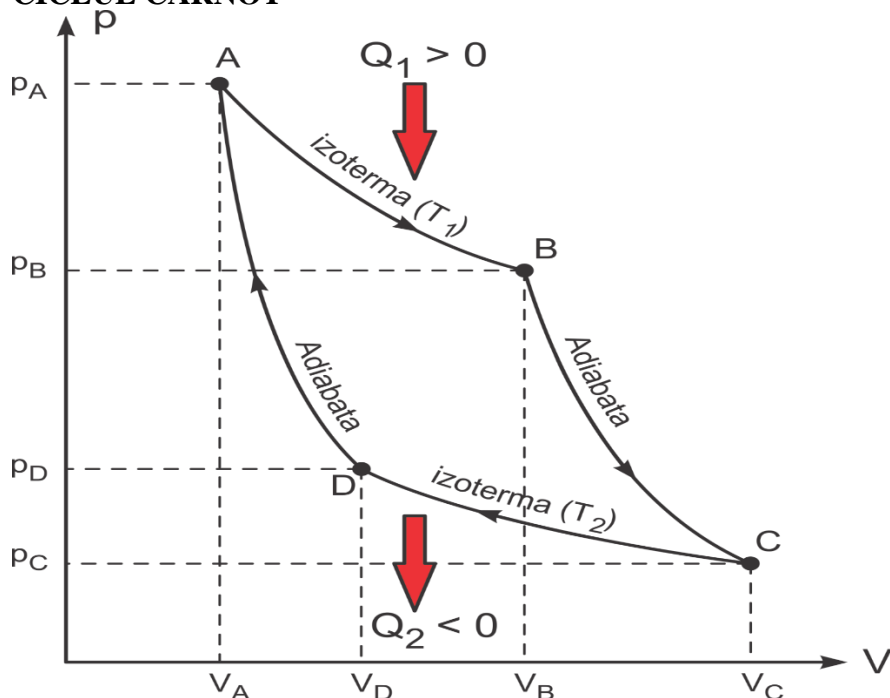
Conform postulatului lui Kelvin *nu este posibil un motor monoterm*.

Atunci vom încerca să construim un motor biterm adică un motor ce folosește două izvoare de căldură cu temperaturile $T_1 \neq T_2$.

În afară de cele două izvoare de căldură vom mai avea nevoie și de un al treilea corp numit corp de lucru un asemenea sistem ce se va afla în contact cu cele două surse de căldură va trebui să transformăm cantitatea de căldură în lucru mecanic fără să producă și alte schimbări în sistemul ce efectuează transformarea.

Inginerul francez Sadi Carnot s-a ocupat de această problemă și a propus în 1824 următorul proces ciclic ce-i poartă numele.

CICLUL CARNOT



A → B - gazul se extinde izoterm

Absoarbe căldură dintr-o sursă fierbinte: $Q_{AB} = Q_1 > 0$

B → C - expansiune adiabatică

În punctul C, sistemul intră în contact cu sursa rece de T_2 și datorită lucrului mecanic transferat mediului extern, gazul se va comprima izoterm de la C la D.

C → D - compresie izotermă

D → A - compresie adiabatică

$Q_{DA} = 0$

După ce se efectuează ciclul, conform primei legi a termodinamicii rezultă că $W = Q_1 - Q_2$

W = lucru mecanic pentru ciclul complet

Ca urmare, lucrul mecanic a fost produs pe parcursul întregului ciclu. Drept urmare, funcționează ca un motor.

Se poate demonstra că orice motocicletă (reversibilă sau ireversibilă) care funcționează între temperaturile T_1 și T_2 poate produce muncă numai dacă sursa absoarbe căldură din sursa fierbinte și eliberează căldură din sursa mai fierbinte către sursa mai rece, dar nu invers.

Trecând prin ciclul rezultat într-o manieră inversă rezultă că

$-W = -Q_1 + Q_2$ + astfel, un dispozitiv frigorific.

CALCULUL RANDAMENTULUI CICLULUI CARNOT

Prin definiție, eficiența unui ciclu termic este: $\eta = \frac{W}{Q_1}$

W = Lucrul mecanic efectuat într-un ciclu

Q_1 = căldură absorbită de sursa caldă

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1} < 1$$

AB - transformare izotermă: $Q_1 = R \cdot T_1 \cdot \ln \frac{V_B}{V_A}$

CD - transformare izotermă: $Q_2 = R \cdot T_2 \ln \frac{V_C}{V_D}$

Prin urmare, putem scrie randamentul ciclului Carnot ca: $\eta = 1 - \frac{R \cdot T_2 \cdot \ln \frac{V_C}{V_D}}{R \cdot T_1 \cdot \ln \frac{V_B}{V_A}}$

Ținând cont de transformarea adiabatică de la B la C și de la D la A, rezultă că: $T_2 < T_1$

Randamentul ciclului Carnot va avea următoarea formă: $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

$$T_1 \cdot V_B^{\gamma-1} = T_2 \cdot V_C^{\gamma-1}$$

$$T_2 \cdot V_D^{\gamma-1} = T_1 \cdot V_A^{\gamma-1}$$

$$\frac{T_1 \cdot V_B^{\gamma-1}}{T_1 \cdot V_A^{\gamma-1}} = \frac{T_2 \cdot V_C^{\gamma-1}}{T_2 \cdot V_D^{\gamma-1}} \cdot \frac{T_1 \cdot V_B^{\gamma-1}}{T_1 \cdot V_A^{\gamma-1}} = \frac{T_2 \cdot V_C^{\gamma-1}}{T_2 \cdot V_D^{\gamma-1}}$$

Randamentul ciclului Carnot are următoarea formă:

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

TEOREMA LUI CARNOT

Dintre numeroasele motoare care funcționează între aceleași temperaturi T_1 și T_2 , nu toate motoarele au același η , în timp ce motoarele ireversibile au unul η care nu depășește niciodată motor reversibil .

$$\eta(irev) = 1 - \frac{Q_1}{Q_2} \quad et \quad \eta(rev) = 1 - \frac{Q_1}{Q_2} \quad et \quad \eta(irev) = \eta(rev)$$

Randamentul unui motor termic care funcționează conform ciclului Carnot este

$$\eta_c = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Se poate arăta destul de simplu că randamentul ciclului Carnot nu depinde de natura corpului.

Vom putea construi un **termometru termodinamic** ce ar consta dintr-o succesiune de motoare termice reversibile cuplate în cascadă astfel încât fiecare din ele să producă același lucru mecanic W .

Potrivit principiului al doilea al termodinamicii, o mașină termică, care poate efectua lucru mecanic pe seama căldurii, trebuie să conțină trei corpuri : sursa de căldură, corpul de lucru și sursa rece .

Ciclul Carnot este format din două izoterme și două adiabate care sînt parcurse de corpul de lucru în transformări quasistatice și reversibile . Pentru întregul ciclu avem:

$$\oint dS = \oint \frac{\delta Q}{T} = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} + \int_2^3 \frac{\delta Q}{T} + \int_3^4 \frac{\delta Q}{T} + \int_4^1 \frac{\delta Q}{T} = 0$$

Această relație este cunoscută ca **egalitatea lui Clausius**, iar mărimile $\delta Q/T$ sub numele călduri reduse.

Din ultima formulă se obține :

$$\frac{Q_1}{T_1} - \frac{|Q_2|}{T_2} = 0$$
$$\frac{|Q_2|}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

Cum randamentul unei mașini termice care funcționează după Carnot este

$$\eta_c = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

De asemenea, egalitatea Clausius este valabilă pentru un ciclu quasistatic arbitrar, având în vedere că orice ciclu poate fi aproximat printr-o succesiune de izoterme și adiabate.

Dacă $T_1 = T$, $Q_1 = Q$ și $T_2 = T_0$ și $Q_2 = Q_0$

putem scrie: $\frac{Q}{T} = \frac{Q_0}{T_0} \quad T = T_0 \frac{Q}{Q_0}$

Este evident că în această expresie căldura Q și Q_0 joacă rolul unei proprietăți termometrice independente de sistemul termodinamic. Dacă T_0 definește temperatura de referință, T este temperatura absolută deoarece T nu depinde de sistemul termodinamic utilizat.

Prin convenție s-a stabilit izoterma de referință, corespunzătoare punctului triplu al apei, unde $T_0 = 273,16 \text{ K}$. De remarcat că această relație definește punctul zero absolut.

Pentru $Q = 0$ se poate obține $T = 0$, ceea ce înseamnă că izoterma zero absolută se contopește cu cea adiabatică. Aceasta este diferența de bază dintre scara empirică de temperatură și scara de temperatură absolută.

În toate scările empirice de temperatură θ , temperatura punctuală $\theta_0 = 0$ nu este definită fără ambiguitate. Deoarece punctul de temperatură $T = 0$ K, avem $Q = 0$. Aceasta demonstrează că temperatura $T = 0$ K are o semnificație fizică specială.

Răcirea corpurilor la o temperatură sub temperatura mediului exterior se realizează prin refrigerare, funcționând în cicluri încheiate în sens invers acelor de ceasornic.

Pentru aceste instalații avem următoarele relații: $W = |Q_1| - Q_2$

Caracteristica unei instalații frigorifice este dată de raportul dintre efectul frigorific: $\varepsilon = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{|Q_1| - Q_2}$

Dacă η este randamentul ciclului Carnot atunci:

$W = \eta \cdot |Q_1|$, $Q_2 = |Q_1|(1 - \eta)$, $\varepsilon = Q_2/W = Q_2/[|Q_1| - Q_2] = (1/\eta) - 1$

Pompele de căldură eficiente se caracterizează prin: $K = |Q_1|/W = 1/\eta$

Pentru sistemele frigorifice care funcționează pe un ciclu Carnot inversat, se obține: $\varepsilon = T_2/[T_1 - T_2]$, dacă $K = T_1/[T_1 - T_2]$

CICLUL OTTO

Motoarele care funcționează pe ciclul în patru timpi inventat de Nikolaus Otto în 1876 implică un ciclu în patru timpi și un motor cu ardere internă.

Este cel mai folosit ciclu din industria auto azi.

Un ciclu în 4 timpi este mai eficient decât un ciclu în 2 timpi, chiar dacă sunt necesare mai multe piese mobile.

Ciclul Otto în 4 timpi funcționează de la 30 rpm la 1000 rpm pentru a atinge, respectiv, limita de 6000 rpm

Timpii de funcționare

Admisia : Ciclul începe la punctul mort superior, când pistonul este în punctul cel mai înalt. În timpul primei curse pistonul coboară (are loc admisie), un amestec de aer și combustibil din carburator sau injecție este aspirat în cilindru prin supapa de admisie.

Compresia : Supapa de admisie se închide, pistonul se ridică, comprimând amestecul de admisie.

Aprindere + Detenta : amestecul aer-combustibil este apoi aprins, de obicei de o bujie, în jurul celui de-al doilea punct mort superior (extensie completă a pistonului). Presiunea gazelor de înaltă temperatură produce o explozie în timpul arderii și forțează pistonul în jos pentru a treia cursă (combustie-expansiune). Această mișcare este singurul timp de conducere (producând energie direct utilizabilă).

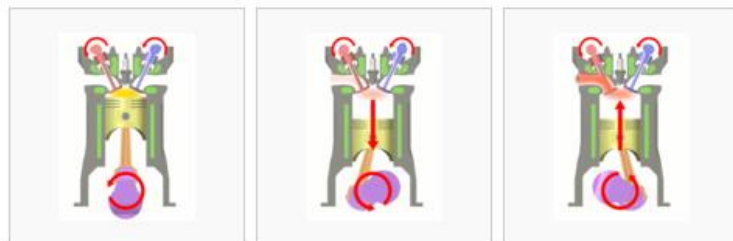
Evacuare : În timpul celei de-a patra și ultima cursă, supapa de evacuare se deschide pentru a elimina gazele arse împinse de ridicarea pistonului.



Point mort haut, départ

1 - admission

2 - compression

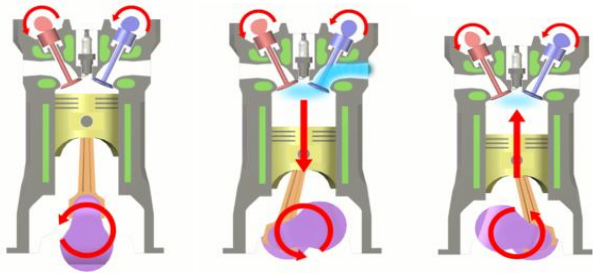


Le carburant est enflammé

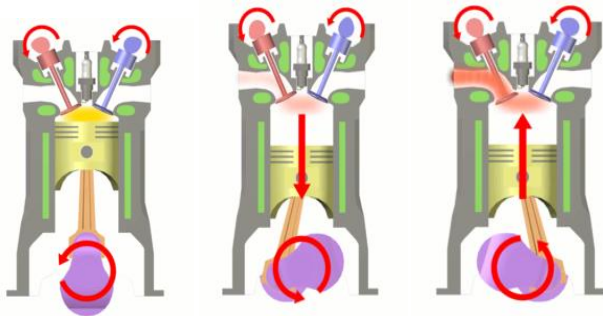
3 - détente

4 - échappement

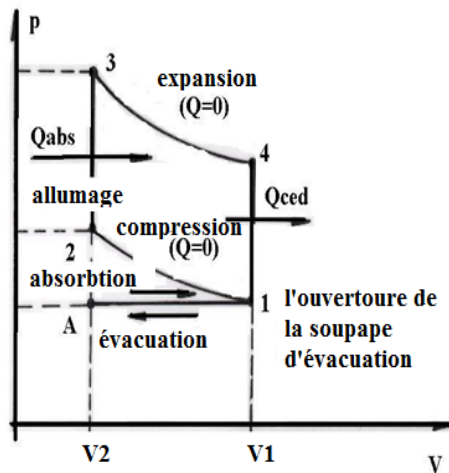
CICLU OTTO – TIMPII DE FUNCTIONARE



Poziții de start compresie de admitere



Aprinderea combustibilului , explozia sau detenta, evacuarea



Acest ciclu este caracterizat de patru curse sau mișcări liniare ale pistonului:

Admisia: $A \rightarrow 1$, $p_1 = \text{const}$.

(Absorbție) : (proces izobar)

Compresie : $1 \rightarrow 2$, $Q=0$: (transformare adiabatică)

Aprindere + Detenta : $2 \rightarrow 3$: $V_2 = \text{const}$

$3 \rightarrow 4$: $Q=0$

$4 \rightarrow 1$: $V_1 = \text{const}$

Evacuare : $1A \rightarrow$, $p_1 = \text{const}$

Dacă notăm $\varepsilon = V_1/V_2$ - raportul de compresie unde γ este coeficientul adiabatic

CALCULUL RANDAMENTULUI CICLULUI OTTO:

RANDAMENTUL ciclului Otto are expresia: $\eta = 1 - \varepsilon^{1-\gamma}$

Unde γ este coeficientul adiabatic.

Formula generală pentru calcularea randamentului unui motor termic este următoarea

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{ced}|}{Q_{abs}}$$

Unde Q_{ced} este căldura cedată $Q_{ced} < 0$

Și Q_{abs} este căldura absorbită: $Q_{abs} > 0$

1-2: transformare adiabatică:

$Q_{12} = 0$ nu există schimb de căldură cu exteriorul

2-3: transformare izocoră:

$V_2 = \text{const} \rightarrow dV = 0 \rightarrow W_{23} = 0$

$Q_{23} = \nu \cdot C_V (T_3 - T_2) > 0 \rightarrow Q_{abs} = Q_{23}$

Deoarece temperatura în starea 3 este mai mare decât în starea 2, putem concluziona că de la 2 la 3 am absorbit căldură (căldura este pozitivă).

3-4 transformare adiabatică: $Q_{34} = 0$ nu are loc nici un schimb de căldură cu exteriorul:

$V_1 = \text{const.} \rightarrow dV = 0 \rightarrow W_{41} = 0$

4-1 transformare izocoră: $Q_{41} = \nu \cdot C_V (T_1 - T_4) < 0 \rightarrow Q_{ced} = Q_{41}$

Deoarece temperatura în starea 1 este mai mică decât în starea 4

De la 4 la 1, căldura va fi eliberată (negativ)

Astfel, eficiența motorului Otto are următoarea formă: $\eta = 1 - \frac{\nu \cdot C_V (T_4 - T_1)}{\nu \cdot C_V (T_3 - T_2)}$ $\eta = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}$

Pentru transformarea adiabatică de la 1 la 2 putem scrie ecuația Poisson

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}; \quad \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = \frac{T_2}{T_1}; \quad T_2 = T_1 \cdot \varepsilon^{\gamma-1}$$

Pentru transformarea adiabatică de la 3 la 4 putem scrie ecuația Poisson

$$T_3 V_3^{\gamma-1} = T_4 V_4^{\gamma-1}; \quad \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{\gamma-1} = \varepsilon^{\gamma-1} = \frac{T_3}{T_4}; \quad T_3 = T_4 \cdot \varepsilon^{\gamma-1}$$

Randamentul ciclului OTTO este $\Rightarrow \eta = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_4 \varepsilon^{\gamma-1} - T_1 \varepsilon^{\gamma-1}} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{\varepsilon^{\gamma-1} (T_4 - T_1)}$

$$\eta = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\gamma-1}}$$

$$\eta = 1 - \varepsilon^{1-\gamma}$$

Se poate observa că randamentul depinde doar de raportul de compresie ε și de coeficientul adiabatic γ .

CICLUL DIESEL

ISTORIC – MOTORUL DIESEL



Rudolf Diesel
(1858 - 1913)

Rudolf Diesel (1858 - 1913) a fost interesat de motoare. În tinerețe, a fost impresionat de Lenoir și de sistemul de mașini cu abur care funcționează la acea vreme.

În timpul studiilor cu Prof. Linde, un inventator celebru al timpului său, Diesel a aflat că performanța motoarelor termice poate fi îmbunătățită. S-a referit la tânărul francez Sadi Carnot (1796 - 1832), care a descoperit ciclul ideal care îi poartă numele: **ciclul Carnot**.

Arderea este procesul de bază în motoarele termice; prin urmare, Diesel și-a propus să continue construirea unui astfel de motor.

În 1890, a avut o idee genială pentru un proces de ardere: un motor care funcționează cu aer care este comprimat la o presiune de 200 bar.

În această etapă, combustibilul greu, cum ar fi uleiul sau motorina, este injectat printr-un injector în aer și se încălzește la presiune ridicată.

Temperaturile ridicate conduc la auto-combustie imediată a combustibilului, ceea ce duce la deconectarea bujiei.

Principiul nu era atât de simplu pe cât pare. Conversia la practică a fost problematică, deoarece presiunile și temperaturile ridicate nu au fost atinse până acum.

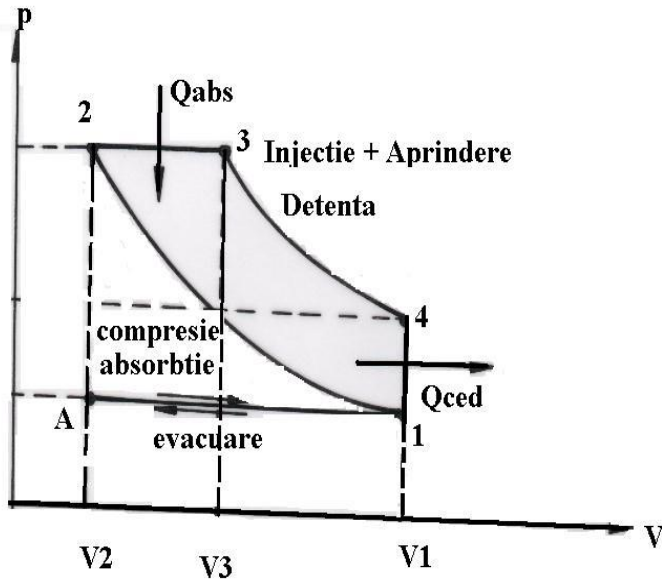
Primul motor experimental a fost construit în 1893 la Fabrica de Automobile Augsburg (MAN) din Germania.

Un motor construit în 1896 i-a convins pe ingineri că eficiența de 25% atinsă de motorul diesel nu fusese niciodată atinsă până acum. Raportul de compresie este încă scăzut și presiunea maximă de lucru a motorului este de 30 bar, chiar minimă, iar injecția suplimentară de combustibil nu a fost posibilă. A fost necesar să se folosească injecția de aer, o procedură complexă care necesita componente suplimentare ale motorului scumpe și grele. Cu toate acestea, acest motor a fost acceptat doar cu mare dificultate din cauza unor probleme economice, iar combustibilul era foarte scump.

Rudolf Diesel a fost implicat în dispute privind brevetarea rezultatelor sale și luptă pentru drepturile sale. A cerut să-și ia un motor diesel, să aibă în sfârșit propriul motor. Abia în 1908 a decis să-și patenteze rezultatele. El a dezvoltat un mic motor care este folosit în mașini și camioane cu o mică companie elvețiană SAURER.

Diesel a murit în 1913 fără să creadă în succesul motorului său.

CALCULUL RANDAMENTULUI CICLULUI DIESEL:



Timpii de funcționare a motorului Diesel sunt:

Aspirația A → 1

(proces izobar): $p_1 = \text{const.}$

2. Compresie: 1 → 2:

(transformare adiabatică): $Q = 0$

3. Aprindere și Detenta:

2 → 3 : $p_2 = \text{const}$

3 → 4: $Q = 0$

4 → 1: $V_1 = \text{const}$

În starea 3, au loc injecția și aprinderea, iar în starea finală, supapa de evacuare s-a deschis

4. Evacuare: 1 → A: $P_1 = \text{const.}$ (proces izobaric)

Timpi de funcționare ale motorului Diesel sunt

1. Aspirația

2. Compresie

3. Aprindere și Detenta

4. Evacuare

Formula generală pentru calcularea randamentului unui motor termic este:

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{ced}|}{Q_{abs}}$$

Q_{ced} - căldură cedată $Q_{ced} < 0$

Q_{abs} = căldură absorbită $Q_{abs} > 0$

Rapoartele de compresie sunt date după cum urmează: ρ și ϵ

$$\rho = \frac{V_3}{V_2} \quad \text{and} \quad \epsilon = \frac{V_1}{V_2}$$

1-2 transformare adiabatică $Q_{12}=0$, Nu există schimb de căldură

2-3 transformare izobară $p_2=const.$

$$Q_{23} = \nu \cdot C_p \cdot (T_3 - T_2) > 0 \rightarrow Q_{abs} = Q_{23}$$

deoarece temperatura în starea 3 este mai mare decât în starea 2

căldura de la 2 la 3 este absorbită (are o valoare pozitivă)

3-4 transformarea adiabatică $Q_{34}=0$ nu există nicio schimbare de căldură

4-1 transformare izocoră : $V_1=const \rightarrow dV=0 \rightarrow W_{41}=0$

$$Q_{41} = \nu \cdot C_v \cdot (T_1 - T_4) > 0 \rightarrow Q_{ced} = Q_{41}$$

$$\text{Randamentul ciclului Diesel este următorul: } \eta = 1 - \frac{\nu \cdot C_v (T_4 - T_1)}{\nu \cdot C_p (T_3 - T_2)}$$

$$\eta = 1 - \frac{C_v (T_4 - T_1)}{C_p (T_3 - T_2)}$$

$\frac{C_p}{C_v} = \gamma$ - Coeficientul adiabatic este raportul dintre căldura molară izobară și căldura molară izocoră

$$\text{După înlocuire obținem următoarea formulă de randament: } \eta = 1 - \frac{T_4 - T_1}{\gamma \cdot (T_3 - T_2)}$$

Pentru transformarea 1-2 folosim ecuația Poisson

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \quad \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = \frac{T_2}{T_1} \quad T_2 = T_1 \cdot \varepsilon^{\gamma-1}$$

Pentru transformarea 2-3 folosim ecuația unei transformări izobare:

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \Rightarrow \frac{V_3}{V_2} = \rho = \frac{T_3}{T_2} \Rightarrow T_3 = T_2 \cdot \rho$$

Pentru transformarea 3-4 folosim ecuația Poisson

$$T_3 V_3^{\gamma-1} = T_4 V_1^{\gamma-1} \quad T_2 \cdot \rho \cdot V_3^{\gamma-1} = T_4 V_1^{\gamma-1}$$

$$T_1 \cdot \varepsilon^{\gamma-1} \cdot \rho \cdot V_3^{\gamma-1} = T_4 \cdot V_1^{\gamma-1} \quad T_4 = T_1 \cdot \varepsilon^{\gamma-1} \cdot \rho \cdot \left(\frac{V_3}{V_1} \right)^{\gamma-1}$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{\rho}{\varepsilon} \quad T_4 = T_1 \cdot \rho^\gamma$$

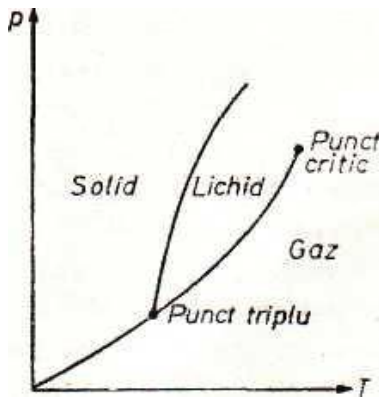
$$\text{Randamentul ciclului Diesel } \eta = 1 - \frac{T_4 - T_1}{\gamma \cdot (T_3 - T_2)}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_1 \cdot \rho^\gamma - T_1}{\gamma \cdot (T_2 \cdot \rho - T_2)} = 1 - \frac{T_1 (\rho^\gamma - 1)}{\gamma \cdot T_1 \varepsilon^{\gamma-1} (\rho - 1)} \text{ sau } \eta = 1 - \frac{\rho^\gamma - 1}{\gamma \cdot (\rho - 1) \varepsilon^{\gamma-1}}$$

Randamentul ciclului Diesel depinde doar de raportul dintre coeficientul de compresie și coeficientul adiabatic .

7. FIZICA LICHIDELOR

PROPRIETĂȚI GENERALE ALE LICHIDELOR



INTRODUCERE

Înainte de a defini starea lichidă și proprietățile generale ale lichidelor, vom descrie starea solidă și starea gazoasă în raport cu starea lichidă. La presiune suficient de joasă, în schema (pT) există două stări de agregare în echilibru, starea solidă și starea gazoasă (vezi Fig. 1.1, care reprezintă schema pentru argon).

Sub acțiunea tensiunilor externe, SOLIDELE se deformează în mod constant.

Teoretic, există un model ideal pentru solide, *rețeaua cristalină* în care toate nodurile sunt ocupate de particule care oscilează în jurul nodurilor în cauză. Această oscilație provoacă mișcarea termică a unui solid.

Gazele au fluiditate (proprietatea de a curge) și o densitate foarte scăzută în comparație cu solidele (ca de fapt în comparație cu lichidele) și sunt foarte compresibile.

Există, de asemenea, un model teoretic pentru GA, *gazul ideal*, un set de molecule între care nu există forțe de interacțiune, ciocniri particule-particule, iar pereții sunt de tip central și elastic. Mișcarea continuă și perfect dezordonată (haotică) a particulelor de gaz caracterizează mișcarea termică a gazului. La o presiune mai mare, deasupra punctului triplu (vezi Fig. 1.1), apare o nouă stare a materiei, starea lichida dintre starea solida și starea gazoasa.

Deoarece starea lichidă se află între starea solidă și starea gazoasă, lichidele se deformează continuu, spre deosebire de solidul care se deformează constant, iar în comparație cu starea gazoasă, au o densitate mult mai mare și o compresibilitate mult mai mică în zonele îndepărtate.

Se poate concluziona că lichidele diferă de gaze prin densitatea care este mai mare, compresibilitatea care este mai mică și existența unei suprafețe libere aparente și se deosebesc de solide deoarece sunt permanent deformatate și prezintă fluiditate (proprietatea curgerii).

Astfel, se poate formula o definiție generală a stării lichide, evident nu tocmai riguroasă: **starea lichidă este o stare a materiei, stabilă, intermediară între regiunea de stabilitate a stării solide și cea a stării gazoase pentru o densitate și temperatură date.**

Aceasta nu este o definiție riguroasă, care poate fi observată imediat, deoarece apa este o excepție de la această regulă având o densitate la 4°C mai mare decât 0°C în stare solidă.

Dar definiția dată - cu proprietățile stării lichide în comparație cu starea solidă și starea gazoasă - poate oferi o imagine destul de completă a stării lichide.

CLASIFICAREA LICHIDELOR

Lichidele pot fi clasificate în șase grupe, după cum urmează:

1. *Lichide compuse din molecule aproximativ sferice cu forțe de interacțiune van der Waals (de exemplu, Ar, CH₄ etc.);*
2. *Lichide compuse din molecule diatomice precum H₂, N₂ etc., similare cu cele de tip 1, dar care pot avea momente cvadripolare;*
3. *Metale lichide, precum Na, Hg etc., în care forțele Coulomb între molecule joacă un rol important;*
4. *Lichide polare, cum ar fi HBr, ale căror molecule au momente de dipol electric;*
5. *Lichide asociate ale căror molecule au legături de hidrogen, cum ar fi, de exemplu, apa;*
6. *Lichide compuse din grupuri mari de molecule, unde mișcarea internă joacă un rol decisiv.*

Unele dintre lichidele conținute în categoriile 1, 2 și 3 formează un grup separat și se numesc **LICHIDE SIMPLE**. Doar pentru acest tip de fluide se poate construi o teorie unificată cu rezultate în concordanță bună cu datele experimentale.

Lichidele celorlalte grupe de lichide formează clasa de **LICHIDE COMPLEXE** care nu pot fi descrise în mod satisfăcător teoretic, pentru diferite tipuri de lichide și pentru diferite intervale de temperatură au fost create diverse teorii care descriu calitativ aceste lichide.

LICHIDE SIMPLE sunt lichide cu molecule sferice care au forțe de interacțiune de tip van der Waals, nesaturate și nefocalizate, fără momente dipolare între ele.

Această clasă de lichide include doar metale lichide pure și unele lichide diatomice și poliatomice, dar multe dintre informațiile și metodele de calcul care se aplică acestor lichide pot fi utilizate selectiv și în lichide complexe.

Întreaga teorie a stării lichide este în căutarea expresiilor matematice pentru diverse mărimi fizice, pentru a calcula aceste expresii pe baza modelelor și în final pentru a compara rezultatele cu datele experimentale. Teoria se bazează pe presupunerea că doar două particule pot interacționa simultan și interacțiunea a trei sau mai multe particule este neglijată în mod sistematic. În plus, se presupune că structura fiecărei molecule și interacțiunea reciprocă (interacțiunea dintre atomii constituenți) pot fi determinate teoretic. De fapt, mecanica cuantică poate rezolva acest lucru în cazuri foarte simple și de aceea preferăm să lucrăm cu potențiale de interacțiune empirice.

Mișcarea termică a unui solid este alcătuită din mișcarea vibrațională a particulelor în jurul nodurilor rețelei, în timp ce mișcarea termică a unui gaz este mișcare continuă, dezordonată.

Mișcarea termică a particulelor fluide este o mișcare intermediară între mișcarea termică a unui gaz (mișcare de translație dezordonată) și mișcarea termică a unui solid (mișcare vibrațională), o combinație de mișcare de translație și mișcare de vibrație, fără a exclude mișcarea de rotație.

Din punct de vedere al structurii, ne imaginăm fluidul ca având centre în jurul cărora particulele sunt ordonate la o distanță de mai multe raze moleculare, centrii având o mișcare de translație.

Ordinea se descompune și se formează continuu, ca și cum centrul ordinii s-ar difuza în fluid. Cantitativ, această difuzie este caracterizată de timpul t_0 , timpul în care un centru de oscilație se deplasează pe o distanță egală cu distanța interatomică.

Lichidele simple au un coeficient de difuzie de ordinul a $10^6 \text{ cm}^2/\text{s}$ și diametrul molecular a este de ordinul a 3-4 Å, astfel timpul t_0 care caracterizează existența structurii locale este de ordinul a 10^{-11} s; pentru solide, t_0 poate crește de ordinul zilelor.

Lichidele se comportă ca solide pentru ori mai mici decât t_0 , ordinea se descompune pentru a se forma din nou imediat în jurul altui centru. Dacă se aplică o forță exterioară pentru intervale de timp foarte mici

- mai mici de t_0 - atunci lichidele prezintă deformații elastice (compresii, dilatații și chiar forfecare) precum solidele, deformații care ar putea fi demonstrate experimental.

Solidele prezintă ordine structurală pe distanță lungă, în timp ce **ordinea în lichide este ordinea în câteva diametre moleculare**.

Pentru gaze, energetic, energia termică joacă un rol predominant în comparație cu forțele de interacțiune, care pot fi neglijate (sau joacă doar un rol de ordinul doi).

Pentru solide, forțele de interacțiune sunt predominante, căldura joacă doar un rol perturbator.

În cazul lichidelor însă, forțele de interacțiune precum și energia termică joacă același rol, fiind la fel de răspândite.

Putem exprima caracteristica mișcării termice a lichidelor : este o mișcare dezordonată, ca cea a gazelor, dar fiecare moleculă interacționează simultan cu un anumit număr de molecule învecinate.

Din caracteristica mișcării termice a lichidelor, faptul că forțele de interacțiune și energia termică au aceeași pondere, se poate observa și dificultatea alegerii unui model fluid perfect.

MODELE DE LICHIDE

Teoria stării lichide a fost dezvoltată în trei direcții distincte care au fost determinate în esență de modelul adoptat pentru starea lichidă.

- **PRIMA DIRECȚIE** – care de fapt a apărut prima – este **aceea în care starea lichidă este studiată într-un mod similar cu starea gazoasă, modelul gazului van der Waals jucând un rol decisiv în teoria lichidelor**. Trecerea de la starea lichidă are loc continuu, lichidele sunt doar simple gaze condensate care mențin noțiunea de drum liber mediu. Nu există ordine în acest model. Lichidele sunt studiate în același mod ca și gazele în așa-numitul model cinetic (*model cinetic*).
- **A DOUA DIRECȚIE** în dezvoltarea teoriei stării lichide a început în perioada 1927-1931, cu lucrările lui Zernike, Prins, Debye, Lenke etc., care au obținut primele date roentgenografice pt. lichide și astfel primele informații despre ordinea existentă în lichide. Succesul acestor lucrări a fost suficient de mare pentru a identifica starea lichidă din starea solidă folosind aceleași metode de calcul.
- **A TREIA DIRECȚIE** în dezvoltarea teoriei lichidelor a început cu lucrările lui Hildebrand în 1953, care a argumentat împotriva concepției cristaline, creând o teorie adecvată a lichidelor.

În această concepție se mențin ipotezele valabile în cele două concepții anterioare, conform cărora trecerea de la starea gazoasă la cea lichidă are loc permanent, dar există o ordine locală, ordine care se rupe și se formează permanent în timpul de relaxare t_0 . Teoria matematică a noului concept este teoria funcțiilor de corelație care a fost creată înainte de 1953 de Kirkwood, Bogoolubov (1942), Born (1947) și care, din păcate, prezintă o mulțime de dificultăți matematice. În această teorie, funcția de distribuție radială $g(r)$ joacă un rol fundamental, așa cum vom vedea mai jos.

Cele trei etape ale teoriei stării lichide, evident, nu s-au dezvoltat succesiv; au existat perioade în care modelul cristalin a fost abandonat după o serie de eșecuri în reluarea studiilor de modelare cinetică și apoi revenirea, pe alte planuri, la modelul cristalin.

Nicio teorie modernă a fluidelor nu s-a dezvoltat unitar pe o perioadă de timp bine definită.

Împărțirea făcută este dictată mai degrabă de considerente didactice pentru a ne forma o idee mai clară și mai completă a teoriei stării lichide.

Au apărut numeroase modele cristaline pentru starea lichidă, modele care astăzi au doar un rol istoric pentru că am văzut că starea lichidă nu poate fi confundată cu starea solidă.

Cu toate acestea, modelul cristalin a fost îmbunătățit prin multe modificări, astfel încât astăzi, pentru unele intervale de temperatură, modelul de cristal este folosit și cu rezultate bune, mai ales pentru simplitatea și ușurința sa de calcul, care îl fac mai accesibil decât alte modele de urmat.

- **Modelul cristalin, în măsura în care el a fost îmbunătățit, există în variantele:**
- *modelul de rețea celulară (the lattice-cell model),*
- *modelul lui Lennard- Jones și Devonshire,*
- *modelul de rețea cu clusteri (the cell-cluster model),*
- *modelul de goluri (the hole model) și*
- *modelul tunelar (the tunnel model),*

MODELUL CINETIC AL LICHIDELOR

Faptul că în jurul punctului critic are loc o tranziție continuă de la starea gazoasă la cea lichidă a condus la concluzia – de fapt greșită – că nu a existat nicio diferență între lichide și gaze.

În MODELUL CINETIC, lichidele sunt considerate gaze comprimate, reținând noțiunea de drum liber mediu, noțiune de fapt destul de nepotrivită pentru lichide, dat fiind faptul că fiecare moleculă de lichid interacționează cu cei mai apropiați vecini ai săi.

Teoria a fost îmbunătățită în 1935 de Yvon, care a determinat probabilitatea unei configurații formate dintr-un număr mic de molecule. Mai târziu, aproximarea prin suprapunere a fost introdusă de Kirkwood și Boggs, care au lucrat cu un lichid ipotetic format din molecule sferice.

Born și Green (1947) au studiat structura lichidelor monoatomice dintr-un model cinetic și mult mai târziu modelul computerizat a dat rezultate destul de bune pentru aceste tipuri de fluide în regiuni departe de punctele de solidificare unde teoria cristalelor dă rezultate mai bune.

Modelul cinetic, cu rezultatele bune obținute pentru lichidele monoatomice, s-a extins considerabil, mai ales că acest model poate descrie fenomene de transport. Mai târziu, în mod independent, modelul a fost îmbunătățit de Kirkwood și colaboratorii săi între 1946–1954 și Born and Green între 1946–1947. Teoria dezvoltată descrie satisfăcător fenomenele de vâscozitate și conductivitate termică a lichidelor.

MODELUL CRISTALIN

MODELUL CRISTALIN este modelul în care starea lichidă este proiectată în mod similar cu starea solidă, cristalină.

Primele modele, în care există o analogie perfectă între un solid și un lichid, și care erau foarte numeroase, au fost înlocuite deoarece rezultatele experimentale nu erau de acord cu teoria. Din acest motiv, aceste modele sunt în prezent doar de interes istoric în modul în care a fost dezvoltat modelul cristalin.

Ulterior, întregul sistem a fost înlocuit cu o rețea celulară, fiecare celulă fiind o particulă fluidă. În funcție de forma celulei și de modul în care particula se poate mișca în interiorul acelei celule, au fost construite o serie de modele de cristal. Particulele se pot întoarce în celulă, se pot mișca, dar nu am ținut cont de corelațiile care pot exista între particule — corelații care joacă un rol important și care au fost luate în considerare mult mai târziu.

Încă din 1946, Frenkel a avut intuiția diferenței dintre un cristal în care există ordine pe distanță lungă și un lichid în care ordinea apare doar la distanță scurtă.

MODELUL CELULAR

MODELUL CELULAR, în forma sa inițială, în care fiecare celulă este separată de o particulă, a trebuit să fie schimbat pentru că în cele din urmă este echivalent cu o rețea cristalină.

Modelul celular a fost apoi modificat în două versiuni.

O variantă a fost propusă de Eyring și colaboratorii săi în perioada 1936-1941 care a ținut cont de posibilitatea ca celulele neocupate să fie.

Determinarea numărului mediu de celule neocupate a fost realizată prin aproximarea cvasi-chimică de către Guggenheim.

Termodinamica modelului celular a fost extinsă la regiunile de frontieră din apropierea punctului critic, modelul fiind serios îmbunătățit de Eyring, Rowlinson și Curtiss.

Vom studia **cel mai simplu model cristalin, respectiv modelul celular**, din punct de vedere cantitativ. Este considerat ca **un sistem de celule identice între ele și în fiecare celulă este plasată o singură particulă lichidă (o moleculă) fixată în centrul celulei. Molecula se poate mișca în jurul celulei, dar mișcarea sa este complet independentă de mișcarea moleculelor din celulele vecine.**

Modelul celular simplu poate fi aplicat în jurul punctului de topire pentru valori precise care au fost obținute pentru numărul de vecini cei mai apropiați.

Dar modelul nu poate descrie fluctuațiile de densitate care apar în lichide din cauza mișcării lor termice și nu poate descrie sisteme de densitate scăzută decât la punctul de topire.

Modelul este însă foarte practic, deoarece aparatul matematic folosit este simplu, calculele se pot face cu ușurință și poate fi aplicat atât lichidelor monoatomice cât și amestecurilor, soluțiilor lichide polare sau asociate.

MODELUL LENNARD-JONES ȘI DEVONSHIRE

Sistemul este împărțit în celule, centrele celulelor formând o rețea cubică centrată pe față. Numărul de molecule este egal cu numărul de celule, dar în acest model moleculele se pot deplasa în interiorul celulei, dar nu pot părăsi celula, astfel încât procesele de autodifuzie sunt excluse.

Ceea ce este important și nou în acest model este că moleculele învecinate pot interacționa între ele.

Versiunea propusă de Lennard-Jones și Devonshire în 1938 - în care volumul unei celule este egal cu volumul pe moleculă și astfel elimină distribuția golurilor din sistem.

Teoria obținută este comparată cu datele experimentale, cu excepția faptului că presiunea este de patru ori mai mare decât valoarea experimentală.

După 1950, Kirkwood a îmbunătățit teoria Lennard-Jones, considerând că în fiecare celulă există o singură particulă și nicio corelație între particule, dar a propus o condiție suplimentară și anume ca energia liberă a sistemului să fie minimă.

Energia sistemului este considerată a fi formată din două componente:

- o componentă egală cu $[(1/2).N.E_0]$ este energia rețelei atunci când toate moleculele sunt în poziția de echilibru
- iar cealaltă componentă este câmpul auto-consistent care înlocuiește interacțiunea unei particule cu toate celelalte molecule din rețea

Teoria lui LJ și D poate fi aplicată cu ușurință lichidelor cuantice prin schimbarea expresiei integralei de configurație. S-a studiat în acest fel hidrogenul lichid, pentru care obținem pentru cantitatea v/a^3 valoarea $5/3$.

Modelul LJ și D a fost apoi îmbunătățit pentru a obține un acord bun cu datele experimentale, nu numai pentru zonele în care starea lichidă se apropie de starea solidă.

MODELUL DE GOLURI

Modelul celular, cu toate variantele sale, și toate rezultatele sale satisfăcătoare nu pot explica modificările care au loc în lichid.

Din acest motiv a trebuit să renunțăm la ideea că fiecare celulă este ocupată de o moleculă, deci sunt spații goale.

Modelul teoretic al găurii a fost dezvoltat de Curtiss și Rowlinson:

Numărul de molecule N este mai mic decât numărul de celule.

MODELUL TUNELAR

Modelul tunelar este un model unidimensional al celulelor dezordonate .

Întregul sistem este imaginat ca fiind împărțit în subsisteme alcătuite din molecule care se mișcă într-o direcție ca niște tuneluri.

Se presupune că există mișcare longitudinală și mișcare transversală în tuneluri, deci poate fi tratată separat.

Dacă avem K tuneluri, există M molecule în fiecare.

MODEL UNIDIMENSIONAL

După cum sa menționat mai sus, modelul de tunel care descrie cel mai bine starea lichidă se bazează pe un model unidimensional al lichidului, moleculele sunt trecute printr-un tunel. De aceea studiem modelul unidimensional mai detaliat, mai ales că este foarte practic de utilizat atunci când calculele sunt aproximative.

Acest model va fi folosit mai jos.

Modelul de lichid unidimensional este cel mai simplu mod de a imagina structura unui lichid și a fost propus de Görsez. Un sistem de N particule aflate în echilibru cu un grad de libertate ($V = L$), sunt dispuse pe axa OX de lungime L în secvența $0 \leq x_1 < x_2 < \dots < x_N \leq L$ so ca să nu se suprapună.

Modelul actual - care descrie corect starea lichidă pe care o pornește propriul model de la lichide, **bazat pe mișcarea termică a lichidului, variază de la un model propriu, bazat pe mișcarea termică a lichidului**, diferite mișcări termice ale lichidelor - gaze sau solide folosind aparatul matematic de funcții de corelare.

STATICA FLIDELOR

Într-un fluid în repaus presiunea este izotropă.

Pe fiecare element de suprafață al lichidului există o forță perpendiculară pe suprafață și independentă de orientarea elementului de suprafață: $d\vec{F} = p d\vec{S}$

PRESIUNEA HIDROSTATICĂ

Datorită greutateii lor, straturile de fluide exercită presiune unul asupra celuilalt. Variația de presiune dp între două suprafețe plane ($z, z + dz$) este dată de greutatea stratului gros de fluid dz exercitat asupra

$$\text{unității de suprafață: } dp = -\rho g dz; \frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g; \left(\frac{\partial p}{\partial x} > 0 \text{ si } \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \right) \quad (1)$$

Mai general, presiunea p într-un fluid este o funcție de punct $p = p(x, y, z)$.

Variația sa se datorează greutateii straturilor fluide și anume prezenței câmpului gravitațional (forțe de masă). Gradientul de presiune care caracterizează variația presiunii în spațiu și este dat de derivatele sale parțiale, este un vector perpendicular pe suprafețele de presiune constantă (în direcția creșterii presiunii), astfel încât „este perpendicular pe suprafețele câmpului gravitațional constant în direcția acestui câmp.

În cazul particular de mai sus, aceste suprafețe sunt orizontale și câmpul vertical este în jos, astfel încât gradientul de presiune este redus doar la componente vectoriale (în sistemul de coordonate ales).

Formula generală:

$$\text{grad} p = \frac{\partial p}{\partial \vec{r}} \cdot \frac{\vec{r}}{r} = \rho \vec{g} = \rho \vec{\Gamma} = \frac{d\vec{F}}{dV} \quad (2)$$

Gradientul de presiune este egal cu forța pe unitatea de volum (forța densității de volum).

În lichid, densitatea este practic constantă și se obține prin integrare:

$$p_2 - p_1 = -\rho \cdot g \cdot (z_2 - z_1) \\ |\Delta p| = \rho \cdot gh \quad (3)$$

Unde: h este înălțimea coloanei de lichid

UNITATI DE MASURA PENTRU PRESIUNE

In Sistemul International de Unitati

$$[p]_{SI} = \frac{[F]}{[S]} = L^{-1}MT^2 = 1 \frac{N}{m^2} = 1Pa \text{ (Pascal)}$$

In sistemul CGS:

$$[p]_{CGS} = 1 \frac{dyn}{cm^2} = 1barye$$

Alte unități utilizate în prezent sunt:

Torr (sau mm Hg) este egal cu presiunea exercitată de o coloană cu o înălțime de 1 mmHg într-un câmp gravitațional (standard)

$$1Torr = [\rho gh] = 13,5951 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,80665 \frac{m}{s^2} \cdot 10^{-3} m = 133,322 \frac{N}{m^2} \approx 133,3 \frac{N}{m^2}$$

O atmosferă fizică este egală cu 760 Torr:

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

O atmosfera tehnica este:

$$1at = \frac{kgf}{cm^2} = 98066,5 \frac{N}{m^2} \cong 9,8 \cdot 10^4 \frac{N}{m^2}; 1at = 735,392Torr \approx 735Torr;$$

$$1atm = 1,03323at; 1atm = 1,03323at \approx 1,033at$$

MILIMETRI DE COLONA DE APĂ (mmH₂O)

$$1mmH_2O \approx 9,8 \frac{N}{m^2}; 1atm \approx 10,33mmH_2O;$$

$$1Torr \approx 13,6mmH_2O; 1at \approx 10mmH_2O$$

LEGEA LUI PASCAL

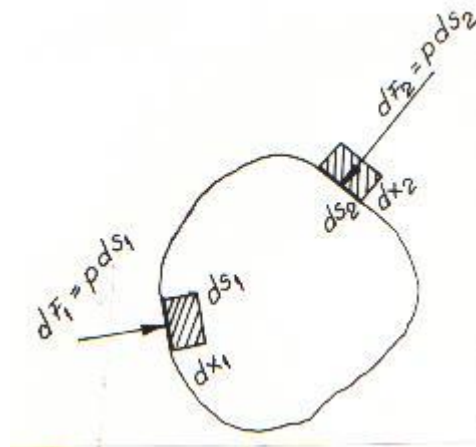


Figura 1. Reprezentarea schematică a legii lui Pascal

Presiunea exercitată din exterior pe suprafața unui fluid incompresibil este transmisă în fluid cu aceeași intensitate în toate direcțiile.

Legea poate fi dedusă din considerente teoretice privind conservarea energiei. Munca efectuată de forța dF_1 pe distanța dx_1 trebuie să fie egală cu munca efectuată de forța dF_2 pe distanța dx_2 : $dF_1 dx_1 = dF_2 dx_2$

Totuși, din condiția de incompresibilitate $dS_1 dx_1 = dS_2 dx_2$ la împărțirea celor două relații membru la membru obținem:

$$\frac{dF_1}{dS_1} = \frac{dF_2}{dS_2} = p \quad (4)$$

$$\oint_S -p \cdot d\vec{S} = \int_V \text{grad} p \cdot dV \quad (5)$$

Integrala din membrul dreapta al relației (5) este greutatea fluidului în interiorul suprafeței închise S.

