

Biofisikako liburuxka

Oharra

Apunte liburuxka hau AEM/MIB medikuntzako ikasleen elkartearen ekimena da, Medikuntza eta Odontologiako Ikasleen Kontseiluaren laguntzarekin. Liburuxka hauek azken urteetan zehar euskarazko ikasleek prestatuturiko zirriborro eta idazpenenetan oinarritzen da, Medikuntzako ikasleei nolabaiteko euskarri edo laguntza bat eskeintzeko helburua dute, ez inolako bibliografiarik edo irakasleen azalpenik ordezkatzekoa. Pertsona nahikotxok eginakoak direnez estilo eta terminologia ezberdintasunak egon daitezke, hauek ekiditzen saiatu garen arren.

Laguntzarik behar edo liburuxka hauek berritu nahi izanez gero geurekin kontaktuan jartzea eskertuko genizueke.

Medikuntza eta Odontologiako Ikasleen Kontseilua

MATERIA BIZIAREN OINARRIZKO EGITURA ETA OSAGIAK

- 1. Organismoaren osagai kimiko nagusiak**
- 2. Energia baxuko lotura molekularrak**
- 3. Ura: izaki bizidunen osagai nagusia**

ERRADIAZIO IONIZAGARRIEN BIOFISIKA

- 4. Erradiazio korpuskular eta elektromagnetikoak**
- 5. Erradiazio elektromagnetiko eta korpuskularrak**
- 6. Erradiazioak eta materiarekiko elkarrekintzak**
- 7. Erradiobiologia**

ARNASKETAREN BIOFISIKA

- 8. Arnas-mekanika**
- 9. Gas-trukea arnasketan**

ODOL-ZIRKULAZIOAREN BIOFISIKA

- 10. Fluidoaren dinamika**
- 11. Hemodinamika**

Materia biziaren oinarrizko egitura eta osagaiak

1. Gizakiaren osagai nagusiak

1.1. Bioelementuak

3 motatakoak bereizten dira:

- *1. mailakoak*: Karbono (C), hidrogeno (H), nitrogenu (N) eta oxigenoa (O) dira. Izadiaren masaren %95-a betetzen dute. Ezaugarri fisiko-kimiko bereziak dituzte eta lotura kobalenteak sortzeko gaitasuna.
- *2. mailakoak*: S, P, Mg, Ca, Na, K, Cl. Elektrolitoak dira eta zenbait sailkapenetan bioelemento organiko gisa agertzen dira.
- *Oligoelementoak*: Oso kantitate txikietan agertu arren nahitaezkoak dira. Makroelemento izena ere ematen zaie. 100ml/kg baino kantitate baxuagoak kontsideratzen dira. Gizakian 60 dira, eta beharrezkoak 14: Fe, -Mn, Cu, Zn, F, I, Bo, Si, Va, Cr, Co, Mo, St.

Zenbait funtzio betetzen dituzte:

- *Egiturazkoa*: oinarrizko egiturak osatzen dituzte, hezurak, mintzak etab. osatzeko. P adibidez.
- *Katalitikoa*: Entzimen funtzionamendurako esaterako.
- *Osmotikoa*: Barneko likidoak orekan mantentzeko. Na, Cl, K esaterako.

Nola definitzen da elementua?

Elementua atomo berdinez sortutako sustantzia da, zeinen ezaugarriak osatzen duten atomoen menpe daude.

Atomoa nukleoaz (protoi eta neutroi) eta azal elektrikoaz (elektroiak) osatuta dago. Azala elektrikoaren karga negatiboa da eta bere masa nukleoarena baino 1840 bider txikiagoa. Beraz atomoaren masa gehiena nukleoan dago, karga positiboa duena. Atomoa neutroa izateko elektroi eta protoi kopurua berdina izan behar da.

- Z = zenbaki atomikoa= protoi kopurua (aldatzen bada elementua aldatzen da)
- A = masa atomikoa= protoi kopurua + neutroi kopurua.

(Isotopoa: elementu batek Z berdina eta M ezberdina badu)

Guneak ematen dizkio atomoari ezaugarri fisikoak, hots, dentsitatea eta erradioaktibitatea. Hauek ezaugarri aldakorak dira.

Elektroi azalak, berriz, atomoaren ezaugarri kimikoak baldintzatzen ditu. Balentziak, loturak emateko aukerak etab. esaterako. Ezaugarri finkoak dira.

Elektroiak orbitaletan kokatzen dira, nukleotik gertuenekoan hasita.

Adibidez. Na = 11. 1S1
 2S2 2P6
 3S2 3P6

Ezaugarri kimikoak eta bereziki loturak eratzeke ahalmena, elektroien azken geruzan ematen da.

Elektronegatibitate txikia = elektroiak galtzeko joera txikia. Z baxuko elementuak elektronegatibitate handia izan ohi dute.

- Elektroiak galtzen badira elementua ionizatzen da eta karga positiboa da = **katioia**.
- Elektroiak harrapatuz gero elementua ionizatzen da eta negatiboki kargatzen da = **anioia**.

Taula periodikoa

- Ilara: M-ren arabera sailkatzen da.
- Zutabea: azken orbitalean zenbat elektroirik falta diren aztertzen da.

1.2. Biomolekulak

Organikoak zein inorganikoak izan daitezke.

- Organikoak: glukido, lipido, proteina eta azido nukleiko.
- Inorganikoak: ura, gas, anioi eta katioiak.

Atomoen arteko loturak.

a) Lotura kobalenteak: 2 atomo batzen dira. Batak azken geruzan elektroirik gutxi ditu eta besteak asko, hau dela medio elektroirik konpartitzen ditu. Lotura sendoa eta egonkorra da.