LEGEA LUI ARHIMEDE

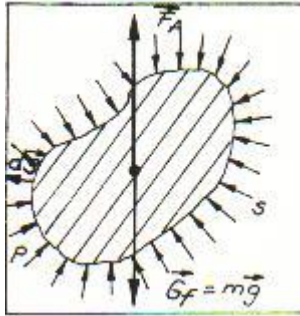


Figura 2. Reprezentarea schematică a legii lui Arhimede

Enunt:

Un corp scufundat într-un fluid este împins în sus cu o forță egală cu greutatea fluidului care a fost deplasat de corp.

Demonstrație

Un anumit volum V de fluid este limitat în interiorul unui fluid. Putem spune că l-am delimitat de o peliculă infinit de subțire, ușoară, perfect flexibilă și inextensibilă care nu afectează echilibrul volumului de apă astfel determinat, sau putem presupune că volumul de fluid s-a „solidificat”.

asupra acestui volum se exercită forța gravitațională și forțele de presiune ale fluidului rămas, forțe care sunt perpendiculare pe suprafața care limitează volumul V . Întrucât acest volum de fluid este în echilibru, rezultanta tuturor forțelor de presiune exercitate în mod normal de fluidul rămas pe suprafața sa trebuie să fie egală ca normă și opusă greutății fluidului delimitat având punctul de aplicare în centrul de greutate al volumului de fluid considerat.

Înlocuind acum volumul fluidului cu un volum identic al oricărui corp, rezultanta forțelor de presiune exercitate de fluid pe suprafața corpului nu schimbă nimic, rămânând ca înainte, egală ca normă și opusă greutății fluidului deplasat de corp, având punctul de aplicare în centrul de greutate al volumului de fluid deplasat (centrul de presiune).

Dovada legii lui Arhimede bazată pe formula hidrostatică:

$$\text{Rezultanta forțelor de presiune este: } \oint_S (-p) d\vec{S} = \int_V (= \text{grad} p) dV = - \int_V \rho \vec{g} dV = - \int_V \vec{g} dm = -\vec{G}_f \quad (6)$$

Prima integrală este suma tuturor forțelor de presiune exercitate pe o suprafață închisă S din interiorul fluidului și delimitată de volumul V.

Din expresia matematică se obține:

Rezultanta forțelor de presiune exercitate pe o suprafață închisă din interiorul unui fluid este egală ca normă și opusă ca direcție cu greutatea lichidului conținut de această suprafață.

Moment rezultat din forțele de presiune:

$$\oint_S \vec{r} \times d\vec{F} = \oint_S \vec{r} \times (-p) d\vec{S} = - \oint_S p \vec{r} \times d\vec{S} = \int_V \text{rot}(p\vec{r}) dV = \int_V \text{grad} p \times \vec{r} dV = - \int_V \vec{r} \times \vec{g} dm = - \int_V \vec{r} \times d\vec{G} \quad (7)$$

S-a efectuat următorul calcul:

$$\oint_S \vec{a} \times d\vec{S} = - \int_V \text{rot} \vec{a} dV$$

și

$$\text{rot}(f\vec{a}) = \text{grad} f \times \vec{a} + f \text{rot} \vec{a}$$

Momentul rezultat din forțele de presiune exercitate asupra unei suprafețe închise a unui fluid este egal ca standard și opus momentului rezultat din forțele gravitaționale ale volumului de lichid conținut în acest domeniu .

Greutatea aparentă a unui corp scufundat într-un fluid este dată de:

$$G_a = mg - \rho_f V \cdot g = mg \left(1 - \frac{\rho_f}{\rho_s} \right) \quad (9)$$

$$G_a = mg - \rho_f V \cdot g = mg \left(1 - \frac{\rho_f}{\rho_s} \right) \quad (10)$$

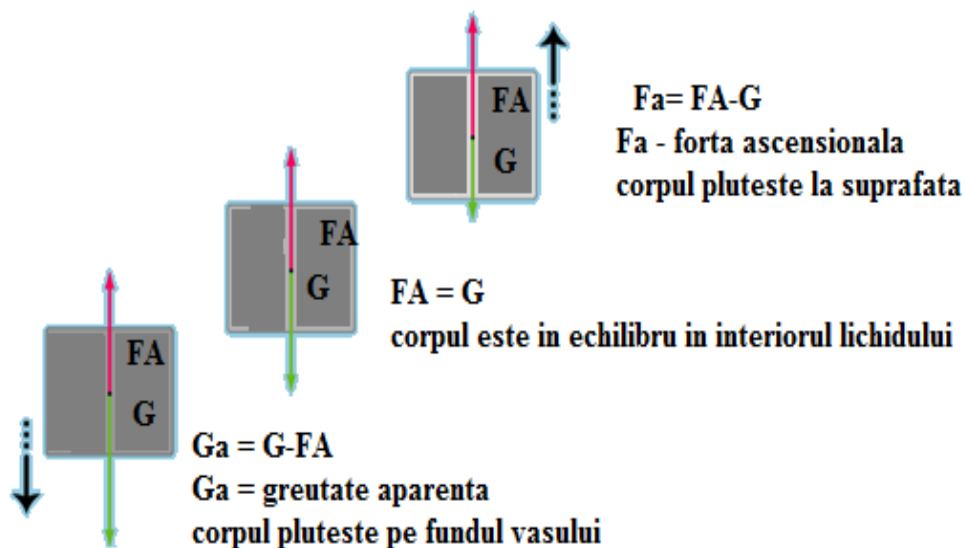
- dacă $\rho_f < \rho_s$ corpul se scufundă
- dacă $\rho_f > \rho_s$ corpul se ridică la suprafață (plutește)

Unde:

- ρ_f este densitatea fluidului și
- ρ_s este densitatea solidului

Condițiile de echilibru din interiorul lichidului

- $G_a = G - F_A$ - greutate aparenta
- Corpul se scufunda pe fundul vasului
- $F_A = G$ - corpul este in echilibru in interiorul lichidului
- $F_a = F_A - G$ - forta ascensionala
- Corpul pluteste la suprafata



Unde $G = m \cdot g = \rho_c \cdot V \cdot g$ G este greutatea corpului; $\rho_c = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho_c \cdot V$ unde ρ_c este densitatea corpului ; $F_A = \rho_l \cdot V \cdot g$ este forta Arhimedica

FLUXUL DE FLUID

Cantitatea de lichid dm care trece în timpul dt printr-un element de suprafață dS este:

$$dm = \rho dS_{\perp} v \cdot dt = \rho d\vec{S} \cdot \vec{v} \cdot dt = \vec{\mu} \cdot d\vec{S} \cdot dt \quad (11)$$

Unde:

$\vec{\mu} = \rho \cdot \vec{v}$ este **densitatea fluxului de fluid**, egala numeric cu masa de fluid ce trece în unitatea de timp prin unitatea de suprafață așezată perpendicular pe direcția curentului

$$\mu = \frac{dm}{dS_{\perp} dt} = \rho v; \vec{\mu} = \rho \cdot \vec{v}$$

ECUAȚIA DE CONTINUITATE

Fluidul este caracterizat de distribuția vitezei (câmp vectorial)

$$\vec{v} = \vec{v}(\vec{r}, t)$$

și presiuni (câmp scalar): $p = p(\vec{r}, t)$

Dacă viteza și presiunea nu depind de timp, debitul este staționar și este considerat o bază constantă.

CONDIIȚII DE STABILITATE

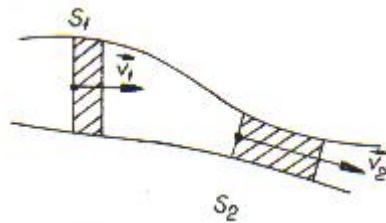


Figura 3. S1 și S2 două secțiuni unde lichidul curge cu viteze diferite v_1 și v_2

În cazul unui regim stabil (permanent), densitatea fluidului nu depinde de timp. $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$

și $\text{div} \rho \vec{v} = 0$

$$\text{sau } \int_V \text{div} \rho \vec{v} dV = \oint_S \rho \vec{v} d\vec{S} = 0$$

Aplicăm ultima ecuație pentru un tub de curent între două secțiuni S1 și S2. Pe suprafața laterală avem:

$$\vec{v} \cdot d\vec{S} = 0$$

$$\text{Iată de ce: } \oint \rho \vec{v} \cdot d\vec{S} = \int_{S_2} \rho \vec{v} d\vec{S} - \int_{S_1} \rho \vec{v} \cdot d\vec{S} = 0$$

unde cele două integrale ale elementului drept sunt luate în sensul curgerii.

$$\text{Ca urmare: } Q_m = \int_{S_1} \rho \vec{v} d\vec{S} = \int_{S_2} \rho \vec{v} d\vec{S} = \text{constanță}$$

Într-o stare staționară, debitul masic constant Q_m este același în fiecare secțiune a unui tub de curent.

Pentru un tub subțire, astfel încât densitatea și viteza fluidului la secțiunea tubului să fie aproape constante, obținem:

$$Q_m = \rho_1 v_1 S_1 = \rho_2 v_2 S_2 = \rho v S = \text{constant} \quad (25)$$

FLUID INCOMPRESIBIL

Astfel, în cazul fluxului de fluid incompresibil, astfel încât debitul volumic și debitul masic sunt constante de-a lungul unui tub de curgere.

Luând vitezele medii pe secțiunea tubului, obținem pentru debitul volumic: $Q_v = \langle v \rangle S = \text{const.}$

Și $Q_m = \langle v \rangle S = \text{const.}$ Debitul masic.

Acolo unde tubul se îngustează, viteza fluidului crește.

Deci, acolo unde liniile de curgere se îngroașă, viteza fluidului crește.

LEGEA LUI BERNOULLI

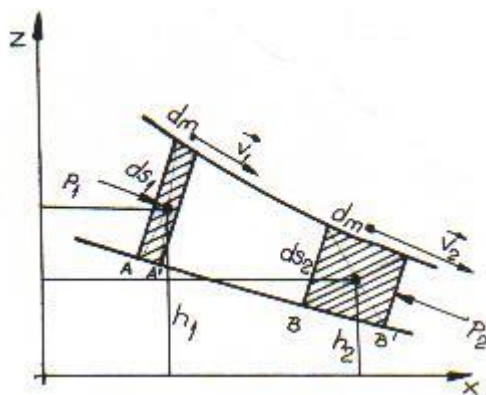


Figura 4. Reprezentare schematică pentru legea lui Bernoulli

Se consideră un fluid incompresibil fără vâscozitate un **fluid ideal**.

Fluidele ideale pot fi considerate incompresibile cu o precizie a ionilor destul de bună.

Deși gazele sunt ușor de compresibil, compresibilitatea lor apare doar la viteze apropiate de viteza sunetului.

Experiența arată că un număr mare de lichide și chiar gaze, dacă vitezele lor sunt mult mai mici decât viteza sunetului, gradientii de viteză sunt mici, corespund în mod satisfăcător fluidului ideal.

Cu toate acestea, în paragraful următor, fluxul fluidului perfect va fi studiat.

LEGEA LUI BERNOULLI - Demonstratie

Să considerăm fluidul ideal și un tub de curent infinit subțire, delimitat la capete de două secțiuni dS_1 , dS_2 și aplicăm la cantitatea de lichid astfel mărginită teorema variației energiei mecanice.

În timpul dt sistemul se deplasează de-a lungul tubului din poziția $A'B$ AB'' .

Totul se întâmplă ca și cum masa „dispare” din porțiunea AA .

$$dm = \rho \cdot dS_1 \cdot v_1 \cdot dt = \rho \cdot dV$$

cu energie cinetică $\frac{dm \cdot v_1^2}{2}$

iar energia potențială $dm \cdot g \cdot h_1$

În porțiunea BB' a apărut o masă egală (datorită incompresibilității fluidului ideal):

$$dm = \rho \cdot dS_2 \cdot v_2 \cdot dt = \rho \cdot dV$$

cu energie cinetică $\frac{dm \cdot v_2^2}{2}$

și energia potențială $dm \cdot g \cdot h_2$.

Modificarea energiei mecanice (cinetice și potențiale) a sistemului este:

$$dE = \frac{1}{2} dm (v_2^2 - v_1^2) + dm \cdot g (h_2 - h_1)$$

și trebuie să fie egală cu munca forțelor de presiune exercitate asupra sistemului în cauză:

$$dW = F_1 \cdot dx_1 - F_2 \cdot dx_2 = p_1 \cdot dS_1 \cdot v_1 \cdot dt - p_2 \cdot dS_2 \cdot v_2 \cdot dt = P_1 \cdot dV - p_2 \cdot dV$$

$$\text{și } dV = \frac{dm}{\rho}$$

Forțele de presiune laterale nu funcționează și nu avem forță de frecare tangențială, fluidul se presupune a fi perfect (fără vâscozitate) $dE = dW$

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Sau

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h = \text{const.}$$

legea lui Bernoulli

Constanta difera în general de la o linie de curent la alta (este aceeași la curgerea fără vorticități).

- **p este presiunea statică**
- **$p_d = (1/2) \cdot \rho \cdot v^2$ - presiune dinamică** (datorită energiei cinetice a fluidului este egală cu energia cinetică a unității de volum)
- **$p_p = \rho \cdot g \cdot h$ - poziția de presiune** (sau presiunea potențială datorată energiei potențiale egale cu energia potențială a unității de volum)
- **legea lui Bernoulli**

Presiunea totală dintr-un fluid este constantă de-a lungul unei linii de curent.

Presiunea statică este exercitată asupra unui element de suprafață aranjat paralel cu liniile de curgere, de exemplu pe pereții tubului (uneori numită presiune pe perete) sau exercitată asupra unui element de suprafață orientat în mod arbitrar, dar deplasat față de fluid.

Presiunea statică se măsoară cu o sondă de presiune.

Presiunea dinamică este măsurată cu un tub Prandtl.

Presiunea totală se exercită asupra unui element de suprafață așezat, perpendicular pe liniile de curgere și se măsoară cu tubul Pitot având deschiderea plasată perpendicular pe liniile de curgere.

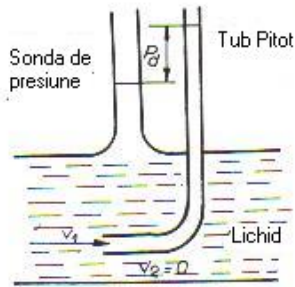
Pentru tuburile orizontale, principiul lui Bernoulli este:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 = p + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{const.}$$

PARADOXUL HIDRODINAMIC

Când particulele intră în porțiunea îngustă a unui tub de curgere, viteza lor crește (când debitul este constant), ceea ce înseamnă că se mișcă mai repede ca urmare a presiunii fluidului în partea largă a fluxului. Tubul trebuie să fie mai mare decât partea îngustă.

În porțiunea îngustă a tubului viteza crește (conform ecuației de continuitate) și crește și presiunea dinamică, deci presiunea statică trebuie să scadă, adică presiunea pe pereți pentru ca suma acestora să rămână constantă, conform ecuației lui Bernoulli (PARADOXUL hidrodinamic)

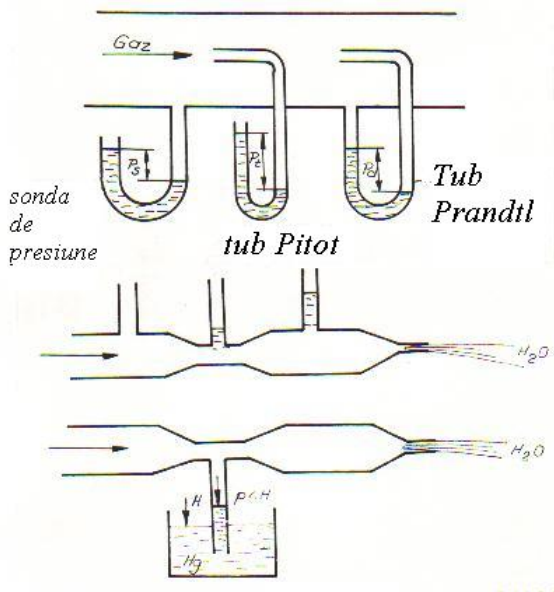


Pulverizator, pompa de apă, lampa Bunsen

Presiunea la gâtuitura poate scădea chiar și sub presiunea atmosferică, astfel încât apare fenomenul de aspirație.

Denumirea acestei aplicații practice include: Pulverizator, Pompă de apă, Lămpi Bunsen.

Această aplicație se bazează pe fenomenul de aspirație.



VÂSCOZITATEA

La viteze nu prea mari, curgerea fluidului este liniară (în straturi paralele), adică liniile de curgere sunt bine definite și nu se intersectează, fiecare particule de fluid alunecă rămânând întotdeauna în același tub de curent.

La viteze mai mari, mișcarea fluidului este turbulentă, neregulată, porțiunile de fluid se amestecă între ele. Există, de asemenea, fluxul ideal de fluid vortex.

Dacă straturile de fluid alunecă unul împotriva celuilalt, între ele apar frecare internă sau forțe vâscoase.

Stratul cu viteză mai mică frânează stratul cu viteză mai mare și invers, stratul cu viteză mai mare frânează stratul cu viteză inferioară a curgerii .

Apariția acestor forțe, situate în planurile de alunecare, se explică prin variația de impuls a straturilor datorită trecerii moleculelor dintr-un strat în altul. Vom presupune că direcția curgerii fluidului este aceeași peste tot, iar viteza de curgere își variază norma sau se modulează numai pe direcția perpendiculară (transversală) pe direcția curgerii.

VÂSCOZITATEA DINAMICĂ

Exemplul arată că forța de frecare internă care apare în planul de alunecare pe unitatea de suprafață este proporțională cu gradientul de viteză, adică variația vitezei cu distanța (LEGEA lui

NEWTON):
$$\tau = \frac{dF}{dS} = \eta \frac{dv}{dz}$$

prin urmare,
$$dF = \eta \frac{dv}{dz} dS$$

Unde η este coeficientul de vâscozitate dinamică și depinde de natura fluidului (și de temperatură).

Unitatea de măsură a coeficientului de vâscozitate este :

$$[\eta]_{S.I.} = \frac{N \cdot m}{m^2 \cdot \frac{m}{s}} = \frac{N \cdot s}{m^2} = Pa \cdot s = \frac{Kg \cdot m \cdot s}{s^2 \cdot m^2} = \frac{Kg}{m \cdot s}$$

$$[\eta]_{S.I.} = \frac{N \cdot s}{m^2}$$

Unitatea CGS este echilibrul (P) (după Nume Poiseuille):

$$1P = 1 \frac{g}{cm \cdot s} = 0,1 \frac{Kg}{m \cdot s}$$

Atunci unitatea SI este **DECAPOISE (daP)**

pentru lichide: $\eta \sim 10^{-3}$ daP

pentru gaze: $\eta \sim 10^{-5}$ daP

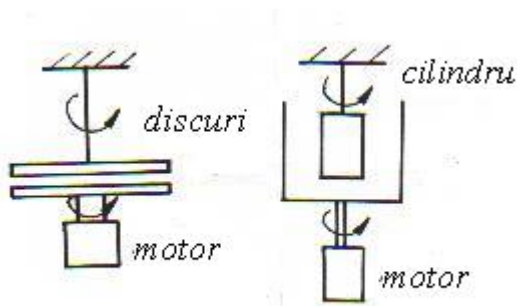
VÂSCOZITATEA CINEMATICĂ

VÂSCOZITATEA CINEMATICĂ este raportul dintre vâscozitatea dinamică și densitatea ρ a fluidului: $\nu = \eta/\rho$

Și unitatea sa de măsură este: $[v]_{S.I} = 1 \frac{Kg}{m \cdot s} \cdot \frac{m^3}{Kg} = 1 \frac{m^2}{s}$

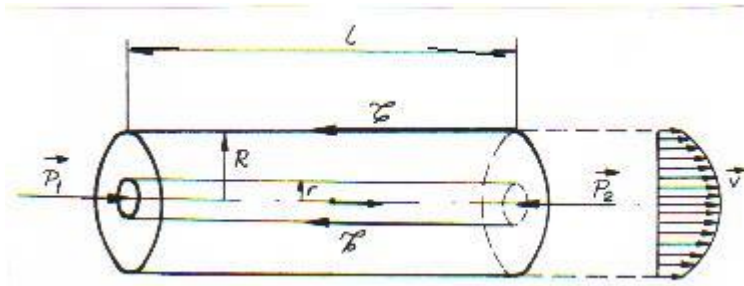
În sistemul CGS unitatea se numește STOKES (St) $1St = 1 \frac{cm^2}{s} = 10^{-4} \frac{m^2}{s}$

- ▶ Pentru lichide $\nu \cong 10^{-6} m^2/s$
- ▶ Pentru gaze $\nu \cong 10^{-5} m^2/s$ (este mai mare decât lichidele)



Existența frecării interne (vâscozitatea) este demonstrată experimental folosind un filet care suspendă un disc sau un cilindru sub care se rotește un alt disc sau cilindru. Stratul de fluid din imediata vecinătate a corpului rotativ aderă la acest corp și este purtat de acesta. Celelalte straturi sunt antrenate la viteze din ce în ce mai mici până când ultimul strat aderă la celălalt disc sau cilindru asupra căruia se exercită astfel o forță de frecare care îl va determina să se rotească. (vezi figura).

FORMULA LUI POISEUILLE



Să studiem curgerea liniară staționară a unui fluid vâscos printr-un tub.

Curgerea liniară are loc la viteze sau diametre nu prea mari.

Se delimitează un tub de curent cu raza r (Vezi figura). Fluidul acestui tub este supus forțelor de presiune exercitate la capetele tubului având rezultanta $(p_1 \pi r^2 - p_2 \pi r^2)$ și forța de frecare internă exercitată pe suprafața laterală a tubului de restul fluidului din cauza vâscozității.

Fluxul fiind staționar (viteză constantă), forțele sunt echilibrate:

$$p_1 \cdot \pi \cdot r^2 - p_2 \cdot \pi \cdot r^2 = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l \tau$$

Forța de frecare internă pe suprafața laterală exercitată de fluid datorită vâscozității este $\tau \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l$

Fluxul fiind staționar (viteză constantă), forțele sunt echilibrate:

$$(p_1 - p_2) \cdot \pi \cdot r^2 = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l \tau$$

Sau

$$(p_1 - p_2) r = -2l\eta \cdot \frac{dv}{dz}$$

τ - este forța de frecare internă

Semnul minus apare datorită gradientului semnului minus în viteză.

Viteza este maximă pe axa tubului și scade pe pereții tubului fiind nulă în stratul adiacent pereților

$$\frac{dv}{dz} < 0.$$

$$\text{Prin integrare } dv = -\frac{p_1 - p_2}{2l\eta} r dz,$$

$$\text{noi obținem: } v = -\frac{p_1 - p_2}{4l\eta} r^2 + C$$

Constanta C este determinată de condiția ca la perete pentru $r = R$, viteza să este zero.

$$v(r) = \frac{p_1 - p_2}{4l\eta} (R^2 - r^2) = v_m \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right)$$

$$\text{Sau } v_m = \frac{(p_1 - p_2) R^2}{4l\eta}$$

$$\text{astfel } \frac{v}{v_m} = 1 - \frac{r^2}{R^2}$$

Distribuția vitezei este parabolică.

Pentru a calcula debitul volumic:

$$Q_v = \int v dS = \int_0^r v \cdot 2\pi r \cdot dr = \int_0^r \frac{2\pi(p_1-p_2)}{4l\eta} (R^2 - r^2) r dr = \frac{2\pi(p_1-p_2)}{4l\eta} \cdot$$

$$\cdot \int_0^r (R^2 - r^2) r dr = \frac{\pi(p_1-p_2)}{8l\eta} R^4 = Sv$$

$$\text{unde } v = \frac{p_1-p_2}{8l\eta} R^2$$

$$Q_v = \frac{\pi(p_1 - p_2)}{8l\eta} R^4 = Sv$$

$$\text{ou } v = \frac{p_1 - p_2}{8l\eta} R^2$$

Aceasta este formula lui Poiseuille (1841).

Debitul Q este proporțional cu pierderea de presiune ($p_1 - p_2$) pe unitatea de lungime la tub și este proporțional cu a patra putere a razei tubului.

Această formulă poate fi utilizată pentru a determina vâscozitatea fluidelor (de exemplu, în viscozimetru OSTWALD).

Legea lui Poiseuille explică anumite aspecte ale fiziologiei circulației sanguine.

Rețeaua capilară umană totalizează 10^5 km.

În funcție de nevoile organismului, fluxul sanguin poate fi ușor ajustat prin contracția sau dilatarea vaselor de sânge.

STRATUL LIMITĂ. LEGEA STOKES

Când un corp se deplasează printr-un fluid, un strat foarte subțire de fluid, târât de corp, aderă la suprafața acestuia. În regim liniar, adică la viteze nu prea mari, lângă corp există un strat relativ subțire, numit strat **limită**, în care viteza scade la zero și se exercită forțe de frecare din cauza vâscozității.

Grosimea stratului limită se evaluează după cum urmează: lungimea și lățimea stratului limită sunt notate cu h și b.

Apoi forța de frecare internă, conform **legii lui Newton este: $F \cong \eta \cdot (v/d) \cdot hb$**

Pe de altă parte, forța de frecare internă poate fi determinată din modificarea momentului fluidului (de la stratul cu viteză zero la stratul cu viteză v) pe unitate de timp:

$$F \cong Qm \cdot v = \rho \cdot dbv^2$$

Din aceste două expresii rezultă: $d \cong \sqrt{\frac{h\eta}{\rho v}}$

Dacă raportul $(hb)/d=1$ este o lungime caracteristică a corpului, atunci forța de frecare devine:

$$F = \text{const. } \eta \cdot lv \quad - \text{ Legea lui Stokes}$$

LEGEA STOKES: forța de frecare F experimentată de un corp (în regimul de curgere) este proporțională cu vâscozitatea fluidului η , cu dimensiunea liniară caracteristică corpului și cu viteza acestuia v.

În cazul sferei, obținem formula Stokes

$$F = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot rv$$

unde r este raza sferei.

APLICAȚII: HEMODINAMICA

Fizica circulației sângelui este o aplicare a legilor hidrostacității și hidrodinamicii.

Hemodinamica este astăzi considerată un capitol al reologiei, știința curgerii fluidului vâscos

Dificultățile de implementare a legilor hidrodinamicii în hemodinamică se datorează extensibilității vaselor, calibrul variabil al acestora în funcție de condițiile fiziologice (acest calibrul este influențat de presiunea arterială, conținutul de dioxid de carbon, inervație și hormoni) precum și caracterul non-constant al fluxului vascular în majoritatea părților sistemului.

Densitatea sângelui uman este de aproximativ $1,655 \text{ g/cm}^3$.

Presiunea de $1 \text{ mm Hg} = 1331 \text{ dyn/cm}^2$ echivalează cu $1,20 \text{ cm}^3$ de sânge.

În inimă, tensiunea arterială este pulsatilă, cu o medie de aproximativ 100 mm Hg , ceea ce corespunde 129 cm^3 de sânge.

În poziția orizontală a corpului uman, presiunile arteriale medii din creier și picioare sunt aproximativ egale.

În poziție verticală (ortostatism) tensiunea arterială de 80 mm Hg în creier este mai mică și este mai mare la picioare (200 mm Hg).

„FACTORUL HIDROSTATIC”

Acest factor explică accidentele de aviație observate în timpul accelerărilor către bucle, precum și dificultățile pregătirii piloților pe o aeronavă de luptă multirol (luptător ușor).

În aceste condiții, sângele este supus acțiunii unor forțe de inerție corespunzătoare unui multiplu de g.

Pentru o accelerație centripetă egală cu 3 g, factorul hidrostac în arterele cerebrale este de 111 mm Hg .

Scăderea acestei valori la valoarea medie de 100 mm Hg la nivelul inimii are ca rezultat o presiune negativă în interiorul arterelor creierului, în interiorul presiunii atmosferice; arterele sunt turtite, închise, sângele nu circulă în creier.

Pe de altă parte, dacă forța de inerție este orientată în sens invers, apare congestia creierului și a vaselor retiniene, cu tulburări de vedere.

În starea de imponderabilitate ($g = 0$), presiunile din sistemul circulator sunt independente de poziție.

La nivelul venelor acționează același factor hidrostac, cu excepția faptului că venele periferice aferente au valve care fragmentează coloana de sânge. Dacă o venă din picior este canulată și conectată la un tub vertical lung care conține soluție salină, nivelul acesteia crește aproape de nivelul inimii (cu subiectul în picioare). Atunci când mușchii picioarelor se contractă, venele sunt „masate” și sângele este împins în sus, valvele împiedicând sângele să revină în zonele inferioare (pompa musculară). Imobilitatea în picioare s165

au în sezut favorizează, prin creșterea presiunii venoase, trecerea lichidului din sânge în picioare (edem dependent).

Mișcarea sângelui prin vasele de sânge trebuie să învingă anumite rezistențe.

Există o forță de lipire între lichid și solidele pe care le umezește, forță care împiedică mișcarea stratului de fluid în vecinătatea peretelui;

Apoi există vâscozitatea care se opune alunecării unui strat peste un strat vecin de sânge. Stratul adiacent peretelui are viteza zero, în timp ce stratul axial are viteza maximă. Când viteza este moderată și diametrul tubului nu foarte mare, fluxul este laminar (fără turbioare).

Dacă regimul de curgere este invariant în timp, debitul se numește constant.

Într-un tub cilindric, straturile de fluid în flux laminar și constant sunt cilindri coaxiali.

Hagen a arătat că viteza v_r într-un punct situat la o distanță r de axă (unde viteza este maximă, v_m) este dată de: $v_r = v_m \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)$

unde R este raza tubului.

În consecință, distribuția razelor urmează o parabolă.

Valoarea lui v_m depinde de gradientul de presiune de-a lungul tubului, de raza R și de vâscozitate:

$$v_m = \frac{\Delta p}{\Delta x} \cdot \frac{R^2}{4\eta}$$

CURGEREA SANGELUI

Vâscozitatea apei la temperatura corpului este de 0,69 centipoise și vâscozitatea sângelui este de trei sau patru ori mai mare pentru un număr normal de globule roșii.

Sângele nu este un fluid newtonian. Pe măsură ce procentul de globule roșii din sânge crește, vâscozitatea crește rapid, urmând o curbă aproape exponențială. Când cantitatea este mai mare de 70% din hematocrit, sângele nu poate fi considerat fluid. În anemie, vâscozitatea scăzută poate provoca tulburări circulatorii și activitate cardiacă.

Când temperatura scade, vâscozitatea sângelui crește foarte mult ceea ce este considerat a fi un factor important în reducerea circulației către extremitățile expuse frigului (este cazul degerăturilor).

TR Fahraeus și Lindqvist au descoperit că, spre deosebire de apă, valoarea sângelui scade semnificativ dacă diametrul tubului este mai mic de 1 mm (efect sigma). Dacă d este diametrul eritrocitei și vâscozitatea efectivă într-un tub cu rază infinită, vâscozitatea efectivă într-un tub cu raza R este dată de:

$$\eta_R = \eta_\infty / \left(1 + \frac{d}{R}\right)^2.$$

Legea lui Poiseuille arată o relație liniară între presiunea matricei și debit, doar pentru un anumit interval de viteze.

Viteza critică a curgerii modifică panta curbei, iar curba se aplatizează.

Punctul critic este punctul în care fluxul laminar se transformă într-un flux turbulent, vortex.

În flux turbulent, rezistența nu este dată doar de vâscozitatea fluidului, ci și de pierderea energiei sub formă de energie cinetică din vortex.

Viteza critică este dată de: $v_c = (K \cdot \eta \rho) / R$

unde $K \cong 1000$ se numește numărul Reynolds (v_c este dat în $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$, η în poise, ρ în $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ și R în cm).

Pentru aortă ($R = 1 \text{ cm}$), (vâscozitatea sângelui) $\eta = 0,001 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, $v_c = 40 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

Viteza medie a sângelui în aortă poate fi calculată din flux, adică prin împărțirea a $83 \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ la aria secțiunii transversale 4 cm^2 ;

$$V_m = 20 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$D = (p_A - p_B) \frac{\pi R^4}{8\eta^4}$$

Formula lui Poiseuille-Hagen arată dependența debitului de diferența de presiune și de puterea a patra a razei.

Proportionalitatea cu puterea a patra are o mare însemnătate fiziologică, deoarece prin contractia musculaturii peretilor vasculari se realizează, cu mare eficiență, reglarea debitului (mai ales în arteriale).

O descrestere de numai 16% a razei reduce debitul la jumatate ; micșorarea razei la jumatate reduce debitul de 16 ori.

La lichidele reale , practic incompresibile dar vascoase , se modifica Vâscozitatea atunci cand se includ particule in suspensie.

Notand cu η viscozitatea mediului de suspensie ,

cu η_s viscozitatea suspensiei si cu Φ volumul total al particulelor

relatia lui Einstein $\eta = \eta_o(1 + k\Phi)$

k fiind un coeficient geometric

k= 2, pentru particule sferice

K= 2,05 pentru particule discoidale:

Aceasta relatie este dedusa in ipoteza ca volumul total al particulelor nu depaseste 3% din volumul suspensiei , caz care nu corespunde sangelui , in care globulele alcatuiesc 40-60% din masa sa .

Pentru acest caz s-au propus alte relatii, cu un caracter mai mult sau mai putin empiric.Cea mai satisfacatoare relatie este

relatia formulata de Hatschek: $\eta_s = \frac{1}{(1-\Phi)^2}$

Vâscozitatea apei la temperatura corpului este de 0,69 centipoise, iar

Vâscozitatea sangelui este de trei sau patru ori mai mare la un numar de hematii normal.Sangele nu este un lichid newtonian.O data cu cresterea procentului de hematii din volumul sangelui , viscozitatea creste foarte rapid, aproape ca dupa o curbura exponentiala.Cand valoarea data de hematocrit depaseste 70% ,sangele nu mai poate fi considerat ca fluid .In anemii , viscozitatea scazuta poate produce tulburari ale circulatiei si ale activitatii cardiace.

O data cu scaderea temperaturii, creste intens vâscozitatea sangelui ,fapt considerat ca un factor important in reducerea circulatiei din extremitatile corpului expuse la frig(este cazul degerarilor).

R. Fahraeus si T. Lindqvist au constatat ca, spre deosebire de apa , in cazul sangelui valoarea lui scade net, daca diametrul tubului este mai mic decat 1 mm (efect sigma). Daca d este diametrul eritrocitului ,iar viscozitatea efectiva dintr-un tub cu raza infinita, viscozitatea efectiva dintr-un tub cu raza R este data de relatia:

$$\eta_R = \eta_\infty / (1 + \frac{d}{R})^2.$$

Fenomenul descris face ca lucrul mecanic pe care trebuie sa-l efectueze inima sa fie mai mic decat in cazul unui lichid omogen .

Vâscozitatea sangelui depinde de viteza de curgere (de presiune);

faptul se datoreste,dupa unii autori, orientarii proteinelor plasmatiche si eritrocitelor discoidale.

. Alții considera că sangele este un lichid plastic (corp Bingham) care începe să curgă abia atunci când forța de forfecare atinge și depășește o valoare critică

La scăderea viscozității sângelui în mișcare contribuie și redistribuirea globulelor roșii în curentul sanguin, căci ele tind să se acumuleze lângă axa (Starkey, 1955).

Fenomenul acumulării axiale a eritrocitelor poate fi modelat prin curenti de particule coloidale sau (A. Muller, 1941) cu ajutorul discurilor de cauciuc introduse în curentul unei soluții de glicerina. Acumularea axială atinge o valoare de saturatie la o viteză mică de curgere.

La o viteză mai mare viscozitatea sângelui rămâne constantă.

În condiții fiziologice de curgere, abaterea sângelui de la un lichid newtonian este constantă și nu depinde de viteză.

Legea lui Poiseuille indică o relație liniară între presiunea matrice și viteză de curgere, numai pentru un anumit interval de viteze.

La o viteză critică de curgere panta curbei se schimbă, iar curba se turtește. Punctul critic este acela în care curgerea laminară se transformă în curgere turbulentă, cu vârtejuri (E. S. Reynolds, 1883).

În curgerea turbulentă rezistența nu este dată numai de viscozitatea fluidului, ci și de pierderea de energie sub formă de energie cinetică a vârtejurilor.

Viteza critică este dată de relația:
$$v_c = K \frac{\eta \rho}{R}$$

unde $K = 1000$ se numește numărul lui Reynolds (v_c este dat în $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$, în poise, în $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, iar R în cm).

Pentru aorta ($R=1\text{cm}$), la $\eta = 0,001$ (viscozitatea sângelui), $v_c = 40 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

Viteza medie a sângelui în aorta poate fi calculată din debit, adică împărțind $83 \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ la aria secțiunii transversale 4 cm^2 ; $v_m = 20 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

CURGEREA LAMINARA SI TURBULENTA

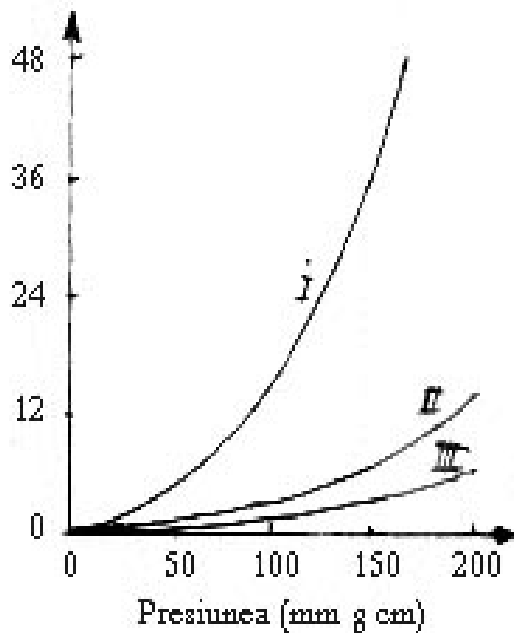


Figura 11: Curbele debit- presiune la diferite grade contractie vasculară

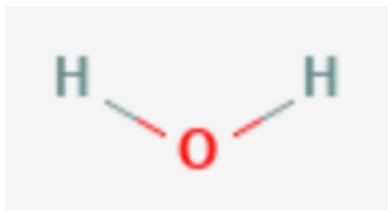
In perioada expulsiva de la inceputul sistolei, viteza sangelui depaseste in sa viteza critica; de asemenea, viteza critica este depasita atunci cand debitul creste.

Numai in aorta si in unele zone din imediata apropiere a valvulelor cardiace (in care deschiderea si inchiderea acestora produc in mod brusc viteze locale ridicate de curgere) exista o curgere turbulenta a sangelui.

O consecinta importanta a curgerii turbulente (turbionare) este aparitia zgomotelor circulatorii, care au o mare insemnatate in diagnosticul bolilor cardiace si vasculare.

Din formula care da pe v_c rezulta ca o dilatare a vasului (a lumenului acestuia) poate produce turbulenta la o viteza mica. Aceasta se produce, de exemplu, in cazul dilatarii aortei o data cu inaintarea in viata sau in anumite boli (arterio scleroza, sifilis).

MOLECULA DE APĂ



O-H=0,99Å

O-O = 2,76 Å

H-H = 1,77 Å

Structura electronică a moleculei de apă.

${}^1_1\text{H}$ $Z = 1$ $1s^1$

${}^{16}_8\text{O}$ $Z = 8$ $1s^2$ $2s^2$ $2px^2$ $2py^1$ $2pz^1$

APA - STRUCTURA SI PROPRIETATI FIZICE

- Molecula de apă are atomi coplanari.
 - Unghiul dintre cele două legături OH = 105°.
 - Lungimea legăturii OH = 0,99 Å.
 - Deoarece atomul de O este mai electronegativ decât H, perechea de electroni din legătura covalentă OH este mai atrasă de atomul de O.
 - Există un moment dipol de 1,5 D (Debye) în legătura OH care dă o sumă vectorială pentru molecula de H₂O a unui moment dipol de 1,84 D.
 - Unghiul dintre cele două legături OH este de 105° până la 109° – care este unghiul dintre orbitalii hibridi sp³.
 - Din cei patru orbitali de valență sp³ ai atomului O, doi sunt implicați în legăturile OH și doi au o pereche de electroni neparticipanți.
 - Legăturile de hidrogen se formează între legăturile OH și electronii neparticipanți ai atomului de O.
 - Distanța dintre cei doi atomi de O din molecula de apă situată la capetele unei punți de hidrogen este de 2,76 Å.
 - Energia legăturii de hidrogen este de 5 kcal/mol.
 - Energia necesară pentru dizolvarea legăturii covalente OH este de 110 kcal/mol.
 - Cu două legături OH și două perechi de electroni neparticipanți, o moleculă de H₂O participă la patru legături de hidrogen și este donor de protoni pentru două.
 - Cele două legături OH și două perechi de electroni neparticipanți sunt cu fața în sus în centrul unui tetraedru.
 - Legăturile H sunt baza formării structurilor supramoleculare pentru gheață și apă lichidă.
- Apa poate exista în următoarele stări de agregare:
- solid ($t < 0^\circ\text{C}$)
 - lichid ($t = 0-100^\circ\text{C}$ și $p = 1\text{ atm}$)
 - gaz ($t > 100^\circ\text{C}$)

Structura în stare gazoasă este destul de goală, cu o densitate calculată de aproximativ 0,9g/cm³

Forma tetraedrică se schimbă pe măsură ce gheața se topește, căldura latentă de fuziune este necesară pentru a schimba configurația.

Distrugerea configurației cristaline face ca anumite zone ale cristalului să fie ocupate de alte molecule de apă, ceea ce explică creșterea densității apei la 4°C când densitatea maximă este de 1 g/cm³. Pe măsură ce temperatura crește peste 4°C, are loc o mișcare termică suficientă care scade densitatea moleculelor de apă peste această temperatură.

Pentru ca o moleculă de apă să înghețe, ar trebui să dea 1,44 kcal la mijloc (energia legăturii de hidrogen a gheții este de 10 kcal/mol).

Din acest bilanț energetic putem deduce că aproximativ 15% din legăturile de hidrogen sunt rupte atunci când gheața se topește.

Rezultatul tuturor acestor lucruri este că apa conține încă 85% din legăturile sale de hidrogen după ce gheața se topește, astfel încât configurația spațială se schimbă.

Proprietățile fizice ale apei

Densitate	apă	1000 kg/m ³
	gheață	920 kg/m ³
Căldura latentă specifică	fuziune	340.000 J/kg
	vaporizare	2.250.000 J/kg
Căldura specifică	apă	4185 J/(kg.K)
Tensiune de suprafață	apă	72,8. 10 ⁻³ N/m
Rezistență electrică	ρ la 25 °C	182.103. Ωm
Conductivitate electrică	σ la 25 °C	5.5.10-6 Ω ⁻¹ .m ⁻¹
Permitivitatea electrică	ε _r	80

Efectele solvațiilor asupra structurii moleculare a apei

După dizolvarea substanțelor în apă, structura moleculară a apei se modifică, datorită interacțiunilor de diferite tipuri care au loc între moleculele de apă și moleculele sau ionii solvațiilor.

Când este dizolvat în apă, un electrolit puternic se disociază în ioni pozitivi și negativi.

Interacțiuni permanente ion-dipol apar între acești ioni și moleculele de apă, care determină orientarea dipolilor de apă în jurul ionilor (capătul încărcat opus situat lângă ion).

Fenomenul se numește hidratare a ionului.

Numărul de coordonare sau **de coordonare** sau **indicele de coordonare** al unui atom de apă este numărul de atomi vecini cei mai apropiați din cele trei direcții ale spațiului.

Proprietățile apei de hidratare:

- densitate crescută
- creșterea punctului de topire și a temperaturii de fierbere

ion	numărul de coordonare
Na ⁺	8
K ⁺	4
Ca ²⁺	10
Cl ⁻	2

ROLUL BIOLOGIC AL APEI

Apa este principalul constituent al materiei vii.

Apa este solvenul universal al materiei vii intra- și extracelulare.

Apa reglează presiunea osmotică a celor trei sectoare de apă prin următoarele mecanisme:

- difuzează prin membranele biologice care separă spațiile fluide
- este eliminată sau reținută în organism la nevoie
- volumul de lichid se poate obține prin ingerarea apei

Apa este mediul în care au loc multiple reacții chimice și biochimice ale corpului (hidroliza, oxidarea, prin ionii de hidrogen participă la reacții enzimatic)

Apa ajută la menținerea unei temperaturi constante a corpului (termoreglare)

Apa este un bun solvent pentru a forma o serie de soluții moleculare, sau substanțe coloidale, care circulă din mediul intern al organismului către celulă și invers (permite transportul deșeurilor din metabolismul celular la organele de excreție)

Apa ajută la eliminarea deșeurilor din organism prin rinichi

Apa joacă un rol important în protejarea fătului

CLASIFICAREA APEI DIN ORGANISMUL UMAN

În funcție de locul în care se află în raport cu alte celule:

- intracelular
- extracelular
 - interstițial (extravasculare)
 - circulant (intravasculare)

În funcție de distribuția sa tisulară:

- apă pentru țesuturi
- apa cavitatii (umoare apoasa si vitroasa, lichid cefalorahidian)

În funcție de starea chimică:

- apa libera
- apa legata
- apa structurata

APA LIBERĂ – este ansamblul de molecule extracelulare care circulă prin spațiile extracelulare și în jurul complexelor macromoleculare din interiorul celulelor.

APA LIBERA :

- este solvenul substantelor in mediu apos
- produce presiune osmotică
- transporta substantele nutritive din mediul extern catre celula
- transportă reziduurile proceselor catabolice din celulă în exterior

APA LEAGATA - este fracția legată de macromolecule: proteine, acizi nucleici, complexe macromoleculare prin grupări polare, hidrofile.

Disponerea în jurul formațiunilor proteice este ordonată în funcție de forțele electrice prezente pe suprafața acestor molecule.

Aspectul aranjamentului apei este mai dezorganizat, mai haotic pe măsură ce distanța dintre molecula centrală de proteină și straturile din jur crește.

Importanța apei legate este remarcabilă din punct de vedere metabolic, relevând indirect nivelul activității metabolice a organismului. Cu cât cantitatea de apă legată este mai mare, cu atât schimburile cu mediul sunt mai intense.

Din analiza RMN, s-a concluzionat că volumul de apă legată scade în tumorile maligne comparativ cu țesuturile normale.

Proprietățile apei legate:

Are o temperatură de îngheț foarte scăzută (sub 20°C).

Este foarte rezistent la uscare.

Nu prezintă urme de solvent.

Nu poate traversa membrana în timpul schimburilor osmotice dintre celula și mediul interstitial.

Este netransferabil prin osmoză.

APA STRUCTURATĂ este de natură intermediară între apa liberă și cea legată.

Intră în compoziția alimentelor (proteine, glucide și lipide) atunci când acestea sunt depozitate sub formă de macromolecule.

Prin degradarea substanțelor depozitate, apa structurată este eliberată și se alătură apei libere din mediu.

După originea noastră distingem:

- apa exogena (adusă din afara corpului, consumul de apă pe zi pentru oameni este de 2 L)
- apa endogena (produsă prin procese metabolice și este 0,3 l/zi)

Distribuția apei corporale (%)

- 70% din corp este apă
- există variații în funcție de vârstă și sex

	Apa totala	Apa intracelulara	Apa extracelulara		
			plasmă	apă interstițială	apa totala
Copii	75	45	4	26	30
Bărbați (adulti)	60	40	3	15	20
Femei (adulti)	50	35	4	11	15

Z. Simon, Fl. Rotemberg, GI Mihalas, Biofizică, Lito IMT, 1989, p.39

Vârstă	Apa totala	Apa intracelulara	Apa interstițială	Plasma
Nou-născuți	75	35	35	5
Mai puțin de 1 an	70	35	30	5
1-10 ani	60-65	35-40	20-25	5
10-50 de ani	55-60	40-45	15	5
Peste 50 de ani	50-55	35-40	10	5

Rodica Caprita, Biofizica, Ed. Mirton, Timisoara, 2000, p.87

Distribuția apei corporale (%)	
Țesuturi / organe	apa (%)
păr	4
dentină	10
schelet	30
tesut nervos	70
plămâni	81
creier	85
plasma din sânge	93
țesut embrionar	97

(A. Neagu, M. Neagu, Curs de Biofizică pentru Facultatea de Medicină Dentară, Ed. Eurobit, 2007)

Distribuția apei corporale (%)	
Țesuturi / organe	apa (%)
țesut adipos	10
Țesut osos	22
ficat	68.3
piele	72
intestin	74,5
creier	74,8
mușchi	75,6
splină	75,8
plămâni	79
inima	79,2
rinichi	82,7
sânge	83

(Rodica Caprita, *Biofizica, Ed. Mirton, Timisoara, 2000, p.87*)

APORTUL SI ELIMINAREA APEI DIN ORGANISMUL UMAN

Când nu există o diferență cantitativă între consumul de apă și eliminarea acesteia, echilibrul de apă este echilibrat, $Q_{aport} = Q_{eliminat}$ –

Unde Q_{aport} , $Q_{eliminat}$ sunt debitele corespunzătoare alimentării cu apă și, respectiv, eliminarea apei din organism.

$Q_{aport} > Q_{eliminat}$ – **dezechilibrul de apă este pozitiv – apare edem.**

$Q_{aport} < Q_{eliminat}$ - **dezechilibrul de apă este negativ - apare deshidratarea acută.**

Aportul de apă în 24 de ore este:

- 2500 ml - la adulți
- 2700 ml - la copii

Aceste cantități provin din:

- 1200 ml din apa ingerata
- 300 mL din oxidarea substanțelor organice și
- 1000 ml din alimente

Aportul excesiv de apă duce la intoxicație cu apă și se explică prin concentrația intracelulară redusă de electroliți.

Eliminarea are loc în mare parte prin:

- Urina: 1200 ml
- Piele: 800 ml
- Respiratie: 400 ml

CLEARANCE RENAL: definit prin : $CH_2O = Qu/cp$

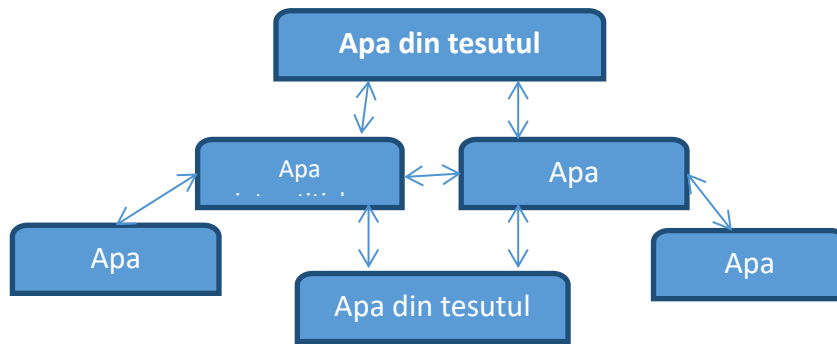
Unde Qu – cantitatea de substanță ce trece în urină în unitatea de timp, iar cp – concentrația substanței în plasmă.

Tulburările echilibrului hidric generează modificări funcționale în special la copii, deoarece acestia avand un metabolism mai intens, necesita un volum de apa la 24 de ore de circa 6 ori mai mare decat la un adult.

Deshidratările acute se produc cu atât mai frecvent cu cât vârsta copilului este mai mică. Predispoziția cea mai mare o au prematurii, atât datorită pierderilor cutanate mari/kg corp cât și datorită imaturității mecanismelor de concentrare renală.

Deshidratarea acută apare mai frecvent cu cât copilul este mai mic. Sugarii prematuri sunt mai susceptibili din cauza pierderii masive a pielii și a mecanismelor de concentrare renală imature.

Circulația apei între diferitele compartimente ale corpului



(Z. Simon, Fl. Rotemberg, GI Mihalas, Biofizica, Lito IMT, 1989, p.40)

LICHIDE - PROPRIETĂȚI FIZICE ȘI CHIMICE

INTRODUCERE

Astăzi, medicii și cercetătorii consideră că aciditatea lichidelor și alimentelor pe care le consumăm contribuie la apariția unor boli precum obezitatea, cancerul și diabetul, astfel pentru a controla nivelul de aciditate din organism, este necesar, în primul rând, să fim atenți la consumul de alimente, iar în al doilea rând să bem apă, naturală sau spumantă, cu un pH neutru.

pH-ul corpului uman trebuie să fie între 7,3 și 7,8, altfel organismul este supus unor riscuri foarte mari, precum coma și tetanos.

Recuperarea completă a bolii cronice are loc numai atunci când și dacă sângele este restabilit la o valoare normală a pH-ului ușor alcalin.

Toate reacțiile de energie biochimică și electrică corespunzătoare vieții sunt controlate de pH. pH-ul corpului afectează totul.

pH-ul controlează totul: creierul, inima, procesele enzimatice ale corpului, asimilarea mineralelor în organism .

PASTEUR a promovat teoria monomorfismului: boala este cauzată exclusiv de germeni sau bacterii care invadează organismul din exterior.

BÉCHAMP a afirmat teoria polimorfismului: boala vine din interiorul corpului.

CLAUDE BERNARD a lansat ideea că boala din organism, ca proces biologic, se va dezvolta și va depinde de starea biologică internă și de terenul manifest. Baza acestui câmp este pH-ul.

Pasteur a recunoscut în cele din urmă munca lui Béchamp și a spus: „Bernard avea dreptate: microbul nu valorează nimic, mediul este totul”.

ECHILIBRUL CHIMIC

O serie de substanțe chimice sunt în echilibru dacă compoziția chimică a speciei, temperatura și presiunea sunt constante. Starea de echilibru nu înseamnă că nu se întâmplă nimic în interiorul acestui set. Dimpotrivă, se întâmplă multe!

Exemplu : $3\text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$

Moleculele de hidrogen reacționează cu azotul pentru a forma amoniac.

În același timp, moleculele de amoniac se descompun în hidrogen și azot.

Există mulți factori care influențează temperatura de echilibru chimic, presiunea și concentrația speciilor aflate în echilibru. Pentru a explica modul în care echilibrul chimic este influențat de acești factori, afirmăm

Principiul lui Le Chatelier: dacă o constrângere acționează asupra unui sistem în echilibru, sistemul va reacționa pentru a atenua această constrângere.

Dacă acționăm pentru a crește temperatura, sistemul va reacționa pentru a o scădea. Balanța va fi deplasată către caldura de consumat, adică către reacția endotermică.

Dacă acționăm pentru a crește concentrația unui compus, echilibrul se deplasează către consumul acelui compus. Astfel, dacă adăugăm hidrogen la reacția chimică de mai sus, echilibrul se deplasează spre dreapta deoarece reacția este cea care consumă hidrogen.

Dacă acționăm asupra unui sistem dezechilibrat prin creșterea presiunii, acesta se deplasează în partea în care sunt mai puține moli de gaz.

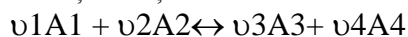
De exemplu, reacția de mai sus. Dacă presiunea crește, echilibrul se deplasează spre dreapta (sunt doar doi moli de gaz, spre deosebire de stânga, unde sunt patru).

LEGEA ACȚIUNII DE MASELOR

Legea acțiunii maselor se aplică după cum urmează :

Toate sistemele la presiune și temperatură constante tind să atingă o entalpie liberă minimă G.

Dacă în timpul unei reacții între v_1 moli ai unei substanțe A1 și v_2 moli ai unei substanțe A2, obținem v_3 moli ai unei substanțe A3 și v_4 moli de substanță A4:



O astfel de reacție chimică reversibilă este o reacție directă în care substanțele reacționează pentru a da produse și o reacție inversă în care produsele se recombina pentru a da produsele inițiale care progresează într-o stare de echilibru dinamic. Starea de echilibru dinamic este atinsă atunci când vitezele de reacție directă sau inversă devin egale. Dinamic, ambele procese opuse continuă.

Starea de echilibru dinamic se caracterizează prin: constanta de echilibru (K)

Unde K_c - definit în termeni de concentrație molară

$$\text{constanta de echilibru (K)} K_c = \frac{c_4^{v_4} \cdot c_3^{v_3}}{c_1^{v_1} \cdot c_2^{v_2}}$$

conform potențialului standard

$$K_c = e^{-\frac{\Delta G}{RT}}$$

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

$$\Delta G = \nu_3 G_{03} + \nu_4 G_{04} - \nu_1 G_{01} - \nu_2 G_{02} = \sum \nu_i G_{0i}$$

Entalpia liberă a reacției ΔG este funcția modificării lui G atunci când un mol de reactanți este transformat în produse, cu condiția ca toate concentrațiile de $C_i = 1 \text{ mol/l}$.

Coefficienții stoichiometrici sunt pozitivi (+) pentru produsele de reacție și negativi (-) pentru reactanți.

ΔS este entropia reacției

$R = 8,31 \text{ J/mol.K}$. - Constanta universală de gaz.

Constanta de echilibru depinde de temperatura:

$$K_c = e^{-\frac{\Delta H - T \cdot \Delta S}{RT}} = e^{-\frac{\Delta S}{R}} \cdot e^{-\frac{\Delta H}{RT}}$$

ΔH este entalpia de reacție - căldură de reacție

$\Delta H < 0$ reacție exotermică. Creșterea lui T deplasează echilibrul spre stânga.

$\Delta H > 0$ reacție endotermă. Creșterea lui T deplasează echilibrul spre dreapta

În general se folosește:

c_i concentrațiile molare ale substanțelor dizolvate în soluție,

p_i presiuni parțiale exprimate în atmosfere,

x_i fracțiuni molare în amestecuri de solvenți solvați.

Concentrația este luată ca $c_i = 1$ pentru substanțele lichide și solide pure (neamestecate) și pentru solvent molecular și în soluție, acesta din urmă aproape întotdeauna în exces mare.

În termodinamică se arată că transformările fizice (dizolvarea, difuzia, osmoza) substanțelor tind să se deplaseze spre un potențial chimic negativ.

Potențialul chimic μ_i corespunde conținutului de entalpie liberă G_i al unui mol de substanță în condițiile concentrației c_i care se află în sistemul studiat.

μ_{0i} este potențialul chimic standard - este μ valoarea i pentru $c_i = \text{mol/l}$

Cu cât concentrația c_i scade mai mult, cu atât μ_i scade mai mult: substanțele trec de la soluții mai concentrate la soluții mai diluate prin fenomenul de difuzie.

ACIZI SI BAZE. ELECTROLITI SI NEELECTROLITI

În biologie și medicină lucrăm cu soluții apoase.

Apa are o constantă dielectrică ridicată ($\epsilon_r=80$) și capacitatea de a solvata ionii. Apa promovează disocierea în ioni.

Substanțele dizolvate în apă se numesc electroliți și donatori de ioni, iar soluțiile care conțin ioni se numesc soluții de electroliți.

Ioni de H_3O^+ care vor fi abreviați în continuare ca ioni de H^+ .

În apă, formează ioni de hidroxil OH^- .

Pentru orice formă acidă sau protonată există o bază conjugată sau o formă deprotonată.

Acid	Baza conjugată
H_3O^+	H_2O
H_2O	OH^-
NH_4^+	NH_3
CH_3COOH	CH_3COO^-

Z. Simon, *Biofizica Note de curs, Lito IMT, 1979.*

Z. Simon, Fl. Rotemberg, Gh. I. Mihalas, *Biofizică, Lito IMT, 1989.*

A Neagu, M. Neagu, *Curs de Biofizică pentru Facultatea de Medicină Dentară, Ed. Eurobit, 2007.*

Electroliții puternici se disociază complet în soluție apoasă.

Exemple de electroliți tari:

toate sărurile,

tari (H_2SO_4 , HCl , HNO_3)

baze tari ($NaOH$, KOH)

Electroliții slabi se disociază parțial. Majoritatea moleculelor sunt disociate în soluție apoasă.

Exemple de electroliți slabi:

Acizi slabi (H_2CO_3 , CH_3COOH)

Baze slabe: amoniac (NH_3) și apă (H_2O).

Solvenții nepolari pot fi lipidele corpului, fosfolipidele membranare.

Ele dizolvă în principal substanțe nepolare și neionice.

Reacțiile ionilor în soluție apoasă la $37^\circ C$ sunt reacții rapide.

Sistemele acido-bazice și alte sisteme care corespund altor reacții ionice din organism sunt în echilibru.

Acest echilibru poate varia de la un compartiment la altul.

Pentru a trata echilibrele chimice și fizice, se folosește legea acțiunii masei.

Aciditatea sau bazicitatea unei soluții apoase se măsoară prin pH sau pOH

METODE DE EXPRIMERE A CONCENTRAȚIEI

Concentrația de masă în procente: $C_{\%w/w} = \frac{m_d}{m} \cdot 100$

este masa substanței dizolvate în 100 g soluție.

se exprimă în % sau % g/g.

m_d = masa soluției, m = masa soluției

Concentrația de volum în procente: $C_{\%v/v} = \frac{V_d}{V} \cdot 100$

Reprezintă cantitatea de dizolvat în 100 ml soluție.

Se exprimă în % vol sau % v/v.

Această concentrație este utilizată în soluții alcoolice.

Când volumul soluției V_d , V volumul soluției

Concentrația molară (C) - este numărul de moli de soluție într-un litru de soluție .

$$C = \frac{V_d}{V} = \frac{m_d(g)}{M_d(g) \cdot V(L)}$$

Concentrație normală (CN) - numărul de echivalenți de dizolvat într-un litru de soluție. Se exprimă în eq/l sau N.

$$C_N = \frac{Neq}{V}$$

ECHILIBRE DE DISOLUȚIE. SOLUBILITATEA LICHIDELOR ȘI SOLIDELOR

Dizolvarea unui lichid și a unui solid într-un solvent determină echilibrul substanței pure dizolvate în soluție.

Aplicați legea acțiunii în maselor:

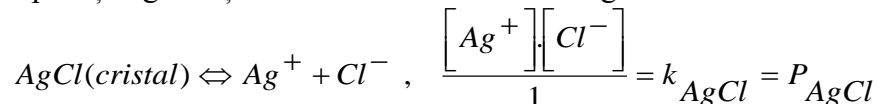
$A_1(\text{pur}) \rightleftharpoons A_1(\text{soluție}): c_1/l_1 = k_1 = s_1$

Pentru substanța pură $c = 1$ are aici rolul de solubilitate.

Produs de solubilitate. Dizolvarea puternică a electroliților.

Când un electrolit puternic este dizolvat, acesta apare în soluție sub formă de ioni .

Aplicați legea acțiunii în masă la dizolvarea $AgCl$



Constanta de echilibru: k_{AgCl} este numit produsul de solubilitate P_{AgCl} .

Aproape toate reacțiile biochimice apar în soluții apoase.

Unele implică ioni, inclusiv ioni OH^- și H^+ rezultate din descompunerea apei.

O serie de substanțe naturale sau medicamente conțin grupuri care se pot disocia și este foarte important să cunoaștem sarcina electrică asupra pH-ului mediului fiziologic.

Reacțiile protolitice sunt reacții între acizi și baze, din soluții apoase, sunt rapide și se stabilește rapid o stare de echilibru între participanții la aceste reacții.

DISOCIAREA APEI

Disocierea apei are loc în ecuația stoechiometrică:



Sau mai precis: $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$

Pentru simplitate, considerăm H^+ formula ionului hidroniu H_3O^+

Legea acțiunii maselor:

$$\frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = K \quad \text{or} \quad [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K = P_{\text{H}_2\text{O}}$$

Concentrația apei nedisociate = 1 ca solvent.

Apa se disociază foarte puțin, constanta de disociere sau produsul ionic al apei este:

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 10^{-14} (\text{mol/l})^2$$

În apa pură (distilată) ionii H^+ și OH^- provin numai din descompunerea apei și vor fi în cantități egale:

$$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = \sqrt{10^{-14} (\text{mol/l})^2} = 10^{-7} \text{ mol/l}$$

Apa dizolvă efectiv CO_2 din aer și silicatul din sticlă, deci nu este pură.

DISOCIAREA ACIZILOR SI BAZELOR

Dacă un acid puternic este dizolvat, acesta este complet disociat - practic toți ionii H^+ provin din disocierea acidului dizolvat în apă. Concentrația ionică a produsului 2 rămâne constantă $[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = \text{const}$. Astfel, concentrația de $[\text{OH}^-]$ scade.

Dacă o bază solidă se dizolvă, aceasta este complet disociată - concentrația de ioni OH^- va fi egală cu concentrația bazei și va scădea concentrația de ioni H^+ dizolvați.

Soluția apoasă acidă este o soluție apoasă în care: $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$ și un $\text{pH} < 7$

Soluția apoasă de bază este o soluție apoasă în care $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$ și un $\text{pH} > 7$

Soluția apoasă neutră este o soluție apoasă în care $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ și $\text{pH} = 7$

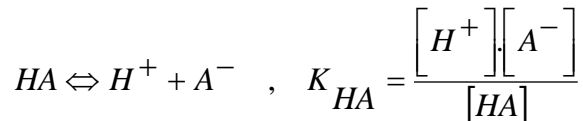
Exemplu: sucul gastric are $\text{pH} = 1,5$. Ce concentrație de HCl conține?

Pentru $\text{pH} = 1,5$ avem $[\text{H}^+] = 10^{-1,5} \text{ mol/l}$ sau $\log [\text{H}^+] = -1,5$

Din tabele: $[\text{H}^+] = 0,0032 \text{ mol/l}$.

Deoarece acidul HCl este singurul acid puternic găsit în concentrații mari în sucul gastric, atunci toate Ionii $[\text{H}^+]$ iau naștere din disociere și concentrația de HCl este $c = 0,0032 \text{ M} = 32 \text{ mM}$.

Dacă luăm în considerare un acid slab HA care se disociază doar parțial, atunci:



unde K_{HA} este constanta de disociere a acidului

Dacă nu avem alți acizi sau săruri de acid HA în soluție, deoarece apa se disociază foarte puțin, practic toți ionii provin din disocierea HA.

Ca și în cazul disocierii moleculei de HA, obținem un ion H^+ și un A^-

$$\text{Prin urmare } [H^+] = [A^-]$$

Un acid slab se disociază puțin (în concentrații nu prea mici).

Concentrația de acid nedisociat este în acest caz egală cu concentrația totală de acid.

$$\text{Prin urmare: } [H^+] = [A^-], \quad \frac{[H^+]^2}{[HA]} = K_{HA}$$

$$[H^+] = \sqrt{K_{HA} \cdot [HA]}$$

Soluțiile biologice conțin de obicei multe componente și au un pH care rămâne constant datorită așa-numitelor sisteme tampon.

Care este relația dintre forma protonată și cea deprotonată ?

$$\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{K_{HA}}{[H^+]}, \quad \log \frac{[A^-]}{[HA]} = \log K_{HA} - \log [H^+]$$

$$pK_{HA} = -\log K_{HA}$$

$$pH = -\log [H^+]$$

$$\log \frac{[f. \text{deprotonated}]}{[f. \text{protonated}]} = \log \frac{[A^-]}{[HA]} = pH - pK_{HA}$$

$pH = pK_{HA}$ dacă concentrația formei deprotonate (disociate) (A^-) este egală cu concentrația formei acide protonate (nedisociate) HA.

În soluțiile mai acide $pH < pK_{HA}$ predomină forma protonată

În soluții mai bazice : $pH > pK_{HA}$ predomină forma deprotonată

(Z. Simon, Fl. Rotemberg, Gh.I. Mihalas, Biophysics, Lito IMT, 1989)

DISOCIAREA ACIZILOR ȘI A BAZELOR SLABE. Exemple

1. Pentru o diferență $pH - pK_A = 1$, raportul $[A^-]/[HA] = 10^1 = 10$, acidul este de 90% în forma sa deprotonată.

1 unitate a diferenței dintre pH și pKa înseamnă o tranziție aproape totală a acidului la forma sa deprotonată sau protonată.

2. De exemplu, sângele are un pH de 7,4. Care este concentrația formei deprotonate CH_3COO^- și protonată CH_3COOH din acid acetic ?

Mai întâi calculăm pK_{CH_3COOH} :

$$pK_{CH_3COOH} = -\log 2 \cdot 10^{-5} = -(\log 2 + \log 10^{-5}) = -(0,3 - 5) = 4,7$$

$$\log \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = pH - pK_{CH_3COOH} = 7,4 - 4,7 = 2,7$$

$$\text{deci } \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = 10^{2,7} = 500$$

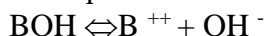
Acidul acetic este complet disociat la pH de mediul celular și toate grupările carboxil ($-COOH$) sunt libere.

CONCEPTUL DE pH

Disocierea electrolitică este un fenomen în care anumite substanțe în soluție se separă în ioni pozitivi și ioni negativi.

În timpul disocierii unui acid apar ionii de hidrogen și ionii radicali acizi: $AH \Leftrightarrow A^- + H^+$

În timpul disocierii unui acid, apar ionii hidroxil și ionii radicali bazici:



Apa acționează ca un electrolit și se disociază în ioni de hidrogen și ioni de oxidril. $H_2O \Leftrightarrow H^{++} + OH^-$

În realitate, ionul de hidrogen H^+ obținut în urma disocierii devine hidratat și relația de echilibru se va scrie: $2HOH \Leftrightarrow H_3O^+ + HO^-$

Ionul H_3O^+ se numește hidroniu.

Săgeata cu două sensuri indică faptul că moleculele de apă ionizează și reînnoiesc în mod constant acești ioni. Dacă temperatura este constantă, viteza de recuperare și ionizare a moleculelor rămâne constantă, producând o concentrație la starea de echilibru a H^+ egală cu cea a OH^- .

Procesul de disociere este supus legii acțiunii în masă

Raportul rezultat dintre produsul concentrației moleculelor disociate și cel al ionilor este constant.

$$K = \frac{C_{H^+} C_{OH^-}}{C_{H_2O}} = 1,8 \cdot 10^{-16}$$

Concentrațiile ionilor sunt extrem de scăzute în comparație cu concentrația moleculelor nedisociate.

Concentrația moleculelor neionizate poate fi considerată constantă.

Concentrația molară a moleculelor de apă nedisociate este de 55,56 - grame pentru un volum de 1 litru.

Termenul $K \cdot C_{H_2O}$ se numește produs ionic al apei și are o valoare de 10 până la 14 pentru temperatura apei de 25°C și scade dacă apa este răcită și invers.

$$C_{H^+} C_{OH^-} = K \cdot C_{H_2O} = K_{H_2O} = 1,8 \cdot 10^{-16} \cdot 55,56 \cong 10^{-14}$$

Dacă dizolvăm un acid puternic în apă, concentrația ionilor de hidroniu H^+ crește și cea a ionilor hidroxil OH^- scade deoarece produsul ionic al apei rămâne constant la o anumită temperatură.

Dacă o bază tare este dizolvată în apă, concentrația de OH^- crește, cea de H^+ scade.

La temperatură constantă, concentrațiile de H^+ și OH^- pot varia după cum urmează:

CH^+	10^0	10^{-1}	10^{-2}	...	10^{-7}	...	10^{-12}	10^{-13}	10^{-14}
COH^-	10^{-14}	10^{-13}	10^{-12}	...	10^{-7}	...	10^2	10^1	10^0
caracter	aciditate			neutralitate		alcalin			

Pentru a simplifica calculele, expresia convenită pentru prezentarea acestei concentrații este:

pH-ul care reprezintă logaritmul concentrației ionilor de hidrogen cu schimbare de semn: $H = -\log H^+$ sau în general, după SORENSEN: $pX = -\log X = \log (1/X)$.

Sau putem scrie: $\text{pH} + \text{pOH} = \text{pK}$, unde pK este produsul ionic al apei

pH	0	1	2	...	7	...	12	13	14
pOH	14	13	12	...	7	...	2	1	0
caracter	aciditate				neutralitate		alcalin		

Caracterul acid sau bazic al unei soluții poate fi descris cantitativ în ceea ce privește concentrația ionilor de hidrogen. În unele cazuri, în care concentrația este foarte mică, este mai practic să folosiți conceptul de pH.

pH-ul este, prin definiție, logaritmul zecimal cu semn al concentrației molare a ionilor de hidroniu: pOH al soluției este

Relația dintre cele două este: $\text{pH} + \text{pOH} = 14$

pH-ul și pOH sunt complementare.

Este suficient să indicați pH-ul pentru a ști dacă o soluție este acidă sau alcalină:

dacă $\text{pH} < 7$ - soluția este acidă

dacă $\text{pH} = 7$ - soluția este neutră

dacă $\text{pH} > 7$ - soluția este bazică (sau alcalină)

SCALA pH

H⁺	10⁰	-	10⁻⁷	-	10⁻¹⁴
pH	0	-	7	-	14
pOH	14	-	7	-	0
caracter	aciditate		neutralitate	alcalin	

Soluția neutră este o soluție în care concentrațiile ionilor H⁺ și OH⁻ sunt egale și, prin urmare, pH = 7. Când apa se dizolvă într-un acid puternic, acesta din urmă se disociază complet în ioni, ionii H⁺ provenind practic numai din ionizarea acidului. Produsul ionic al apei rămâne constant, creșterea concentrației ionilor de H⁺ rămâne constantă și scăderea concentrației ionilor OH⁻, sectorul în care pH-ul < 7 este acid

Dacă o bază puternică este dizolvată în apă, ionii OH⁻ vor proveni exclusiv din această ionizare, concentrația ionilor OH⁻ va prevala.

Sectorul de bază este în cazul în care concentrația de ioni OH⁻ este mai mare, prin urmare pH > 7.

ELECTROLIȚI ȘI NEELECTROLIȚI

ACID		BAZELE	
Acizi tari	Acizi slabi	Baze puternice	Baze slabe
ACIZI ANORGANICI acid azotic, HNO_3 acid bromhidric, HBr acid clorhidric, HCl acid cloric, HClO_3 acid iodhidric, HI acid percloric, HClO_4 acid sulfuric, H_2SO_4	ACIZI ANORGANICI SLABI ȘI DE TĂRIE MEDIE acid boric, H_3BO_3 acid fluorhidric, HF acid fosforic H_3PO_4 ACIZI ORGANICI SLABI acid acetic, CH_3COOH acid butiric, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ acid benzoic, $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ acid citric, ($\text{C}_6\text{O}_7\text{H}_8$) acid formic, HCOOH acid lactic, $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$ acid malic, $\text{HOOCCH}_2\text{CHOHCOOH}$ acid oxalic, HOOC_2COOH acid piruvic, CH_3COCOOH acid propionic, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ acid valerianic, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	NaOH KOH LiOH $\text{Ca}(\text{OH})_2$ $\text{Ba}(\text{OH})_2$	amoniac NH_3 H_2O $\text{Mg}(\text{OH})_2$

Formele ionice ale electroliților sunt dizolvate în apă

Toate sărurile sunt electroliți slabi: NaCl , CH_3COONa

Non-electroliții sunt substanțe care sunt dizolvate în apă și nu se disociază:

Glucoză : $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

Uree : NH_2CONH_2

ELECTROLIȚI ȘI NEELECTROLIȚI. FORMULA DE CALCUL PENTRU pH

Pentru acizi tari: $\text{pH} = -\lg\left[\text{H}^+\right] = -\lg[\text{HA}] = -\lg c$

Pentru acizi slabi: $\text{pH} = \text{pK}_{\text{HA}} + \lg\left[\frac{[\text{D}]}{[\text{P}]}\right]$

Formula Henderson Hasselbach

Forma D-deprotonată, forma P-protonată

Pentru baze puternice: $\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 + \lg\left[\text{OH}^-\right]$

pH-ul soluțiilor ACIDE PUTERNICE:

Conform principiului lui Le Chatelier, atunci când un sistem în echilibru chimic este perturbat de o schimbare a temperaturii, presiunii și concentrației, sistemul își schimbă compoziția într-un mod care tinde să contracareze parametrul de variație.

Aplicând acest principiu la disocierea apei, putem spune că într-o soluție acidă apa contribuie puțin la eliberarea ionilor de H^+ .

Prin dizolvarea unui acid în apă, reacția de disociere a apei este inversată: $2\text{H}_2\text{O} \leftarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$ până când se ajunge la o nouă stare de echilibru.

Prin urmare, concentrația de ioni H^+ a apei rezultată în urma autoionizării este foarte scăzută în comparație cu cea oferită de disocierea acidă. Acest lucru nu este adevărat în soluțiile foarte diluate de acid puternic, unde cantitatea de ioni H^+ rezultă din disocierea apei și este comparabilă cu cea furnizată de acid.

Inițială	$[\text{HA}] = c$	0	0
final	0	$[\text{H}^+] = c$	$[\text{A}^-] = c$

Pentru un acid puternic (HA), care se disociază complet în soluție, concentrația de ioni rezultată este determinată de stoichiometria reacției din concentrația inițială de acid.



Pentru soluțiile de acizi tari, pH-ul se calculează din definiția formulei:

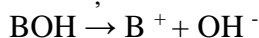
$\text{pH} = -\lg\left[\text{H}^+\right] = -\lg[\text{HA}] = -\lg c$

Exemple de acizi tari: HClO_4 , H_2SO_4 , HI , HBr , HCl , HNO_3 etc.

PH-UL SOLUȚIILOR DE BAZE TARI

Pentru calcularea pH-ului bazelor tari este de preferat să se lucreze cu valoarea complementară a pH-ului și anume pOH.

O reacție de disociere a bazelor are forma:



Deoarece ionii OH^- rezultă practic din disocierea bazei, cu excepția soluțiilor foarte diluate. În acest caz, este necesar să se țină cont și de concentrația ionilor de H^+ rezultate din autoionizarea apei.

pH-ul soluției se calculează folosind formula:

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 + \lg[\text{OH}^-] = 14 + \lg[\text{BOH}]$$

Exemple de baze tari: LiOH , NaOH , KOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ba}(\text{OH})_2$ etc.

pH-ul ACIZILOR ȘI BAZELOR SLABE

Un acid slab este un acid care ionizează incomplet în soluție.

Moleculele sale își păstrează protonii, astfel încât nu toți sunt transferați în moleculele de apă pentru a forma ioni de H_3O^+ .

În timpul procesului de disociere a unui acid slab HA: $\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-$

După un timp, reacția chimică atinge o stare de echilibru, caracterizată prin faptul că viteza reacției de disociere a acidului este adaptată la viteza de recombinație a ionilor H^+ și A^- pentru a forma acidul inițial. Din acest punct, concentrațiile de reactanți și produși de reacție rămân constante.

Constanta de echilibru a reacției de disociere, conform legii acțiunii masei:

$$K_{\text{HA}} = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]_{\text{ech}}}$$

Aceasta se numește constanta de disociere sau constanta de aciditate a acidului.

$[\text{HA}]_{\text{ech}}$ - este concentrația acidului la atingerea stării de echilibru corespunzătoare reacției de disociere

Deoarece disocierea acidului are loc într-o măsură mică, concentrația acestuia poate fi estimată a fi similară cu concentrația inițială a acidului $[\text{HA}]$

Două formule de pH sunt utilizate pentru a calcula pH-ul soluțiilor slab bazice și acide:

$$K_{\text{HA}} = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{HA}]}$$

Când se cunoaște doar concentrația inițială a acidului slab, deoarece ionii H^+ și A^- rezultatele disocierii se găsesc în soluție în concentrații egale, constanta de echilibru devine:

$$\text{Dupa logaritimizare obținem: } -\lg K_{\text{HA}} = -\lg[\text{H}^+]^2 + \lg[\text{HA}]$$

Definiție similară a pH-ului: $\text{pH} = -\lg K$.

$$\text{Formula pentru calcularea pH-ului este: } \text{pH} = \frac{\text{p}K_{\text{HA}} - \lg[\text{HA}]}{2}$$

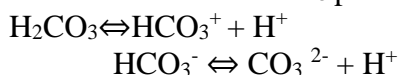
Când se cunoaște concentrația formei protonate

[P] = [HA] - concentrație molară acidă slabă
 și concentrația formei deprotonate
 [D] = [A⁻] - concentrația molară a bazei conjugate

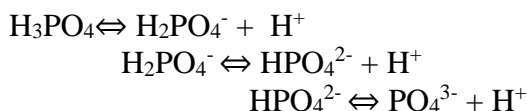
Folosim formula HENDERSON HASSELBACH:

$$pH = pK_{HA} + \lg \frac{[D]}{[P]}$$

Acidul carbonic H₂CO₃ prezinta 2 trepte de disociere:



Acidul fosforic H₃PO₄ prezinta 3 trepte de disociere: Ka₁ > Ka₂ > Ka₃



Aceștia se numesc acizi polibazici sau poliprotici : H₂CO₃, H₂C₂O₄, H₃PO₄

O caracteristică a acestor acizi este că, independent de tăria lor în soluție, ei donează protoni în trepte, fiecare pas având o valoare constantă a acidității definite.

substanță _	Formula chimică	p Ka Constanta de disociere
acid acetic	CH ₃ COOH	4.8
acid carbonic	H ₂ CO ₃	6.4
		10.3
acid oxalic	H ₂ C ₂ O ₄	1.25
		4.3
acid fosforic	H ₃ PO ₄	2.2
		7.2
		12.3

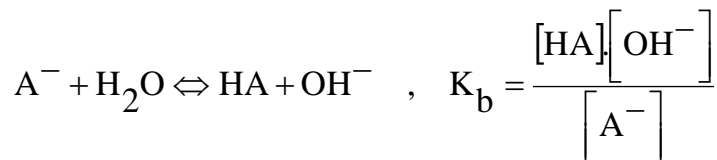
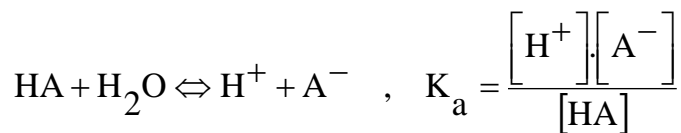
Constanta de disociere pentru disocierea acidului poliprotic pentru prima etapă Ka₁ este mai mare decât Ka₂, corespunzătoare celei de-a doua etape de disociere care este mai mare decât Ka₃, corespunzătoare etapei a 3-a de disociere : Ka₁ > Ka₂ > Ka₃

Primul proton este eliberat mai ușor decât ceilalți

În cazul H₂SO₄ – primul proton reprezintă un acid puternic (K₁ > >1) și baza sa conjugată (HSO₄⁻) este un acid ușor până la slab (K₂ = 1,2 · 10⁻²)

PENTRU SOLUȚII DE BAZE SLABE

calculul pH-ului este similar, folosind constanta de disociere a bazei K_b .
 K_a este constanta de disociere a acidului slab conjugat.



$$K_a \cdot K_b = P_{\text{eau}} = 10^{-14} M^2 \quad \text{et} \quad pK_a + pK_b = 14$$

SISTEMUL TAMPON

Se numește sistem tampon, acele soluții care sunt capabile să mențină pH-ul constant chiar și cu adăugarea unor cantități limitate de acid sau bază.

Sisteme tampon au următoarea compoziție:

un acid slab și sarea acestuia

o bază slabă și sarea ei

Calculul pH-ului unui sistem tampon se face folosind

Formula Henderson-Hasselbach:

$$pH = pK_a + \lg \frac{[D]}{[P]} = pK_a + \lg \frac{[\text{concentratia formelor deprotonate}]}{[\text{concentratia formelor protonate}]}$$

Fluidele biologice – sângele – conțin sistem tampon

Controlul pH-ului este vital pentru buna lor funcționare.

Pentru sânge pH-ul = 7,4

Sisteme tampon de sânge : H_2CO_3 și HCO_3^- ; H_2PO_4 - dacă H_2PO_4 - hemoglobina acidă și hemoglobinatul de potasiu.

Tulburări incompatibile cu viața.

Cresterea concentrației ionilor de H^+ prin scăderea pH-ului sub 7,1 = acidoza

Scăderea concentrației ionilor de H^+ cu creșterea valorilor pH-ului peste 7,8 = alcaloză

Luați în considerare un sistem tampon format dintr-un acid slab și sarea acestuia.

Acidul puternic adăugat unui astfel de sistem tampon elimină o parte din acidul slab din sare, ducând la modificări ale concentrațiilor formelor protonate (acid slab) și deprotonate (anioni rezultați din disocierea sării).

Dacă la un sistem tampon se adaugă o bază puternică, aceasta reacționează cu acidul slab, reducând astfel concentrația formei protonate și crescând concentrația formei deprotonate.

Luați în considerare un sistem tampon care cuprinde o bază slabă și sarea acesteia

Dacă adaugi un acid puternic, acesta reacționează cu baza.

Când se adaugă o bază tare, aceasta va elimina o parte din baza slabă din sare, rezultatul este același: modificări ale concentrațiilor deprotonate și protonate.

Când acidul/baza tare se adaugă în cantități limitate, unul dintre componentele sistemului tampon este consumat complet, ca urmare a reacției chimice care are loc și are ca rezultat pierderea capacității tampon.

O caracteristică importantă a sistemului tampon este capacitatea de tamponare (i)

$i = \frac{\Delta V}{\Delta pH}$ - reprezintă cantitatea de acid sau baza care, după ce a fost adăugată în soluție, își modifică

pH-ul cu o unitate.

Capacitatea de tamponare este optimă la dizolvarea tamponului în medii cu un pH apropiat de pK (unde concentrațiile sunt protonate, respectiv deprotonate, de ordin de mărime comparabil).

Exemplu:

Sistemul compus din CH_3COOH și CH_3COONa este un bun tampon în soluții cu $pH = (4,2-5,4)$

- În condițiile în care pH-ul corpului este $pH=(7,1-7,8)$, concentrația formei protonate este de 1000 de ori mai mică decât cea a formei deprotonate, deci capacitatea de tamponare este foarte mică.

pH-ul compartimentelor extracelulare și intracelulare

Pentru mediul extracelular: $pH = 7,4$

Apa nu contribuie la schimbul de protoni atunci când se adaugă un acid sau o bază în lichidul extracelular.

Apar variații ale pH-ului sângelui arterial în spațiul interstițial venos.

În timpul efortului, există o scădere a pH-ului volumului muscular cu un factor de 6,9 datorită producției de acid lactic prin glicoliză anaerobă.

Pentru mediul intracelular $pH = 6,9$ în condiții normale

Poate varia de la un tip de celulă la altul

modificări intracelulare ale pH-ului pot apărea în cazuri patologice:

în infarctul ischemic acut pH-ul celular poate scădea la 6,64 mai ales în timpul alcalozei.

pH-ul aproximativ al fluidelor corporale

mediul extracelular	sânge arterial	7.4
	sânge venos	7.35
	lichid interstițial	7.35
mediul intracelular	mușchiul inimii	7.1
	mușchi scheletic	6.9
	celule hepatice	7.23
	eritrocite	7.28
secretii	suc gastric	1.8
	urină	5.6
	suc pancreatic	8

IMPORTANȚA BIOMEDICALĂ A pH-ului PENTRU CORPUL UMAN

Recuperarea completă a bolii cronice are loc numai atunci când și dacă sângele are o valoare normală a pH-ului: pH ușor alcalin.

pH-ul corpului afectează totul.

Sângele uman rămâne într-un interval de pH foarte îngust, în jurul valorii de 7,3.

Valorile mai mici sau mai mari indică simptome și boală.

Când pH-ul crește, formele microbiene ale sângelui pot modifica mutațiile care apar

Pe măsură ce pH-ul crește, enzimele care sunt constructive pot deveni distructive.

Când pH-ul crește, alimentarea cu oxigen a celulelor are de suferit.

Cercetările arată că aportul scăzut de oxigen a celulelor este un factor major în majoritatea, dacă nu în toate, afecțiunile degenerative.

Dr. Otto Warburg din Germania a câștigat Premiul Nobel pentru descoperirea deficienței de oxigen în creșterea celulelor canceroase.

Când pH-ul scade și corpul nostru devine mai acid, celulele noastre primesc mai puțin oxigen.

Cancerul se dezvoltă într-un mediu cu pH acid și cu deficit de țesut/oxigen. Nu e de mirare că ratele cancerului au crescut astăzi

Ca o amintire a importanței oxigenului în viață, gândiți-vă la ce se întâmplă dacă ne oprim să respirăm un minut.

Fiecare celulă din organism poate sau nu poate respira complet.

Depinde dacă are un echilibru optim al pH-ului

(<http://biomedx.com/microscopes/rrintro/rr4.html>)

pH-ul controlează totul:

La fel ca creierul care are nevoie de combustibil pentru a funcționa, unde combustibilul este glucoza. Cu toate acestea, spre deosebire de alte celule, creierul nu poate stoca glucoză. Depinde de modul în care alimentarea cu sânge este afectată de pH, care controlează eficacitatea insulinei și permite zahărului să pătrundă în celule; prin urmare controlează nivelul zahărului din sânge.

Conform „Manualului Biomagnetic” al lui William Philpott, în cazul inimii a existat o legătură între pH-ul corpului și partea electrică a corpului uman.

Dacă pH-ul sângelui devine mai acid, acizii grași care au în mod normal sarcini electromagnetice negative devin pozitivi și sunt automat atrași și încep să se lipească de pereții arterelor, care sunt electromagnetic negativi. Mâncatul prea mult care ar putea determina sângele să fie mai acid va duce la o rată mai mare a bolilor de inimă.

Enzimele fac parte din procesul biochimic . Există sute, dacă nu mii de procese enzimatice care au loc în organism. Multe sunt atât de specifice. Când pH-ul sângelui este dezechilibrat, funcția enzimelor se modifică și organismul începe să sufere.

Absorbția mineralelor este afectată de pH .

Mineralele au diferite niveluri de pH la care pot fi asimilate în organism.

Mineralele cu greutate moleculară mică pot fi absorbite într-un interval mai larg de pH, iar mineralele cu greutate moleculară mare necesită un interval de pH îngust pentru a fi absorbite de organism.

Exemple:

Sodiul și magneziul au intervale largi pentru asimilarea pH-ului.

Intervalele se îngustează ușor pentru calciu și potasiu.

Intervalele sunt reduse și mai mult pentru mangan și fier.

Intervalele sunt reduse și mai mult pentru zinc și cupru.

Intervalele se îngustează mult mai mult pentru iod.

Iodul, care se află la o poziție foarte înaltă pe scara atomică, necesită un pH aproape ideal pentru asimilarea lui în organism.

Iodul este unul dintre cele mai importante minerale pentru buna funcționare a glandei tiroide. Dar tiroida nu are acces la iod decât dacă pH-ul corpului este aproape perfect.

- Lichidele precum sângele conțin soluții tampon pentru controlul pH-ului, care este vital pentru buna lor funcționare. Tampioane precum: H_2CO_3 și HCO_3^- și $H_3PO_4^-$ și HPO_4^{2-} , hemoglobina acidă și hemoglobinatul de sodiu joacă un rol foarte important în menținerea constantă a pH-ului în intervalul 7,35-7,45.

Creșterea concentrației ionilor de H^+ iar scăderea simultană a pH-ului (valori sub 7,1) este cunoscută sub denumirea de acidoză.

Scăderea concentrației ionilor de H^+ rezultând o creștere a pH-ului (valori peste 7,8) se numește alcaloză. Enzimele care joacă un rol important în multe reacții biochimice care apar în organism sunt activate fiecare la o anumită valoare a pH-ului.

Modificările de pH care apar în diferite boli duc la perturbarea funcțiilor normale ale acestor enzime și a proceselor metabolice implicate.

Exemple:

- pH-ul sângelui scade brusc în timpul diareei, colitei ulcerative, acidozei diabetice, insuficienței renale etc.

pH-ul sângelui crește brusc în stenoza pilorică în vărsături repetate și diferite tulburări nervoase.

De asemenea, pot apărea modificări fiziologice ale pH-ului fluidelor și țesuturilor corporale.

De exemplu, la mare altitudine, prin hiperventilație, are loc o creștere a pH-ului sângelui (presiunea parțială a CO_2 scade în sânge). În urma unor activități intense; există o acumulare de acid lactic în mușchi care determină o scădere a pH-ului - și de aceea apar crampe musculare -.

pH-metrul esofagian este o examinare care ajută la diagnosticarea refluxului gastroesofagian (trecerea anormală a acidului gastric în esofag). De asemenea, permite controlul eficacității unui tratament chirurgical sau medical al acestei boli.

Valoarea normală a pH-ului urinei este între 4,5 și 8.

O aciditate foarte pronunțată a urinei apare în acidoză, diabet, diaree, deshidratare, în timp ce alcalinitatea pronunțată este caracteristică obstrucției tractului urinar, obstrucției pilorice, insuficienței renale cronice. Anumite substanțe conținute în medicamentele administrate pot modifica pH-ul urinei,

Exemple:

citrat de potasiu, bicarbonat de sodiu, care duce la o creștere a pH-ului (urină alcalină)

clorura de amoniu sau unele diuretice provoacă o scădere a pH-ului (urină acidă)

Aplicatii

Problema 1: Intr-o incinta de volum $V= 100$ ml ce contine soluție apoasă se află dizolvate următoarele substanțe:

$m_1=56$ mg KOH ($M_1= 56$ g/mol)

$m_2= 36$ mg de glucoză ($M_2= 180$ g/mol)

$m_3= ?$ (NaCl) ($M_3= 58,5$ g/mol)si concentrația $c_3=180$ g/mol

Sa se determine: a) concentrațiile c_1 si c_2 , masa m_3 , b) pH-ul solutiei.

Rezolvare:

a) concentrația molară se exprima prin definiție:

$$c = \frac{m(g)}{M \cdot V(l)}$$

Concentrația molară c

este numărul de moli de solut într-un litru de soluție.

$$c_1 = \frac{m_1}{M_1 \cdot V} = \frac{56 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{56 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,1 \text{ l}} = 10^{-2} \cdot \frac{\text{mol}}{\text{l}} = 10^{-2} \text{ M (molar)}$$

Pentru baza tare KOH :

$$c_2 = \frac{m_2}{M_2 \cdot V} = \frac{36 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{180 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,1 \text{ l}} = \frac{1}{5} 10^{-2} \cdot \frac{\text{mol}}{\text{l}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ M (molar)}$$

Pentru glucoza:

$$c_3 = \frac{m_3}{M_3 \cdot V} \Rightarrow m_3 = c_3 \cdot M_3 \cdot V$$

Pentru sarea NaCl:

$$m_3 = 2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{l}} \cdot 58,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,1 \text{ l} = 117 \text{ mg} = 0,117 \text{ g}$$

b) pH-ul solutiei.

Rezolvare:

b) in soluția apoasă considerată sunt dizolvate : o baza tare KOH care contribuie la pH, glucoza care este un neelectrolit si nu contribuie la pH si sarea NaCl care nu contribuie la pH:

Baza tare se descompune:



initial	c1	0	0
final	0	C ₁	C ₁

Pentru o baza tare se calculeaza pH cu formula : $pOH = -\lg[OH^-] = -\lg c_1 = 2$

Glucosa este un neelectrolit si nu contribuie la pH

Sarea se descompune si ea : $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ si nici ea nu contribuie la pH.

$$pH + pOH = 14$$

$$pOH = 2$$

pH solutiei va fi pH=12 adică: $pH + 2 = 14 \Rightarrow pH = 12$

Problema 2. Intr-o incintă de volum $V = 100 \text{ ml} = 0.1 \text{ l}$ conține o soluție apoasă în care sunt dizolvate următoarele substanțe:

$m_1 = 60 \text{ mg CH}_3\text{COOH}$ ($M_1 = 60 \text{ g/mol}$)

$m_2 = 164 \text{ mg CH}_3\text{COONa}$ ($M_2 = 82 \text{ g/mol}$)

Să se determine : a) concentrația molară a substantelor dizolvate c_1 și c_2 ,

b) pH-ul soluției dacă se cunoaște pentru acidul acetic constanta de disociere: $pK = 4,7$ și se da $\lg 2 = 0,3$

c) să se determine noul pH (adică pH1) dacă la prima soluție se adaugă $m_3 = 36,5 \text{ mg HCl}$ ($M_3 = 36,5 \text{ g/mol}$)

Rezolvare :

$$c_1 = \frac{m_1}{M_1 V}$$

a) concentrația molară a soluției se calculează cu formula:

$$c_1 = \frac{m_1}{M_1 V} = \frac{60 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{60 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,1 \text{ l}} = 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{g}} = 10^{-2} \text{ M}$$

Pentru CH_3COOH

$$c_2 = \frac{m_2}{M_2 V} = \frac{164 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{82 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,1 \text{ l}} = 2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{g}} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

Pentru CH_3COONa

b) pH-ul soluției dacă se cunoaște pentru acidul acetic constanta de disociere: $\text{pK}=4,7$ și se da $\lg 2=0,3$,

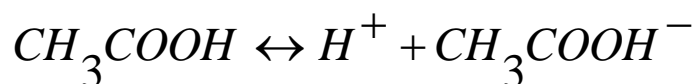
Rezolvare :

b) pentru soluția considerată se utilizează **formula Henderson – Hasselbach:**
$$\text{pH} = \text{pK}_{\text{HA}} + \lg \frac{[\text{D}]}{[\text{P}]}$$

Unde $[\text{D}]$ - este concentrația formei deprotonate,

$[\text{P}]$ - este concentrația formei protonate

Acidul acetic disociază după cum urmează



↓

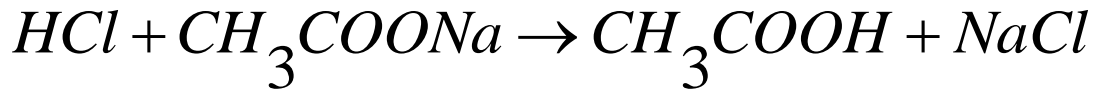
forma protonată

↓

forma deprotonată

initial	c1	0	0
final	$c1 - cx \approx c1$	$cx \approx 0$	$cx \approx 0$

In soluție vom avea reacția:

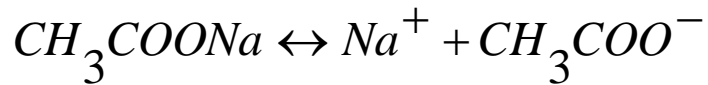


initial	C3=10⁻²M	C2= 2.10⁻²M	0	0
final	0	C2-c3= 10 ⁻² M	C3=10 ⁻² M	C3=10 ⁻² M

HCl reacționează cu c₃ din c₂ al lui CH₃COONa

(c₂-c₃) din sare CH₃COONa nu reacționează cu nimic

- Vom avea noile reacții de disociere:



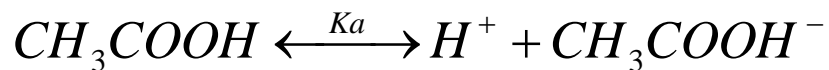
↓

forma protonată

↓

forma deprotonată

i	c2-c3 = 10⁻²M	0	0
f	0	c2-c3 = 10 ⁻² M	c2-c3 = 10 ⁻² M



↓

forma protonată

↓

forma deprotonată

i	c1	0	0
f	$c1' = c1 + (c2 - c3)$ $= 10^{-2} + 10^{-2}$ $= 2 \cdot 10^{-2} M$	$c2 - c3 =$ $10^{-2} M$	$c2 - c3 =$ $10^{-2} M$

Formula Henderson Hasselbach

$$pH_1 = pK_a + \lg \frac{[D]}{[P]} = pK_a + \lg \frac{c_2 - c_3}{c_1}$$

$$pH_1 = 4,7 + \lg \frac{10^{-2}}{2 \cdot 10^{-2}} = 4,7 + \lg \frac{1}{2} = 4,7 - 0,3$$

$$pH_1 = 4,4$$

SISTEME DISPERSE

CLASIFICAREA SISTEMELOR DISPERSE

Sistemele dispersate sunt aplicate sistemelor cuprinzând un mediu continuu, omogen și izotrop numit mediu de dispersie și un mediu discontinuu numit fază dispersată.

Sistemul dispersat este un sistem eterogen.

Pentru o soluție, solventul este un mediu de dispersie, solut - faza dispersată

Sistemele coloidale sunt sisteme microeterogene sau sisteme de dispersie cu o suprafață foarte mare a interfeței dintre două faze, astfel încât energia tensiunii superficiale și fenomenele de adsorbție joacă un rol important în determinarea proprietăților sistemului.

Sistemele vii, celulele cu sistemele lor de soluții de macromolecule și membranele biologice prezintă proprietățile sistemelor coloidale.

Gradul de dispersie este inversul mărimii fazei (particulelor) dispersate într-un mediu de dispersie. Cu cât dimensiunea particulelor este mai mică, cu atât aria interfeței este mai mare. Suprafața S a interfeței crește proporțional cu rădăcina cubă a numărului N de particule.

1. În funcție de dimensiunea particulelor fazei dispersate

- **Soluțiile moleculare** se obțin prin dizolvarea micromoleculelor (masa moleculară $M < 1000$), dimensiunea particulei: $\phi < 10 \text{ \AA} (10^{-9})$

- **Soluții coloidale** cu dimensiuni ale particulelor între 10 și 1000 Å: $10^{-9} \text{ m} < \phi < 10^{-7} \text{ m}$.

- **Macroparticulele** cu $M > 10^3 - 10^4$ sunt particule care, la dizolvare, dau soluții coloidale. Au proprietăți caracteristice, cum ar fi coagularea.

- **Suspensiile** – particulele sunt mai mari de 1000 Å, $\phi > 10^{-7} \text{ m}$

Particulele dispersate în suspensie se depun și se depun (sau se ridică la suprafață) sub influența gravitației.

2. În funcție de mediul de dispersie și faza dispersată

3. În funcție de numărul de dimensiuni care sunt microdispersate

- Dacă cele trei dimensiuni sunt microdispersate sunt între 10 și 1000 Å : avem soluții adecvate.

- Dacă două dimensiuni sunt între 10 și 1000 Å, sunt sisteme microdisperse și avem capilare sau molecule filamentoase,

- Dacă o singură dimensiune este între 10 și 1000 Å – avem sisteme cu membrană.

**Clasificarea soluțiilor și sistemelor disperse:
În funcție de mediul de dispersie și de faza dispersată:**

Mediu de dispersie	faza dispersata	Nume
g ca	lichid	aerosoli de ceață (nori)
	solid _	fum (praf)
lichid	Gaz	spumă
	lichid	emulsie de liosol
	solid	suspensie
solid	Gaz	spumă solidă
	lichid	sistemele capilare ale solului
	solid	sticle si aliaje

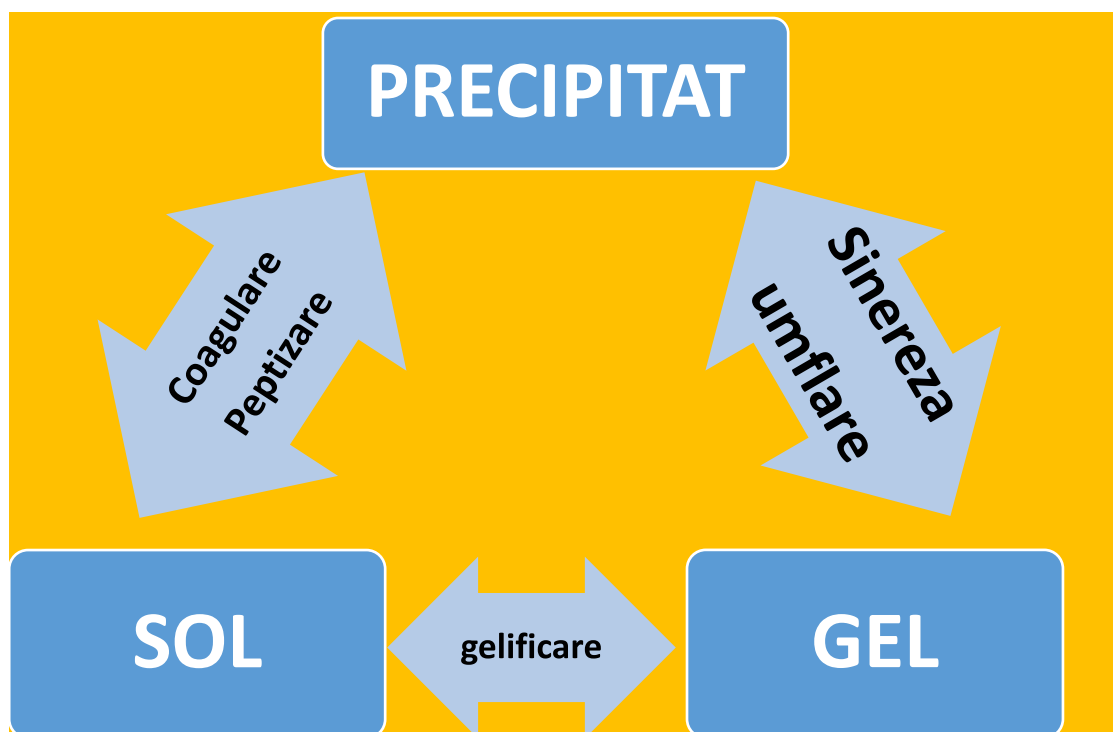
Z.Simon, Fl.Rotemberg, Gh.I.Mihalas, Biofizica, IMT, 1989

TRANZITIA SOL-GEL

Soluția coloidală în sine, cu proprietățile caracteristice unui lichid, se numește SOL. În anumite condiții, gelurile de sol, o stare intermediară între lichid și solid, nu curge, este elastic la deformare mică, totuși este plastic la deformare permanentă mare. Permite difuzia substanțelor micromoleculare dar nu permite convecția. Este un mediu bun pentru reacții chimice și permite conductivitatea electrică a ionilor. Tranziția dintre sol și gel se face prin trecerea unei părți din solvent și invers, prin absorbție sau prin agitare mecanică.

Prin sinereză – ceea ce înseamnă pierderea majorității solventului – gelul este transformat într-un precipitat.

Precipitatul are proprietățile obișnuite ale solidelor amorfe sau cristaline, un volum mult mai mic decât gelul și previne difuzia sau alte fenomene conexe.



COAGULAREA consta in micșorarea dispersiei cu formare de particule mari care se depun formand precipitatul.

In cazul gelificarii particulele se unesc formand o retea laxă în a carei ochiuri se află solventul.

CITOPLASMA, după natura substanțelor dispersate in ea este in același timp soluție moleculară (sarurile), soluție coloidală (proteinele) și suspensie (organitele celulare: mitocondrii, ribozomi).

Din punct de vedere al proprietatilor mecanice, faptul ca picaturile de protoplasma tind sa conflueze, sa se scurga din orificiile membranei, sa permita curenti de convecție, **o încadrează între lichide (soluri)**.

Elasticitatea sa și tendința de curgere totuși mult redusă, o apropie de starea de gel.

Această stare intermediară între sol și gel a citoplasmei se datorează unei rețele laxe de molecule de proteina filiformă cu puncte de contact între ele- citoscheletul și rețeaua microtrabeculară.

În funcție de modul în care o substanță trece printr-o membrană semipermeabilă:

Cristaloizi (cristale formate după evaporarea solventului)

Coloizii, după evaporarea solventului rămâne o peliculă lipicioasă care nu poate fi dizolvată.

Clasificarea substantelor în coloizi și cristaloizi este arbitrara deoarece în general o substanță poate exista atât sub forma coloidală cât și sub forma cristaloidă în funcție de condițiile de dizolvare și separare.

Exemple:

- NaCl este un cristaloid tipic care în condiții normale formează o soluție coloidală în benzen

- Sapunul formează o soluție coloidală în apă dar are proprietăți cristaloidale în alcool.

CLASIFICAREA SISTEMELOR COLOIDALE

Prin **COLOIZI** nu se înțelege în prezent o anumită clasă de substanță ci o anumită stare a substanței de care sunt legate o serie de proprietăți caracteristice ale acestora.

Azi în locul soluțiilor coloidale se utilizează noțiunea de **SISTEM COLOIDAL**.

După structura particulelor coloidale, **COLOIZII** pot fi împărțiți în 3 categorii:

- **COLOIZI DE DISPERSIE**
- **COLOIZI DE ASOCIAȚIE- SAU COLOIZI MICELARI**
- **COLOIZI MACROMOLECULARI**

Micela este o particulă aproape sferică formată din molecule amfifile care au capetele polare îndreptate spre exterior și cele apolare – hidrofobe spre interior.

Un exemplu de soluție micelară este cea de săpun în apă.

- **Coloizii macromoleculari** prezintă legături primare interatomice, **de exemplu proteinele, amidonul.**
- **După forma moleculelor** deosebim:
 - **COLOIZI LINIARI:** sunt formați din catene (lanțuri) și au rezistență mecanică și vâscozitatea mare. Aici sunt cuprinse proteinele de structură: miozina și fibrina
 - **COLOIZI SFERICI – SFEROIZI – SFEROCOLOIZI :** au vâscozitate mai mică și se deplasează ușor

Gradul de dispersie D : exprimă gradul de diviziune a substanțelor care formează doza dispersată.

Gradul de dispersie este un criteriu important pentru clasificarea sistemelor fizico-chimice care este definit ca inversul mărimii d - diametrul particulelor dispersate:

$$D = 1/d \text{ (cm}^{-1}\text{)}$$

Gradul de dispersie D este numărul de particule care ar putea fi plasate una lângă cealaltă la o distanță de 1 cm.

	sistem	d(cm)	D	Observații
1	Sisteme cu un grad scăzut de dispersie	$>10^{-5}$	$<10^5$	Nu treceți prin filtrele fine de hârtie. Ei nu dializează. Sunt vizibile la microscop optic
2	Sisteme cu un grad de dispersie coloidală	$10^{-5} \div 10^{-7}$	$10^5 \div 10^7$	Treceți prin cele mai bune filtre. Fără dializă Fara emisii Sunt vizibile la ultramicroscop
3	Sisteme cu un grad de dispersie moleculară	$<10^{-7}$	$>10^7$	Treceți prin toate filtrele Dializă Nu este vizibil pentru ultramicroscopul

Din punct de vedere al stării de agregare:

- *Sistemele disperse pot fi:*
 - *Lichide (laptele)*
 - *Solide (unele minerale)*
 - *Gazoase (ceața din atmosfera) Intr-o stare deosebita semilichide, semisolidă sau semigazoasă, formând geluri.*

Sistemele coloidale lichide se numesc si SOLUTII COLOIDALE sau SOLURI.

Solutiile in care mediul de dispersie este apa se numesc HIDROSOLURI.

Solutiile coloidale se pot deosebi dupa starea de dispersie cat si a fazei disperse.

Fiecare dintre ele poate fi in stare solida, lichida sau gazoasa.

Sistemele disperse in care mediul de dispersie este o substanta gazoasa se numesc AEROSOLI.

In functie de starea de agregare a fazei disperse aerosolii se impart in

fum (daca faza dispersa este solida)

Ceata (daca faza dispersa e lichida)

Sistemele in care bulele de gaz sunt repartizat intr-un lichid se numesc SPUME.

Prin **caracter LIOFIL** se intelege capacitatea particulelor coloidale de a se lega foarte puternic si in numar mare de molecule din mediul de dispersie care formeaza invelisuri de solvatare.

In caz contrar cand particulele nu pot interactiona atat de puternic cu aceste molecule se vorbeste despre un **caracter LIOFOB** al coloidului.

In cazul particular al solutiilor apoase, in acelasi sens se folosesc termenii de **caracter hidrofil si hidrofob**.

In prezent termenii de liofil sau liofob se folosesc intr-un sens mai larg si la sisteme care nu sunt coloidale caracterizând capacitatea unei substante de a lega sau nu apa.

COLOIZII LIOFOBI sunt sisteme heterogene cu grad mare de dispersie. Din aceasta categorie fac parte mai ales sistemele formate din substante anorganice, intr-un mediu de dispersie apos.

La separarea fazei disperse coloizii tipic liofobi formeaza precipitate pulverulente, care nu contin cantitati importante din mediul de dispersie.

COLOIZII LIOFOBI se caracterizeaza prin ireversibilitate si din punct de vedere termodinamic ca stare de agregare nu au stabilitate

COLOIZII LIOFILI sunt sisteme omogene ale caror particule leaga în cantitate mare moleculele mediului dispersant , de exemplu unele saruri in mediul apos. **Coloizii liofili sunt reversibili** (se dizolva spontan).

Dispersiile din clasa **coloizilor liofili** sunt compuse din particule in care toti atomii sunt legati intre ei prin covalențe . Fiecare particula este deci o macromolecula.

Printre **coloizii moleculari liofili** se numara multe substante organice cu molecule uriase. Unele formeaza solutii coloidale in apă (proteine, amidon), altele se dizolvă numai în dizolvanți organici (cauciucuri).

STABILITATEA SISTEMELOR COLOIDALE

Sistemele coloidale difera mult intre ele in privinta stabilitatii. Unele se pot pastra un timp indelungat, iar altele sunt sensibile la diferiti factori , fiind relativ stabile.

Exista doua categorii de procese care duc la distrugerea sistemelor coloidale si care in anumite conditii pot decurge spontan.

Categoria 1: PROCESE DE FLOCULARE sau Proces de aglomerare, sub formă de particule mai mari (flacoane), a particulelor fine dintr-o suspensie sau dintr-o soluție coloidală, urmată de depunerea acestora, sub acțiunea unui agent floclant

Din aceasta categorie fac parte procesele in care particulele fazei disperse se pot separa prin depunerea sau ridicarea la suprafata lichidului in functie de raportul dintre densitatile acestor particule si a mediului de dispersie.

Categoria 2: PROCESE DE COAGULARE: proces ce consta in marirea particulelor fazei disperse in urma contopirii lor.

STABILITATEA SISTEMELOR COLOIDALE ESTE CLASIFICATĂ DUMPĂ URMĂTOR:

1. STABILITATE CINETICĂ

2. STABILITATEA AGREGAȚII

1. **STABILITATEA CINETICA** este legata de faptul ca in sistemele coloidale, fenomenului de sedimentare i se opune agitatie termica a particulelor disperse (Miscarea browniana) determinata de ciocnirile moleculelor mediului de dispersie si de dimensiunile mici ale acestor particule. Din aceasta cauza in sistemele coloidale particulele se mentin suspendate chiar in cazul unei deosebiri insemnate intre densitatile mediului de dispersie si a particulelor fazei disperse.

2. **STABILITATEA LA AGREGARE – COAGULARE-** explica capacitatea unui sistem de a-si mentine gradul de dispersie. Stabilitatea la agregare este determinata de existenta unei sarcini electrice si a unui invelis de solvare a particulelor fazei disperse.

STABILITATE LA AGEGARE – COAGULARE

În sistemele coloidale relativ stabile în urma interacțiunii cu moleculele sau ioni electrici din mediul înconjurător, particulele fazei disperse din mediul considerat.

Aceasta nu înseamnă că întregul sistem este încărcat

În ansamblu sistemul este neutru d.p.v. electric

Sunt două cauze mai importante ce determină sarcina electrică a particulelor, în diferite specii de coloizi.

1. Unii coloizi (moleculari) conțin grupe acide sau bazice ce pot ioniza sau pot forma săruri cu cantități minime de acizi sau baze din soluție. Particula coloidală este în acest caz un **macroion**.

2. Sarcina electrică a unor coloizi (suspensioizi, coloizi moleculari neelectroliti), se datorează absorbției unor ioni pe suprafața particulelor. Se deduce aceasta din faptul că se poate modifica mărimea sarcinii particulelor sau își poate schimba semnul prin adăugarea de electroliți.

De exemplu: iodura de argint coloidală poate precipita sub formă de particule încărcate pozitiv când se picură soluția foarte diluată de KI într-un exces de AgNO₃ sau particule încărcate negativ când se procedează invers.

În concluzie : cauza pentru care particulele capătă o sarcină de același fel de către aceste particule. Modificarea sarcinii particulelor duce la modificarea gradului de dispersie a coloidului, mișcarea sarcinii favorizează mărirea particulelor.

STABILITATEA ȘI STRUCTURA SOLUȚIILOR COLOIDALE

- **Stabilitatea soluțiilor coloidale este condiționată de doi factori.**
 - Pe de o parte **tensiunea superficială** tinde să micșoreze interfața dintre faza dispersată și mediul dispersant, să micșoreze dispersia, deci să producă coagularea.
 - Pe de altă parte **sarcina electrică a particulelor coloidale** produce o respingere între acestea, se opune micșorării gradului de dispersie, deci stabilizează solul.
 - **Coloizii hidrofilii (în general liofili)** sunt cei care au o tensiune superficială mică față de apă. Solurile lor sunt stabile, tendința spre coagulare este mică sau poate chiar să lipsească. Unele polizaharide și proteine dau asemenea soluții, la exteriorul particulei coloidale fiind grupe care dau punți de hidrogen (OH, -CO-NH-) sau ionizate (-COO⁻, -NH₃⁺).
 - **Coloizii hidrofobi (în general liofobi)** au tensiunea superficială mare și tind să coaguleze. Lipidele emulsionate în cursul digestiei au la suprafața în majoritatea grupelor hidrofobe, nepolare, soluțiile sunt stabilizate.

Sarcina electrică a particulelor coloidale provine de la grupe ionogene sau din adsorbția preferențială a unor ioni de un anumit semn. Proteinele au grupe ionogene și de tip anionic și de tip cationic – grupele -COOH și -NH₂ ale catenelor laterale ale acizilor monoaminodicarboxilici și diaminocarboxilici.

Sarcina globală a moleculei de proteină va depinde astfel de pH.

Structura particulei coloidale

Fața de sarcini fixe care formează un strat bine delimitat pe suprafața particulei coloidale, moleculele de apă sunt orientate și se mișcă solidar cu particula formând granula. O parte din contraioni sunt în interiorul acestui strat de apă legată și astfel sarcina nu are sarcina ci sarcina $-(n-x)e$.

Stratul de contraioni din restul soluției este mai difuz inclusiv contraionii din din așa numitul strat difuz, aflat în apa liberă. Ceea ce contează la deplasarea granulei într-un câmp electric este sarcina granulei $-(n-x)e$ și valoarea potențialului electric la limita stratului de apă legată, așa numitului potențial electrocinetic (ζ).

Coagularea soluțiilor coloidale se poate realiza prin :

- Aducerea pH-ului la pI când sarcina globală și potențialul cinetic se anulează.
- **Salifiere:** adăugarea de săruri solubile în concentrații mari (1-5 M) de exemplu: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Prin hidratarea ionilor sării scade cantitatea de apă liberă în soluție iar coloidul se depune prin creșterea concentrației sale efective în apă liberă peste solubilitatea substanței dispersate. Efect analog are adăugarea de solvenți organici solubili în apă (de exemplu etanol).
- **Adăugarea de ioni cu valență ridicată produce coagularea.** După regula lui Schulze-Hardy, cu creșterea valenței ionului scade puternic concentrația necesară pentru a produce coagularea (pragul de coagulare). **De exemplu:** pentru un sol de $\text{FeO}(\text{OH})$ pragul de coagulare este de 9mM pentru KCl, 0,2 mM pentru K_2SO_4 sau MgSO_4 . Pentru solul de As_2S_5 se obține în condițiile utilizării : NaCl 70mM, MgCl_2 1mM, AlCl_3 0,13mM
- **Soluții micelare** sunt substanțe cu caracter tensioactiv, detergenți care prin dizolvare în soluție formează micelile dacă concentrația lor depășește un anumit prag. **De exemplu** pentru sărurile acizilor grași cu o parte polară și o catenă nepolară ($\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COO}^- \text{Na}^+$) dacă concentrația din soluție depășește pragul de micelare, concentrația ionilor monomeri nu mai crește și monomerii se reunesc catenale nepolare într-un fel de picături de ulei, îmbrăcate de grupări polare. Efectul de scădere a tensiunii superficiale produs de detergent atinge limita superioară când concentrația detergentului atinge pragul de micelare.

PROPRIETĂȚI ALE SOLUȚIILOR COLOIDALE

Datorită mărimii intermediare a moleculelor fazei dispersate situate la granița dintre micro și macroscopic în soluții coloidale, se pot observa următoarele fenomene fizico-chimice:

- MISCAREA BROWNIANA
- COAGULARE
- ECHILIBRIUL DE SEDIMENTARE ȘI ULTRACENTRARE
- EFECTUL TYNDALL-FARADAY

1. Filtrare : Soluțiile coloidale trec prin filtre de hârtie simplă. Există filtre speciale care le rețin.
2. Mișcarea browniană : constă în mișcarea haotică, dezordonată, a particulelor fazei dispersate în interiorul soluției. Creșterea temperaturii va duce la intensificarea acestei mișcări prin creșterea vitezei particulelor.

1. FILTRAREA - Există două tehnici principale de filtrare:

Filtrarea frontală, cea mai cunoscută, constă în trecerea fluidului de filtrat perpendicular pe suprafața filtrului. Aceasta este tehnica folosită de exemplu pentru filtrele de cafea. Pe măsură ce particulele sunt reținute de filtru, această tehnică este limitată de acumularea de particule pe suprafața sa, care ajung treptat să o blocheze (înfundare).

Filtrarea tangențială, dimpotrivă, constă în trecerea fluidului tangențial la suprafața filtrului. Este presiunea fluidului care îi permite să treacă prin filtru. Particulele, în acest caz, rămân în fluxul de circulație tangențială, iar înfundarea se realizează astfel mult mai puțin rapid. Cu toate acestea, această tehnică este rezervată pentru filtrarea particulelor foarte mici, cu dimensiuni de la nanometru la micrometru.

De asemenea, putem numi operația de filtrare diferit în funcție de dimensiunea porilor filtrului:

filtrare de clarificare: diametrul porilor mai mare de $10\ \mu\text{m}$

microfiltrare: diametrul porilor între $10\ \text{nm}$ și $10\ \mu\text{m}$

ultrafiltrare: diametrul porilor între 1 și $100\ \text{nm}$

osmoza inversă: diametrul porilor mai mic de $1\ \text{nm}$

Vorbim de filtrare sterilizantă atunci când diametrul porilor este mai mic de $0,22\ \mu\text{m}$ ($220\ \text{nm}$), permițând reținerea microorganismelor.

3. COAGULAREA are loc atunci când $\text{pH}=\text{pH}_i$ (pH -ul soluției și pH -ul macromoleculilor, valoarea la care sarcina totală a acestora este zero și deci se anulează forțele de repulsie electrostatică dintre ele).

Ajustarea pH -ului unei soluții la valoarea pH_i a unei anumite specii de proteine este o metodă care permite separarea speciei dintr-un amestec de proteine deoarece are ca rezultat coagularea speciei.

De exemplu, principala proteină din albușul de ou este ovalbumina care este capabilă să se coaguleze după încălzire.

4. ECHILIBRIUL DE SEDIMENTARE ȘI ULTRACENTRIFUGARE

În câmpul de accelerație gravitațională g , densitatea particulelor pe unitate de volum scade exponențial cu înălțimea h .

Pentru dispersii, emulsii și suspensii, înălțimea $h/2$, la care densitatea particulelor este redusă la jumătate, este mică, dar nu și pentru particulele coloidale. Particulele coloidale sunt în echilibru în soluțiile lor. Pentru ca particulele coloidale să se depună, soluția coloidală este introdusă în câmpul de accelerație centrifugal creat în ultracentrifugă.

Forța centrifugă se scrie după cum urmează: $F_{cf} = m \cdot \omega^2 R = m \cdot (2 \cdot \pi \nu)^2 \cdot R$

Forța centrifugă determină separarea particulelor coloidale de moleculele de solvent, migrarea lor către peretele centrifugei și sedimentarea acolo.

Rata de depunere a particulelor v este proporțională cu accelerația centrifugă $\omega^2 R$: $v = \frac{dr}{dt} = s \cdot \omega^2 R$

S se numește constantă de sedimentare.

Unitatea pentru constanta de sedimentare este $1\text{Svedberg} = 10^{-13}\ \text{s/rot}^2$.

Pentru particulele coloidale și constanta de difuzie este invers proporțională cu $M^{1/3}$.

$$M = \frac{R \cdot T \cdot s}{D \left(1 - \frac{\rho_L}{\rho_M}\right)} \quad \text{if} \quad M \approx s^{\frac{3}{2}}$$

ρ_L este densitatea a solventului

ρ_M este densitatea substanței

ULTRACENTRIFUGAREA

este folosit pentru determinarea masei moleculare a particulei coloidale și pentru separarea organelor celulare în funcție de dimensiune - de exemplu, suspensia obținută din triturarea celulelor.

Separarea organelor urmează dimensiunile, și anume:

nuclee, mitocondrii, ribozomi și așa mai departe

EFECTUL TYNDALL-FARADAY : constă în împrăștierea laterală puternică a luminii în soluții coloidale.

Intensitatea fasciculului împrăștiat are următoarea formulă: $I = I_0 \frac{n \cdot K \cdot V^2}{\lambda^\alpha}$

Sau:

I = intensitatea fasciculului dispersat

I_0 - intensitatea fasciculului incident

K- Constanta

n - numărul de particule pe unitatea de volum

λ - lungimea de undă a luminii utilizate

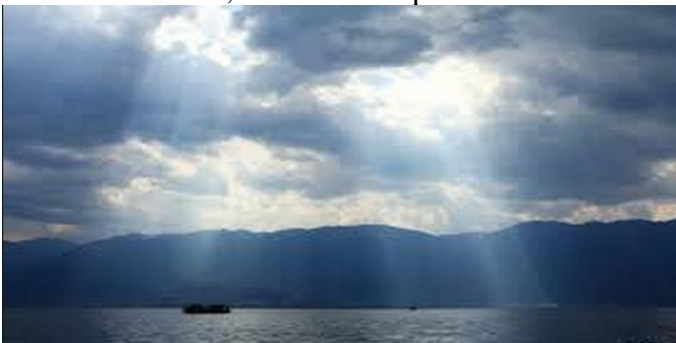
α - factor care depinde de dimensiunea particulelor

Avem următoarele cazuri:

$\alpha=4$ dacă $\lambda \ll d$ (diametrul particulei este mult mai mic decât lungimea de undă utilizată)

$\alpha=0$ dacă $\lambda=d$ (diametrul este de același ordin de mărime ca și lungimea de undă)

Rețineți că pentru particulele mici sunt mai puternic dispersate decât mici λ pentru particulele coloidale cu diametru mare, aceasta nu depinde de λ



ELECTROFOREZA consta in migrarea macroionilor proteici sub actiunea unor diferente de potential electric aplicate intre doi electrozi : anod (+) si catod(-).

Intr-un astfel de camp electric , macroionii se deplaseaza catre electrodul de semn contrar. Este o metoda de determinare a pH-lui izoelectric a unei proteine , caci in acest caz , macromolecula , fiind neutra din punct de vedere electric , ramane in repaus.

Plasand macroionul proteic intr-un camp electric de intensitate constanta , acesta se deplaseaza sub actiunea unei forte electrice constante, ce depinde direct proportional de sarcina sa aparenta . Deplasarii in camp electric i se opune o forta de frecare datorita viscozitatii mediului . In momentul in care cele doua forte devin egale , particula atinge o viteza limita constant numita mobilitate electroforetica . Viteza de migrare este direct proportionala cu sarcina globala (Z) respectiv direct proportionala cu masa moleculara.

In cazul electroforezei , cauza o constituie diferenta de potential iar efectul consta in deplasarea macroionilor in acest camp.

EFFECTUL DORN : consta in aparitia unei diferente de potential (efectul) datorita deplasarii în câmp gravitacional a unor particule incarcate cu sarcina electrica (cauza). Efectul poate fi pus in evidenta intr-o suspensie de particule de argila incarcate electric cu sarcina negativa. In urma sedimentarii acestora , in solutie apare o diferenta de potential , ce poate fi masurata cu ajutorul unui galvanometru.

ELECTROOSMOZA: apare ca urmare a antrenarii , de catre macroioni a apei lor de hidratare in cursul deplasarii electroforetice , rezulta astfel un transport net de molecule de apa catre respectivul pot.

POTENTIALUL DE CURGERE: este efectul de curgere invers electroosmozei si consta in aparitia unei diferente de potential la capetele unui capilar prin care este antrenat forat de un lichid. Deplasarea acestuia antreneaza stratul de contraioni care se aglomereaza la capatul capilarului.

PROCESE DE PREPARARE ȘI PURIFICARE A SOLUȚIILOR COLOIDALE

PREPARAREA

In contact cu solventul , macromoleculele proteice formeaza solutii colloidale , interactiunile fntre moleculele solventului si particulele coloidale depinzand de natura proteinei.

Astfel :

- **COLOIZI LIOFILI (daca solventul este apa , se numesc HIDROFILI)** se obtin prin simpla dizolvare a particulelor coloidale in solvent , dat fiind ca acestea prezinta afinitate pentru ele.
- **COLOIZI LIOFOBI (daca au drept solvent apa se numesc HIDROFOBI)** necesita metode suplimentare ,caci particulele coloidale nu pot forma legaturi cu moleculele solventului , metodele utilizate includ agitarea mecanica puternica , ultrasonarea in scopul dispersarii sau utilizarii unor agenti tensioactivii.

PROCESE DE PREPARARE ȘI PURIFICARE A SOLUȚIILOR COLOIDALE

Filtrare

Ultrafiltrare

Ultracentrifugarea

Dializă

Electrodializa

A.Neagu, M.Neagu, Curs de Biofizica pentru Facultatea de Medicina Dentara, Ed.Eurobit, 2007.

Iosif I.Nagy, Curs de biofizica medicala, Eurobit, 2001

1.FILTRAREA : este un proces fizic de reținere selectivă a componentelor unei substanțe date trecând printr-un mediu adecvat - hârtie de filtru cu pori de 1,5-5 μm sau hârtie de pergament cu pori de 0,2 μm sau hârtie celofan etc.

2.ULTRAFILTRAREA : sub efectul propriei greutate. Filtrele sunt realizate din colodion cu pori de 10-200 nm).

3. ULTRACENTRIFUGAREA: este o altă metodă de purificare.

Se realizeaza cu o centrifuga la viteza foarte mare de rotatie cu: 100.000-200.000 rotatie/min. Prin

centrifugare, viteza de sedimentare este accelerată proporțional cu factorul de accelerație β : $\beta = \frac{\omega^2 x}{g}$

Iar viteza de sedimentare este: $V_c = \frac{2 \cdot \omega^2 (\rho - \rho_0) \cdot r^2}{g \cdot \eta}$

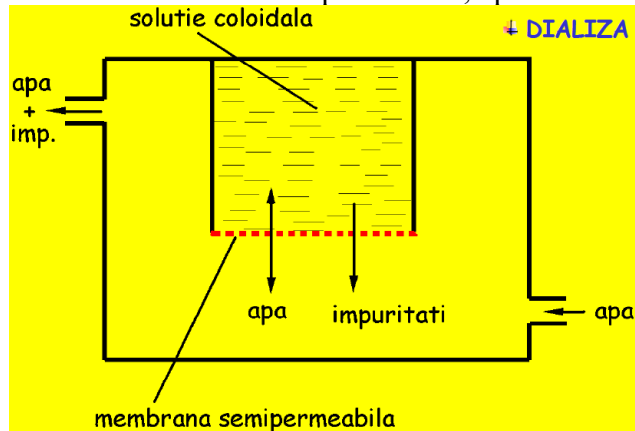
unde $\omega^2 x$ = accelerația centrifugă, g -accelerația gravitațională în cădere liberă; x – distanța de la particule la axa de rotație a centrifugei și η și ρ_0 sunt coeficientul de vâscozitate și densitatea mediului, respectiv în care are loc sedimentarea și ρ este densitatea particulelor cu raza r .

Suspensiile foarte fine și coloizii de sedimentare sunt separați prin sedimentare, forța centrifugă poate depăși de un milion de ori forța gravitației ($\sim 10^5$ - 10^6 g)

4. DIALIZA este un proces de purificare a soluțiilor coloidale de dispersie moleculară bazat pe difuzia macromoleculilor și microionilor printr-o membrană semipermeabilă.

Aparatul folosit pentru dializa se numește dializator.

Sub efectul gradientului de concentrație dintre cele două medii, microionii și micromoleculele vor traversa membrana semipermeabilă, apoi vor fi antrenate de apă și îndepărtate din sistem.



CONFORM CU A.Neagu, M.Neagu, **Curs de Biofizica pentru Facultatea de Medicina Dentara, Ed.Eurobit, 2007.**

Iosif I.Nagy, Curs de biofizica medicala, Eurobit, 2001.

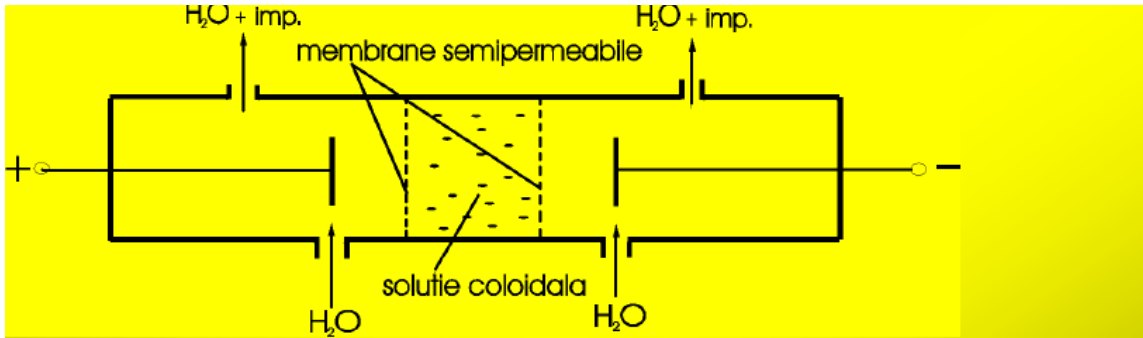
De exemplu in patologia extrarenala se utilizeaza **DIALIZA EXTRARENALA**.

Incapacitatea rinichiului de a-si indeplini diferitele functii in mentinerea constantei mediului intern este cunoscuta sub forma de **insuficienta renala**. cresterea continutului sangvin de azot peste valoarea de 0,1-0,15 % este urmare a reducerii functiei de filtrare a rinichiului. Este datorata in special acumularii de uree si acid uric motiv pentru care se numeste si **uremie**.

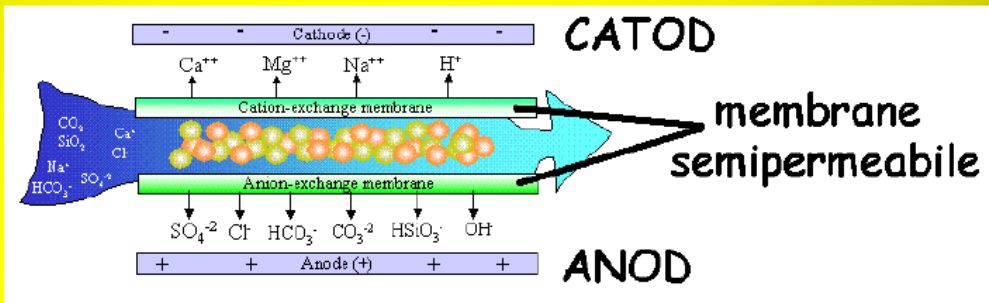
DIALIZA EXTRARENALA reprezinta separarea substantelor cristaloide de cele coloidale cu ajutorul unei membrane semipermeabile asezate intr-o solutie de cercetat si apă pură sau o solutie de o anumita compozitie .

DIALIZA EXTRARENALA se refera la un procedeu fizic prin care sangele unui bolnav cu **insuficienta renala** este pus in contact cu o solutie hidroelectrolitica având o anumita compozitie si se realizeaza prin intermediul unei membrane de celofan aceasta membrana este semipermeabila si permite trecerea in ambele sensuri a apei si a substantelor cu molecula mică. Schimburile se fac in baza legilor osmozei. In corpul bolnavului , substantele acumulate in exces in sange vor difuza in lichidul de dializa prin tubul de celofan , realizand astfel epurarea (curatarea sangelui). Concomitent sangele se imbogateste cu substante a caror concentratie este deficitara fata de lichidul de dializa a carei compozitie reproduce lichidul extracelular.

Exista **dializa intestinală** si **Dializa peritoneala**



Permite eliminarea rapidă a ionilor



CONFORM CU A.Neagu, M.Neagu, Curs de Biofizica pentru Facultatea de Medicina Dentara, Ed.Eurobit, 2007.

Iosif I.Nagy, Curs de biofizica medicala, Eurobit, 2001.

FENOMENE CARE AU LOC LA INTERFEȚE

TENSIUNEA SUPERFICIALĂ

Dacă cel puțin una dintre faze este lichidă, la suprafața de separare apare o forță care tinde să reducă aria de contact dintre faze și se numește forță de tensiune superficială.

Datorită acestei forțe, picăturile de lichid tind să aibă o formă sferică, deoarece o sferă este corpul geometric care are suprafața minimă pentru un volum dat. Cu cât forma unui corp este mai mare, cu cât este mai departe de sferă un anumit volum, cu atât suprafața este mai mare.

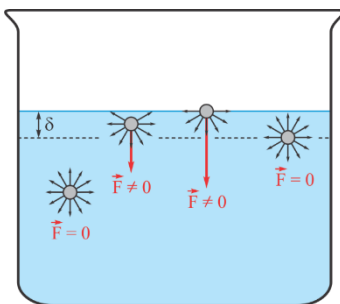
De exemplu, globulele roșii au o formă de disc biconcav și este aproximat de un disc cu un diametru de cca. $D=4 \mu\text{m}$ cu un volum de cca. $V=80 \mu\text{m}^3$ și o suprafață de $S=140 \mu\text{m}^2$, $\therefore S/V= 1,75 \mu\text{m}^{-1}$. Dacă globulele roșii ar fi sferice la același volum, am avea: $S/V=1 \mu\text{m}^{-1}$.

Având zone mari de separare între faze, sistemele vii implică fenomene interfaciale complexe. Datorită forțelor de tensiune superficială, stratul de suprafață se comportă ca o membrană elastică întinsă și tinde să-și scadă suprafața. Spre deosebire de o membrană elastică, strict vorbind, tensiunea din stratul superficial este independentă de suprafața totală a interfeței și depinde de : i) natura fazelor în contact și ii) de temperatură.

Fenomene superficiale la interfata lichid-gaz si lichid-solid

Lichide: corpuri cu volum constant (practic “incompresibile”), dar fara forma proprie.

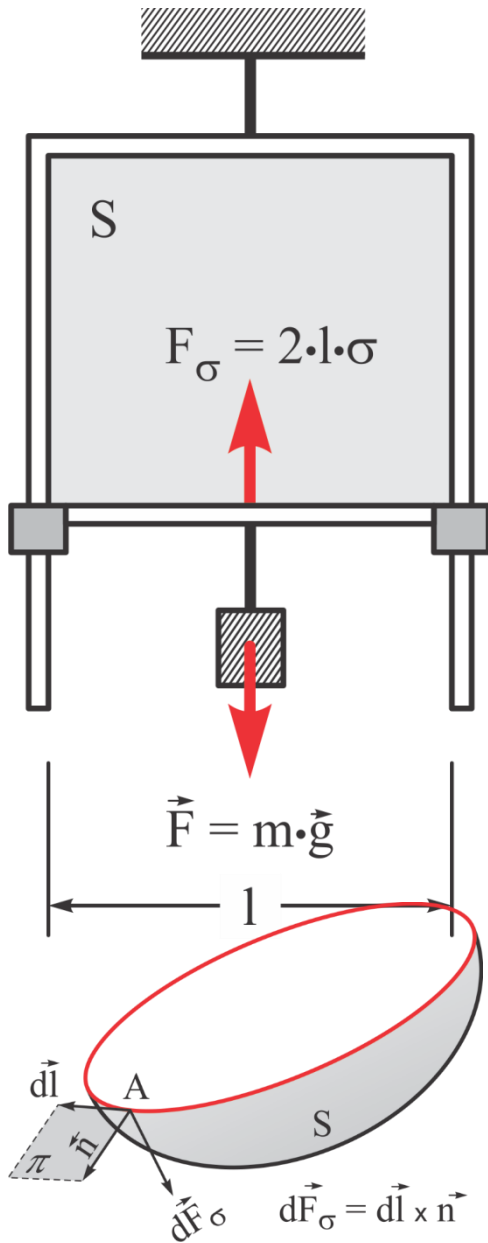
In campul gravitational:



- interfata solid-lichid ia forma suprafetei solide (vasului)

- interfata lichid-gaz in fiecare punct se orienteaza perpendicular pe rezultanta fortelor care actioneaza in punctul respective

Suprafata de separare lichid-gaz (stratul superficial de grosimea d) tinde sa adopte arie minima: $E_s = s \cdot S$ (s = coeficient de tensiune superficiala)



Suprafata de separare lichid-gaz (stratul superficial de grosimea d) tinde sa adopte arie minima:

$$E_s = s \cdot S$$

(E_s = energia stratului superficial)

(s = coeficient de tensiune superficiala)

(S = suprafata interfetei lichid-gaz)



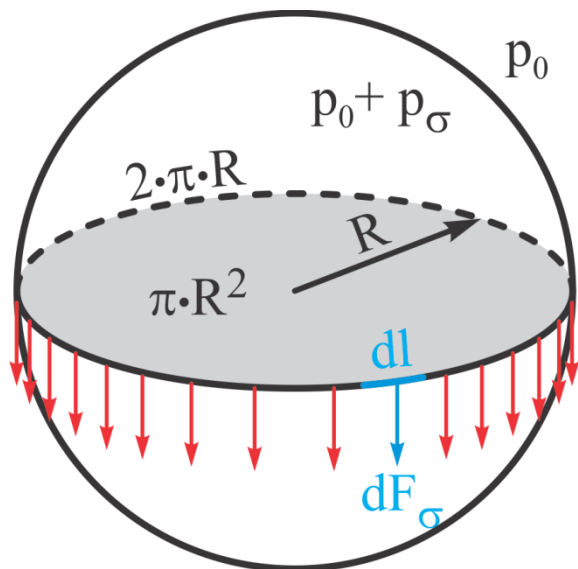
Datorita tesionii superficiale, pe fiecare lungime dl a curbei dupa care se invecineaza fazele lichid, solida si gazoasa, actioneaza o forta (fora superficiala dF_s) perpendiculara pe elementul de lungime dl : $\langle \sigma \rangle_{SI} =$

$$\frac{J}{m^2} = \frac{N}{m}$$

$$dF_s = s \cdot dl$$

Exprimarea vectoriala a fortei de tensiune superficiala F_s :

vectorul F_s in fiecare punct al circumferintei pe care se sprijina suprafata S este perpendicular pe normala (n) si pe elementul de circumferinta (dl) in punctul respectiv.

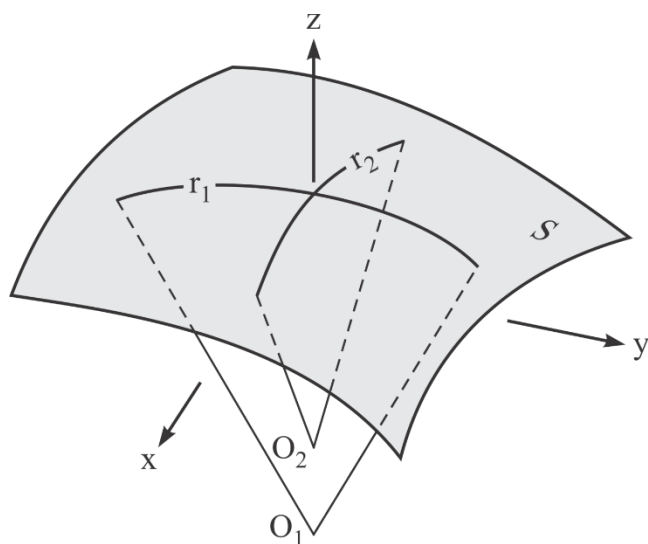


$$dF_{\sigma} = dl \cdot \sigma$$

$$F_{\sigma} = 2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \sigma$$

Presiunea fazei gazoase in interiorul unei bule este mai mare decat presiunea exterioara (relatia Laplace)

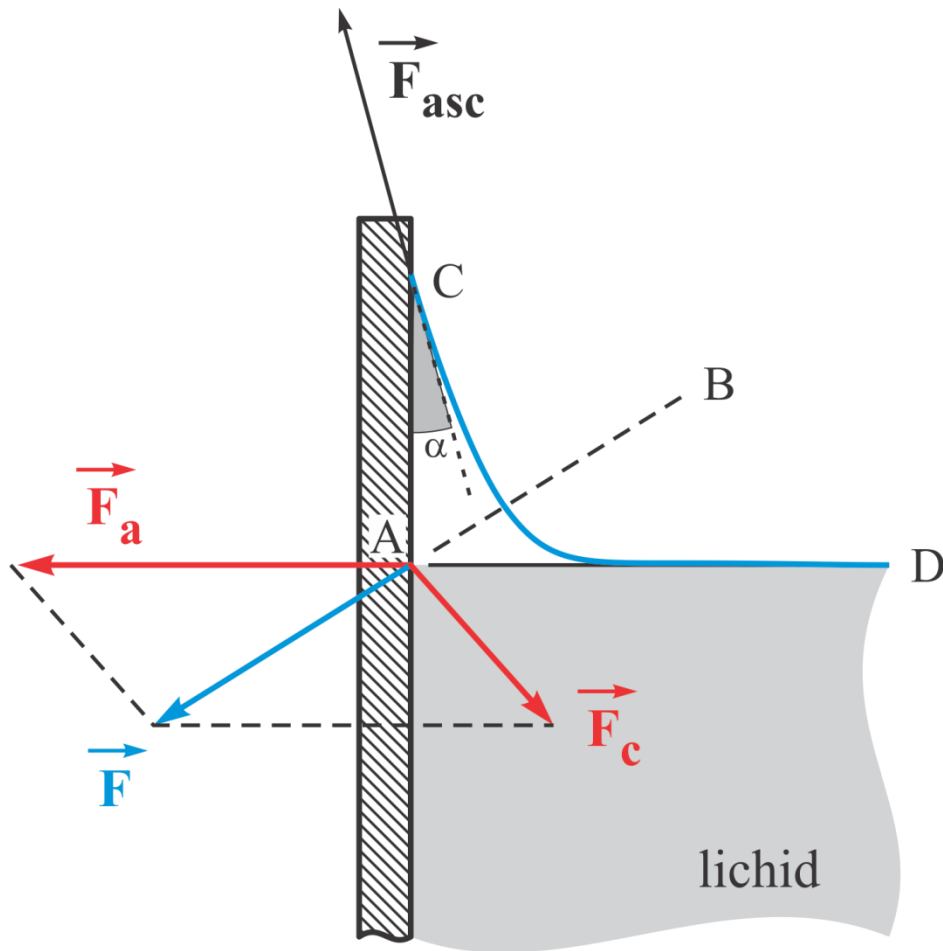
$$p_{\sigma} = \frac{2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \sigma}{\pi \cdot R^2} = \frac{4 \cdot \sigma}{R}$$



Ecuatia Young-Laplace

$$\Delta p = \sigma \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

Daca lichidul uda peretele solid atunci forta de adeziune ($F \vec{a}$) este mai mare in modul decat forta de coeziune ($F \vec{c}$). In vecinatatea peretelui solid suprafata lichidului se orienteaza perpendicular pe rezultanta acestor doua forte ($F \vec{r}$).



Unghiul de umectare (α) dintre suprafața lichidă și suprafața solidă este ascuțit (menisc concav).
 Pe circumferința definită de contactul triplu lichid-solid-gaz acționează forța \vec{F}_{asc} care determină tendința de “ascensiune” a lichidului.

TENSIUNEA SUPERFICIALA

Factorul de proporționalitate (σ) se numește coeficient de tensiune superficială.

De exemplu, la suprafața de separare a lichidului și a vaporilor săi, σ depinde de natura lichidului și scade pe măsură ce temperatura crește.

Metode de determinare a tensiunii superficiale:

Metoda stalagmometrică

Metode bazate pe măsurarea forței necesare pentru a desprinde alte solide . Dispozitivele moderne folosesc în special această metodă.

În cazul unui film, forța de tensiune superficială a filmului este distribuită uniform de-a lungul conturului lungimii l și variază direct proporțional cu lungimea sa: $F = \sigma \cdot l \Rightarrow [\sigma]_{SI} = \frac{N}{m}$

Apa este cel mai comun solvent din organism.

Apa se caracterizează printr-o valoare ridicată a coeficientului de tensiune superficială

$\sigma = 72,10^{-3} \text{ N/m}$, care este de mare importanță în multe procese biologice.

Dizolvarea anumitor substanțe în apă poate provoca modificări ale tensiunii superficiale a acesteia. Se pot distinge următoarele cazuri:

Dacă moleculele de solut nu se modifică, atunci forțele intermoleculare pot menține rețeaua de legături de hidrogen a apei și tensiunea superficială a apei nu se modifică.

Când un electrolit este dizolvat în apă, există o interacțiune puternică între ioni și disocierea electrolitului și a dipolilor rezultați în apă, ceea ce crește forțele intermoleculare și tensiunea superficială. Această creștere nu este semnificativă, deoarece la scurt timp după dizolvare, ionii sunt atrași în interiorul fluidului și, prin urmare, concentrația lor în stratul de suprafață scade.

Dacă substanțele care au grupări hidrofobe în compoziția lor sunt dizolvate în apă, acestea pătrund între moleculele de apă, ceea ce reduce forțele intermoleculare. În același timp, aceste molecule sunt expulzate pe suprafața liberă a lichidului unde concentrația lor crește semnificativ determinând o scădere a tensiunii superficiale a apei.

Substanțele capabile să reducă tensiunea superficială se numesc surfactanți – agenți tensioactivi.

Un exemplu tipic este o moleculă de detergent . Structurile lor sunt orientate în soluție astfel încât grupările carboxil polare sunt direcționate către moleculele de apă, iar grupările nepolare către moleculele de acizi grași. Acest lucru permite reducerea tensiunii superficiale, iar impuritățile să își mărească suprafața de contact cu soluția, transformându-se în mici formațiuni sferice (micele).

În corpul uman, ficatul secretă substanțe ca surfactanți pentru funcțiile lor. Bila, secreția ficatului este descărcată în duoden unde facilitează emulsionarea grăsimilor. Bila este formată din pigmenți biliari (bilirubină) și săruri biliare (glicocolat de sodiu și taurocolat de sodiu). Natura hidrofobă a grăsimilor dietetice le face structurate sub formă de picături și, prin urmare, circulația și absorbția lor în intestin nu este posibilă.

Dar sărurile biliare facilitează emulsionarea lor orientând capetele lor hidrofobe către moleculele de grăsime și capătul lor polar către moleculele de apă. În acest fel, moleculele de grăsime sunt mai ușor hidrolizate în acizi grași și glicerol.

Aplicații farmaceutice ale agenților tensioactivi microbieni - BIOSURFACTANȚII (BS)

BIOSURFACTANȚII (BS) sunt un grup structural eterogen de biomolecule care împărtășesc activități pronunțate de suprafață și emulsionare [*].

Acestea pot fi fie localizate pe suprafețele celulelor microbiene, fie eliberate în spațiul extracelular de diferite bacterii (Bacillus, Lactobacillus, Pseudomonas, Burkholderia, Mycobacterium, Rhodococcus, Arthrobacter, Nocardia, Gordonia și Acinetobacter), drojdii și ciuperci filamentoase (Candida, Saccharomyces, Starmerella), Trichosporon, Pseudozyma și Ustilago [1,2].

Prin urmare, ele sunt clasificate în mare parte după caracteristicile lor structurale, microorganismele producătoare și masa lor moleculară

BS au o regiune hidrofilă (carbohidrat, aminoacid, peptidă ciclică, fosfat, acid carboxilic sau alcool) și o regiune hidrofobă (acizi grași cu catenă lungă sau acizi hidrocarburi saturați, nesaturați, lineari sau ramificați). Această structură amfipatică permite o reducere a tensiunii superficiale la interfețele fazelor cu polarități diferite (lichid – solid)

Au capacitatea de a forma agregate moleculare, inclusiv micelii.

** Ceresa, C.; Fracchia, L.; Fedeli, E.; Porta, C.; Banat, I.M. Recent Advances in Biomedical, Therapeutic and Pharmaceutical Applications of Microbial Surfactants. Pharmaceutics 2021, 13, 466. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13040466>*

Agregarea micelară a BS-urilor are originea la concentrația micelară critică (CMC) de obicei de la 1 la 200 mg/L și, interesant, de aproximativ 10 până la 40 de ori mai mică decât cea a agenților tensioactivi chimici.

Studiile privind potențialele aplicații ale biosurfactanților în domeniul medical au crescut în ultimul deceniu; relevanța în aceste domenii este în mare parte legată de proprietățile lor biologice, cum ar fi capacitatea lor de a afecta permeabilitatea membranei celulare, emulsionarea și aderența la suprafețele biotice și abiotice.

În plus, „evaluarea ciclului de viață” critică, care ia în considerare de obicei procesele industriale de la achiziția de bază a materiilor prime, până la fabricarea produselor, utilizarea consumatorilor și, în final, eliminarea deșeurilor.

O astfel de abordare nu arată în mod fundamental că un biosurfactant are un impact mult mai mic asupra mediului, în ceea ce privește emisiile de gaze cu efect de seră, decât procesele petrochimice cu surfactant

BS ar putea prezenta alternative valoroase la surfactanții pe bază de petrol.

Proprietăți suplimentare avantajoase, subliniind unicitatea acestor molecule naturale, includ posibilitatea de a modifica compoziția chimică prin inginerie genetică sau utilizarea tehnicilor biologice și biochimice pentru a modifica produsele finite metabolice, adaptându-le astfel pentru a îndeplini cerințele funcționale specifice.

În plus, se pretinde că BIOSURFACTANȚII (BS) sunt mai biodegradabili și mai ecologici decât agenții tensioactivi sintetici, mai puțin toxici și eficienți chiar și la temperaturi extreme, condiții de pH și salinitate.

Pe baza greutateii lor moleculare, BS-urile sunt de obicei împărțite în două clase principale:

- compuşii cu greutate moleculară mică reduc în mod eficient tensiunea superficială și tensiunea interfacială și sunt numiți în mod corespunzător „biosurfactanți”;
- polimerii cu greutate moleculară mare sunt mai eficienți ca agenți de stabilizare a emulsiilor și sunt de obicei numiți „bioemulgatori”.

După compoziția chimică, BS-urile pot fi clasificate în cinci grupe majore:

- glicolipide,
- lipopeptide,
- fosfolipide,
- compuși polimerici și
- lipide neutre.

Cele mai studiate grupuri de BS sunt lipopeptidele, cum ar fi

- surfactina,
- fengicina și
- iturina, și
- glicolipidele, cum ar fi
 - ramnolipidele,
 - soforolipidele,
 - lipidele manosileritritol și
 - lipidele trehaloză.

Din anii 1980, aceste molecule amfipatice au fost aplicate pe scară largă în biodegradarea și detoxifierea efluenților industriali, în bioremediere, în emulsii industriale și recuperarea îmbunătățită a uleiului datorită emulsionării, umezirii, spumării, curățării, separării fazelor, activității de suprafață și reducerii lichidului greu, vâscozitate.

ADSORBȚIA

Adsorbția rezidă în acumularea de molecule dintr-o fază dispersată la suprafața care separă două faze. Este esențial să se facă distincția între fenomenul de adsorbție și de absorbție.

Adsorbția are loc la interfață

Absorbția are loc în soluție

Adsorbția are loc în două moduri.

Chemosorbția implică retensiunea particulelor pentru a se uni la interfață prin formarea de legături chimice. Adsorbția moleculelor unui gaz pe metale (cum ar fi CO pe catalizatorii de paladiu din mașini) sau adsorbția micromolilor pe un solid într-o soluție (cum ar fi moleculele de straturi stabilizatoare de particule de magnetit dintr-un ferrofluid).

Legăturile implicate în chemosorbție sunt cu un ordin de mărime mai puternice decât pentru *adsorbția fizică* sau forțele van der Waals, electrostatice sau hidrofobe. Această ultimă categorie include adsorbția macromoleculelor la interfețe.

Langmuir a făcut un studiu al cineticii procesului de adsorbție la o temperatură dată în funcție de concentrația soluției din apropierea interfeței.

Modelul lui Langmuir se bazează pe trei ipoteze:

Adsorbția are loc doar într-un singur strat

Toate locurile (pozițiile) sunt echivalente și suprafața este uniformă

Probabilitatea ca o moleculă să se adsorbie pe un anumit sit este independentă de gradul de ocupare a locurilor învecinate.

În aceste condiții, procesul de adsorbție la un loc dat poate fi asemănat cu o reacție chimică reversibilă, caracterizată printr-o constantă de viteză de adsorbție k_a , respectiv o constantă de viteză de desorbție k_d , care depinde, respectiv, de natura și temperatura substanțelor implicate.

Rata de modificare a acoperirii fracționată, definită ca raportul dintre numărul de locuri de adsorbție ocupate și numărul total de locuri disponibile, este dată de:

$$\frac{d\theta}{dt} = k_a \cdot c(1 - \theta) - k_d \theta$$

Unde: c este concentrația de particule în faza dispersată în vecinătatea interfeței.

ADSORBȚIA. MODELUL LANGMUIR

$$\frac{d\theta}{dt} = k_a \cdot c(1 - \theta) - k_d \theta$$

Primul termen corespunde procesului de adsorbție directă și înseamnă că probabilitatea crește odată cu concentrația c , adică fracția de locuri neocupate.

Al doilea termen caracterizează procesul de desorbție și sugerează că probabilitatea crește odată cu fracția de locuri ocupate.

La starea de echilibru, acoperirea fracționată devine independentă de timp, ducând la anularea părții din stânga a ecuației și implicit a părții drepte a acesteia. Valoarea de echilibru a lui θ este:

$$\theta_e = \frac{c}{c + K}$$

$$K = \frac{k_d}{k_a}$$

unde K este constanta de disociere a particulelor adsorbite.

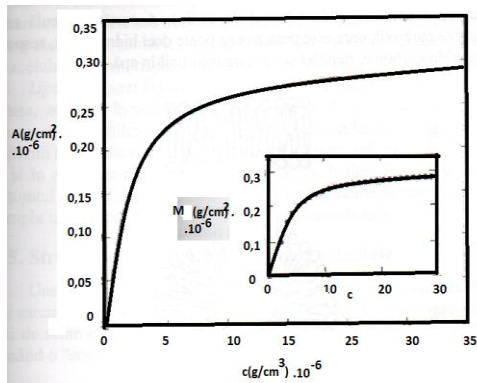
Fenomenologic K este valoarea concentrației de dizolvat la care jumătate din locurile de adsorbție sunt ocupate.

Recuperarea suprafeței poate fi, de asemenea, catalizată de cantitatea de substanță adsorbită pe unitatea de suprafață a interfeței și poate fi exprimată în termeni de număr de particule, număr de moli sau masă. Dacă A este cantitatea de particule adsorbite pe unitate de suprafață, acoperirea parțială poate fi exprimată ca: $\theta = A/A_s$

Deoarece corespunde valorii de saturație atunci când toate site-urile disponibile sunt ocupate.

Reprezentarea cantității de substanță adsorbită în funcție de concentrația de solut în apropierea interfeței

este cunoscută sub numele de izotermă Langmuir : $A = A_s \frac{c}{c + K}$



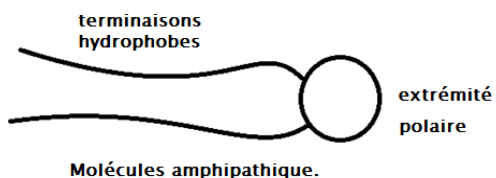
Tabelul alăturat prezintă izotermele Langmuir cu parametrii:

La fel de = $0,31 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ și $K = 2 \mu\text{g}/\text{cm}^3$

Aceste date experimentale corespund adsorbției proteinei transferinei.

graficul → teoria lui Langmuir oferă o descriere corectă a fenomenelor de adsorbție care apar în multe sisteme, inclusiv în sistemele vii.

COLOIZI DE ASOCIERE



Acele molecule care sunt formate atât din grupări polare hidrofile, cât și din grupări hidrofobe nepolare sunt numite molecule amfipatice.

Prin dispersarea unor astfel de compuși în apă la o concentrație peste concentrația micelară critică, aceștia sunt organizați în vezicule mici numite micelii.

Un exemplu de biomoleculă amfipatică care tinde să formeze micelii este sarea de sodiu a acidului oleic (din oleat de sodiu). Această moleculă are o singură grupare carboxil care este polară și poate fi hidratată cu ușurință, o hidrocarbură cu lanț lung care este nepolară și insolubilă în apă însăși.

Datorită acestui lanț hidrofob puternic, oleatul de sodiu are o tendință foarte scăzută de a se dizolva în apă și de a forma o soluție adecvată.

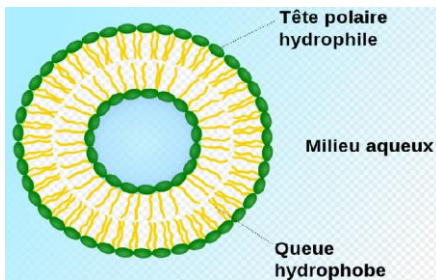
Cu toate acestea, se dispersează în apă pentru a forma vezicule în care sunt expuse grupările carboxil (capetele polare) și formează legături ale moleculelor de apă, iar lanțurile de hidrocarburi nepolare sunt ascunse în interior.

MOLECULE AMFIPATICE

La interfața aer-apă, compuși amfipatici formă:

- Monostraturi cu capete polare filetate de molecule de apă
- Straturi duble - separă două compartimente apoase

Scheletul de bază al membranelor celulare este stratul dublu de fosfolipide în care capetele polare ale acestor molecule sunt orientate spre mediul apos intra și extracelular, iar capetele hidrofobe unele spre altele.



LIPOZOMI

LIPOZOMII sunt structuri veziculoase, dublu stratificate obtinute in anumite conditii: expunerea la ultrasunete a solutiilor ce contin molecule amfipatice dizolvate in apa.

În ultimii ani, lipozomii au găsit o utilizare largă în biologie, medicină și alte domenii. Ele pot traversa diverse bariere biologice fara a le afecta continutul, sunt folosite pentru substante

farmacologic active de exemplu (purtatori pentru molecule de medicament).

8.FIZICA MOLECULARA.FENOMENE DE TRANSPORT DE SUBSTANȚA ȘI TRANSPORT DE CĂLDURĂ

FENOMENE DE TRANSPORT DE SUBSTANȚA

Procesele metabolice care au loc în organismele vii au la baza un permanent schimb de substanță, energie și informație cu mediul înconjurător, precum și între diferitele compartimente interne ale organismului.

Schimbul de substanță se realizează datorită unor forțe termodinamice: gradientul de concentrație, gradientul de potențial, de presiune, de densitate, în sensul creșterii entropiei, tinzând să antreneze sistemul spre echilibrul termodinamic

Forțele termodinamice menținute în sistemele vii determină apariția unor fluxuri de particule ce se realizează în 2 moduri.

Difuzia, reprezentând transportul de solvit sub acțiunea gradientului electro-chimic

Osmoza, reprezentând transportul de solvent sub acțiunea gradientului de presiune osmotica.

În organismele vii, aceste două fenomene de transport sunt intricate, discutarea lor separată are doar scop didactic.

Dacă într-un sistem termodinamic există un gradient nenul al unui parametru intensiv, acesta va da naștere unui fenomen de transport net în acel sistem.

DIFUZIA

Soluțiile diluate seamănă cu amestecurile de gaze .

Moleculele substanței dizolvate difuzează , adică se raspândesc în toată masa de lichid solvent .

Prin dizolvarea unui solid într-un lichid , structura ordonată se pierde , iar moleculele sale capătă un supliment de energie cinetică , fiind lovite de moleculele solventului .

La rândul lor , moleculele solventului pierd o parte din energia cinetică , ceea ce se exprimă prin scăderea temperaturii soluției . Pentru ca să se restabilească temperatura inițială , trebuie să se furnizeze căldură .

Prin DIFUZIE moleculele (sau ionii) sunt transportate de la o concentrație mai mare la o concentrație mai mică.

Variația spontană în timp a concentrației componentelor unui sistem datorită mișcării relative a particulelor acestora, constă în transportul unei mase sau sarcini electrice.

DIFUZIA ÎN GAZE

- **Difuzia în gaze constă în răspândirea moleculelor unui gaz printre moleculele altui gaz , la punerea în contact a gazelor , având ca rezultat un transport de masă în sensul descreșterii concentrației moleculelor fiecăruia dintre gazele considerate**

Enunțul **legii lui Fick** , masa de gaz dM transportată printr-o suprafață elementară dS este proporțională cu această suprafață , cu intervalul de timp considerat dt și cu gradientul densității pe direcția x a

transportului dp/dx :
$$dM = -D \frac{d\rho}{dx} dS dt$$

Unde **D se numește coeficient de difuzie sau difuzivitate** și este o constantă care depinde de natura gazului. Este numeric egal cu cantitatea de gaz care trece în unitatea de suprafață, în unitate de timp la un gradient unitar și se măsoară în m^2/s

Pe baza teoriei cinetice moleculare a gazului putem scrie:

$$dM = -\frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda} m \frac{dn}{dx} dS dt \quad (2)$$

unde: dn/dx este gradientul de concentrației moleculelor în timpul difuziei;

\bar{v} , $\bar{\lambda}$ sunt viteza medie de curgere și drumul liber mijlociu a particulelor,

Având în vedere relația:
$$\frac{d\rho}{dx} = m \frac{dn}{dx} \quad (3)$$

putem scrie:
$$dM = -\frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda} \frac{d\rho}{dx} dS dt \quad (4)$$

Prin identificarea termenilor din **relația (4) - legea lui Fick -**

putem scrie următoarea expresie pentru **coeficientul de difuzie** : $D = \frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda}$

Dacă luăm în considerare dependența vitezei medii și a temperaturii absolute T și a drumului liber mediu

al gazului și a presiunii p , se obțin următoarele relații: $D \approx \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ și $D \approx \frac{1}{p}$

Care exprimă **variația difuzivității** care este proporțională cu rădăcina pătrată a temperaturii și invers proporțională cu rădăcina pătrată a masei moleculare μ și presiunea gazului p .

DIFUZIA ÎN LICHIDE

Difuzia fluidelor are loc prin transportul moleculelor de substanțe străine (lichide sau gaze) în concentrate lichide în vederea reducerii acestora.

La scară microscopică, difuzia în lichide prezintă caracteristici mult mai greu de tratat teoretic decât pentru gaze sau solide.

Fenomenele macroscopice se supun legii lui Fick.

DIFUZIA ÎN SOLIDE

Difuzia în solide constă în dispersia atomilor sau moleculelor unui corp solid într-un alt solid adus în contact.

Fenomenul poate fi studiat la scară atomică (microdifuzie) sau scara macroscopică (macrodifuzie).

În cazul difuzării impurităților solide în cristale pentru studiul microdifuziei, actele individuale de deplasare a atomilor de impurități în rețelele fundamentale sunt luate în considerare.

Cunoaștem mai multe mecanisme ale mișcării atomilor:

între nodurile rețelei cristaline, atomi de impurități cu o dimensiune mai mică decât cea a atomilor rețelei. Din punct de vedere energetic, actul individual de trecere a atomilor de impuritate de la un internod la altul vecin, constă în depășirea unei potențiale valori de barieră W_m .

Frecvența de scalare a acestei bariere de potențial este calculată folosind ecuația: $f = z\nu e^{-\frac{W_m}{kT}}$

Unde :

ν este numărul de ciocniri pe secundă pe pereții barierei

z este numărul de noduri prin care poate trece atomul

k este constanta Boltzmann

T este temperatura corpului solid

În vidul rețelei cristaline, atomii de impurități au dimensiuni comparabile cu cele ale rețelei.

Frecvența escaladării barierei potențiale, care are loc în actul individual de deplasare de la un nod la un

loc vacant, este dată de relația analogă cu cea anterioară: $f = z\nu e^{-\frac{W_m+W_v}{kT}}$

unde W este energia necesară pentru a traversa bariera de potențial formată la generarea locurilor libere.

Schimb între atomii de impurități ai locurilor ocupate la nodurile rețelei.

Frecvența actelor individuale de difuzare este utilizată pentru a calcula **coeficientul de difuzie** și stabilirea dependenței acestuia de temperatură.

$$D = D_0 e^{-\frac{Q}{kT}}$$

Unde:

D_0 este factorul comun care depinde de mecanismul de difuzie microscopică și

Q este energia de activare a mecanismului (care este echivalentă cu înălțimea barierei energetice W_m sau $W_m + W_v$)

DIFUZIA AMBIPOLARĂ

Imprăștierea ambipolară a particulelor încărcate are loc atunci când drumul liber mijlociu este mai mic decât dimensiunile spațiului, unde există și o diferență în concentrația particulelor cu ambele semne (pozitiv și negativ) într-o direcție dată.

Este o coloană pozitivă a unei descărcări luminescente într-un tub cu pereți izolatori.

Electronii cu mobilitate mai mare încarcă negativ peretele izolator.

Această sarcină negativă ajută la accelerarea ionilor pozitivi către perete și, în același timp, la frânarea electronică a acestora pentru a obține o stare de echilibru atunci când vitezele de deplasare ale celor două tipuri de purtători devin egale.

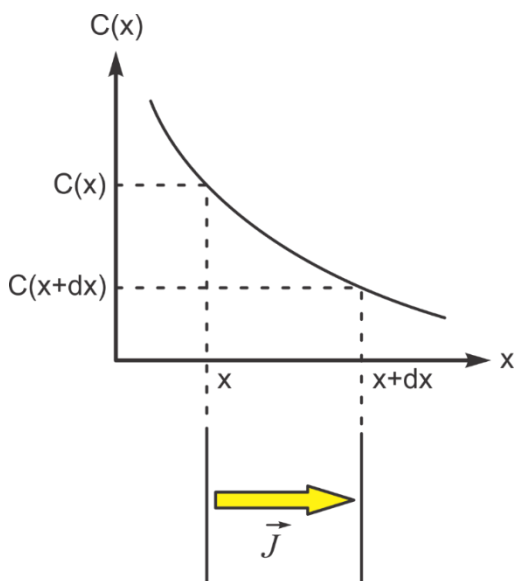
În timpul ciocnirii cu peretele, electronii se recombina cu ionii din stratul de plasmă din imediata sa vecinătate, ceea ce duce la stabilirea unui gradient de concentrație atât al ionilor, cât și al electronilor îndreptați către perete.

Acest fenomen depinde de natura gazului și, în general, numărul de particule scade atunci când presiunea crește.

DIFUZIA – LEGEA LUI FICK

Tendința spontană de uniformizare a distribuției spațiale a substantelor.

Descriere cantitativă: legile *Fick*



Legea I Fick descrie fluxul de transport spațial al unei substanțe în condiții staționare (când gradientul de concentrație nu se modifică în timp)

Cazul unidimensional

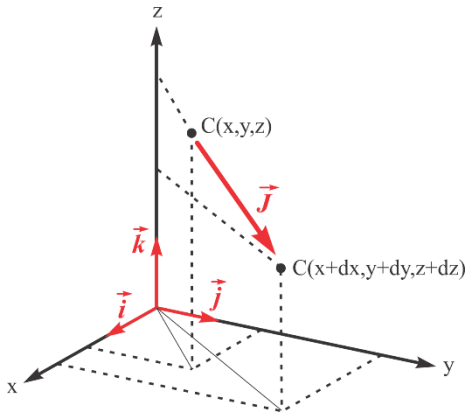
$$J_x = -D \cdot \frac{\partial C(x)}{\partial x}$$
$$J_x = -D \cdot \lim_{dx \rightarrow 0} \frac{C(x+dx) - C(x)}{dx}$$

unde

D : coeficient de difuzie

J_x : componenta "x" a vectorului de flux

Cazul tridimensional



$$\vec{J} = -D \cdot \left[\frac{\partial C(x, y, z)}{\partial x} \cdot \vec{i} + \frac{\partial C(x, y, z)}{\partial y} \cdot \vec{j} + \frac{\partial C(x, y, z)}{\partial z} \cdot \vec{k} \right]$$

$$\vec{J} = \text{grad}C(x, y, z)$$

$$\vec{J} = -D \cdot \nabla C(x, y, z)$$

Daca solutia contine mai multe componente, forta motrice pentru difuzia componentei "i" este gradientul potentialului chimic al componentei "i".

Legea II Fick descrie variatia in timp a concentratiei in functie de gradientul de concentratie.

Cazul unidimensional

$$\frac{\partial C(x, t)}{\partial t} = D \cdot \frac{\partial^2 C(x, t)}{\partial x^2}$$

Cazul tridimensional

$$\frac{\partial C(x, y, z, t)}{\partial t} = D \cdot \left[\frac{\partial^2 C(x, y, z, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C(x, y, z, t)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C(x, y, z, t)}{\partial z^2} \right]$$

$$\frac{\partial C(x, y, z, t)}{\partial t} = D \cdot \nabla^2 C(x, y, z, t)$$

$$\frac{\partial C(x, y, z, t)}{\partial t} = D \cdot \Delta C(x, y, z, t)$$

∇ : operatorul "nabla"

Δ : operatorul Laplace

("laplaceanul")

Din punct de vedere macroscopic, **numărul de atomi de impuritate transportați în unitatea de timp printr-o anumită suprafață S este dat de LEGEA lui FICK**: $\frac{dN}{dt} = -D \frac{dC}{dx} S$

Unde :

dN/dt este numărul de atomi transportați pe unitatea de timp

D este coeficientul de difuzie,

dC/dx este gradientul de concentrație în direcția x.

Relația arată că transportul de masă este scopul scăderii concentrației atomilor de impurități.

Prima lege a lui Fick : $\frac{1}{S} \frac{dN}{dt} = -D \frac{dC}{dx}$

A doua lege a lui Fick : $\frac{dC}{dt} = D \frac{d^2C}{dx^2}$

$$[D]_{C.G.S} = \frac{cm^2}{s}$$

Coeficientul de difuzie

- pentru micromolecule: $M < 10^3 \text{ Da}$; $D \sim 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$ sau $D \sim 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$

$$D = \frac{8 \cdot 10^{-5}}{\sqrt{M}}$$

- pentru macromolecule: $10^3 \text{ Da} < M < 10^8 \text{ Da}$; $D \sim 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$ sau $D \sim 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$

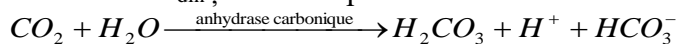
$$D = \frac{3,2 \cdot 10^{-5}}{\sqrt{M}}$$

- pentru particule sferice: relația Stokes-Einstein : $D = \frac{k.T}{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r}$

- $1 \text{ Da} = 1,660\,538\,86 \times 10^{-27} \text{ kg}$ (N) = Dalton = Unitate de măsură pentru masă

APLICAREA DIFUZIEI ÎN CORPUL UMAN

Difuzia CO_2 din țesuturi în plasmă se realizează conform următoarei ecuații:



- 7% se dizolvă în plasmă
- 23% ca complex HbCO_2
- 70% ca ioni de HCO_3^-

Difuzia gazelor se manifesta in fenomenul de respiratie in schimbul de gaze in celule.

Schimbul de gaze cu mediul extern are loc în trei faze:

- **prima faza** a respirației externe, schimbul de gaze respiratorii are loc între organism și mediul extern prin structuri adecvate
- **a doua fază** este reprezentată de mediul intern pentru transportul gazelor și schimbul de gaze între celule și mediul intern.
- **a treia faza** a respirației intracelulare, care face posibilă obținerea de energie în celule prin degradarea catabolică a substanțelor organice.

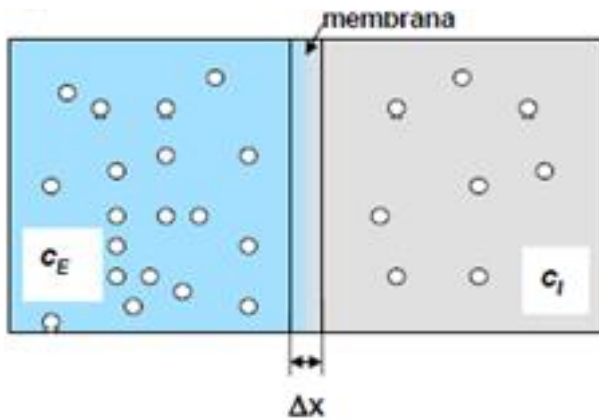
DIFUZIA SIMPLĂ PRIN MEMBRANA CELULARĂ

Luați în considerare o membrană permeabilă care separă două medii de concentrații diferite.
Luați în considerare că membrana de schimb curge în condiții de echilibru.

Conform **primei legi a lui Fick** obținem:

$$J = \frac{\Delta m}{S \cdot \Delta t} = -D \frac{c_1 - c_E}{\Delta x} = D \frac{c_E - c_1}{\Delta x} = \frac{D}{\Delta x} (c_E - c_1) = P(c_E - c_1) = P \Delta c$$

unde P este coeficientul de permeabilitate al membranei



- Δx = grosimea membranei celulare
- c_E = concentrația soluției extracelulare
- c_I = concentrația soluției intracelulare

OSMOZA

Osmoza este fenomenul de trecere a moleculelor de solvent printr-o membrană semi-permeabilă de la o soluție diluată la o soluție mai concentrată.

Fenomenul de osmoză poate fi demonstrat cu osmometrul Dutrochet.

Luați în considerare un recipient care conține solvent pur (apă) în care o pâlnie este trecută cu susul în jos, acoperită cu o membrană semi-permeabilă (permeabilă doar la moleculele de solvent și nu la substanțe dizolvate). Pâlnia conține o substanță în același solvent (de exemplu, glucoză sau soluție de zaharoză).

Se observă apariția, după un anumit timp, a unor diferențe de nivel între lichidul din recipient și pâlnie. Deoarece moleculele de solut sunt prea mari pentru a traversa porii membranei, diferența de nivel este explicată în mod evident prin trecerea moleculelor de solvent din recipientul care conține solventul pur în pâlnia care conține soluția.

Nivelul lichidului din pâlnie va trece la starea de echilibru, caracterizată printr-o egalitate a valorilor presiunii hidrostatice exercitate de coloana de lichid din partea tubulară a pâlniei și a presiunii care a împins apa din recipient în pâlnie, numită presiune osmotică.

Se scrie condiția de echilibru $\pi = \rho \cdot gh$ (1)

Unde :

π - este presiunea osmotică;

ρ - este densitatea soluției;

h - este diferența de înălțime dintre lichidul din recipient și pâlnie

g - accelerația câmpului gravitațional

Presiunea osmotică este presiunea necesară pentru a opri fenomenul de osmoză.

Notă: Soluțiile diluate se comportă similar cu gazele ideale.

Formula presiunii osmotice poate fi scrisă prin analogie cu ecuația termică de stare a gazelor ideale:

$$pV = \nu \cdot RT \quad (2)$$

Dacă ecuația (2) este împărțită la volumul V obținem: $\pi = cRT$ (3)

Care este numită legea lui Van't Hoff:

unde, în ecuația (2)

p - presiunea gazului

V - volumul de gaz

ν - cantitatea de substanță (numărul de moli)

R - constanta gazului ideal

T - temperatura absolută

Și în ecuația (3)

c - concentrația molară a soluției în soluție;

π - presiunea osmotică

Legea lui Van't Hoff poate fi extinsă la soluțiile electrolitice.

Totuși, pentru soluțiile de electroliți, presiunea osmotică este mai mare decât cea obținută cu ecuația (3).

Acest lucru se datorează faptului că presiunea osmotică este determinată de numărul de particule care nu pot traversa membrana semi-permeabilă numită particule active osmotice și nu depinde de natura sau masa substanțelor dizolvate.

Pentru a scrie o formulă generală de calcul a presiunii osmotice, este necesar să se introducă un nou tip de concentrație numit **CONCENTRAȚIE OSMOLARĂ**, care ține cont de disocierea substanțelor dizolvate în soluție și care este dată de:

$$c_{os} = \sum n_i \cdot c_i \quad (4)$$

unde n_i - este numărul de particule (ioni) care rezultă din disocierea unei molecule a substanței, iar c_i - este concentrația molară a acestei substanțe

Legea lui Van't Hoff poate fi extinsă și la soluții electrolitice:

Asa deci

- Pentru electroliți puternici: pentru calculul concentrației osmolare se va folosi ecuația:

$$c_{os} = \sum n_i \cdot c_i \quad \text{cu } n > 1$$

- Pentru electroliții slabi, deoarece se disociază ușor, folosim aproximarea: $\pi = cRT$ cu $n_i \approx 1$
- Pentru non-electroliți, care nu se disociază deloc în soluție, $n_i = 1$

Astfel, în relația Van't Hoff: $\pi = c_{os} \cdot R \cdot T$ este necesară înlocuirea concentrației molare c cu concentrația osmolară c_{os} .

Deci putem scrie: $\pi = c_{os} \cdot R \cdot T$

Prin punerea a două soluții în contact cu diferite concentrații de osmolaritate c_{os1} și c_{os2} , va avea loc o diferență de presiune osmotică: $\Delta\pi = \pi_1 - \pi_2 = RT(c_{os1} - c_{os2})$ (5)

$$\text{Sau } d\pi = RTdc_{os} \quad (5')$$

Care va împinge solventul de la soluția mai diluată la soluția mai concentrată.

La schimbarea solventului printr-o membrană semipermeabilă care separă două soluții de concentrații osmolare diferite, se efectuează un lucru mecanic numit lucru osmotic:

$$W = v \cdot RT \ln(c_{os1} / c_{os2}) \quad (6)$$

METODE DE DETERMINARE A PRESIUNII OSMOTICE

METODA DIRECTA

Metodele directe se bazează pe măsurarea presiunii osmotice, definirea presiunii osmotice și utilizarea osmometrului Dutrochet (celula osmotică).

Aceasta va determina cantitatea de presiune osmotică prin măsurarea presiunii hidrostatice care o echilibrează (fiind egală cu diferența de înălțime a lichidului din vas și pâlnie).

Metoda este utilizată mai puțin și este potrivită doar pentru valori mici ale presiunii osmotice.

METODA INDIRECTA

Metoda EBULIOSCOPICĂ : În acest caz, punctul de fierbere al unui lichid în condiții normale este temperatura la care presiunea vaporilor saturati cu lichid devine egală cu presiunea atmosferică în timpul căreia are loc evaporarea ($H = p_m = 1 \text{ atm}$).

Dizolvarea substanțelor în lichide are ca efect scăderea presiunii sale de saturație a vaporilor, astfel încât soluția trebuie încălzită la o temperatură mai mare pentru ca noua valoare să se potrivească cu presiunea ambientală.

Efectul EBULIOSCOPIC: este de a crește punctul de fierbere al unei soluții în comparație cu solventul pur: $\Delta t_{eb} = t_{b \text{ soluție}} - t_{b \text{ solvent pur}}$

În cazul soluțiilor diluate, creșterea temperaturii de fierbere Δt_{eb} este proporțională cu concentrația osmolară a soluției:

$$\Delta t_{eb} = k_{eb} \cdot c \text{ - legea lui Raoult}$$

Unde k_{eb} depinde numai de natura solventului. Valorile sale sunt totalizate.

De exemplu pentru apă: $k_{eb} = 0,52 \text{ } ^\circ\text{C} / M$

Cunoașterea valorii constantei ebulioscopice și determinarea Δt_{eb} face posibilă găsirea presiunii osmotice a soluției: $\pi = RT(\Delta t_{eb}/k_{eb})$

METODA CRIOSCOPIA

EFACTUL CRYOSCOPIC sau înghețarea este scăderea punctului de îngheț al unei soluții în comparație cu solventul pur.

$\Delta t_{cr} = t_{tpuresolvent} - t_{tsoluție}$

unde t este temperatura de îngheț (sau de topire).

Scăderea punctului de îngheț al soluției în raport cu solventul pur este proporțională cu concentrația de osmolaritate a soluției.

$\Delta t_{cr} = k_{cr} \cdot c$ Legea lui Raoult

Când constanta de proporționalitate depinde de natura solventului:

Apa: $k_{cr} = 1,86^\circ\text{C/M}$

Pentru plasma sanguină: $k_{cr} = 0,56^\circ\text{C/M}$

Împărțind relația $\Delta t_{cr} = k_{cr} \cdot c$ la relația $\pi = \cos \cdot RT$

Noi obținem: $\pi = \Delta t_{cr} \cdot [(RT)/k_{cr}]$

PRESIUNEA OSMOTICA

Creșterea temperaturii de fierbere, respectiv scăderea punctului de îngheț al unei soluții în raport cu solventul pur duce la o serie de aplicații practice.

Un astfel de exemplu *este antigelul (etilen glicol (CH_2OH)₂)*, caracterizată printr-o temperatură de îngheț foarte scăzută folosită la caloriferele auto pe timpul iernii.

Presiunea osmotică a plasmăi sanguine

Plasma sanguină este o **soluție apoasă** având compoziția:

- Ioni (i): Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{2+} , etc.
- Molecule nedisociate (mn) uree, glucoză, aminoacizi etc.
- Macromolecule proteice (p): albumina și globulina

Presiunea osmotică este suma presiunilor osmotice generate de aceste componente

$$\pi = \sum \pi_i + \sum \pi_{mn} + \sum \pi_p$$

$$\pi_{\text{plasmă}} = R \cdot T \cdot c_{\text{os plasmă}}$$

$$c_{\text{os plasma}} = 0,303 \text{ osM}$$

$$\pi_{\text{plasma}} = 25,4 \cdot 0,303 = 7,6 \text{ atm}$$

Concentratia osmolara : $c_{os} = \sum n_i \cdot c_i$

1. **la electrolitii TARI**, pentru calculul concentrației osmolare se va folosi relația (*4) cu $n_i > 1$;
2. **la electrolitii SLABI**, datorită faptului că aceștia disociază doar în mica măsură, se va folosi aproximația $n_i \approx 1$;
3. **la NEELECTROLITI**, care nu disociază deloc în soluție $n_i = 1$.

În acest sens, în ecuația (*3) se impune înlocuirea concentrației molare cu cea osmolară:

$$\pi = C_{os} R T \quad (*5)$$

La $t = 37^\circ C$, produsul $R T$ are valoarea aproximativă de $25 \text{ l} \cdot \text{atm} / \text{mol}$.

Punând în contact două soluții cu concentrații osmolare diferite C_{os1} și C_{os2} , între ele apare o diferență de presiune osmotică: $\Delta\pi = \pi_1 - \pi_2 = R T (C_{os1} - C_{os2})$ (*6)

care va împinge solventul din soluția mai diluată spre cea mai concentrată.

La trecerea solventului prin membrana semipermeabilă ce separă cele două soluții de concentrații osmolare diferite, acesta efectuează un lucru mecanic numit travaliu osmotic, dat de relația: $L = n$

$$R T \ln \frac{C_{os1}}{C_{os2}} \quad (*7)$$

Plasma sanguină este o soluție apoasă ce are în compoziție:

- **ioni (i):** $\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Cl}^-, \text{Ca}^{2+}$ etc.;
- **molecule nedisociate (mn):** uree, glucoză, aminoacizi, etc.;
- **macromolecule proteice (p):** albumine și globuline.

Astfel, presiunea osmotică a plasmii este dată de suma presiunilor osmotice generate de aceste componente, și anume: $\pi = \sum \pi_i + \sum \pi_{mn} + \sum \pi_p$ (*14)

Tabelul 1.

Substanța	Plasmă	Lichid interstițial	Lichid intracelular
Na^+	144	137	10
K^+	5	4,7	141
Ca^{2+}	2,5	2,4	10^{-4}
Mg^{2+}	1,5	1,4	31
Cl^-	107	112	4
HCO_3^-	27	28,3	10
aminoacizi	2	2	8
uree	4	4	4
glucoză	5,6	5,6	-
proteine	1,45	0,2	4

Urmărind datele din Tabelul 1, se observă că plasma sanguină și lichidul interstițial au aproximativ aceeași compoziție în ceea ce privește ionii și moleculele mici nedisociate.

În schimb, plasma este mai bogată în proteine. Astfel, concentrația osmolară a plasmii este mai mare datorită contribuției proteinelor.

Endoteliul capilarelor sanguine este permeabil doar pentru apă, ioni și micromolecule, nu și pentru macromoleculele proteice,

Gradient de concentrație osmolară dintre cele două medii împinge soluția micromoleculară din interstițiu în lumenul capilarelor cu o presiune numită **presiune coloid-osmotică sau presiune oncotică**.

Cunoscând valoarea concentrației osmolare a proteinelor în plasmă, se poate calcula presiunea coloid-osmotică a acesteia: $\pi_{co} = 25,4 \cdot 1,45 \cdot 10^{-3} = 36,8 \cdot 10^{-3} \text{ atm} = 28 \text{ mm Hg}$

Presiunea coloid-osmotică reprezintă o fracțiune foarte redusă (circa 0,5 %) din presiunea osmotică totală a plasmii sanguine;

Presiunea coloid-osmotică joacă un rol important în schimburile de apă și metaboliți la nivelul capilarelor.

La capătul arterial al capilarului, diferența dintre presiunile mecanice intravasculare respectiv extravasculare este $\Delta p_a = 32 \text{ mm Hg}$, scăzând la capătul venos al capilarului diferența dintre presiunile mecanice intravasculare respectiv extravasculare este $\Delta p_v = 12 \text{ mm Hg}$.

Diferența de presiune osmotică între lichidul vascular și cel interstițial este constantă pe toată lungimea capilarului, fiind $\pi_{co} = 28 \text{ mm Hg}$.

La capătul arterial $\Delta p_a > \pi_{co}$, deci va avea loc trecerea apei împreună cu moleculele și ionii dizolvați, către spațiul interstițial.

Acesta este un fenomen opus osmozei, numit ultrafiltrare.

La capătul venos al capilarului, unde $\Delta p_v < \pi_{co}$, va avea loc, datorită osmozei, reabsorbția în capilar a apei împreună cu produșii de catabolism

Folosind datele din Tabelul 1 se poate calcula concentrația osmolară totală a plasmii sanguine: $C_{os} \approx 300 \text{ mosM} = 0,3 \text{ osM}$

respectiv presiunea sa osmotică: $\pi_{plasma} = C_{os} R T \approx 7,6 \text{ atm}$

Utilizând valoarea presiunii osmotice calculate anterior, se poate face o clasificare a soluțiilor (față de sânge) în:

a) soluții **HIPOTONICE**, care au:

$$\pi < \pi_{plasma} = 7,6 \text{ atm și deci } C_{os} < 0,3 \text{ osM;}$$

b) soluții **IZOTONICE**, care au:

$$\pi = \pi_{plasma} = 7,6 \text{ atm și deci } C_{os} = 0,3 \text{ osM;}$$

c) soluții **HIPERTONICE**, care au:

$$\pi > \pi_{plasma} = 7,6 \text{ atm și deci } C_{os} > 0,3 \text{ osM.}$$

Osmoza este importantă într-o serie de procese biologice.

Astfel, pentru a putea fi menținută structura și integritatea celulei, este foarte important ca lichidele care intra respectiv extracelulare să fie izotonice.

În acest sens, celula poate fi considerată, într-o manieră simplistă, ca fiind o soluție apoasă separată de mediul înconjurător printr-o membrană semipermeabilă.

Soluția ce înconjoară celula trebuie să aibă o presiune osmotică egală cu cea din interiorul acesteia.

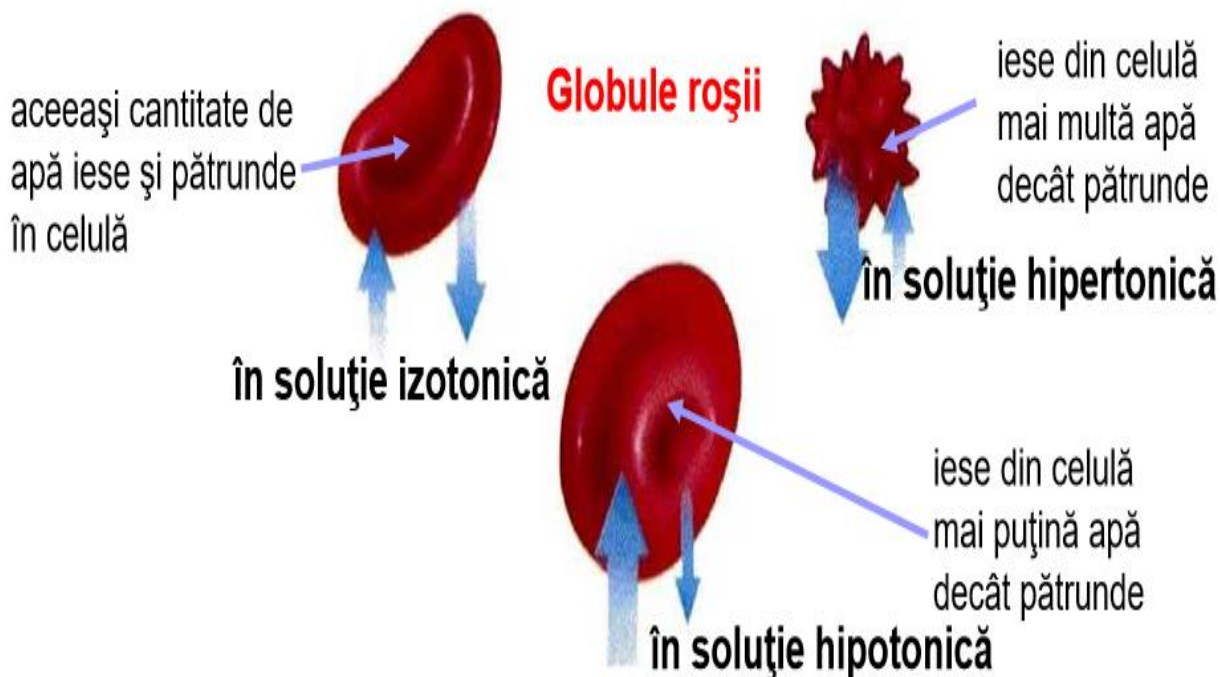
În caz contrar, apa va ieși din celulă deshidratând-o, sau va intra în interior determinând umflarea celulei și în final ruperea membranei acesteia.

Din acest motiv, orice soluție ce urmează a fi injectată intravasculare unui pacient trebuie să fie izotonică cu sângele, pentru a nu compromite integritatea membranei celulare.

Cu ajutorul unui microscop, se poate urmări modul în care se comportă hematiile plasate în diferite medii. Dacă hematiile se află într-un mediu *izotonic*, ele își păstrează forma și volumul în cote normale.

Dacă hematiile sunt plasate într-un mediu *hipotonic*, apa începe să intre în celulă, motiv pentru care aceasta se umflă și în final se sparge, manifestându-se fenomenul de *hemoliză* (Figura 5-a).

Dacă hematiile se află într-un mediu *hipertonic*, apa iese din celulă, aceasta se zbârcește, fenomen ce poartă numele de *ratatinare* (Figura 5-b).



Interesant este faptul că unele organe prezintă regiuni având valori diferite ale presiunii osmotice. Spre exemplu celulele ce alcătuiesc corneea conțin un fluid mai dens optic decât umoarea apoasă cu care acestea se află în contact.

Pentru a preveni pătrunderea apei în corneă, celulele adiacente umorii apoase au rol în pomparea excesului de apă rezultat în urma fenomenului de osmoză.

Toate medicamentele administrate sub formă de soluții injectabile și perfuzabile sunt izotonizate, fie la faza de condiționare, fie chiar înainte de utilizare.

Pentru izotonizare, în soluțiile injectabile se introduc, în afara substanțelor active, componente inerte din punct de vedere farmaceutic, având rolul de asigurarea osmolarității globale necesare.

Astfel de componente, care permit izotonizarea soluțiilor injectabile, sunt clorura de sodiu sau glucoza.

Evident, la calcularea osmolarității globale se iau în considerare toate componentele din sistem.

În soluție apoasă clorura de sodiu disociază în ioni (fiind electrolit tare, disocierea este completă), în timp ce glucoza nu suferă disociere.

Soluțiile oftalmice sunt, de asemenea, izotonizate.

La condiționarea medicamentelor deseori se apelează la contribuția presiunii osmotice.

În unele forme de condiționare, substanța activă este inclusă într-o capsulă semipermeabilă pe care apa o traversează datorită fenomenului de osmoză dislocând din capsulă substanța activă.

Aplicatii –

Aplicatia 1.

Fie doua compartimente A si B separate printr-o membrana permeabila doar pentru apa. In volumul de 200 ml de solutie apoasa din compartimentul A se afla:

$$m_1 = 3,42 \text{ g de } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \text{ (} M_1 = 342 \text{ g/mol)}$$

$$m_2 = 3 \text{ g de uree (} (\text{CH}_4\text{ON}_2) \text{ (} M_2 = 60 \text{ g/mol)}$$

Iar in volumul B de 500 ml din compartimentul B se afla:

$$m_3 = 5,85 \text{ g de NaCl (} M_3 = 58,5 \text{ g/mol)}$$

$$m_4 = 18 \text{ g de glucoza (} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{), (} M_4 = 180 \text{ g/mol)}$$

In cele doua compartimente se afla temperatura $T = 300\text{K}$.

Constanta universala a gazelor est $R = 8,314 \text{ J/mol K}$

Factorii van't Hoff pentru elementele dizolvate sunt: $n_1=5$, $n_2=1$, $n_3=2$ et $n_4=1$.

Concentratia molară exprimata in mol / l sau M (molar) este prin definitie: $c = \frac{m(g)}{M.V(l)}$

Concentratiile molare sunt: $c_1 = 0,05 \text{ M}$; $c_2 = 0,25\text{M}$; $c_3 = 0,2\text{M}$; $c_4 = 0,2\text{M}$.

Exemple de calcul pentru $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$:

Calculul concentratiei molare pentru componentele din compartimentele A si B

$$c_1 = \frac{m_1}{M_1 V} = \frac{3,42 \text{ g}}{342 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,2 \text{ l}} = \frac{1 \text{ mol}}{100 \cdot 0,2 \text{ l}} = \frac{1 \text{ mol}}{20 \cdot \text{l}} = 0,05 \frac{\text{mol}}{\text{l}} = 5 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{l}} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

M sau molar

$$c_2 = \frac{m_2}{M_2 V} = \frac{3 \text{ g}}{60 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,2 \text{ l}} = \frac{1 \text{ mol}}{20 \cdot 0,2 \text{ l}} = \frac{1 \text{ mol}}{4 \cdot \text{l}} = 0,25 \frac{\text{mol}}{\text{l}} = 0,25 \text{ M}$$

$$c_3 = \frac{m_3}{M_3 V} = \frac{5,85 \text{ g}}{58,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,5 \text{ l}} = \frac{1 \text{ mol}}{10 \cdot 0,5 \text{ l}} = \frac{1 \text{ mol}}{5 \cdot \text{l}} = 0,20 \frac{\text{mol}}{\text{l}} = 0,2 \text{ M}$$

$$c_4 = \frac{m_4}{M_4 V} = \frac{18 \text{ g}}{180 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,5 \text{ l}} = \frac{1 \text{ mol}}{10 \cdot 0,5 \text{ l}} = \frac{1 \text{ mol}}{5 \cdot \text{l}} = 0,20 \frac{\text{mol}}{\text{l}} = 0,2 \text{ M}$$

Putem calcula presiunea osmolara intr-un compartiment A respectiv B cu formula urmatoare: $p =$

$$R \cdot T \cdot \sum_k n_k c_k$$

$$p_A = R \cdot T \cdot (n_1 c_1 + n_2 c_2) \cdot 1000 = 1247100 \text{ N/m}^2$$

$$p_A = 8,314 (\text{J/mol.K}) \cdot 300\text{K} \cdot (5 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,25) \text{ mol/l} \cdot 1000 = 1247100 \text{ N/m}^2$$

$$p_B = 8,314 \cdot 300 \cdot (2 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,2) \cdot 1000 = 1496520 \text{ N/m}^2$$

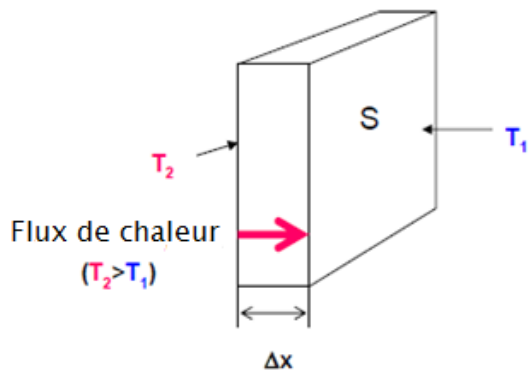
Pentru ca presiunea in B est superioara presiunii din A: $p_B > p_A$ solvantul traverseaza membrana de la A la B

$$p_A = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \cdot 300\text{K} (5 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,25) \frac{\text{mol}}{\text{l}} = 1247,1 \frac{\text{J}}{\text{l}} = 1247,1 \cdot 1000 \frac{\text{N.m}}{\text{m}^3}$$

$$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = \frac{1}{1000} \text{ m}^3$$

TRANSFER DE CĂLDURĂ PRIN CONDUȚIE, CONVECȚIE ȘI RADIAȚIE

TRANSFER DE CĂLDURĂ PRIN CONDUȚIE



Transportul căldurii printr-un material conducător de suprafață S și grosime Δx

Fluxul de căldură J_o este cantitatea de căldură ΔQ care trece printr-o unitate de suprafață S într-o unitate de timp ΔT

$$J_o = \frac{\Delta Q}{S \cdot \Delta T}$$

Fluxul de căldură și gradientul de temperatură depind de natura substanței - **legea lui Fourier**

$$J_o = \frac{\Delta Q}{S \cdot \Delta T} = -\lambda \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Cantitatea de căldură transportată pe unitatea de timp depinde direct proportional de aria secțiunii transversale prin care are loc transportul de căldură, de gradientul de temperatură și de natura substanței

$$q = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = -\lambda \cdot S \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$R = \frac{\Delta x}{\lambda \cdot S}$$

$$q = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = -\frac{\Delta T}{R}$$

Unde :

λ este coeficientul de conductivitate termică

R este rezistența termică a mediului

COMENTARIU:

- Conducția termică în cazul metalelor se obține în principal prin electroni de conducție
- În cazul nemetalelor se realizează prin conducție sonoră
- Conductivitatea cristalelor depinde de direcție deoarece sunt sisteme anizotrope
- Conductivitatea termică a lichidelor este mai mică decât cea a solidelor, iar cea a gazelor este mai mică decât cea a lichidelor
- Conductivitatea termică și electrică crește atunci când temperatura scade.

TRANSFER DE CĂLDURĂ PRIN CONVECȚIE

Transferul de căldură prin convecție are loc prin intermediul unui fluid (lichid sau gaz) care vine în contact cu un material solid compact aflat la alta temperatură.

În cazul procesului de convecție schimbul de căldură are loc mai lent decât în cazul procesului de conducție.

Exemplu: *încalzirea unei camere în timpul iernii se face în cea mai mare parte prin convecție. Cu toate că este izolator aerul poate transporta cu ușurință energia termică prin intermediul curenților care se formează într-o încăpere în care există o sursă de căldură (un radiator de exemplu).*

Dacă solidul cu care vine în contact masa de aer la o temperatură mai scăzută decât a acestuia, atunci aerul cald cedează peretelui o parte din energia sa și se va răci. Prin răcire aerul devine mai dens și va « cădea », urmând să fie înlocuit de o cantitate de aer din încăpere. În acest fel se realizează o deplasare continuă de aer în jurul peretelui și se realizează un transfer de căldură de la aerul cald la peretele rece.

Prin încălzire, la locul de contact cu o sursă caldă, fluidul își modifică densitatea și ca urmare se formează curenți ascendenți.

Legea de propagare a căldurii prin convecție este dată de relația:

$$q = h \cdot S \cdot \Delta T \text{ – Legea lui Newton}$$

Unde :

h = coeficientul de convecție [h]SI = 1 W/m².K

S = aria suprafeței de contact

ΔT = diferența de temperatură dintre aria de contact și mediul exterior

TRANSFER DE CĂLDURĂ PRIN RADIAȚIE

Spre deosebire de conducție și convecție, transportul de căldură radiantă nu este necesar pentru transportul de energie.

Energia termică este transmisă prin unde electromagnetice cu lungimi de undă mai mari decât cea a luminii roșii din spectrul vizibil cu $\lambda > \lambda_{\text{roșu}}$ purtând căldură.

Se numesc RADIAȚII INFRAROSII.

- DIATHERMANE - sunt organismele care permit trecerea radiatiilor infrarosii și

- AATHERMANE sunt organisme care nu permit trecerea radiatiilor infrarosii

Când un corp metalic atinge temperatura de 500°C, acesta devine roșu și strălucitor. Prin creșterea în continuare a variației de temperatură, culoarea devine albă.

Căldura pe care o primește corpul prin încălzire se transformă în energie radiantă

Energia radiantă emisă pe unitatea de timp se numește puterea emițătoare a corpului (putere radiantă)

Un corp care absoarbe toate radiatiile care cade pe el se numește CORP NEGRU .

Când un corp negru este încălzit, emite toată radiația pe care o poate.

Corpul negru este definit ca un emițător perfect și, de asemenea, un absorbant perfect de radiație.

$$q = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \sigma \cdot S \cdot T^4$$

Puterea de radiație a corpului negru este dată de:

$$\sigma = 5,669 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^2}$$

legea Stefan-Boltzmann

(σ = Constant Stefan - Boltzmann)

Pentru un corp real, puterea radiantă este exprimată astfel: $q = e \cdot \sigma \cdot S \cdot T^4$

Unde :

e este emisivitatea corpului

e = 1 pentru un corp negru

e = 0,97 pentru corpul uman

e = 0,02 pentru suprafețe din aluminiu lustruit

TRANSPORTUL DE CĂLDURA PRIN CORPUL UMAN

Corpul uman produce căldură care este transmisă din centrul corpului către suprafață și, prin urmare, către mediul extern .

Cantitatea de căldură și temperatura corpului variază de la organism la organism.

Căldura este transportată din locuri cu temperatură mai ridicată în locuri cu temperatură mai scăzută prin conducție și convecție.

Conductivitatea termică a țesutului este redusă, mai ales la cele groase, astfel încât rolul principal în transportul căldurii revine sângelui.

Transferul de căldură prin sânge este favorizat și de căldura specifică ridicată, aproximativ egală cu cea a apei (1 cal/g.grad sau 4185J/kcal.grad)

Transportul căldurii din interiorul corpului cu temperatura T1 la suprafața corpului cu temperatura Ts este dat de:

$$Q1 = C1 (T1-Ts)$$

unde C1 este capacitatea termică a corpului de a transfera căldură din interior către suprafață.

Transportul de căldură de la temperatura de suprafață T_s a corpului către mediul extern la temperatura T_e este dat de: $Q_2 = C_2 (T - T_e)$
unde C_2 este capacitatea termică a corpului de a transporta căldură de la suprafața sa în mediul înconjurător.

Într-o stare staționară $Q_1 = Q_2$ și anume:
$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{T_s - T_e}{T_i - T_s}$$

$C_1 (T_1 - T_s) = C_2 (T_2 - T_s)$

$C_1 / C_2 =$ indicele de circulație termică

Transmisia caldurii spre exterior se realizează prin conducție, convecție, radiație și evaporare a apei prin transpirație. Transmisia caldurii prin conducție, convecție și radiație reprezintă aproximativ 70-80% din totalul caldurii transmise mediului exterior, iar prin evaporare se cedează 20-30% din aceasta.

În condiții de efort fizic pierderea de căldură pe suprafața pielii prin evaporare este de 60-70% din totalul caldurii. În cazul muncilor fizice grele corpul poate pierde 4-12 l de apă prin evaporare ceea ce reprezintă o cedare considerabilă de căldură. Din cauza aderării unui strat de aer de circa 4-8 mm la suprafața pielii, numit strat marginal, corpul se va opune cedării caldurii prin curenții de convecție și conducție. Grosimea acestui strat scade când corpul este în mișcare.

9. PROPRIETĂȚI FIZICE ȘI CHIMICE ALE CELULEI, NUCLEULUI ȘI MEMBRANELOR CELULARE

CELULA

PARAMETRII FIZICI

Celula este unitatea morfofuncțională a materiei vii, cea mai mică unitate capabilă de viață independentă.

- PARTILE COMPONENTE ALE CELULEI sunt:

1. MEMBRANA CELULARA: separa mediul intra de cel extra celular , aceasta trebuie privita ca un organ si nu ca o pelicula pasiva , aici reprezinta sediul unor activitati biofizice si biochimice complexe legate de procesele de transport.

2. NUCLEUL reprezinta sediul principal al informatiei genetice . Aici are loc activitatea de sinteza a proteinelor

3. CITOPLASMA (lichidul intracelular) are o consistenta intermediara intre sol si gel si o structura neomogena , datorita organitelor celulare din interiorul sau. A fost pusa in evidenta o retea de filamente ce strabat citoplasma , sub denumirea de citoschelet sau retea microtrabeculara , cu rol important in metabolismul celular.

4. ORGANITELE CELULARE sau mitocondriile , reticulul endoplasmatic , aparat Golgi, lipozomi, etc. , indeplinesc fiecare functii specifice.

	Nume	numere	diametru
1	eritrocite	$25000 \cdot 10^9$	$7 \div 8 \mu\text{m}$
2	neuronii	$86 \cdot 10^9$ - în creier $17 \cdot 10^9$ - în cortex $69 \cdot 10^9$ - în cerebel	$3 \div 100 \mu\text{m}$
3	celule gliale	$84 \cdot 10^9$ - în creier $68 \cdot 10^9$ - în cortex $16 \cdot 10^9$ - în cerebel	
4	hepatocite	$100 \cdot 10^9$	
5	limfocite		$6 \div 8 \mu\text{m}$
6	adipocite		$60 \div 120 \mu\text{m}$

CELULA - PARAMETRI FIZICI . TIPURI DE CELULE. FORMA FIZICA

UN NEURON , sau CELULA NERVOASA, este o celulă excitabilă, este unitatea funcțională de bază a sistemului nervos. Termenul „neuron” a fost introdus în vocabularul medical în 1881 de anatomistul german Heinrich Wilhelm Waldeyer.

Neuronii transmit un semnal bioelectric numit impuls nervos.

Numărul total de neuroni din creierul uman este estimat la 86 la 100 de miliarde (10^{11}). Creierul nu este singurul organ care are o concentrație mare de neuroni: intestinul, de exemplu, reprezintă până la 200 de milioane.

Neuronii ar fi aproximativ la fel de numeroși ca și celulele gliale, componente secundare ale țesutului nervos care asigură mai multe funcții, inclusiv susținerea și nutriția neuronilor.

STARE FIZICĂ A CELULEI

În cunoștințele pe care le avem despre starea fizică a celulei, despre procesele biofizice, ca de altfel și despre multe alte procese biologice există o dualitate: probleme bine lămurite stau alături de probleme ignorate.

Explicația constă în faptul că în fiecare epocă de dezvoltare a științei există teorii contradictorii asupra unuia și aceluiași termen fizic din lumea biologică, chiar dacă fenomenul corepunzător din lumea nevie este bine lămurit.

Pe de altă parte complexitatea materiei vii, ca și fragilitatea ei, explică de ce nu avem concluzii definitive nici măcar în privința unor mărimi biofizice, în aparență simple, ca vâscozitatea protoplasmiei, elasticitatea ei, etc.

Se poate spune că în general, problemele biofizicii, cu toate că au fost amplu studiate și dezbătute sunt încă deschise.

Așa cum organismul viu pluricelular nu poate fi considerat ca o sumă sau ca o colonie de celule, tot așa nici procesele biologice, celulare nu rezultă din simpla însumare a proceselor fizico-chimice celulare.

Citologia rămâne însă baza înțelegerii științifice a fenomenelor vii, iar citofiziologia are ca fundament indispensabil, nu numai ca parte integrantă – biofizica și biochimia celulei. Dificultățile metodologice majore provin din micimea obiectului și din necesitatea de a-l studia în condiții cât mai apropiate de cele naturale și funcționale.

CONCENTRAȚIA MOLECULARĂ A CELULELOR

Concentrația moleculară din interiorul celulelor este deosebită la plante față de animale, ea diferă de la un grup de viețuitoare la altul.

- **PLANTELE** la care osmoza se desfășoară pe o scară largă și participă la numeroase adaptări, se caracterizează printr-o mare variabilitate a presiunii osmotice, 1-200 atm (P.J.Kramer,1955). concentrație moleculară atât de mare explică, în parte, rezistența plantelor la ger.
- **LA ANIMALE** în mediul intern presiunea osmotică variază în limite mult mai strânse.
- **LA OM**, de pildă, ea este de 6-7 atm, corespunzând unui punct crioscopic $\Delta t = - 0,56^{\circ}\text{C}$ la animalele inferioare marine și la selacieni $\Delta t = - 2^{\circ}\text{C}$.

La animalele superioare presiunea osmotică este realizată mai ales prin minerale și prin electroliți, în timp ce la selacieni, mai ales prin substanțe organice (uree sau oxid de trimetilamină).

În celulele organelor animalelor evaluate concentrația moleculară este ușor crescută față de cea a mediului intern.

PROTOPLASMA CONȚINE:

- **Solide minerale dizolvate sub formă de molecule și ioni (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} etc.) în lichidul intracelular**

- **Ioni și molecule gazoase (O_2 , N_2 , H^+ , O^{2-} , etc.)**

- **Ioni anorganici (în special K^+ , Na^+ și Ca^{2+}) implicați în procesele de echilibrul coloidal, în permeabilitatea la excitație, în dezvoltarea și controlul metabolismului .**

Lichidele sunt soluții apoase. Cantitatea de apă din corpurile vii aflate în stare de activitate care poate atinge 95% din masa corporală (ex. meduze).

Celula conține un număr mare de substanțe organice caracteristice: substanțe proteice, grăsimi, carbohidrați etc. Proporția în care se găsesc aceste substanțe variază de la un tip de celulă la altul, în funcție de natura speciei celulare (plantă sau animală), organ, vârstă și funcție.

Celuloza caracterizează plantele.

Colagenul caracterizează organismele animale superioare.

Clorofila se găsește numai în plantele verzi.

Celulele vegetale conțin în general mai multă apă decât celulele animale (unele alge conțin până la 98% apă).

Durata de viață este un parametru decisiv pentru stabilitatea radiosensibilității și radiorezistenței celulelor.

Are o importanță deosebită pentru înțelegerea mecanismului de interacțiune a radiațiilor ionizante cu materia vie.

pH:

pH-ul celulei depinde de tipul de celulă.

Valoarea medie a pH-ului de 6,9.

Această valoare este aceeași pentru toate celulele.

Nucleu pH = 4-5 - mai acid

Sucul gastric pH = 1-2.

Posibilele modificări intracelulare ale pH-ului care au avut loc atunci când substanțele intră în celulă sunt prevenite de tamponurile din celulele menționate.

pH-ul intracelular este un mediu ușor acid

Vâscozitatea variază în funcție de vârsta și temperatura celulei

	Nume	durata de viață
1	eritrocite	100-120 de zile
2	neuronii	
3	celule gliale	
4	hepatocite	
5	limfocite	luni-saptamani
6	adipocite	
7	Trombocitele	5-9 zile
8	mitocondriile	21 de zile

VISCOZITATEA PROTOPLASMEI

O problemă mult controversată este aceea **dacă PROTOPLASMA este sau nu un lichid newtonian**, adică dacă pentru ea este valabilă legea lui Newton.

Vâscozitatea multor coloizi liofili nu se supune legii lui Newton

Când viteza de curgere este mică, coeficientul de vâscozitate nu depinde de gradientul vitezei, iar viteza de curgere depinde de forța aplicată.

Peiffer a arătat că **CITOPLASMA se prezintă ca un lichid newtonian**.

Totuși, după L. V. Heilbron (1958), multe varietăți de protoplasmă pot fi considerate drept lichide newtoniene deoarece abaterile observate sânt neglijabile.

Determinarea vâscozității se face prin multiple procedee.

De exemplu

- *Una dintre ele se bazează pe legea lui Stokes referitoare la căderea sau înaintarea unor sfere mici într-un lichid vâscos.*
- *Cealaltă grupă are la bază legea lui Einstein referitoare la legătura dintre mișcarea browniană a unor particule suspendate și mediul vâscos de suspensie.*

Când o particulă solidă, sferică de rază r înaintează cu viteza v într-un lichid de vâscozitate η , ia naștere o forță F de rezistență (de frecare internă), opusă forței de înaintare a lichidului, având mărimea: $F=6\pi r v \eta$.

În 1949 P. Rieser, pentru a determina vâscozitatea protoplasmei, a injectat picături de ulei în fibrele musculare ale unei broaște, măsurând apoi viteza lui de deplasare intracelulară. El a găsit că **valoarea medie a vâscozității protoplasmei din interiorul fibrei musculare este de $2,6 \cdot 10^{-2}$ N.s/m²**.

Experimentarea în biofizică folosește de multe ori forța centrifugă în locul forței gravitaționale.

Observațiile se efectuează cu ajutorul microscopului centrifugal (A. N. Harvey și A. L. Loomis, 1910).

Ouăle ariciului de mare *Arbaccia* rezistă unei centrifugări de câteva minute la o accelerație de centrifugare de 10000g ($g=9,81 \text{ m/s}^2$). Dar celulele multor organisme mici nu rezistă centrifugării, fiind distruse înainte de a li se putea determina vâscozitatea. Ele rezistă în schimb acțiunii câmpurilor magnetice.

De aceea pentru determinarea lui η , unii autori ca L. Heilbroun (1922), au folosit studiul deplasării unor grăunciori sferici de fier sau nichel sub acțiunea unui câmp magnetic determinat atât în interiorul citoplasmei, cât și în lichide cu vâscozități cunoscute.

Trebuie menționat că valorile numerice obținute sunt valori medii aproximative ale coeficientului de vâscozitate η , căci densitatea protoplasmei variază de la un punct la altul, iar alterarea celulei scade intens valoarea acestui coeficient.

Vâscozitatea citoplasmei variază în timpul diviziunii celulare.

Ea este maximă în anafază și telofază (W. Fry, 1934) atât la celulele vegetale, cât și la cele animale (L. V. Heilbrun, R. Chambers ș.a.).

Protoplasma este o solutie apoasa in care sunt dizolvati ioni si molecule mici:

- *glucoza, C₂, N₂, CO₂*),
- *macromoleculele proteinelor si a acizilor nucleici (care corespund dupa marimea solutiilor coloidale) in care sunt suspendate organele celulare de la poliribozomi la diferite granule.*

In ce priveste concentratia ca numar de particule dizolvate deci OSMOLARITATEA LA PLANTE SI BACTERII ea poate varia foarte mult intre 1 si 200 atm (0,015-10 M) . Concentratiile foarte mari corespund formelor in repaus (determina rezistenta la ger, uscaciune si spori).

La animale presiunea osmotica in mediul intern variaza putin –

La om presiunea osmotica in mediul intern variaza putin. La om presiunea osmotica este de cca 7 atm , si depresiunea crioscopica este $\Delta T=0,56^{\circ}C$.

Concentratia este de cca. 0,3M, existand diferite mecanisme care mentin o constanta destul de exacta a concentratiei osmolare totale.

Ca tip de solutie , citoplasma este intre starea de sol si gel foarte lax format din molecule fibrilare si formatiile membranoase ale reticulului endoplasmatic in ochiurile caruia exista un sol.

NUCLEUL

Nucleul conține un suc nuclear (cariolimfă) înconjurat de membrana nucleară, care alcătuiește majoritatea masei nucleare.

Pentru natura lichidă a conținutului nuclear vorbesc următoarele fapte:

- **nucleul este deformabil și elastic** (ca un balon de cauciuc umflat);
- **forma sa de repaus este sferică**;
- la înțeparea membranei, nucleul elimină o picătură sau își poate amesteca conținutul cu cel al citoplasmei;
- **incluziunile nucleare sunt sferice**;
- în nucleu se observă o mișcare browniană (uneori mai activă decât în citoplasmă) și curenții (cu viteze până la $2\mu/\text{min}$);
- **nucleii se pot contopi la contact, contopirea fiind favorizată de narcotice și de alcaloizi.**
- Evaluările de vâscozitate au dat valori diferite, după cum determinările s-au bazat pe legea lui Stokes sau pe cea a lui Einstein.
- **Pentru sucule nucleare s-au propus valori ale vâscozității între 0,02 și 0,07 poise**; probabil că vâscozitatea diferă de la celulă la celulă și este variabilă în timp (în raport cu starea funcțională etc.) și în raport cu diferiți factori fizici și chimici.

Sistemul coloidal nuclear a fost caracterizat ca un “sistem polifazic labil de hidrosoli”, ca un “sol complex în stare de coacervare” (Peterfi și Kojium, 1936).

El are atât caracter de emulsie, cât și de dispersoid (conține particule *microne*, adică vizibile la microscopul optic).

Structura coloidală nucleară pare a fi instabilă.

Șocurile mecanice periodice pot duce la coagularea nucleului, la apariția sau dispariția unor structuri (ca în fenomenul de tixotropie).

Șocurile mecanice pot acționa ca excitant indirect.

Acidularea duce la apariția unui gel reversibil, iar alcalizarea, la lichefierea nucleului.

Nucleul se prezintă în totalitatea sa ca un lichid vâscos în care se pot deplasa nucleolii. Heilbrun a calculat vâscozitatea nucleului oului de echinoderme, determinând pe baza legii lui Stokes viteza de cădere a nucleolului în lichidul intranuclear.

Vâscozitatea nucleului este de $0,002 \text{ N*s/m}^2$ (adică dublă față de cea a apei), deci egală cu valoarea vâscozității conținutului vacuolelor din citoplasmă.

Nucleul este un “sistem deschis”, care face schimb de substanțe cu citoplasma: microscopic și biochimic s-au pus în evidență atât imaginea unor substanțe sau particule, cât și secreția și excreția lor.

Nucleul este un sistem osmotic autonom, în condiții variabile de tonicitate a mediului prezentând fenomene de turgescență (în stare de sol), de imbibiție (în stare de gel), de vacuolizare, de ratatinare, etc.

În ceea ce privește pH-ul cariolimfei, el este mai scăzut la nucleul celulelor plantelor, decât la cel al animalelor,

- la plante pH=4,2-5,8 (Yamaha și Ishii, 1939) și
- la animale pH=6,4-7,5 (Reiss, 1924).

În macronucleul unor infuzori (D. N. Nasonov, 1932) reacția intranucleară depinde de faza ciclului mitotic.

R. Chambers susține că nucleii celulelor vegetale sunt mai vâscoși decât citoplasma.

După A. Serra (1955), vâscozitatea nucleului (la vegetale) este de 9-19 ori mai mare decât cea a apei (în timp ce vâscozitatea citoplasmei este de 1,2-30 de ori mai mare decât cea a apei).

Nucleii de *Spyrogyra* au o densitate de $1,090 \text{ g/cm}^3$, în timp ce densitatea citoplasmei este de numai $1,076 \text{ g/cm}^3$.

La *Spyrogyra* nucleii au o densitate de $1,090 \text{ g/cm}^3$, în timp ce citoplasma are o densitate de numai $1,076 \text{ g/cm}^3$.

După cercetările lui Heilbrun (1955) densitatea cariolimfei este de $1,04 \text{ g/cm}^3$, iar densitatea nucleolului de $1,14 \text{ g/cm}^3$.

La ultracentrifugare, componentele nucleului se depun în ordinea următoare: nucleol, cromozomi, citoplasmă, suc nuclear (King și Beams, 1937).

Suprafața nucleului este *aderentă*. De nucleu se pot prinde mitocondriile, plastidele, bacteriile, elementele golgiene.

Adsorbția joacă un rol important în colorația vitală a nucleilor.

Tensiunea superficială condiționează o serie de însușiri ale nucleului; substanțe tensioactive, ca octanolul (care scade tensiunea superficială a apei până la 32-36 dyn/cm), determină modificări degenerative importante în nucleu.

Mișcările nucleului, caracteristice în unele celule (având caracterul de tactism față de influențe chimice, traumatice, luminoase, etc.), s-ar explica prin producerea unor substanțe tensioactive care influențează și vâscozitatea.

Nucleul celulelor manifestă proprietăți elastice, variațiile formei sale fiind reversibile.

În timpul centrifugării celulei de *Chera*, *Euglena*, citoplasma se răsuțește, iar nucleul se îndoiește în unghi drept, fără a se rupe.

P. F. Milovidov (1949), experimentând pe celule vegetale, a constatat că **nucleul se deformează nu numai prin compresiune, ci și prin întindere** (cu ajutorul unor ace metalice introduse în interiorul lor); **deformarea este elastică atâta timp cât celula este vie.**

E. D'Angelo (1946) **a putut alungi cromozomii din interiorul nucleului cam cu de cinci ori lungimea lor inițială.** Dacă sunt scoși din nucleu cromozomii pot fi întinși până la de 25 de ori lungimea lor normală. *Acest rezultat poate fi explicat, în parte, prin desfacerea structurii spiralate a cromozomilor.*

Însușirile optice ale nucleului sunt apreciate în moduri diferite .

După Pfeiffer (1936) **indicele de refracție al nucleului** este ceva mai mare ($n=1,40-1,42$) decât **indicele de refracție al citoplasmei** ($n=1,38-1,40$), dar el variază mult cu hidratarea, cu pH-ul, cu concentrația ionilor, cu presiunea.

Refringenta maximă (până la un $n=1,50$) o au cromozomii.

La examenul ultramicroscopic pe fond negru nucleul a apărut când indivizibil (ceea ce înseamnă că majoritatea particulelor coloidale din el sunt submicroscopice, adică cu un diametru mai mic de 4μ), când granular.

Dacă celula este în suferință, nucleul apare lăptos.

În lumina polarizată, el prezintă o birefringentă (Brandt, 1885), care este negativă, datorită ADN (W. I. Schmidt, 1944).

Proteinele au o birefringentă pozitivă, ca și lipidele; cromozomii își pot schimba semnul birefringenței în cursul mitozei (sau al manipularilor de tehnică citologică), probabil datorită modificărilor cantitative ale compoziției chimice. Contează însă și ultrastructura.

Birefringenta se obține și în cazul structurilor paracristaline de nucleoproteine (Rinne, 1930) și depinde și de "spiralizarea" cromozomilor.

În ce privește absorbția selectivă a undelor electromagnetice, **nucleul absoarbe intens în spectrul X** (din cauza conținutului său în Ca, Fe, P), în spectrul ultraviolet (din cauza conținutului în ADN) și în infraroșu.

Nucleolii unor celule devin luminescenți **în ultraviolet**.

Însușirile electrice ale nucleului depind de pH.

După A. Guilliermond și A. Choucroun (1936), **nucleul este încărcat negativ** (mai ales “substanța cromatică” a nucleului).

După Gelfan (1931), **interiorul nucleului** la oul de *Asteria* **este încărcat pozitiv** (la o diferență de potențial de 10 mV).

Din cercetările efectuate de Bruchtal și Peterfi (1937) ar rezulta că la *Amoeba* **diferența de potențial dintre nucleu și citoplasmă este de două ori mai mare decât aceea dintre citoplasmă și mediul exterior**.

- **Punctul izoelectric al nucleilor din țesuturile adulte** este situat la un **pH=3,0-4,2** deci mai scăzut decât

- **Punctul izoelectric al citoplasmei, care este de pH=4,0-6,5.**

Importanța punctului izoelectric este multiplă (P. F. Milovidov, 1949).

La acest punct există un minim de sarcini electrice în sistem, un minim de vâscozitate, de imbibifiție, de presiune osmotică, de stabilitate.

Există totodată un maxim de susceptibilitate față de factorii externi care provoacă flocularea și coagularea.

În electroforeză, nucleul și nucleolul înnaintează spre anod; aceste organite nu migrează însă în câmpuri electrostatice (W. Beier, 1950).

Poziția frecvent centrală a nucleului în celulă a fost explicată prin acțiunea unor forțe electrice (Gh. Gerassimoff, 1899) **sau mecanice** (Nemeș). Guilliermond și A. Choucroun au constatat însă că **în celula vie componentele nu se deplasează din poziția lor inițială nici sub influența unor câmpuri electrice intense (50 V/cm).**

W. R. Locwenstein, I. Kanno și M. Ho (1933) au studiat permeabilitatea membranelor nucleare în glandele salivare ale insectelor.

Membrana constituie, în acest caz, o barieră de 1-10 Ω/cm^2 la difuzia ionilor, separând două faze cu rezistivitate relativ scăzută (100 Ωcm) și cu potențial inegal (2-15mV).

Bariera are o puternică componentă reactivă capacitativă și în contrast cu membranele plastice ale multor elemente excitabile nu manifestă proprietăți de rectificare (redresor) și nu este depolarizabilă.

Examinarea electromicroscopică indică pori de $0,05\mu$, situați la intervale de $0,10\mu$.

Dacă prin acești pori s-ar efectua o comunicare liberă între nucleoplasmă și citoplasmă, rezistivitatea ar trebui să fie de numai $10^{-3} \Omega\text{cm}$.

MEMBRANA CELULARA

COMPONENTELE MEMBRANEI CELULARE

Membrana celulară este granița dintre mediul intra și extracelular.

Principalele functii ale membranei celulare sunt:

1. **Reprezinta sediul unor receptori membranari** (*receptori pentru hormoni, pentru mediatori chimici*)
2. **Confera rezistenta mecanică celulei pe care o separa de mediul extracelular.**
3. **Reprezinta sediul unor fenomene electrice** (*bioelectrogenera, transmiterea influxului nervos*)

STRUCTURA MEMBRANEI CELULARE: LIPIDELE MEMBRANARE

Membrana celulara include o mare diversitate de lipide, rolul lor major este de a forma matricea de fixare a proteinelor.

Principalele lipide membranare sunt fosfolipidele ca de exemplu

- *fosfatidil colina,*
- *fosfatidil serina,*
- *fosfatidil etalamina,*
- *fosfatidil inositol,*
- ce au la baza **acidul fosfatidic**, in care doua dintre gruparile hidroxil sunt esterificate cu acizi grași avand totodata in componenta si o grupare polara- fosfat .

Tinand cont de aceasta compozitie se poate afirma ca **moleculele lipidelor au un caracter amfoter sau amfipatic având**

- o extremitate hidrofila reprezentata de gruparea polara

O extremitate hidrofoba , reprezentata prin cele doua lanturi de acizi grași

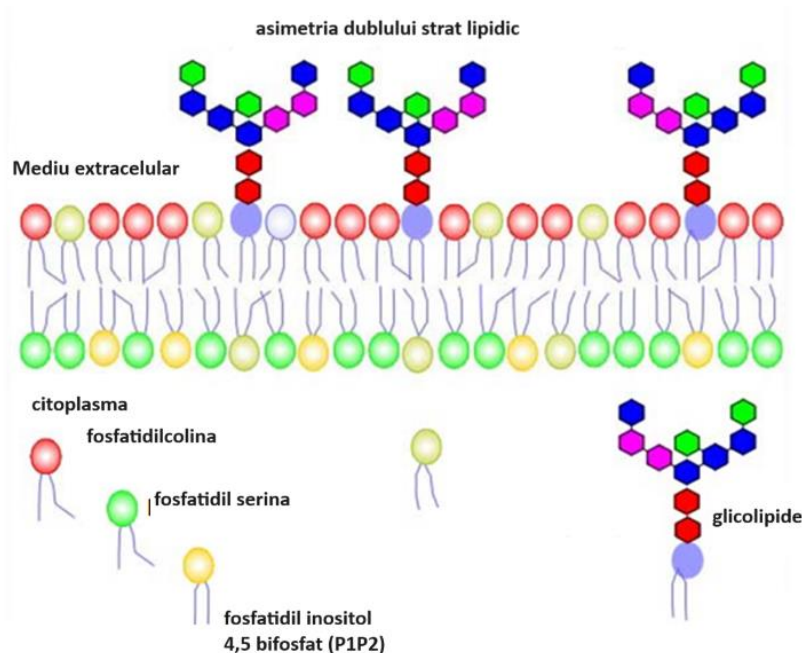
[A. Neagu, M.Neagu, *Curs de Biofizica pentru Facultatea de Medicina Dentara, Ed.EUROBIT,2007*]

Datorita caracterului lor amfipatic , moleculele de lipide se structureaza in membranele celulare sub forma de strat dublu fosfolipidic, avand capetele polare orientate catre moleculele de apa iar terminatiile nepolare (hidrofobe) unele catre altele.

Moleculele lipidelor sunt mici.

In stratul dublu fosfolipidic sunt continute circa $5 \cdot 10^6$ molecule/ μm^2 , iar grosimea stratului dublu este de 40 Å.

In componenta membranelor intra in proportii mai mici colesterolul (10-30%), glicolipidele(0-12%). Glicolipidele sunt atasate in special pe suprafata exterioara a membranei



[A. Neagu, M. Neagu, *Curs de Biofizica pentru Facultatea de Medicina Dentara, Ed. EUROBIT, 2007*]

Tipul celulei	proteine (%)	lipide (%)	carbohidrați (%)
eritrocite	49	43	8
hepatocite	54	36	10
teacă de mielină	18	79	3

STRUCTURA MEMBRANEI CELULARE: PROTEINE MEMBRANARE

Macomoleculele proteice sunt inserate în stratul dublu fosfolipidic și dau proprietățile specifice ale membranelor. În funcție de tipul lor, pot fi atașate de stratul dublu prin forțe de natură electrostatică, legături hidrofile respectiv legături hidrofobe.

Există o mare varietate de proteine ce intră în componența membranelor.

Ele reprezintă elementul activ al acestora.

Funcțiile proteinelor membranare:

- Joacă rol de enzime
- Intra în componența canalelor ionice
- Funcționează ca transportori
- Sunt receptori pentru diferiți hormoni

În funcție de amplasamentul lor **proteinele membranare pot fi grupate în:**

- **Proteine extrinseci (periferice)** situate la suprafața stratului dublu sau patrund în acesta pe o distanță mică. Sunt foarte ușor izolabile (de obicei cu ajutorul unor detergenți slabi) fiind fixate de membrana fie prin forțe de natură electrostatică, fie prin legături hidrofobe (care patrund în membrana)

- **Proteine intrinseci (integrale)** , care sunt puternic ancorate in stratul dublu sau chiar il strabat de pe o fata pe alta. *Au un puternic caracter caracter hidrofob si in consecinta sunt greu izolabile (e necesar de detergenti puternici).* Aminoacizii care intra in compozitia acestor proteine au gruparile hidrofobe concentrate catre interior , formand legaturi hidrofobe cu moleculele de fosfolipide iar gruparile hidrofile ce compun partea enzimatica orientate catre exterior.

Proprietățile fizice ale membranei

Grosime : 40-75Å

Rezistența electrică a unității de suprafață este de 1-100k Ω/cm^2 .

Valoarea mare a acestei rezistențe este motivată de faptul că cea mai mare parte a membranei celulare este compusă din molecule lipidice care au un puternic rol izolator.

Conductanța ionică este: $g = g_{Na^+} + g_{K^+} + g_{Cl^-} + g_{other\ ions}$

Este data de suma conductanțelor membranare pentru principalii ioni permanenti (care pot strabate membrana)trecand prin canale ionice- formatiuni proteice integrale)

Capacitatea electrică a unității de suprafața este mare: 0,5-8 $\mu F/cm^2$

Caracteristicile fizice ale membranelor naturale

Proprietate	Valoare
Grosimea naturală a membranei (Făcut prin microscopie electronică)	40 ÷ 130Å
Grosimea mielinei (realizat prin XRD)	40 ÷ 85Å
Rezistență	$10^2 \div 10^5 \Omega/cm$
Abilitatea	$0,5 \div 1,3 mF/cm^2$
Diferența de potențial de repaus	10 ÷ 88mV
Indicele de refracție	1,55
Tensiune de suprafața	$3,10^{-5} \div 3,10^{-3} N/m$
Permeabilitatea apei	25 ÷ 28

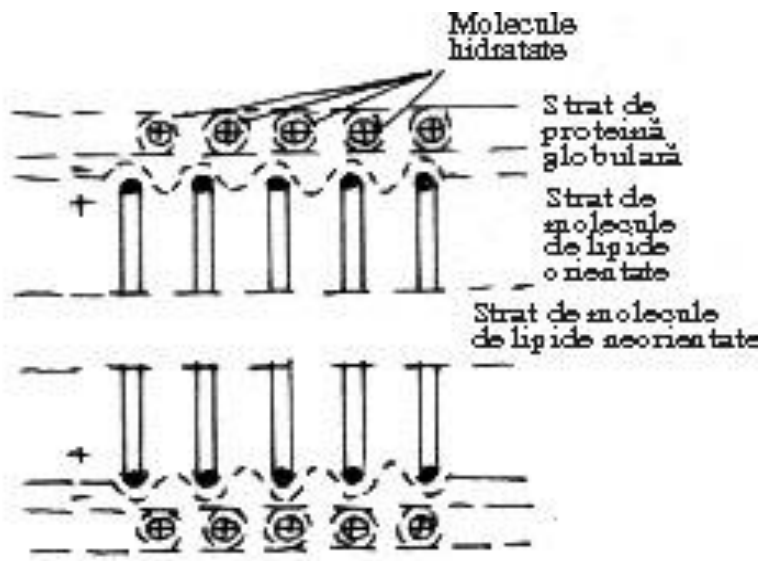


Figura: structura membranelor celulare ale lipidelor simple

Astăzi acceptăm schema lui FN Harvey și JJ Danielli (1941) conform căreia membrana celulară este formată din două straturi de molecule lipidice orientate, ale căror capete hidrophile se pot deplasa în interior și în afara celulei (vezi figura).

Tensiunea superficială a celulei este scăzută, ceea ce corespunde ipotezei că membrana este acoperită pe ambele părți cu un strat de proteine globulare.

Contactul dintre proteine și lipide, tensiunea superficială a celulei este totuși mai slabă.

Strat de proteine care conțin molecule hidratate din loc în loc; capetele orientate spre stratul de molecule lipidice sunt proteine ionizate. Moleculele din soluția extracelulară își fac drum prin golul dintre moleculele de lipide și se ciocnesc de ele. Această orientare descompune lipidele care pot forma un por. Prin urmare, substanța din exterior, care are o energie cinetică mai mare decât membrana energetică protoplasmatică, poate pătrunde în interiorul celulei. Energia substanței care părăsește celula trebuie să fie mai mare decât cea a moleculelor de lipide pentru a perturba stratul care se confruntă.

Caracteristic și paradoxal este fenomenul de pătrundere mai accesibilă a substanțelor cristaloide cu molecule relativ mari (ex. ureea) decât cel al ionilor metalici (cum ar fi alcalino-pământoase sau alcaline). Explicația este, pe de o parte, hidratarea ionilor, pe de altă parte, existența sarcinilor electrice pe membranele vieții. Aceste sarcini au o origine multiplă: disocierea electrolitică a constituenților membranei, adsorbția ionilor membranei etc. Potrivit unor autori (Ling C), membrana celulară ar putea funcționa într-o oarecare măsură ca un schimbător de ioni. Sub influența unui curent electric, se modifică permeabilitatea membranei coloidale atât a celor vii (cum ar fi permeabilitatea branhiilor de pește), cât și a colodionului artificial (EA) Pora.

MODELE DE MEMBRANĂ

Teoria membranei lui Gorter și Grandel – 1925

Modelul Davson-Danielli - 1935

Cantaretul model – 1971

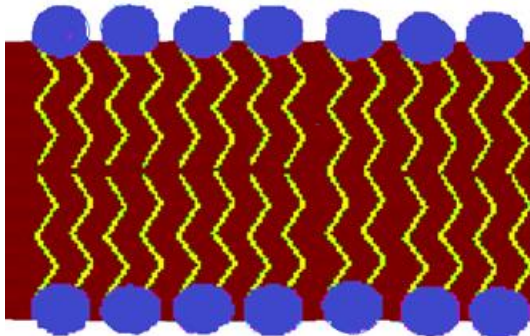
Modelul Singer-Nicolson - 1972

[1. Z.Simon, Floare Rotemberg, Gh.I.Mihalas, *Biofizica, Lito IMT, 1989*;

2.A. Neagu, M.Neagu, *Curs de Biofizica pentru Facultatea de Medicina Dentara, Ed.EUROBIT, 2007*]

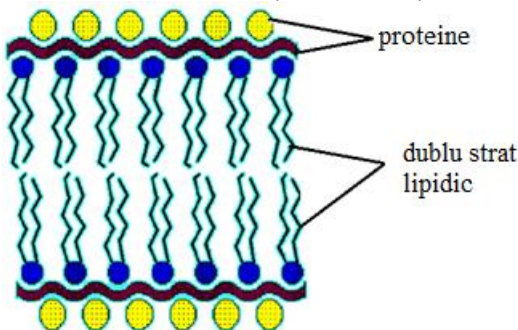
- **MODELUL GORTER-GRANDEL** propus in 1925 - pune pentru prima data în evidența a stratului dublu fosfolipidic în componența membranei.

mediu extracelular



mediu intracelular

2. **MODELUL DAVSON-DANIELLI** dezvoltat în 1935 când au preluat ideea stratului dublu din modelul lui Gorter și Grandel și au introdus o idee nouă: că există și macromolecule proteice în compoziția membranelor. Se consideră că proteinele sunt aranjate într-un strat continuu pe suprafața stratului dublu.



Pana la Robertson in 1960 s-a considerat ca proteinele sunt amplasate in straturi continue la suprafata stratului dublu de fosfolipide.

3. **MODELUL SINGER** propus in 1971 bazat pe conceptia lu Danielli- Davson a considerat ca proteinele se gasesc pe toata grosimea membranei.

Acest model a fost largit, imbunatatit, devenind modelul de mozaic lichid.

Stratul dublu de fosfolipide este considerat un lichid bi-dimensional. Proteinele si lipidele au un anumit grad de mobilitate si difuziune in membrana.

Modelul are la baza rezultate experimentale. Studiile efectuate pe membrana congelata, cu ajutorul microscopului electronic pozitia proteinelor in asa zisul mozaic lichid iar prin metode moderne de spectroscopie s-a justificat mobilitatea proteinelor si lipidelor in membrana.

Modelul de mozaic lichid a lui Singer ofera date despre structura, aranjamentul si mobilitatea proteinelor in membrana celulara.

Singer deosebeste doua categorii de proteine membranare:periferice si membranare.

Proteinele periferice pot fi solubilizate in solutiile apoase (deci nu se deosebesc de alte proteine care sunt solubile in apa. Pot fi separate de membrana fara a distruge structura acesteia. Proteinele integrale se izoleaza foarte greu , nu sunt solubile , au un caracter pronuntat hidrofofob.

Aminoacizii cu resturi nepolare din proteina sunt concentrati la un capat a macromoleculei catre lipidele din interiorul membranei. Iar portiunea enzimatica a macromoleculei este situata la suprafata membranei si este abordabila dinspre mediul apos.

MODELUL SINGER – NICHOLSON propus in 1972 se mai numeste si **modelul de mozaic fluid lipo-proteic.**

Este un model unanim acceptat azi .

Modelul are la baza stratul fosfolipidic si moleculile proteice , difera doar amplasamentul acestora.

Conforma acestui model , proteinele se gasesc pe toata grosimea stratului dublu ce are o consistenta fluida si sunt doua tipuri :

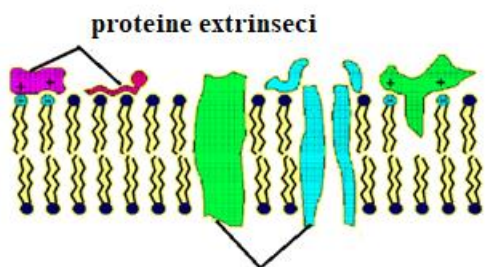
- **Proteine extrinseci care se pot gasi**

Pe fata externa a membranei (joaca rol de enzime)

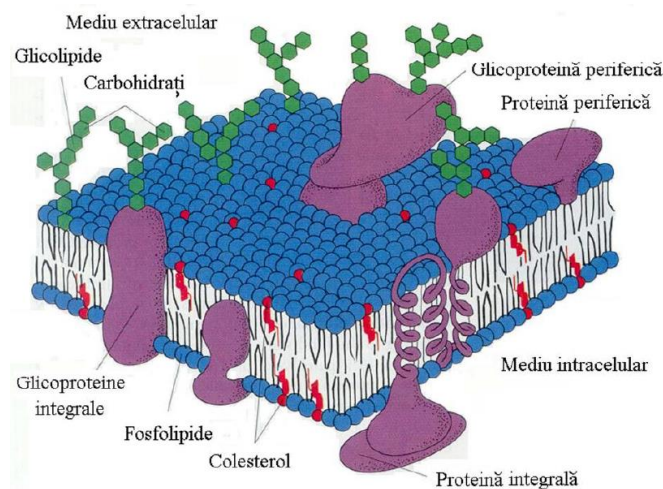
Pe fața internă a acesteia (reprezinta suportul citoscheletului)

- **Proteine intrinseci ce pot fi :**

- De tip I, cu portiuni externe (joaca rol de receptori)
- De tip II , ce strabat membrana de pe o fata pe alta (formeaza canalele ionice).



proteine intrinseci



Echilibrul Donnan

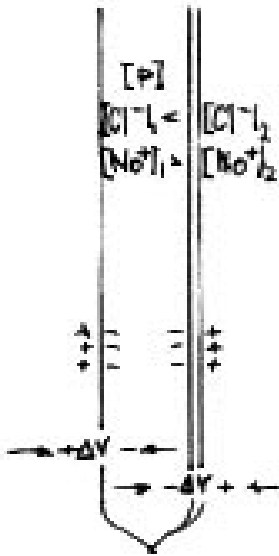


Figura 2: Echilibrul Donnan

FG Donnan constată că, dacă unul dintre ioni nu poate trece prin membrană fiind, de exemplu, macromolecular, ionii nu difuzează, ci sunt distribuiți inegal pe cele două laturi ale sale. Într-un bol împărțit în două compartimente de o membrană de colodion, roșu Congo (un electrolit coloidal care eliberează ioni R- nedifuzanți) este introdus într-unul dintre compartimente și NaCl în celălalt.

Vedem (Figura 2) că ionii Cl^- sunt în echilibru în cele două compartimente atunci când concentrația este inegală, dar produsul concentrației ionilor de difuzie are aceeași valoare pe ambele părți ale membranei:

$$[\text{Na}^+]_I \cdot [\text{Cl}^-]_I = [\text{Na}^+]_H \cdot [\text{Cl}^-]_H$$

În anumite condiții, echilibrul Donnan poate provoca reacții chimice (osmolyza), de exemplu hidroliza prin distribuția neuniformă a ionilor H^+ și OH^- din descompunerea apei.

Modifică presiunea osmotică dintre cele două compartimente. N. Barbulescu (1949) a aratat ca membrana are un rol specific in acest proces, in functie de echilibrul calitatilor.

Membrana permite trecerea ratei de difuzie ionică nu este egală în ambele direcții. Dacă notăm cu $[x]$

concentrația de roșu Congo, putem scrie relația:
$$\frac{[\text{NaCl}]_H - [x]}{[x]} = 1 + K \frac{[\text{NaCl}]_I}{[\text{NaCl}]_H}$$

Unde K este coeficientul variabil al membranei de la o situație la alta.

Lichidul cefalorahidian, lichidul edem, umoarea apoasă a ochiului sunt produse prin dializa sângelui, rezultând echilibrul membranei.

În teoria sorbției (teoria fazelor) protoplasma este considerată a fi o fază care are o serie de caracteristici fizico-chimice similare coacervăților (DN Nasanov, 1945 AS Trosin, 1956 VI Alexandrov, 1940). Nivelul de sorbție este capacitatea de solubilitate, adsorbție, absorbție chimică (chemisorbție) a protoplasmei la o substanță dată. Nivelul celulei de sorbție este mai mare decât o anumită substanță, cantitatea de substanță care intră în celulă este crescută. Când soluția din jur este diluată, permeabilitatea protoplasmei poate fi mai mare. Substanțele continute in solutii sunt mai concentrate decat coacervatul adsorbit, ceea ce se explica prin faptul ca substantele prezente in solutia concentrata sunt slab solubile in apa conectata la coacervat.

Studiul permeabilității nu poate fi limitat la intrarea sau ieșirea de substanțe prin membrana celulară, ci trebuie completat cu schimburi de cercetare calitativă și cantitativă între nucleu și citoplasmă și în general

membranele de schimb ale diferitelor organe celulare. În condiții normale, pătrunderea lichidelor din citoplasmă în nucleu în trecerea lor de la nucleu la citoplasmă este reglată astfel încât echilibrul osmotic să se stabilească între nucleu și citoplasmă; miezul își păstrează forma și turgența. Fenomenul de plasmoliză are loc în nucleu (prin pierderea apei, volumul scade). Conform cercetărilor lui Shapiro și Beck (1936) asupra ouălor imature de *Asterias forbesii*, substanțele nucleare sunt osmotic mai active decât în citoplasmă. Prin plasarea oului în soluție de apă de mare 80%, nucleul absoarbe mai multă apă și ajunge încet la echilibrul osmotic cu mediul extern al întregii celule.

Echilibrul osmotic dintre nucleu și citoplasmă este încă foarte instabil: o hipotonicitate foarte mică a citoplasmei duce la pătrunderea lichidelor în nucleu. Când apa pătrunde în nucleu pot apărea două fenomene, fie impregnarea prin pătrundere intercelulară a apei, fie vacuolarea.

Miezurile aplatizate ale *Spyrogyra* își pot crește volumul cu 64%. odata pus in apa.

TRANSPORTUL TRANSMEMBRANAR

Trecerea substanțelor prin membranele biologice este una dintre cele mai importante funcții ale acestora. Transportul tinde să se producă spontan de la o concentrație mai mare la o concentrație mai mică, iar pentru particulele încărcate electric există tendința de a se deplasa înaintea membranei care este încărcată cu sarcina de semn opus.

Forța termodinamică care stă la baza transportului este gradient de potențial electrochimic:

$$\mu_i = \mu_{i0} + R.T.\ln c_i + z_i.F.E$$

Privind procesul din punct de vedere energetic:

Energia liberă schimbată în cursul transportului unui mol de substanță din compartimentul 1 în 2 este

$$\Delta G_{1 \rightarrow 2} = R.T.\ln \frac{c_2}{c_1} + z.F.(E_2 - E_1)$$

Unul dintre criteriile de clasificare a transportului transmembranar este cel energetic:

- **TRANSPORTUL PASIV**- este fara consum energetic – **cu degajare de energie libera Gibbs =proces exergonic** , în sensul reducerii gradientului electrochimic (de exemplu **anabolismul**= Fază a metabolismului în care materiile nutritive introduse în organism sunt transformate în substanțe proprii acestuia; asimilație).
- **TRANSPORTUL ACTIV** – este **proces endergonic (cu absorbtie de energie libera)** , nu poate decurge spontan avand loc in sensul cresterii fortei termodinamice. (de exemplu **catabolismul**= Proces biologic de transformare a unor substanțe complexe, specifice organismului, în alte substanțe mai simple și nespecifice, pe care organismul le elimină; dezasimilație, dezasimilare)

Clasificarea si mecanismele de desfasurare a transportului transmembranare pasiv respectiv activ

Transportul transmembranar PASIV

- Prin difuzie libera
- Prin canale ionice
- Prin difuzie facilitata

Transportul transmembranar ACTIV:

- Pompa de sodiu/potasiu (ATP-aza Na/K dependenta)
- Pompa mucoasei gastrice
- Transportul cuplat

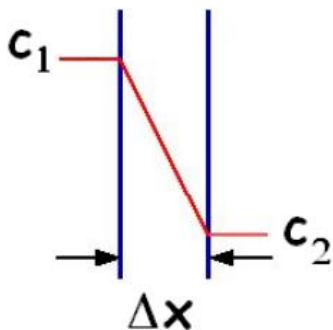
TRANSPORTUL TRANSMEMBRANAR PASIV este un proces ce se desfasoara spontan fara consum energetic, in sensul reducerii gradientului electrochimic al speciei transportate. Procesul are la baza difuzia ionilor si a moleculelor mici prin membrana celulara si are loc cu degajare de energie libera Gibbs ($\Delta G < 0$). Tendinta transportului pasiv este aceea de a apropia sistemul de starea de echilibru.

Transportul pasiv poate decurge pe diferite cai in functie de tipul particulelor ce difuzeaza .

- Prin difuzie libera
- Prin canale ionice
- Prin difuzie facilitata

TRANSPORT TRANSMEMBRANAR PASIV :

Prin difuzie libera



Doar moleculele de substanțe foarte liposolubile (benzen), gaze (O_2 , CO_2), molecule polare mici (apă, etanol) pot trece prin membrană datorită transportului pasiv efectuat prin difuzie liberă.

Procesul urmează legea lui Fick: $\frac{dv}{dt} = -D \cdot S \cdot \frac{dc}{dx}$

Raportul dintre coeficientul de difuzie D și grosimea membranei

Se numește permeabilitate $P = \frac{D}{\Delta x}$, $[P]_{CGS} = 1 \frac{cm}{s}$

Are valori diferite in functie de materialul transportat

Cantitatea de substanță care difuzează pasiv în secțiunea S a membranei este dată de: $\frac{\Delta n}{\Delta t} = -P \cdot S \cdot (c_2 - c_1)$

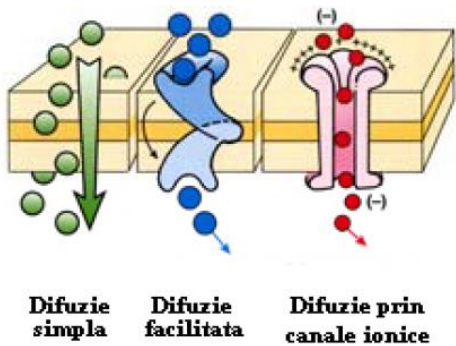
Permeabilitatea membranelor a moleculelor care difuzează variază invers cu diametrul moleculei:

$P \sim 1/\phi$.

Cu cât substanța este mai solubilă în grăsimi; deci caracterizat printr-un coeficient de partiție PLIP: cu atât apa va traversa mai ușor membrana.

Prin acest mecanism ionii nu pot trece deoarece permisivitatea relativă în vidul dublu strat ($\epsilon_r = 2$) este mult mai mică decât cea care intră în lichidul extracelular, care sunt soluții apoase $\epsilon_r = 81$, forța de interacțiune Coulomb este mai puternică în interiorul membranei.

TRANSPORT TRANSMEMBRANAR PASIV PRIN CANALE IONICE



Folosind această metodă, ionii pot trece prin membrană ca particule încărcate electric.

La baza acestui transport se află fie structuri proteice, fie proteine integrale care traversează membrana dintr-o parte în alta, formând în interior canale ionice care sunt în general permeabile în ambele direcții.

Direcția este dictată de gradientul electrochimic.

Canalele ionice sunt formațiuni selective în general, permit trecerea unui număr mic de specii ionice.

Canalele cationice sunt mult mai frecvente, nu permit trecerea ionilor, intrarea respingând sarcina negativă. Pentru sarcinile de același semn, selectivitatea se referă la dimensiunea ionului.

Canalele ionice au în componența :

- **filtru de selectivitate** - ce selectează ionii după criterii dimensionale
- **vestibul** = canalul de trecere al ionilor,
- **Poarta** , ce se poate afla în două stări conformationale: permite și nu permite trecerea ionului prin canal.
- **Senzorul** ce comandă poarta.

În funcție de modul în care este reglată deschiderea canalelor se disting:

- **Canale voltaj dependente:** la care comanda este declansată de modificarea potențialului transmembranar. *Exemple de canale cationice:* Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , din membrana celulelor excitabile.
- **Canale comandate chimic**, unde deschiderea este provocată de legarea la gura canalului a unui mesager chimic. *Exemplu de canale comandate chimic:* canalul receptor de acetilcolină: Ach din membrana postsinaptică a jonctiunii neuro musculare .

TRANSPORTUL TRANSMEMBRANAR PASIV

Prin difuzie facilitata

Moleculele hidrofobe mici pot traversa membrana prin difuzie libera , ionii trec prin canale ionice , insa moleculele hidrofile, polare nu pot folosi niciuna din aceste cai.

Trecerea prin membrana a substantelor avand un predominant caracter hidrofil este mediat de molecule transportoare numite carrier, mecanismul poarta numele de DIFUZIE FACILITATA.

Transportorii sunt molecule specializate capabile sa facă distincție între doi izomeri ai aceleiasi substante. Carrier-ul recunoaste molecula pentru care este specific si favorizeaza transportul acesteia in sensul reducerii gradientului ei electrochimic , deci de la concentratie mare la concentratie mica.

Exista doua stari conformationale distincte in care se poate gasi un transportor:

O stare in care locul de legare a moleculei transportate se afla pe fata 1 a membranei.

O alta in care pozitia se afla pe fata 2 a acesteia

Dupa legarea moleculei ce urmeaza a fi transportata pe acea fata a membranei unde concentratia acesteia e mai mare ($c_1 > c_2$), are loc o modificare conformationala a carrier-ului ce are ca rezultat transferarea locului de legare pe cealalta fata a membranei, urmata de eliberarea in acest loc a moleculei transportate.

Cantitatea de substanță facilitată care difuzează pe unitatea de timp este următoarea:

ECUAȚIA CE FACILITEAZA DIFUZIA

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = -k \cdot P \cdot S \cdot \left(\frac{c_2}{c_2 + k} - \frac{c_1}{c_1 + k} \right)$$

CAZ PARTICULAR

$$c_1, c_2 \ll k \Rightarrow \Delta v = -k \cdot P \cdot S \cdot (c_2 - c_1) \cdot \Delta t$$
$$c_1, c_2 \gg k \Rightarrow \Delta v = 0$$

$c_1, c_2 \ll k$ - concentrațiile scăzute aplică legea lui Fick.

$c_1 c_2 \gg k$ - saturația are loc în concentrații mari și transportul se oprește

TRANSPORT ACTIV

Orice tesut este un grup de celule inconjurate de un lichid interstitial numit extern. Faza continuă a protoplasmelor celulare, în întregime, este un fluid intracelular. Compoziția acestor fluide are un rol important al cationilor anorganici de sodiu (Na^+) și potasiu (K^+). Deși concentrațiile molare ale celor două lichide sunt similare, ele prezintă diferențe semnificative în concentrațiile ionice. Concentrația ionilor de K^+ în lichidul intracelular este mai mare decât cea a ionilor de Na^+ . Concentrația ionilor Na^+ în lichidul interstițial este mai mare decât cea a ionilor K^+ . Dar lichidul intracelular conține alți anioni macromoleculari organici și anorganici A^- , iar lichidul interstițial are o concentrație mare de ioni Cl^- , pe lângă concentrația mare de ioni Na^+ .

Membrana celulară, o structură complexă descrisă mai sus, separă diferitele sarcini electrice ale celor două lichide, acționând ca un dielectric. Sarcinile negative sunt distribuite în interiorul membranei și sarcinile pozitive în exterior. Prin urmare, împreună cu diferența de concentrație a ionilor de diferite tipuri, există și o diferență de potențial electric, o tensiune electrică numită potențial de tensiune de membrană (UM) sau potențial de repaus. Membrana cu sarcini ionice adiacente constituie un condensator cu o capacitate relativ mare, grosimea membranei (dielectric) este mai mica de aproximativ 100 Å.

Fibrele nervoase cefalopode au o capacitate membranară de aproximativ 1 mF/cm²; capacitatea fibrelor musculare scheletice de broaște este de 10 mF/cm² și potențialul de membrană = -90 mV UM. Există o diferență esențială între un condensator dielectric fizic și membrana celulară. Dacă un anumit dielectric se comportă la fel la orice sarcină electrică, permeabilitatea membranei celulare este diferită pentru ionii

cu aceeași sarcină. Permeabilitatea P a membranei la ionii K^+ este de aproximativ o sută de ori mai mare decât la ionii Na^+ . În scheletul mușchilor amfibieni, permeabilitatea la ionii K^+ este $PK \gg 10^{-6}$ cm/s, în timp ce $PNa \gg 2 \cdot 10^{-6}$ cm/s. Permeabilitatea la apă a unui strat de aceeași grosime ca și membrana (100 Å) pentru ionii K^+ este $P \gg 10$ cm/s, care este de zece milioane de ori mai mare decât permeabilitatea PK a membranei celulare. Aceste valori exprimă clar că membrana celulară limitează fluxul de ioni. Prin urmare, s-a presupus că diametrul porilor este intermediar între diametrul ionului K^+ hidratat (2,2 Å) și diametrul ionului Na^+ (3,4 Å).

Diferența de potențial dintre straturile adiacente care alcătuiesc membrana cu un potențial de membrană al potențialului de echilibru ionic. Suma potențialului de membrană UM și potențialul ionilor identici de pe ambele părți ale membranei se numește potențial electrochimic.

Valoarea potențialului de echilibru al ionilor este dată de relația Nernst, care pentru ionii de potasiu se

$$\text{scrie: } U_K = \frac{RT}{F} \ln \frac{[K^+]_{ext.}}{[K^+]_{int.}}$$

Prin logaritmi zecimali obținem în milivolți

$$U_K = 60 \log \frac{[K^+]_{ext.}}{[K^+]_{int.}}$$

Deși permeabilitatea membranei pentru ionii K^+ este mai mare decât pentru ionii Na^+ ; acestea din urmă se deplasează în mod constant din exteriorul spre interiorul celulei. Cu toate acestea, concentrația de ioni Na^+ în interiorul celulei rămâne la un nivel scăzut în celulele vii. Aceasta înseamnă că există un mecanism prin care ionii de Na^+ sunt transportați din interiorul spre exteriorul celulei; de la o concentrație scăzută la o concentrație mare; de la un potențial electrochimic scăzut la unul ridicat.

Când moleculele și ionii sunt transportați împotriva potențialului electrochimic, fenomenul se numește transport activ. Energia necesară pentru acest transport provine din metabolismul celular. Transportul activ are loc atunci când metabolismul energetic al celulei rămâne intact. Nu numai Na^+ , ci și alți ioni sunt transportați activ. Astfel, în mucoasa stomacului are loc un transport activ de H^+ . În epiteliul intestinal, există un transport activ de ioni, apă, glucoză, acizi grași, aminoacizi. Transportul activ al ionilor și al apei are loc prin pielea broaștei, iar iodul se acumulează activ în celulele tiroidiene.

De obicei, atunci când un ion Na^+ iese din celulă, un ion K^+ intră în ea. Transportul activ al Na^+ se numește pompa $Na^+ K^+$ sau pur și simplu pompa Na^+ (AL Hodgkin). Pompa face ca potențialul membranei să rămână constant și să se recupereze atunci când este modificat de excitație. Mecanismul la nivel molecular și submolecular nu a fost încă explicat; dar există ipoteze plauzibile. Moleculele de ATP de adozin trifosfat s-au dovedit a fi o sursă de energie pentru transportul activ. Pentru unii cercetători, transportul activ se datorează *moleculelor purtătoare*; având o afinitate deosebită pentru anumiți ioni, se combină cu aceștia într-o manieră reversibilă. Complexul ar fi solubil în grăsimi, ar intra în celulă unde s-ar disocia (Hodgkin). În același timp, ceilalți ioni ai celulei se combină cu molecula purtătoare care traversează membrana. În afara membranei ionii se separă de transportor. În acest fel, difuzia liberă s-ar combina cu transportul activ în ambele direcții. În orice caz; transportul activ implică și enzime care hidrolizează ATP (ATP-azele) fixate la suprafața celulei și stimulate de Na^+ , K^+ și alți ioni (JC Skou, 1961).

TEORIA STRUCTURII

După E. Macovschi teoriile propuse pentru permeabilitatea celulei sunt criticabile, deoarece ele nesocotesc intervenția activității biologice a însăși zonei de contact dintre celulă și mediul exterior. După cum s-a menționat protoplasma ar alcătui o structură unitară, spongioasă sau generis, iar zona de contact nu ar fi o membrană propriu-zisă, ci o semimembrană, care nu are o suprafață inernă distinctă față de materia vie celulară.

Activitatea metabolică a materiei vii se exprimă nemijlocit în schimbul de materii cu exteriorul. Despre membrane în sensul clasic se poate însă vorbi când se studiază transportul de substanțe între organismele pluricelulare și mediul exterior sau între compartimentele aceluiași organism. Prin aceste membrane substanțele trec în conformitate cu legea de difuzie a lui Fick sau cu legea (izotermă) de adsorbție a lui Freundlich. Cantitativ, fenomenul transportului prin membrana branhiară de pește se poate reproduce în laborator cu ajutorul unei branhi artificiale alcătuite din foițe subțiri de colodiu.

Examinând comparativ teoria membranei, teoria sorbției și teoria structurii Jacovschi (1965) arată următoarele:

- *Fiecare teorie atribuie protoplasmei o natură diferită (lichid protoplasmatic, coacervat protoplasmatic, ansamblu protoplasmatic)*
- *Fiecare consideră în mod diferit starea și însușirile apei protoplasmatică care intervine în fenomenele de transport (apă liberă, apă legată, apă integrată în structura materiei vii - apă de imbițiție a materiei vii-apă liberă a materiei nevii).*
- *Fiecare teorie se bazează pe concepții diferite cu privire la starea electronilor din protoplasmă (dizolvați sau total disociați, legați de proteine-adsorbiți pe coloizi-dizolvați în stare disociați în apă legată+integrați în structura materiei vii-adsorbiți pe materia vie și pe coloizii materiei nevii - dizolvați în stare disociați atât în apa de imbițiție a materiei vii, cât și în apa liberă a materiei nevii).*

Notiunea de transport activ a fost introdusă de Overton care a observat că celulele vii sunt capabile să mențină diferențe constante de concentrație între citoplasma și mediul extracelular pentru acele specii care pot străbate membrana (care ar putea să-și egalizeze concentrațiile de o parte și de alta a membranei)

TRANSPORTUL ACTIV este unul dintre cele mai importante procese care au loc în materia vie, ce reclamă consum energetic (este endergonic: $\Delta G > 0$), deoarece decurge în sensul creșterii gradientului electrochimic al speciei transportate.

TRANSPORTUL ACTIV poate fi:

- **PRIMAR**, când este cuplat cu o reacție exergonică (hidroliza ATP-ului)
- **SECUNDAR**, când procesul este cuplat cu transportul simultan al unei alte specii, în sensul reducerii gradientului electrochimic al acesteia - cu un flux pasiv în consecință exergonic de substanță ($\Delta G < 0$)

În funcție de sensul translocării pasive a celei de-a doua specii :

SIMPORT SAU COTRANSPORT – dacă ambele specii sunt translocate în același timp.

ANTIORT SAU CONTRATRANSPORT, dacă speciile sunt transportate în sensuri contrare

	Viteza de transport (Ioni/i)	Densitate ioni / μm^2
Canale ionice	10^8	300-2000
Pompe ionice	$10^2 - 10^3$	8000

**Transportul transmembranar ACTIV:
Pompa de sodiu/potasiu (ATP-aza Na/K dependenta)**

Este responsabila de dezechilibrul in concentratiile ionilor de Na⁺, K⁺, Cl⁻.

In interiorul celulei [Na⁺] ~10mM, [K⁺] ~140mM, [Cl⁻] ~5mM

In exteriorul celulei [Na⁺] ~140mM, [K⁺] ~5mM, [Cl⁻] ~100mM

Gradientul electric si cel al concentratiilor se compenseaza in cazul ionilor de K⁺ si Cl⁻: E_{int}-E_{ext}= -90 mV.

Ambii gradienti determina cresterea unui flux pasiv de Na⁺ din exteriorul celulei spre interiorul celulei. Acest flux pasiv compensat de Na⁺ este compensat de activitatea pompei de Na/K care pompeaza ionii de Na⁺ in interior. Pompa consuma ATP-aza Na/K == ATP-aza Na/K dependenta. Pentru o molecula de ATP hidrolizata, se scot in exterior 3 ioni Na⁺ si in paralel intra in celula K⁺(2 ioni) si iese Cl⁻ (1 ion)

Adenozintrifosfatul (ATP- (C₁₀H₁₆N₅O₁₃P₃))este o parte din acizii nucleici ADN și ARN, fiind compus din trifosfat, adenină și riboză (o pentoză). Este acumulatorul de enegie necesară celulei prin înmagazinarea și conversia energiei celulare după necesitățile metabolice.

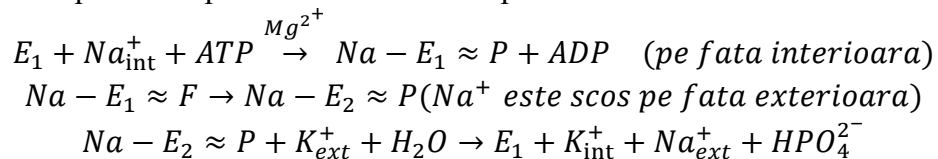
ATPaza dependentă de Na⁺/K⁺ pătrunde în grosimea membranei celulare. Are o greutate moleculară de 3,10⁵ și constă din două subunități mari de proteine și o subunitate mică.

Enzima are două conformații E1 și E2 cu afinitate mare pentru Na⁺ sau K⁺.

În plus, ionii de Na⁺ și K⁺ necesită o pompă ATP și Mg²⁺ pentru a funcționa, iar anumiți steroizi, cum ar fi ouabaina extracelulară, împiedică funcționarea acestei pompe.

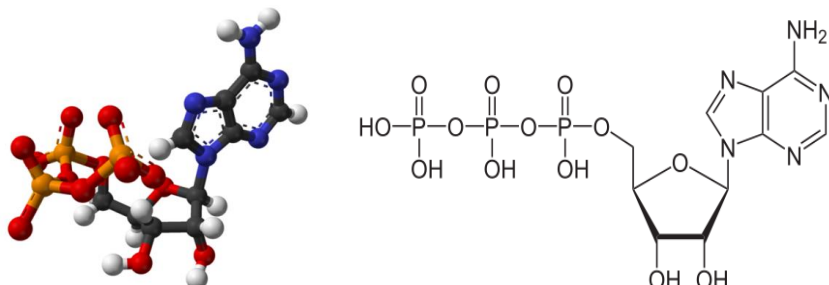
CONFORM CU Z.Simon, Floare Rotemberg, Gh.I.Mihalas, Biofizica, Lito IMT, 1989

Mecanismul de transport activ poate fi schematizat după cum urmează:



ADENOSIN TRIFOSFAT (ATP)

Adenozin trifosfat (ATP) ($C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3$) este o nucleozidă trifosfat utilizat în celulă ca coenzimă. Se mai numește și o unitate a schemei moleculare a transferului de energie intracelular. ATP transportă energia chimică între procesele metabolice celulare.



ATPaza este produsul final în procesul de fosforilare, respirație celulară sau fermentație și este utilizată de enzime și proteine structurale în multe procese celulare, inclusiv reacții de biosinteză, motilitate și diviziune celulară.

O moleculă de ATPază conține trei grupe fosfat și este produsă de o mare varietate de enzime, inclusiv ATP sintaza din adenozin difosfat (ADP) și adenozin monofosfat (AMP) și diverși donatori de grupe fosfat.

Principalele mecanisme ale biosintezei ATPazei sunt nivelul de fosforilare a substratului, fosforilarea oxidativă în respirația celulară în procesul de fotosinteză.

ATPaza a fost descoperită în 1929 de Karl Lohmann, Fiske și Y. Subbarao la Harvard Medical School, dar structura sa corectă a fost determinată câțiva ani mai târziu de Fritz Lipmann în 1941. A fost propusă ca principală moleculă de transport de energie celulară.

De asemenea, a fost propusă ca principală moleculă de transfer de energie ca celulă intermediară între randamentul energetic și reacțiile endergonice și exergonice care necesită energie.

A fost sintetizat pentru prima dată artificial în 1948 de Alexander Todd.

POMPA MUCOASEI GASTRICE

Este implicată în secreția gastrică de HCl. Ea transportă în primul rând ioni de H^+ din celulele mucoasei gastrice cu $pH=7$ în sucul gastric cu $pH=2$. Ionii Cl^- merg în aceeași direcție cu transportul de H^+ . Dacă facem abstracție de potențialele transmembranare, energia necesară acestui transport de H^+ din celulele mucoasei gastrice (CMG) în sucul gastric (SG) se poate calcula cu relația:

$$\Delta G_{CMG \rightarrow SG} = RT \ln \frac{[H^+]_{SG}}{[H^+]_{CMG}} = 5,92 \log \frac{10^{-2}}{10^{-7}} \approx 29 kJ / mol$$

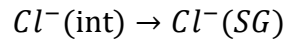
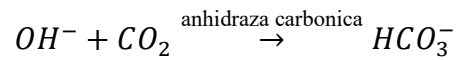
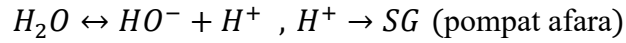
Energia eliberată prin hidroliza unui mol de ATP, din punctul de vedere al organismului, este:

$$\Delta G_s = -45 kJ/mol$$

Hidroliza unei molecule de ATP oferă suficientă energie pentru transportul ionilor de H^+ în aceste condiții.

În celulele mucoasei gastrice, excesul de ioni OH^-

CO_2 este neutralizat printr-o reacție catalizată de anhidraza carbonică:



Inhibarea anhidrazei carbonice de către medicamente speciale duce la inhibarea secreției gastrice de HCl

TRANSPORT CUPLAT

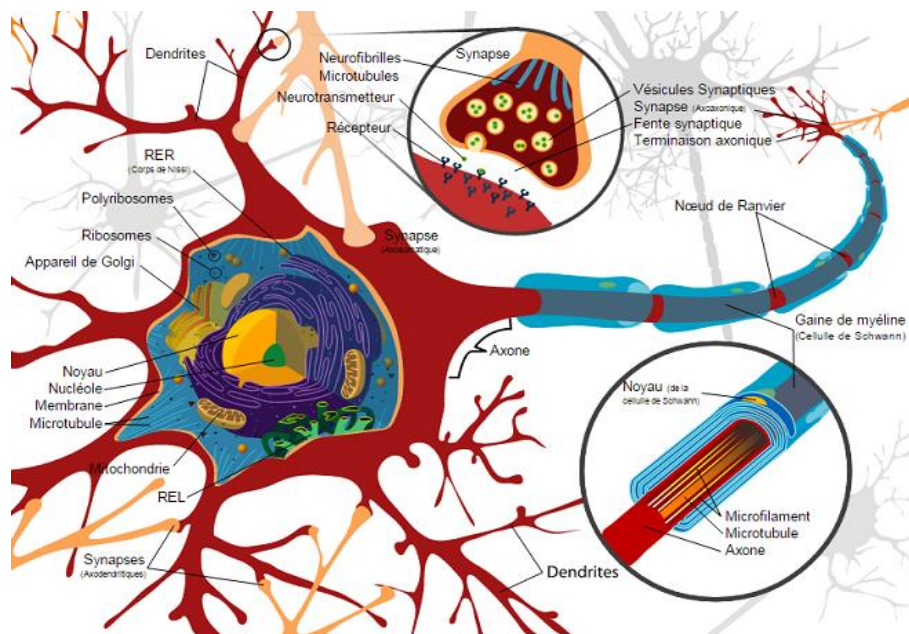
Clearance-ul glucozei față de un gradient de concentrație în glomerul și tubii renali ai filtratului sanguin este cuplat cu transportul Na^+ . La fel și transportul aminoacizilor prin aer (limfă) în celule.

Acest transport cuplat este efectuat de enzime care au atât site-uri Na^+ cât și aminoacizi (sau glucoză) pe aceeași parte.

Legarea Na^+ crește afinitatea purtătorului pentru aminoacidul din interiorul celulei prin difuzie unde concentrația de Na^+ este scăzută, Na^+ se disociază de complex cu purtătorul obținut în eliberarea aminoacizilor în interior. Creșterea potențialului chimic legat de transport în interiorul aminoacidului este supracompensată de potențialul chimic de eliberare de energie legată de transport al ionilor de Na^+ în interiorul celulei.

TRANSMISIA SINAPTICĂ

Structura și funcția sinapselor electrice, Structura chimică și descrierea transmisiei sinaptice chimice



NEURONUL este format din:

un corp numit *PERICARYON* sau corp celular sau SOMA,

doua tipuri de extensii: AXONE unic , care conduce potențialul de acțiune centrifuga

dendrite , care în medie 7.000 per neuron și conduc potențiale de acțiune centripetă

Morfologia, locația și numărul acestor extensii, precum și forma somei, variază și contribuie la definirea diferitelor familii morfologice de neuroni.

De exemplu, există neuroni unipolari sau multipolari.

Diametrul corpului neuronului variază în funcție de tipul lor, de la 5 la 120 μm . Conține nucleul, blocat în interfază și, prin urmare, incapabil să se divizeze, și citoplasma. În citoplasmă se află reticulul endoplasmatic aspru (formând *corpurile Nissl* ale histologilor), aparatul Golgi, mitocondriile și neurofilamentele care se unesc pentru a forma neurofibrile.

Extensiile sunt de două tipuri: axonul - simplu și dendritele .

Axonul (sau fibra nervoasa) are un diametru între 1 și 15 μm , lungimea sa variaza de la un milimetru la mai mult de un metru. Conul de emergență, o regiune extrem de bogată în microtubuli, constituie originea axonului.

Se mai numește și zonă de declanșare deoarece participă la geneza potențialului de acțiune. Descrie o cale mai mult sau mai puțin lungă (uneori câțiva metri) înainte de a se termina prin ramificare (aceasta este arborizarea terminală).

Fiecare ramură se termină într-o umflătură, *terminalul butonul sau butonul sinaptic* . Cu toate acestea, pe același segment axonal se observă și „enfîlade” de umflături sinaptice, constituind sinapse trecătoare. Membrana plasmatică a axonului, sau axolema, conține axoplasma în continuitate cu citoplasma pericarionului. Se compune din neurofilamente, microtubuli și microvezicule (acestea sunt produse de

reticulul endoplasmatic aspru și de aparatul Golgi). Unii axoni sunt acoperiți cu o teacă de mielină, formată din celule gliale, celule Schwann din sistemul nervos periferic și oligodendrocite din sistemul nervos central. Se estimează că aproximativ unul din trei axoni este acoperit de mielină. Învelișul de mielină a axonilor este de fapt discontinuu, separat de noduri de Ranvier, care sunt izolate din astrocite. Această acoperire permite o rată mai mare de transmitere a informațiilor nervoase.

DENDRITILE sunt numeroase, scurte și foarte ramificate de la origine. Uneori sunt acoperite cu spini dendritici. Spre deosebire de axon, acestea nu conțin microvezicule care permit transmiterea informațiilor în afara neuronului. Dendrita conduce impulsul nervos, indus la extremitatea sa, către corpul celular: este o prelungire aferentă.

Axonii sunt adunați în mănușchiuri, ei înșiși legați prin țesut conjunctiv (endoneur și perineur) formând tracturi și nervi.

SINAPSA

Transmiterea sinaptica poate implica mecanisme electrice sau chimice .

Sinapsele pot fi:

Sinapse electrice

Sinapse chimice

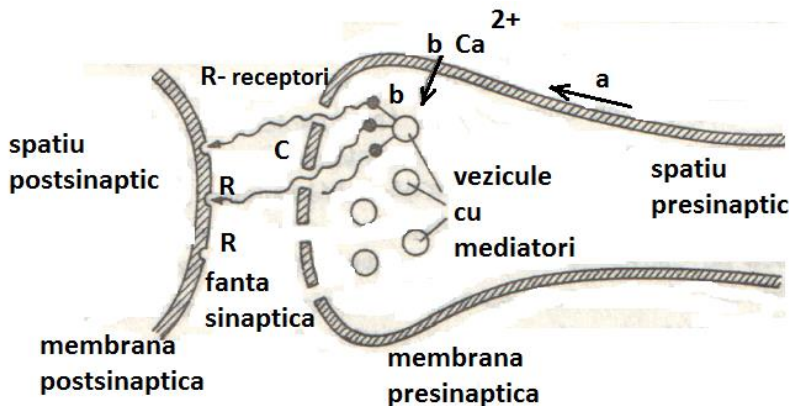
SINAPSA reprezinta jonctiunea functionala a neuronului prin care se transmite influxul nervos de la o celula la alta.

Sinapsa este formata dintr-o portiune presinaptica , o fanta sinaptica si o portiune postsinaptica si spre deosebire de fibra nervoasa transmite influxul nervos numai de la portiunea presinaptica deci numai unidirectional.

Dupa marimea sinapsei exista 3 tipuri de sinapse:

- **Sinapsa de tip I** - 300 Å
- **Sinapsa tip II** - 200 Å - ambele cu transmitere prin mediatori chimici – acetilcolina, adrenalina, etc.)
- **Sinapsa de tip III** - fara interval sinaptic (sinapsele electrice fara mediatori chimici)

SCHEMA UNEI SINAPSE



Portiunea presinaptica este butonul terminal al unei ramuri din arborizatia terminala a axonului. Este delimitata de o membrana prejonctionala si contine mitocondrii si vezicule sinaptice cu mediatori chimici.

Portiunea postsinaptica este reprezentata de membrana corespunzatoare zonei de contact de pe dendrita sau paricarion. La acest nivel sunt localizati receptorii specifici pentru mediatorul chimic. Fanta sinaptica contine o retea filamentoasa

intersinaptica ce asigura adezivitatea celor doua membrane si prin care trece mediatorul chimic.

Pe suprafata unui neuron exista $10^3 - 10^4$ sinapse.

Trecerea excitației de la segmentul la cel postsinaptic comportă trei etape esențiale:

1. Invazia butonului sinaptic de către influxul nervos – cu propagarea depolarizării până aici ceea ce determină schimburi membranale și eliberarea mediatorului.

2. Eliberarea mediatorului în fanta sinaptică din vezicule, are loc sub influența ionilor de Ca^{2+} și Na^+ care ptrund în urma depolarizării membranei. *Eliberarea mediatorului se face în cuante de câteva mii de molecule cât conține o veziculă sinaptică.*

3. Propagarea transsinaptică a influxului nervos care implică traversarea spațiului sinaptic de către mediatorul eliberat, acțiunea mediatorului asupra receptorilor din teritoriul postsinaptic, ceea ce provoacă depolarizarea membranei postsinaptice și propagarea influxului excitator.

În final are loc o inactivare (descompunere enzimatică) a mediatorului și membrana postsinaptică devine aptă pentru a recepționa un nou mesaj.

POTENȚIALELE SINAPTICE

Sinapsele pot fi excitatoare sau inhibitoare și se caracterizează funcțional în raport cu mediatorul specific (de ex. acetilcolina în veziculele sinaptice ale nervilor colinergici, noradrenalina – în nervii simpatici, iar în sistemul nervos central – acidul gama aminobutiric, dopamina și serotonina, etc.).

- La **sinapsele excitatoare**, excitația presinaptică induce o depolarizare în membrana postsinaptică.

- În **sinapsele inhibitoare** excitația presinaptică induce o hiperpolarizare.

- **POTENTIALUL POSTSINAPTIC DE EXCITAȚIE - EPSP** - este generat în urma depolarizării membranei postsinaptice de către mediator, care o face permeabilă pentru Na^+ . EPSP are o durată de 10 ms. Are o amplitudine proporțională cu cantitatea de mediator eliberat, permițând suma spațială și temporală a stimulilor. Potentialul de acțiune propagat al neuronului reprezintă o depolarizare a membranei postsinaptice de aprox. 10-30 mV.

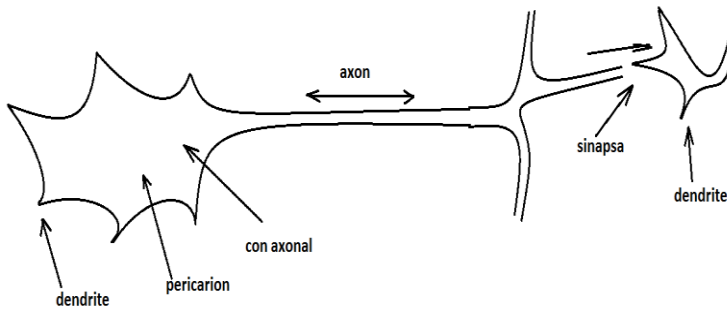
- **POTENTIALUL POSTSINAPTIC DE INHIBIȚIE – IPSP** - este expresia inhibiției postsinaptice. El este generat sub acțiunea mediatorilor ca efecte inhibitoare ce induc o marire a permeabilității membranei față de K^+ și Cl^- fără să influențeze permeabilitatea pentru Na^+ . Aceasta induce hiperpolarizarea membranei postsinaptice cu până la -5 mV, indicând o reducere a excitabilității.

Neuronii reprezintă elementele de bază ale calculatorului cerebral, dar în locul pulsurilor de curent electric, legătura între aceste elemente se face prin influxuri nervoase. Depolarizarea membranei postsinaptice (a dendritei) este urmată de un răspuns R potentialul de acțiune local a cărei mărime depinde de cantitatea S de mediator chimic după relația: $R = k \lg S$, care se propagă pe membrana neuronului numai dacă depășește un anumit prag ($S \geq S_0$). Potentialele de acțiune, provenite într-un interval de timp Δt_2 deul axonului la sinapsele excitatoare și inhibitoare, se însumează nivelul conului axonal.

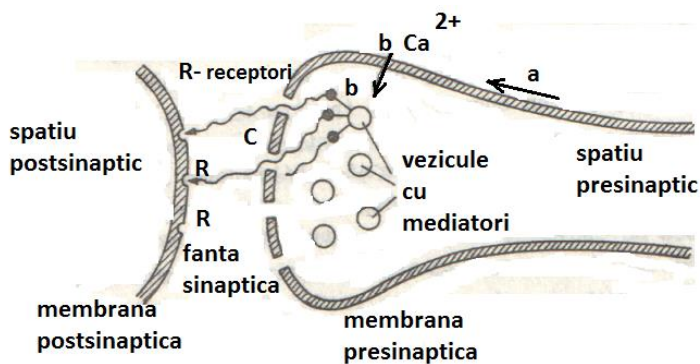
Dacă depolarizarea depășește o limită (prag de detonare), neuronul răspunde printr-un influx nervos, trimis de-a lungul axonului spre următorii neuroni.

$\Delta t_2 \geq \Delta t_1$, Δt_1 este intervalul de timp necesar transmisiei sinaptice a unui influx, neuronul integrează influxurile primite prin dendritele sale. Intensitatea integrală a influxurilor primite se traduce prin frecvența influxurilor trimise de-a lungul axonului.

Structura neuronului



Schema unui neuron



Schema unei sinapse

Sinapsele pot fi: Sinapsa electrice si sinapse chimice

SINAPSA ELECTRICA este mai putin raspandita decat cea chimica. Este mai simpla d.p.v. structural. Se intalneste in anumite parti ale creierului, intre celulele musculaturii netede sau intre celulele fotoreceptoare si cele orizontale din retina.

Sinapsele electrice se numesc si **Nexus sau Macula comunicans**.

Intre membranele celor doua celule distanta este de 2-2.7 nm, contactul dintre membrane se realizeaza prin intermediul unor **proteine canal-gap jonction**

Ca urmare a acestei structuri **semnalele electrice sunt transmise direct – prin influxuri ionice- de la celula presinaptica la cea postsinaptica** si prin urmare sinapsa electrica nu introduce nici o intarziere.

Sensul de propagare a semnalelor: **Sinapsele electrice sunt majoritatea bidirectionale**

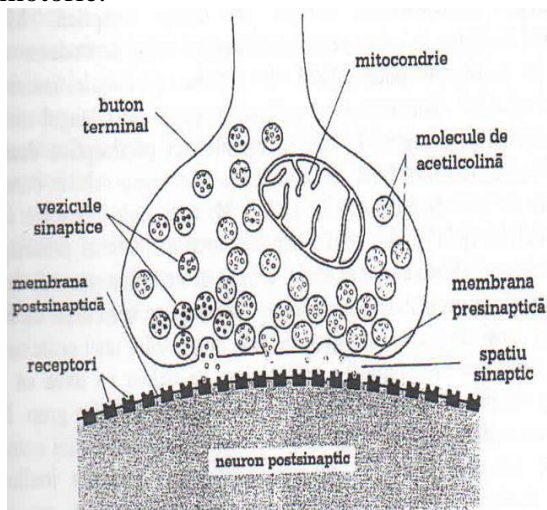
Legatura dintre membrana celulei presinaptice si a celei postsinaptice se realizeaza prin structuri macromoleculare sub forma unor bare, compuse fiecare din cate 2 ansambluri macromoleculare ce vin in contact la jumatatea distantei dintre cele doua membrane. Fiecare ansamblu este alcatuit din 6 proteine identice numite **conexiune**, dispuse pe periferia unei structuri cilindrice cu diametrul extern de 70 Å, astfel amplasate incat formeaza in centru un por numit **conexon**. **Acest por are diametrul de 10-20 Å**, si permite trecerea microparticulelor (ioni si molecule mici) – masa lor moleculare sa nu depaseasca 1500Da.

SINAPSA CHIMICA este formata din :

1. **Portiunea presinaptica** ce contine: mitocondrii , vezicule cu mediator chimic si membrana presinaptica
2. **Fanta sinaptica** cu dimensiuni de 200-500 Å
3. **Portiunea postsinaptica** care are in componenta canalele ionice comandate chimic

In cazul **SINAPSEI CHIMICE** , **transmiterea semnalului este strict unidirectionala**, **sinapsa chimica functioneaza ca o valva** , iar distanta dintre membranele celor doua celule este de cca: 20-50nm.

In cazul sinapsei chimice transmiterea semnalelor se face prin intermediul unui mediator chimic. La nivelul sinapsei intre cele doua celule exista importante diferente structurale si functionale care servesc pe de o parte ca transmitatori ai semnalului (in cazul neuronului presinaptic) pe de alta parte ca receptori ai acestuia (in cazul neuronului postsinaptic respectiv a celulei musculare pentru placa motorie.



Neuronul presinaptic prezinta ramificatii axonale sub forma de butoni terminali care contin un numar mare de vezicule sinaptice

In interiorul veziculelor se gasesc cateva mii de molecule de mediator chimic care sunt eliberate in spatiul sinaptic in momentul in care membrana se depolarizeaza la sosirea potentialului de actiune, servind ca mijloc de comunicare intre celule la nivelul sinapsei.

In vecinatatea membranei presinaptice se gasesc in densitate mare mitocondrii care furnizeaza ATP-aza necesara desfasurarii unor procese consumatoare de energie.

Portiunea postsinaptica este constituita din dendritele sau corpul celular al celulei postsinaptice.

Membrana sa , numita membrana postsinaptica contine canale ionice operate chimic ce servesc drept receptori pentru mediatorul chimic.

După sinteză, moleculele de ACh sunt împachetate în vezicule de 4000 până la 10000 de molecule mediator/veziculă.

Fiecare veziculă mediator, de aproximativ 500 Å în diametru, conține 4.000 până la 10.000 de molecule Ach.

Mecanismul de stocare presupune acțiunea combinată a celor două mecanisme de transport activ:

- O ATPază de tip vacuolar cu rolul de a genera un gradient de protoni între citoplasmă și în interiorul vezicii urinare - și
- transportul activ secundar al unui tip antiporter de Ach/H⁺ care utilizează gradientul de protoni menționat mai sus pentru a conduce moleculele mediator endergonice în veziculă.

ELIBERAREA MEDIATORULUI CHIMIC DE CĂTRE FANTA SINAPTICĂ

Membrana presinaptică conține, pe lângă canalele ionice dependente de tensiune necesare pentru generarea și propagarea potențialelor de acțiune, canale ionice Ca²⁺ dependente de tensiune. Potențialele de acțiune propagate prin membrana presinaptică declanșează depolarizarea acesteia

În celulele în repaus, **concentrația intracelulară este [Ca²⁺]_i < 10⁻⁷ M**, este mult mai mică decât **concentrația extracelulară [Ca²⁺]_e = 1,5 mM**.

Depolarizarea membranei presinaptice va determina deschiderea acestor canale, urmată de un aflux puternic de ioni de Ca.

În vecinătatea membranelor presinaptice se găsesc vezicule mediator de mare densitate, fiind grupate prin intermediul unei proteine intracelulare numite sinapsina piruvică.

Creșterea concentrației intracelulare de calciu are ca rezultat fosforilarea sinapsinei, urmată de separarea veziculelor din grup.

Fiind în imediată apropiere a membranei presinaptice, sub acțiunea unui complex de proteine ancoră a cărui activitate depinde de prezența Ca²⁺, veziculele fuzionează cu membrana presinaptică trecând prin procesul de exocitoză prin revărsarea conținutului lor în fanta sinaptică.

Mecanismul este cunoscut sub numele de **TEORIA CUANTĂ A TRANSMISIEI SINAPTICE** deoarece prin exocitoză la fiecare veziculă un pachet de câteva mii de molecule ACh numite cuante este eliberat într-o despătură sinaptică.

ELIBERAREA MEDIATORILOR

POTENȚIAL DE ACȚIUNE PROPAGATE DE-A LUNGUL AXONULUI NEURONULUI PRESINAPTIC

DEPOLARIZAREA MEMBRANEI PRESINAPTICE

IONI

$[Ca^{2+}] < 10^{-7} M$, $[Ca^{2+}] = 1,5 \cdot 10^{-3} M$ (în repaus)

DIFUZIA MEDIATORULUI PRIN FISIA SINAPTICĂ

Spre deosebire de sinapsa electrică, sinapsa chimică induce o întârziere de aproximativ 500 μs între momentul în care potențialul de acțiune atinge nivelul membranei presinaptice, declanșează depolarizarea membranei presinaptice și momentul răspunsului acesteia la nivelul membranei postsinaptice.

Durata difuziei moleculelor de ACh prin fanta sinaptică contribuie la întârziere, dar timpul necesar acestor molecule pentru a se deplasa prin spațiul care separă membranele pre- și postsinaptice, calculat pe baza ecuației Einstein-Smoluchowski, nu depășește 2-5 μs .

Principalele motive ale întârzierii sunt generate pe de o parte de procesele care au loc în membrana presinaptică (deschiderea lentă a canalelor de Ca, pe de altă parte de fosforilarea sinapsinei, exocitoza veziculelor mediatoare).

Ce se întâmplă în membrana postsinaptică.

Odată ce ajung la membrana postsinaptică, moleculele ACh suferă un proces de difuzie laterală pentru a găsi locuri libere în compoziția receptorilor mediatorii specifici.

Declanșarea răspunsului la nivelul MEMBRANEI POST-SINAPTICE

Primul pas în generarea potențialului postsinaptic constă în legarea moleculelor mediatoare de receptori specifici localizați în membrana postsinaptică. Canalele ionice activate de ACh cu o structură pentametrică au fiecare două locuri de legare a neurotransmițătorilor:

Acesta este un canal cationic neselectiv:

- ▶ Prezintă o valoare ridicată a conductanței ionice; aproximativ 27pS și se deschide la legarea celor două molecule mediatoare:
- ▶ Ca urmare a legării mediatorului, canalul ionic se deschide, producând fluxuri de ioni care provoacă modificări ale potențialului membranei postsinaptice:

Declanșarea răspunsului la nivelul QU al MEMBRANEI POST-SINAPTICE

În funcție de natura modificărilor, sinapsele sunt clasificate după cum urmează:

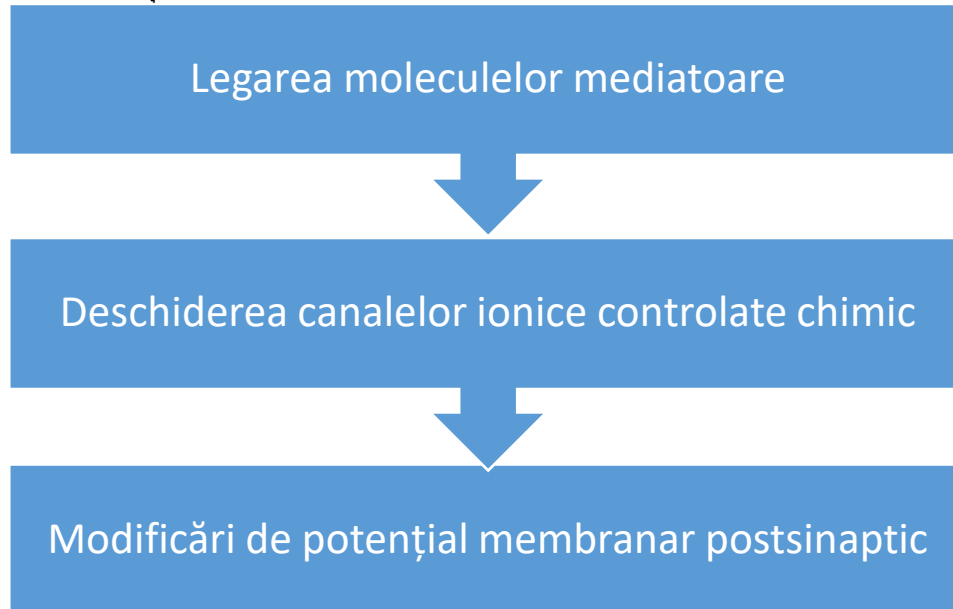
1. Sinapsa excitatoare : unde curgerea ionilor de Na^{+} și K^{+} determină depolarizarea membranei postsinaptice și creșterea excitabilității celulei postsinaptice.

Mediatorii, care generează depolarizarea membranei postsinaptice și sunt: acetilcolina și glutamatul.

2. **Sinapsa inhibitorie** :: este cazul in care ionii Cl^- provoacă hiperpolarizarea membranei postsinaptice, cu scăderea excitabilității celulei postsinaptice.

Mediatorii care generează depolarizarea membranei postsinaptice sunt glicina și acidul gamma aminobutiric (GABA).

DECLANȘEAZA RĂSPUNSUL POST-SINAPTIC



Inactivarea mediatorilor chimici

Moleculele de ACh care au rămas libere în fanta sinaptică sunt hidrolizate de o enzimă numită: acetilcolinesteraza în ioni de colină și acetat.

Colina rezultată în urma reacției de hidroliză este transportată înapoi în partea presinaptică de către Na^+ simport/colină: folosind energia liberă rezultată din transportul pasiv al ionilor de Na^+ din fanta sinaptică din interiorul celulei presinaptice, moleculele de colină sunt transportate activ în același mod, fiind reintroduse în butonul de terminare presinaptică.

MEDIATORII CHIMICI

- **Acetilcolina: ACh**
- **GABA -**
- **Dopamina -**
- **Glutamat -**
- **Adrenalină**
- **Noradrenalina**
- **Serotonina**
- **Histamina**
- **Glicina**

ACETILCOLINA

ACETILCOLINA este prima identificată ca neurotransmițător în sistemul nervos central și la nivelul sistemului periferic.

Acetilcolina este actilcolina este un ester al acidului acetic și al colinei, care acționează ca un neurotransmițător. Are rol de agent vasodilatator, de agonist muscarinic, de hormon, de metabolit uman, de metabolit de șoarece și de neurotransmițător. Este un ester acetat și o acilcolină.

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/187>

<https://www.ebi.ac.uk/chebi/searchId.do?chebiId=CHEBI:15355>

Un neurotransmițător. La vertebrate, acetilcolina este principalul transmițător la nivelul joncțiunilor neuromusculare, ganglionilor autonomi, joncțiunilor efectoare parasimpatice, la un subset de joncțiuni efectoare simpatice și în multe locuri din sistemul nervos central. În general, nu este utilizat ca medicament administrat, deoarece este descompus foarte rapid de colinesteraze, dar este util în unele aplicații oftalmologice.

<https://www.drugbank.ca/drugs/DB03128>

Acetilcolina este un agonist al receptorilor colinergici. Mecanismul de acțiune al acetilcolinei este ca Agonist colinergic.

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/187>

STRUCTURA CHIMICA

Acetilcolina este esterul format în urma reacției de esterificare dintre acidul acetic și colină, structura sa de tip ester fiind confirmată și de denumirea IUPAC: 2-acetiloxi-trimetil amoniu (clorură).

Aceticolina a fost identificată pentru prima oară în 1914 de către Henry Hallett Dale, care îi descoperă acțiunea sa asupra mușchiului cardiac. Cel care îi confirmă funcția de neurotransmițător este Otto Lewi care o denuște vagusstoff pentru că era eliberată de la nivelul nervului vag. Cercetările efectuate, au arătat că acetilcolina se leagă de receptorii colinergici de la nivelul fibrelor musculare, ceea ce detremină deschiderea canalelor ionice de sodiu. Ionii de sodiu intră în celule, unde vor stimula contracția musculară. Acetilcolina în timpul inducției contracției musculare , determină în paralel reducerea

contractiilor muschiului cardiac. Acest lucru este datorat diferentei de structură a receptorilor din mușchi și de la nivelul inimii. Acetilcolina are activitate și la nivelul creierului (unde are acțiune excitatoare). Biosinteza: Are loc la nivelul citoplasmei neuronilor colinergici din colină și acetilcoenzima A în prezența enzimei colinacetiltransferaza[4], (sintetizată în interiorul neuronului).

Acetilcolina face parte din următoarea categorie de agenți:

- Agoniști colinergici

Medicamente care se leagă de receptorii colinergici și îi activează.

- Agenți vasodilatatori

Medicamente utilizate pentru a provoca dilatarea vaselor de sânge.

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/187>

METABOLISM

Apare în fanta sinaptică printr-o reacție de hidroliză catalizată de acetilcolinesterază (produșii sunt colină și acid acetic) sau pseudocolinesterază

<http://www.neurosci.pharm.utoledo.edu/MBC3320/acetylcholine.htm>

Depozitare: Redă veziculele sinaptice în formă liberă sau complex proteic

Eliberare și fixare: ACh (forma liberă) este eliberată din vezicule în mod permanent sau atunci când este nevoie sub influența impulsurilor nervoase. Reglarea acestei eliberări are loc prin receptorul ligandului și ionii fiziologici.

Tipurile de receptori pentru acetilcolină (receptori colinergici) sunt de două tipuri:

- **Receptori nicotinici (nAChR)** receptor cunoscut sub numele de „ionotrop” care mediază alcaloidul nicotinic.

- **Receptorii sunt receptori nAChR** care formează canale ionice dependente de tensiune. Ele constau din cinci subunități proteice: α , α , β , γ , δ . Subunitățile au o suprafață exterioară mai mare, care va lega acetilcolina

- **Receptorii muscarinici:** receptorii muscarinici sunt polipeptide cu o masă de aproximativ 80.000 daltoni. Sunt de mai multe tipuri: M1, M2, M3, M4, M5. Acestea, atunci când sunt stimulate de acetilcolină sau de agoniști farmacologici, au un efect stimulant **Metabolizare:** Are loc în fanta sinaptică, printr-o reacție de hidroliză catalizată de acetilcolinesterază (produșii fiind colina și acidul acetic), sau de pseudocolinesterază
- **Stocare:** Se face în veziculele presinaptice sub formă liberă sau de complex cu proteină
- **Eliberare și reglare:** ACh (forma liberă) este eliberată din vezicule fie permanent, sau atunci când este nevoie sub influența impulsului nervos. Reglarea eliberării are loc prin intermediul receptorilor, a unor liganzi fiziologici dar și ioni.
- **Tipuri de receptori:** Receptorii pentru acetilcolină (receptori colinergici) sunt de 2 tipuri:
 - Receptori nicotinici, (nAChR), cunoscuți sub denumirea de receptor "ionotrop" ce au ca mediator alcaloidul nicotinic.
 - Receptorii nAChR sunt receptori ce formează canalele ionice dependente de voltaj. Ei sunt formați din 5 subunități proteice: α , α , β , γ , δ . Subunitățile au o suprafață externă mai largă, în care se va fixa acetilcolina
- **Receptori muscarinici:** Receptorii muscarinici sunt polipeptide cu masa de circa 80000 daltoni. Ei sunt de mai multe tipuri: M1, M2, M3, M4, M5. Aceștia, atunci când sunt stimulați de acetilcolină sau agoniștii farmacologici au un efect stimulator.

DOPAMINA

Dopamina este unul dintre principalii neurotransmițătorii de la nivelul sistemului nervos, o substanță care transmite informația între neuronii creierului), această substanță fiind implicată într-o varietate largă de activități diferite (de exemplu controlul motilității, al mișcărilor musculare).

Istoric: Dopamina a fost pentru prima oară sintetizată de George Barger în 1910 cu ajutorul colegului său James Ewens, la laboratoarele Wellcome din Londra[1]. A fost denumită dopamină deoarece este o monoamină, iar precursorul său sintetic este 3,4-dihidroxyphenilalanină (L-DOPA). Funcția dopaminei ca neurotransmițător a fost identificată pentru prima oară în 1958 de către Arvid Carlsson și Hillarp Nils-Åke de la Laboratorul de Chimie Farmacologică a inimii, din Suedia [2].

Biosinteza dopaminei este un proces în două etape, începând cu aminoacidul tirozină. O a doua grupare hidroxil este atașată tirozinei formând levodopa, sau L-dopa. Acest proces este catalizat de enzima tirozin hidroxilază. Dopamina se formează prin îndepărtarea acidului carboxilic din L-dopa, reacție catalizată de dopa decarboxilaza.

GABA

GABA, sau acidul gamma-aminobutiric, este considerat a fi unul dintre cei mai importanți mediatori inhibitori centrali. Cele mai mari concentrații de GABA au fost găsite în globus pallidus, hipotalamus, substanța neagră, nucleii cerebeloși, substanța cenușie periapeductală, nucleul caudat, talamusul medial.

Acidul gamma-aminobutiric este un produs de decarboxilare a acidului glutamic, strâns legat de metabolismul oxidativ al hidrocarbonaților la nivelul sistemului nervos central. Sinteza este asigurată de către enzima glutamat decarboxilaza.

GABA nu poate traversa bariera hematoencefalică (în afara anumitor zone ale creierului, unde această barieră nu este efectivă, precum nucleul periventricular), aceasta fiind sintetizată in vivo.

GABA este considerat a determina efecte inhibitoare la nivelul scoarței, al nucleilor amigdalien și caudat. Eliberat de axonii celulelor Purkinje, ar determina inhibiția neuronilor din nucleul Deiters. Acționează la nivelul membranei postsinaptice, determinând hiperpolarizarea și potențiale inhibitoare prin creșterea conductanței pentru Cl⁻. De asemenea participă în mecanismele inhibitoare medulare.

Dezvoltarea creierului : În ultimele două decenii, teoria acțiunii excitatoare a GABA în faza timpurie de dezvoltare a fost de necontestat, fiind bazată pe experimente în vitro, pe felii de creier. Observațiile principale au fost că în Hipocampus și Neocortexul din creierul mamiferelor, în primul rând GABA are efecte excitatorii, și de fapt este neurotransmițătorul excitator cel mai important în multe regiuni ale creierului, înainte de dezvoltare maturare a glutamatului ergic din sinapse. [1] [2]

Cu toate acestea, această teorie a fost disputată din cauza că rezultate arătate sunt bazate pe feliile de creier ale șoarecilor imaturi incubăți în fluid artificial cerebrospinal (ACSF) (modificat într-un fel în care să țină seama de compoziția normală a mediului neural în sugari prin adăugarea unui substrat de energie alternativă glucozei, acid beta-Hidroxibutiric).

Dincolo de sistemul nervos : GABA-producând enzime GAD67 în felii din creier la prima zi postnatală, care este expresie înaltă în zona subventriculară (zsv). De la Popp et al., 2009.[3]

Mecanismele GABAergic au fost demonstrate în diferite țesuturi periferice și organe inclusiv, dar nu restrictiv la intestine, stomac, pancreas, trompele uterine, uter, ovar, testicule, rinichi, vezică urinară, plămâni, și ficat.[4]

În 2007, a fost descris un sistem excitator GABAergic în calea respiratorie a epiteliului. Sistemul activează în urma expunerii la alergeni și poate participa în mecanismele de astmă.[5]

Sisteme GABAergic au mai fost găsite în testicule [6] și în cristalinul retinei oculare.[7]

Embrion de orez ce arată expresie de acid gamma-aminobutiric

Acidul gamma-aminobutiric mai există rar în germenii ale semințelor unor plante, verdețuri și fructe. Unele studii au constatat că embrionul de orez este bogat în GABA care poate suprima creșterea tensiunii arteriale, spre deosebire de GABA care se găsește în soia, grâu, roșii și boboci de fasole, care nu o poate suprima. În afară de efectului din GABA, embrionul de orez este bogat în alte substanțe rezultate din activitatea fiziologică a embrionului de orez. Din acest motiv, GABA extras din embrioni de orez devine sigur pentru materie primă de medicamente și alimente funcționale.

HISTAMINA

HISTAMINA (imidazoletilamină) este o amină biogenă. Se găsește în țesuturile animalelor, în plante, țesuturi animale, plante, bacterii, veninuri.

La om histamina există la nivelul plămânilor, pielii, mucoasei gastrointestinale.

Metabolizare: Cam 2-3 % din histamina endogenă este excretată neschimbată în urină, restul metabolizată la N-metilhistamina și metabolitul 3-metilimidazol acetat, produs final

Există 2 căi de metabolizare a histaminei:

- primă transformare are loc în citoplasma celulară, la periferie, unde sub acțiunea histaminazei (diaminoxidază), are loc o dezaminare oxidativă cu formarea imidazol acetat.
- A doua cale are loc la nivel cerebral, unde histamina suferă acțiunea a altor 2 enzime: histaminmetiltransferază și monoaminoxidaza B (MAO B); rezultă un compus intermediar 3-metilhistamina, pentru ca produsul final să fie 3-metilimidazol acetat.

Efecte

Aparat digestiv: Histamina acționează ca stimulator al secreției gastrice, factor de reglare a microcirculației. În general se folosește pentru determinarea capacității secretorii acide a stomacului.

Nivel cutanat: Se pare că agresiunile fizice sau chimice pot determina eliberarea de histamină., fiind principalul mediator a alergiilor de tip I. *Manifestările clinice ale acestui tip de alergii sunt : urticaria, edem, rinită deosebită, șoc anafilactic.* Administrată intradermic determină o reacție vasculară de tip "tripla reacție": la locul injectării apare o pată roșie datorită dilatației arteriolelor, care este rapid înlocuită de o papulă cu o areolă roșie neregulată.

Sistem circulator: La nivel circulator, este un mediator important, efectele sale fiind proporționale cu doza dar și cu calea de administrare: *administrată intravenos are efect congestiv mai ales la nivelul capului și trunchiului.* În doze mari scade presiunea arterială prin vasodilatație și hipovolemie, determinând o stare de șoc. La nivel arteriolar determină dilatația marcată a arteriolelor terminale și venulelor postcapilare.

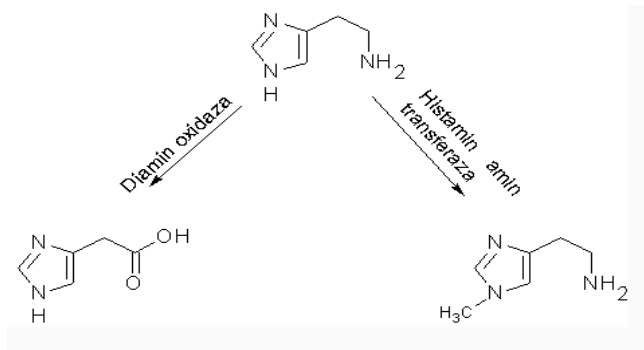
Aparat respirator: Ea se mai poate elibera și din mastocite ca urmare a interacției antigen- anticorp, având astfel un rol important în alergii și răspunsurile alergice. *Ea provoacă bronhoconstricție slabă, astmaticii fiind extrem de sensibili la această acțiune.*

Valentin Stroescu, Farmacologie, Ed ALL 1999

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/774>

Sinapse chimice – tipuri de mediatori chimici:

Receptor	Acțiune	Antagoniști
H1	bronhoconstricție; vasodilatație; permeabilitate capilară crescută, mâncărime	Difenhidramine , Clorfeniramine, Prometazine , Terfenadine , Astemisol , Loratadine, Cetirizina , cloropiramina e _
H2	Secreție de acid gastric, deprimant cardiac; contractia esofagiană, inhibarea eliminării histaminei din bazofile	Ranitidină Ph amotidină Nis atidin e
H3	Inhibarea neurotransmisiei sinaptice; Stabilirea sintezei histaminei	Tioperamidă



Aproximativ 2-3% din histamina endogenă este excretată prin urină; restul este metabolizat la N-metilhistamină și metabolitul 3-metil imidazol acetat; produs final

SEROTONINA

SEROTONINA este o amină derivată din indol. Se găsește în țesuturile plantelor, veninurile animalelor. **Serotonina acționează ca un neurotransmițător**; implicat în producerea somnului, procese mentale și emoționale (depresie și anxietate, tulburare obsesiv-compulsivă) funcția motrică în termoreglare, reglarea tensiunii arteriale, în actul vărsăturilor în funcțiile hormonale.

Exemple de serotonină : metisergidă, ergotamina, sumatriptan, buspironă, ondansetron.

Serotonina, un neurotransmițător care se găsește în diferite organe, inclusiv în sistemul nervos central, joacă un rol important în dezvoltarea tulburărilor depresive și de anxietate datorită substanțelor chimice pe care le produc .

Formula chimică a serotoninei brute este: $\text{HO-C}_6\text{H}_5\text{-NH-C}(\text{CH}_2)_2\text{-NH}_2$

Formula chimică: $\text{HO-C}_6\text{H}_5\text{-NH-C}(\text{CH}_2)_2\text{-NH}_2$

Surse naturale: serotonină este prezentă în diverse alimente (legume, cartofi, cereale etc.)

Efectele biochimice și fiziologice ale serotoninei: Neuronii interacționează între ei prin substanțe chimice numite neurotransmițători. Alte tulburări sunt cauzate fie de subproducția sau supraproducția de neurotransmițători, fie de faptul că neuronii nu au suficienți receptori pentru neurotransmițători.

Cercetătorii spun că persoanele cu TOC au un dezechilibru al serotoninei.

Conținutul de serotonină din sângele obsesiv-compulsivi și al iubitorilor este cu 40% mai mic decât cel al subiecților normali.

Antidepresivele acționează în general asupra serotoninei, un neurotransmițător.

Cu toate acestea, **se crede că depresia este cauzată de lipsa receptorilor serotoninei.** Cele mai recente cercetări asupra schizofreniei bolilor mintale arată că excesul de serotonină din organism poate fi cauza și precursorul acestei boli și altor boli mintale.

Menținerea unui nivel adecvat de serotonină în corpul uman variază de la organism la organism datorită dietei, stilului de viață etc.

10.MODELE DE ÎNTREBĂRI PENTRU EXAMEN

1* Scrieti definitia pentru metru introdusa in 2019 :

- A) Metrul este lungimea drumului parcurs de lumină în vid în timp de $1/299\,792\,458$ dintr-o secundă
B) Metrul este lungimea egală cu 165076373 lungimi de undă în vid ale radiației ce corespunde tranziției între nivelele de energie $2A^{10}$ și $5D^5$ ale atomului de Cesium 133.
C) Secunda este durata a 9192631770 perioade ale radiației care corespunde tranziției între cele două nivele hiperfine ale stării fundamentale ale atomului de Cesium 133.
D) Amperul este intensitatea unui curent electric care, menținut în două conductoare paralele rectilinii cu lungimea infinită și cu secțiunea circulară, neglijabilă, așezate în vid, la distanța de 1m unul de celălalt vor produce între aceste conductoare o forță de 1N pe o lungime de 1m .
E) Candela este intensitatea luminoasă într-o direcție dată a unei surse care emite o radiație monocromatică cu frecvența de $540 \cdot 10^{12}\text{Hz}$ și a cărei intensitate energetică în această direcție este $\frac{1}{683} \cdot \frac{W}{Sr}$

RASPUNS : A).

2*. Caldura Q este definita prin ecuatia:

- A) $DF = -P \cdot DV = -DW$, B) $F = U - T \cdot S$, C) $DU = T \cdot DS - P \cdot DV$, D) $H = U + PV$,
E) $Q = \Delta U + W$

RASPUNS :E),

3*. Care din urmatoarele unitati unitati de presiune in Sistemul International de Unitati ?

A) atmosfera fizica $1\text{atm} = 760\text{Torr}$

B) $[p]_{S.I.} = 1 \frac{N}{m^2}$

C) $[p] = 1 \frac{\text{dyn}}{\text{cm}^2} = 1\text{barye}$

D) $1\text{Torr} = 133,322 \frac{N}{m^2}$

E) $1\text{mmHg} \approx 9,8 \frac{N}{m^2}$

RASPUNS :B),

4*. Enuntati principiul Inertiei

- A) orice corp asupra caruia nu actioneaza nici o forta isi pastreaza starea de miscare rectilinie si uniforma sau de repaus relativ.
B) o forta care actioneaza asupra unui corp ii imprima acestuia o acceleratie proportionala cu forta si invers proportionala cu masa corpului
C) Amperul este intensitatea unui curent electric care, menținut în două conductoare paralele rectilinii cu lungimea infinită și cu secțiunea circulară, neglijabilă, așezate în vid, la distanța de 1m unul de celălalt vor produce între aceste conductoare o forță de 1N pe o lungime de 1m .
D) principiul actiunii si reactiunii afirma ca fortele dintre doua corpuri aflate in interactiune sunt egale in marime si de sens opus, adica $F_{ij} = F_{ji}$ ($i \neq j$) unde F_{ij} este forta cu care corpul j actioneaza asupra corpului i , iar F_{ji} este forta cu care corpul i actioneaza asupra corpului j .
E) fiecare dintre fortele la care este supus un corp actioneaza independent de existenta celorlalte forte aplicate

RASPUNS : A)

5.*Forta de greutate este data de relatia:

- A) $G=m.a$
- B) $G=kx/2$
- C) $G=\mu N$
- D) $G=m.g$
- E) $G=F.d$

RASPUNS : D

6*. Definiti starea lichida :

- A) starea lichida este o stare a materiei, stabila, intermediara intre regiunea de stabilitate a starii solide si cea a starii gazoase pentru o densitate si temperatura data
- B) coeficientul de compresibilitate este mai mare la argon decit la sodiu, fortele repulsive de tip ion-ion sau atom-atom sint mult mai puternice la metale. Din aceleasi motive si viteza sunetului este diferita.
- C) sodiul lichid este un metal in stare lichida si se apropie mai mult de starea solida, in timp ce argonul lichid se apropie mai mult de starea gazoasa
- D) lichide asociate, ale caror molecule au puncti de hidrogen, ca, de exemplu, apa;
- E) lichide formate din grupari mari de molecule, in care miscarea interna joaca un rol determinant.

RASPUNS A)

7. Scrieti ecuatia lui Poisson pentru o transformare adiabatica de gaz perfect (se noteaza p- presiune, V- volum, T- temperatura, γ - coeficient adiabatic)

- A) $pV^\gamma = \text{const}$, B) $T.V^{\gamma-1} = \text{const}$, C) $T^\gamma.p^{1-\gamma} = \text{const.}$, D) $pV = n.R.T$, E) $T = \text{const}$.

RASPUNS :A), b,c

8. Care din enunturile de mai jos nu reprezinta Legea lui Arhimede :

- A) Un corp cufundat intr-un lichid este impins de jos in sus cu o forta egala cu greutatea volumului de fluid dezlucuit de corp.
- B) coeficientul de compresibilitate este mai mare la argon decit la sodiu, fortele repulsive de tip ion-ion sau atom-atom sint mult mai puternice la metale. Din aceleasi motive si viteza sunetului este diferita.
- C) sodiul lichid este un metal in stare lichida si se apropie mai mult de starea solida, in timp ce argonul lichid se apropie mai mult de starea gazoasa
- D) lichide asociate, ale caror molecule au puncti de hidrogen, ca, de exemplu, apa;
- E) Un corp cufundat intr-un lichid este impins de jos in sus cu o forta egala cu greutatea volumului de fluid dezlucuit de corp.

RASPUNS b,c,d

9. Care din urmatoarele enunturi se refera la notiunea de vascozitate?

- A) Vâscozitatea cinematica este raportul dintre vâscozitatea și densitatea a fluidului
- B) forta de frecare interna care apare în planul de alunecare pe unitatea de suprafata este proportionala cu gradientul vitezei (legea lui Newton)
- C) Daca straturile de fluid aluneca unele fata de altele intre ele apar forte de frecare interna sau de vascozitate
- D) Presiunea statica se exercita asupra unui element de suprafata asezat paralel cu liniile de curent, de exemplu pe peretii tubului (de aceea este uneori numita presiune pe pereti) sau exercitata asupra unui element de suprafata orientat arbitrar dar miscat solidar cu fluidul.
- E) Un corp cufundat intr-un lichid este impins de jos in sus cu o forta egala cu greutatea volumului de fluid dezlucuit de corp.

RASPUNS A), b, c

10. Dati definitia metrului :

- A) Metrul este lungimea egală cu 1650763,73 lungimi de undă în vid ale radiației ce corespunde tranziției între nivelele de energie $2p10$ și $5d5$ ale atomului de Kripton 86.
- B) metrul este masa prototipului internațional. Termenul de greutate desemnează aceeași mărime cu o forță $G=mg$, unde g este accelerația gravitațională ; $g=9,80665 \text{ m/s}^2$
- C) Secunda este durata a 9192631770 perioade ale radiației care corespunde tranziției între cele două nivele hiperfine ale stării fundamentale ale atomului de Cesium 133.
- D) Metrul este lungimea drumului parcurs de lumină în vid în timp de $1/299\,792\,458$ dintr-o secundă
- E) Un metru este fracțiunea $1/273,16$ din temperatura termodinamică a punctului triplu al apei.

RASPUNS a),d)

11. Scrieti expresia viscozitatii dinamice si unitatea ei de masura :

- A) $\frac{dF}{dS} \frac{dz}{dv} = \eta$, B) $[\eta]_{S.I.} = \frac{N \cdot s}{m^2}$, C) $1P = 1 \frac{g}{cm \cdot s} = 0,1 \frac{Kg}{m \cdot s}$, D) $pV = n.R.T$,
- E) $p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$

RASPUNS A), B,

12. Scrieti ecuatia fundamentala a termodinamicii:

- A) $DF = -P.DV = -DW$, B) $F = U - T.S$, C) $dU = T.dS - P.dV$, D) $dU = dQ - dW$,
- E) $Q = \Delta U + W$

RASPUNS :C),d

13. Dati definitia kilogramului :

- A. kilogramul este lungimea egală cu 1650763,73 lungimi de undă în vid ale radiației ce corespunde tranziției între nivelele de energie $2p10$ și $5d5$ ale atomului de Kripton 86.
- B. Kilogramul este masa prototipului internațional. Termenul de greutate desemnează aceeași mărime cu o forță $G=mg$, unde g este accelerația gravitațională ; $g=9,80665 \text{ m/s}^2$
- C. Kilogramul este definit prin fixarea valorii constantei lui Planck h la valoarea exactă de $6.62607015 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, ($J = \text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$), date fiind definițiile metrului și a secunde. Formula devine astfel $\text{kg} = h / (6.62607015 \times 10^{-34} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})$.
- D. Amperul este intensitatea unui curent electric care, menținut în două conductoare paralele rectilinii cu lungimea infinită și cu secțiunea circulară, neglijabilă, așezate în vid, la distanța de 1m unul de celălalt vor produce între aceste conductoare o forță de 1 N pe o lungime de 1m.
- E. Un Kilogram este fracțiunea $1/273,16$ din temperatura termodinamică a punctului triplu al apei.

RASPUNS b,c)

14. Dacă asupra unui corp acționează simultan mai multe forțe atunci;

- A. fiecare forță NU – I imprimă propria accelerație;
- B. acțiunile forțelor se anulează reciproc;
- C. accelerația rezultantă este suma vectorială a accelerațiilor individuale;
- D. răspunsurile A și C NU sunt corecte;
- E. nici un răspuns nu este corect.

RASPUNS :B, C

15. Energia cinetică este;

- A. o mărime de stare;
- B. o mărime care se conservă pentru orice sistem închis;
- C. o mărime care se măsoară în sistemul internațional în J;
- D. toate răspunsurile sunt corecte;
- E. răspunsurile A, și C sunt corecte.

RASPUNS : A,C,E

16. Care din urmatoarele marimi fizice sunt vectoriale ?

A) caldura (Q), B) impulsul?, C) lucrul mecanic , D) momentul fortei (M), E) Forta (F)

RASPUNS : B) ;D), E)

17. Scrieti unitatea de masura pentru lucru mecanic :

a) m, b) m/s, c) J, d) (kg.m²)/s², e) s.

RASPUNS : C) ; D)

18. Care din urmatoarele unitati de masura sunt din sistemul CGS ?

A) metru, B) kilogram, C) dyn, D) Joule , E) erg ,

RASPUNS : C) ; E)

19. Alegeti expresia corecta pentru definitia pârghiei de gradul I :

A) , pârghia de gradul I are punctul de sprijin situat între punctele de aplicație ale celor două forțe

B) , pârghia de gradul I are punctul de sprijin situat între punctele de aplicație al fortei active si cel al fortei reactive

C) pârghia de gradul I are punctul de sprijin situat situat la un capăt, iar la celălalt capăt se află punctul de aplicație al forței rezistente

D) Suma vectoriala a momentelor fortei active si fortei de rezistenta, in raport cu punctul de sprijin, este nula

E) O pârghie este o bară rigidă care se poate roti în jurul unui punct fix, numit punct de sprijin.

RASPUNS : A) , B)

20. Care din urmatoarele unitati de masura sunt pentru energie ?

a) J, b) (kg.m²)/s²,c) erg, d) (g.cm²)/s²,e) °C .

RASPUNS : A) ; B), C), D).

21. Care din următoarele mărimi fizice sunt vectoriale ?

a) densitatea ; b) intensitatea de curent electric ; c) impulsul ; d) momentul forței ; e) unghiul solid

RASPUNS : C), D).

22. Care din următoarele mărimi fizice sunt scalare ?

A) densitatea ; B) accelerația ; C) vascozitate ; D) forța ; E) temperatura

RASPUNS : A), C), E)

23. Scrieti formula lucrului mecanic si explicati componentele din formula :

A) $W_{12} = \int_{x_1}^{x_2} F dx$ unde W este lucrul mecanic, F forta aplicata iar x1 si x2 sunt pozitia initiala si finala unde se aplica forta.

B) $W_{12} = \int_{x_1}^{x_2} F dx = \int_{x_1}^{x_2} -kx dx = -\frac{k}{2}(x_2^2 - x_1^2)$ unde W este lucrul mecanic, F forta aplicata iar x1 si x2 sunt pozitia initiala si finala unde se aplica forta

C) $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ unde L este lucrul mecanic, r vectorul sau de pozitie si p impulsul.

D) $W_{12} = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F} \cdot d\vec{r} = \vec{F} \cdot (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)$ unde W este lucrul mecanic, F forta aplicata iar x1 si x2 sunt pozitia initiala si finala unde se aplica forta.

E) $E_c = \frac{1}{2}mv^2$, unde Ec este energia cinetica, m masa corpului si v viteza sa.

RASPUNS :A), B), D).

24. Care din urmatoarele marimi fizice sunt marimi de stare ?

A) caldura, B) lucrul mecanic , C) energia interna, D) distanta , E) impulsul.

RASPUNS :A),C)

25. Legatura dintre temperatura exprimata in grade Kelvin si grade celsius este :

A) $\theta_{Fahrenheit} = \frac{9}{5}\theta_{celsius} + 32$, B) $\theta_{celsius} = \theta_{Kelvin} - 273,16$, C) $\theta_{celsius} = \frac{5}{9}(\theta_{Fahrenheit} - 32)$;

D) $\theta_{Kelvin} = \theta_{celsius} + 273,16$; E) $\theta_{Kelvin} = \frac{5}{9}(\theta_{Fahrenheit} - 32) + 273,16$

RASPUNS B),C)

26.Scrieti formula vitezei

A) $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$, B) $T.V^\gamma = \text{const}$, C) $t.v^{\gamma+5} = \text{const.}$, D) $pV = n.R.T$, E) $\vec{v} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}$

RASPUNS A),E)

27. Care este rolul biologic al apei :

A) Constituie solventul universal al materiei vii intra si extracelulare

B) Realizeaza reglarea presiunea osmotica a celor 3 sectoare hidrice prin urmatoarele mecanisme: difuzeaza prin membranele biologice ce delimiteaza spatiile hidrice, este eliminata sau retinuta in organism in functie de necesitati, volumul hidric se poate reface prin ingestia de apa.

C) Apa reprezinta mediul in care au loc multimplele reactii chimice si biochimice din organism (hidroliza, oxidari, participa prin intermediul ionilor de hidrogen in reactiile enzimatice)

D) Nu participa la mentinerea constanta a temperaturii organismului (rol de termoreglare)

E) Nu participa la eliminarea deseurilor din organism pe cale renala

RASPUNS A), B), C)

11.BIBLIOGRAFIE

1. Akinin, A., Paul, A., Wang, J., Buccino, A., Cauwenberghs, G. (2020). Biopotential Measurements and Electrodes. In: He, B. (eds) Neural Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-43395-6_2
2. Banat, I.M.; Carboué, Q.; Saucedo-Castañeda, G.; Cázares-Marinero, J.d.J. Biosurfactants: The green generation of speciality
3. Banat, I.M.; Franzetti, A.; Gandolfi, I.; Bestetti, G.; Martinotti, M.G.; Fracchia, L.; Smyth, T.J.; Marchant, R. Microbial biosurfactants production, applications and future potential. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2010, 87, 427–444.
4. Banat, I.M.; Satpute, S.K.; Cameotra, S.S.; Patil, R.; Nyayanit, N.V. Cost effective technologies and renewable substrates for biosurfactants' production. *Front. Microbiol.* 2014, 5, 697.
5. Bărbulescu M., Elemente de fizică generală, EDP, București, 1962.
6. Barca – Galateanu D., Titeica R., Maumescu M., Septilici R., Fizica, Ed.a-II-a, , vol.II, EDP, Bucuresti, 1971
7. Ben-Ari Y, Gaiarsa JL, Tyzio R, Khazipov R (1 octombrie 2007). „GABA: un transmițător pionier care excită neuronii imaturi și generează oscilații primitive”. *Physiol. rev.* 87 (4): 1215–1284. doi:10.1152/physrev.00017.2006..
8. Ben-Ari Y, Gaiarsa JL, Tyzio R, Khazipov R (1 octombrie 2007). „GABA: un trasmițător pionier ce excită neuroni imaturi și generează oscilații primitive”. *Physiol. Rev.* 87 (4): 1215–1284. doi:10.1152/physrev.00017.2006.
9. Benes, F.M. Carlsson and the discovery of dopamine. *Trends in Pharmacological Sciences*, Volum 22, Articolul 1, 1 Ianuarie 2001, Paginile 46-47
10. Benes, FM Carlsson și descoperirea dopaminei. *Trends in Pharmacological Sciences*, Volumul 22, Articolul 1, 1 ianuarie 2001 Paginile 46-47
Biomechanical aspects of skin aging—the risk of skin breakdown under shear loading increases with age. Editor(s): Amit Gefen, *Innovations and Emerging Technologies in Wound Care*, Academic Press, 2020, Pages 309-335, ISBN 9780128150283. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815028-3.00017-1>
11. Caprita Rodica, Biofizica, Ed. Mirton, Timisoara, 2000.
12. Ceresa, C.; Fracchia, L.; Fedeli, E.; Porta, C.; Banat, I.M. Recent Advances in Biomedical, Therapeutic and Pharmaceutical Applications of Microbial Surfactants. *Pharmaceutics* 2021, 13, 466. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13040466>
13. chemicals and potential production using Solid-State fermentation (SSF) technology. *Bioresour. Technol. Part A* 2021, 320, 124222.
14. Compendiu de fizică, Ed. științifică și enciclopedică, București, 1988.
15. Cretu I. Traian, Fizica – Curs universitar, Ed. Tehnica, Bucuresti, 1996
16. Cretu T., Fizica Generala, Editura Tehnica Bucuresti, 1984
17. Daniel Garcia-Martinez, Maria Fabiola Leyva-Mendivil, Amit Gefen, Georges Limbert. Chapter
18. Dragomirescu E., Enache L., Biofizică, EDP, București, 1993.
19. Duane Knudson, *Fundamentals of Biomechanics*, third edition, Editura Springer Nature Switzerland AG, iunie 2021.
20. Dzidek Adrianna and Piotrowska Anna, The Use of Cryotherapy in Cosmetology and the Influence of Cryogenic Temperatures on Selected Skin Parameters—A Review of the Literature. *Cosmetics* 2022, 9, 100. <https://doi.org/10.3390/cosmetics9050100>

21. Eniu Daniela, Curs de Biofizică, UMF Cluj, 2013
22. Enrico Ferni. Termodinamica. Dover Publications, INC. New York. ISBN-13:978-0-486-60361-2 .
23. Erdo SL, Wolff JR (1990). „acid gamma-aminobutiric în afara creierului mamiferelor”. J. Neurochem. 54 (2): 363–372. doi:10.1111/j.1471-4159.1990.tb01882.x.
24. Erdö SL, Wolff JR (1990). „gamma-Aminobutyric acid outside the mammalian brain”. J. Neurochem. 54 (2): 363–372. doi:10.1111/j.1471-4159.1990.tb01882.x.
25. Fahn, Stanley, "The History of Levodopa as it Pertains to Parkinson's disease," Movement Disorder Society's 10th International Congress of Parkinson's Disease and Movement Disorders 1 Noiembrie, 2006, în Kyoto, Japonia.
26. Fracchia, L.; Ceresa, C.; Franzetti, A.; Cavallo, M.; Gandolfi, I.; Van Hamme, J.; Gkorezis, P.; Marchant, R.; Banat, I.M. Industrial Applications of Biosurfactants. In Biosurfactants: Production and Utilization-Processes, Technologies and Economics; Kosaric, N., Sukan, F.V., Eds.; CRC Press Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA, 2014; pp. 245–267.
27. Ganea C., Curs de Biofizica pentru studentii de la Medicina Generala, Universitatea Carol Davila Bucuresti, 2011.
28. Ganea Constanta, Curs de Biofizica pentru studenti la Medicina Generala, Universitatea Carol Davila Bucuresti, 2010-2011.
29. Gibney E. Câți yottabytes într-un quettabyte? Numerele extreme primesc nume noi . Știri despre natură. 18 noiembrie 2022.
30. Grodzinsky, E., Sund Levander, M. (2020). Thermoregulation of the Human Body. In: Grodzinsky, E., Sund Levander, M. (eds) Understanding Fever and Body Temperature. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21886-7_5.
31. Hobbie R.K, Roth B.J. Intermediate Physics for Medicine and Biology, 5th Edition, Springer International Publishing, 2015, ISBN 978-3-319-12682-1
32. Hobbie RK, Roth BJ Fizică intermediară pentru medicină și biologie, ediția a 5-a, Springer International Publishing, 2015, ISBN 978-3-319-12682-1.
33. <http://phys.ubbcluj.ro>
34. <http://web.williams.edu/imput/synapse/pages/IA3.html>
35. <http://www.neurosci.pharm.utoledo.edu/MBC3320/acetylcholine.htm>
36. <http://www.neurosci.pharm.utoledo.edu/MBC3320/acetylcholine.htm>
37. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/119>
38. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/187>
39. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/187>
40. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/substance/491758066>
41. <https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/surgical-and-therapeutic-products/medical-lasers>
42. Ința I. , Complemenete de fizica vol.II , Editura Tehnică, București 1985
43. Irving P. Herman. Fizica corpului uman, ediția a doua, Springer International Editura, 2016.
44. Irving P. Herman. Physics of the Human Body, Second Edition, Springer International Publishing, 2016,
45. Karl F. Kuhn, Frank Noschese. Basic Physics. Publisher Jossey-Bass, Anul 2020. ISBN 9781119629894
46. Kłosowska-Chomiczewska, I.E.; Mędrzycka, K.; Karpenko, E. Biosurfactants– biodegradability, toxicity, efficiency in comparison with synthetic surfactants. Adv. Chem. Mech. Eng. 2011, 2, 1–9.
47. Kwakowsky, A.; Schwirtlich, M.; Zhang, Q.; Eisenstat, D.; Erdelyi, F.; Baranyi, M.; Katarova, Z.; Szabó, G. (2007).. „GAD izoforms show distinct spatiotemporal expression patterns in the

- development mouse lens: corelation with Dlx2 and Dlx5”.. 236. 3532–3544.. doi:10.1002/dvdy.21361.
48. Laue Max von , Istoria fizicii , Editura Științifică București , 1963
 49. Li K, Xu E (iunie 2008).. „„Rolul și mecanismul acidului gamma-aminobutiric în timpul dezvoltării sistemului nervos central”. Neurosci Bull 24 (3): 195–200 .. doi: 10.1007/s12264-008-0109-3..
 50. Lima, T.M.S.; Procópio, L.C.; Brandão, F.D.; Carvalho, A.M.X.; Tótoła, M.R.; Borges, A.C. Biodegradability of bacterial surfactants.Biodegradation 2011, 22, 585–592
 51. Makkar, R.S.; Cameotra, S.S.; Banat, I.M. Advances in utilization of renewable substrates for biosurfactant production. AMB Express 2011, 1, 5.
 52. Mandal, S.M.; Barbosa, A.E.A.D.; Franco, O.L. Lipopeptides in microbial infection control: Scope and reality for industry.Biotechnol. Adv. 2013, 31, 338–345.
 53. Martinotti, M.G.; Allegrone, G.; Cavallo, M.; Fracchia, L. Biosurfactants. In Innovative Technologies for Sustainable Development;Piemonte, V., De Falco, M., Basile, A., Eds.;Wiley: Hoboken, NJ, USA, 2013.
 54. Motoc C., Fizica-Bazele fizicii clasice, Ed. Toate. București, 1994
 55. Nagy Iosif.I., Curs de Biofizică Medicală, Ed. EUROBIT, Timișoara, 2001
 56. Nagy Iosif.I., Curs de Biofizică, Colegiul de Tehnica Stomatologică, Eurobit, 1995.
 57. Naughton, P.J.; Marchant, R.; Naughton, V.; Banat, I.M. Microbial biosurfactants: Current trends and applications in agricultural and biomedical industries. J. Appl. Microbiol. 2019, 127, 12–28.
 58. Neagu Adrian, Neagu Monica, Curs de Biofizică pt Facultatea de Medicină Dentară, Ed. EUROBIT, 2007.
 59. Newman Jay. Fizica științelor vieții, Springer International Publishing, 2008, e-ISBN: 978-0-387-77259-2
 60. Newman Jay. Physics of the Life Sciences, Springer International Publishing, 2008, e-ISBN: 978-0-387-77259-2
 61. Nicolov M, Szabadai Z., Physique Pharmaceutique, Part I: Mécanique, Thermodynamique. Physique Moléculaire, Physique des liquides, Phénomènes des transport de la substance et transport de la chaleur, Biophysique de la cellule, du noyau et des membranes biologiques, Transmission synaptique, Ed. V.Babes, 2016.
 62. Nicolov Mirela, Fizica – Teorie și aplicații, Ed. UAV, 2006
 63. Nicolov Mirela, Fizica pentru inginerie, Ed. UAV, 2009
 64. Nicolov Mirela, Fizică și Biofizică, Ed. UAV, 2001
 65. Nicolov Mirela, Szabadai Zoltan, Watz Claudia. Pharmaceutical Physics – Part I. Mechanics, Thermodynamics, Molecular physics, Physics of liquids, Phenomena of substance transport and heat transport, Biophysics of the cell, nucleus and biological membranes, synaptic transmission. Editura “Victor Babeș” Timișoara 2023.
 66. Patel, S.; Homaei, A.; Patil, S.; Daverey, A. Microbial biosurfactants for oil spill remediation: Pitfalls and potentials. Appl. Microbiol.Biotechnol. 2019, 103, 27–37.
 67. Payne, Anita H.; Matthew H. Hardy (2007). Celula Leydig în sănătate și boală. HumanaPress. ISBN 1588297543, ISBN 978-1-58829-754-9
 68. Popp A, Urbach A, Witte OW, Frahm C (2009). Reh, Thomas A.. ed. „Transcrierile GAD adulților și embrionare sunt reglementate spatiotemporal în timpul dezvoltării postnatale în creierul șobolanului”. PLoS ONE 4 (2): e4371. doi:10.1371/journal.pone.0004371.
 69. Popp A, Urbach A, Witte OW, Frahm C (2009). Reh, Thomas A.. ed. „Adult and embryonic GAD transcripts are spatiotemporally regulated during postnatal development in the rat brain”. PLoS ONE 4 (2): e4371. doi:10.1371/journal.pone.0004371.

70. Qige Guo, Qing Pei, Jiying Dong. Advances in the research and application of high-intensity focused electromagnetic technology for fat apoptosis and body shaping. *Chinese Journal of Plastic and Reconstructive Surgery* 4 (2022) 123–125.
71. Raymond Kemp. *Fizica biologică*. State Academic Press, martie 2022.
72. Sahleanu Victor, *Biofizică*, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1956.
73. Sardar M. Z. Uddin 1, David E. Komatsu, Thomas Motyka and Stephanie Petterson. Low-Intensity Continuous Ultrasound Therapies—A Systematic Review of Current State-of-the-Art and Future Perspectives. *J. Clin. Med.* 2021, 10, 2698. <https://doi.org/10.3390/jcm10122698>
74. Satpute, S.K.; Banpurkar, A.G.; Dhakephalkar, P.K.; Banat, I.M.; Chopade, B.A. Methods for investigating biosurfactants and bioemulsifiers: A review. *Crit. Rev. Biotechnol.* 2010, 30, 127–144.
75. Simon Zeno, Rotemberg Floare, Mihalas Gheorghe I., *Biofizică*, Lito IMT, 1989 .
76. Singh, A.; Van Hamme, J.D.; Ward, O.P. Surfactants in microbiology and biotechnology: Part 2. Application aspects. *Biotechnol. Adv.* 2007, 25, 99–121.
77. Stroescu Valentin, *Farmacologie*, Ed ALL 1999.
78. Swarnalatha, M.S.; Rani, J.C. Biosurfactants: Unique properties and their versatile applications. *Pharma Innovat. J.* 2019, 8, 684–687.
79. Szabadai Z., Nicolov M, *Fizica Farmaceutica, Partea I: Mecanica, Termodinamica, Fizica Moleculara, Fizica Lichidelor, Fenomene de Transport*, Ed. V.Babes, 2016.
80. Tripathy, D.B.; Mishra, A. Sustainable Biosurfactants. In *Encyclopedia of Inorganic and Bioinorganic Chemistry*; JohnWiley & Sons,Ltd.: Hoboken, NJ, USA, 2011; pp. 1–11.
81. www.c4s.utcluj.ro/Publicatii/Cursuri/Cursul%20nr%201.pdf
82. Xiang, Y.; Wang, S.; Liu, M.; Hirota, J.; Li, J.; Ju, W.; Fan, Y.; Kelly, M. și colab. (2007). „Un sistem GABAergic în epiteliul căilor respiratorii este esențial pentru supraproducția de mucus în astm”. *Medicina naturii* 13: 862–867. doi:10.1038/nm1604.
83. Xiang, Y.; Wang, S.; Liu, M.; Hirota, J.; Li, J.; Ju, W.; Fan, Y.; Kelly, M. et al. (2007).. „A GABAergic system in airway epithelium is essential for mucus overproduction in asthma".”. *Nature medicine* 13: 862–867.. doi:10.1038/nm1604..