Antzeko elektronegatibitatea duten atomoen artean gertatuz gero honakoa gerta daiteke:

- Molekula apolarra**: kargak uniformeki banatuta daude.
- Molekula polarra**: kargak ez daude uniformeki banatuta.

C, H, O eta N lotura kobalenteak sortzeko elementu arinak dira.

C, O eta N-k lotura bikoitza eta hirukoitza sortzeko gaitasuna dute.

C kasu berezia da. Azken orbitala betetzeko 4 elektroio falta dira. Honela, lotura bakunak, bikoitzak etab. sor ditzake. C-ak lotura sendoak eratzeko gaitasun handia du eta molekula konplexuak era ditzake.

b) Lotura ionikoak: elektronegatibitate oso ezberdineko atomoen artean gertatzen da. Elektronegatibitate baxuko atomoak elektroioak galtzen ditu eta elektronegatibitate altukoak elektroioak hartzen ditu. Lehenengoak katioiak sortzen ditu eta bigarrenak anioiak, ondorioz, ERAKARPEN ELEKTROESTATIKOA sortzen da.

Kobalenteak baino sendotasun ahulagoa du. Gatzak sortu ohi dituzte (hezurrak, haginak etab.)

2. Energi baxuko lotura molekularrak

Dipolo molekularra eta momentu dipolarra: Karga partzial positibo zein negatiboak daudenean DIPOLO egitura sortzen da. Hau molekula polarizatua da eta elkarrekintzak sortzen dira.

Momentu dipolarra= karga x kargen arteko distantzia.

Unitatea=Debye.

Materiaren agregazio egoerak: gas, likido eta solidoa da.

Zeren arabera?

- Temperatura:** aldakorra da. Temperatura igotzean egoera aldatzen da.
- Presioa:** aldakorra da ere. Presioa handitzean kohesio indarrak aldatzen dira.
- Kohesio indarrak:** iraunkorra da. Molekulen arteko lotura mota adierazten du.

Molekula arteko erakarpen indarrak:

Lotura	Indarra
l. kobalente	50-100
l. ionikoa	1-80
Dipolo-dipolo: Van der Waals.	0'5-1
Dipolo-dipolo: Hidrogeno zubiak.	3-6
l. hidrofobiko	0'5-3

- **Lotura kobalentea:** Molekulen artean ez da horren garrantzitsua. Proteinen egitura tridimentsionalean garrantzia berezia du, disulfuro zubien eraketan.
- **Lotura ionikoa:** Gorputzeko hainbat egitura sortzeko garrantzitsua da, hezurak eta haginak esaterako.
- **Dipolo-dipolo:** Polaritatea duten molekulen artean ematen da (bai karga partziala positibo bai negatibo denean) alboko partikulekin elkarrekintzak sortuz.

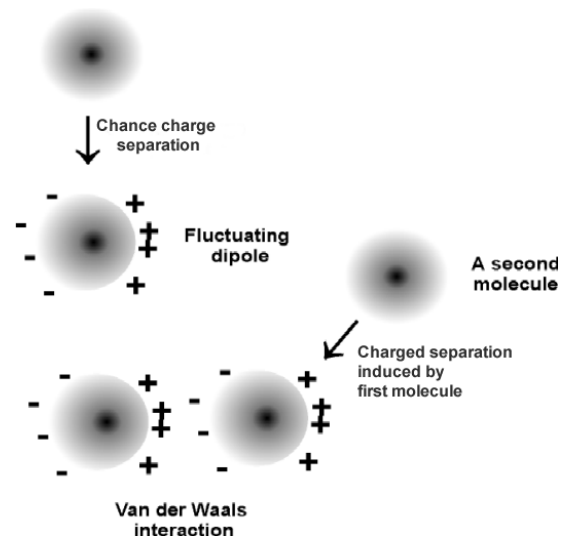
Ioi- dipolo elkarrekintzak ere existitzen dira eta indartsuak dira. Partikulen arteko ERAKARPEN ELKAREKINTZAK formula honekin neurtzen dira:

$$E = 1/r^3$$

$r = \text{erradioa.}$

2 dipolo-dipolo lotura mota bereizten dira:

a) *Van der Waals:* Dipolo arteko elkarrekintzak dira. 3 mota daude:



- **Keelson** indarrak: dipolo-ioi elkarrekintzak.
- **Debye** indarrak: 2 dipolo iraunkorren arteko elkarrekintzak.
- **London** indarrak: Behin-behineko dipoloen arteko elkarrekintzak, hau gasen artean ematen da. Batzuetan molekula apolar bat emandako momentu batean polarizatzen da behin-behineko dipolo sortuz. Honek inguruko molekuletan induzitu dezake.

$$E = -2 \mu \alpha / r^6$$

$\alpha =$ molekula baten
polarizatzeko aukera.

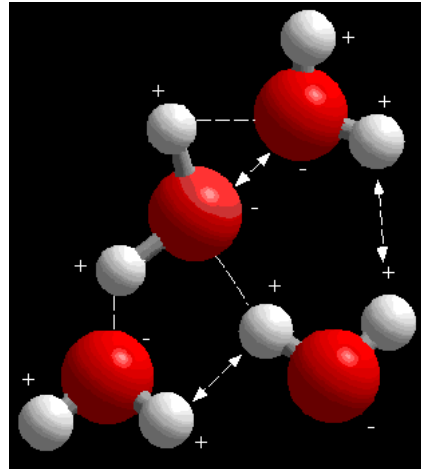
$$E = 1 / r^6$$

b) Hidrogeno-zubiak: Dipolo-dipolo elkarrekintzak bereziak dira.

Oso elektronegatiboak diren elementuak (O,F, N) Hidrogenoarekin lotzean sortzen dira. Hauek alboko molekulekin loturak sortzen dituzte. Elektronegatibitate ezberdintasun handia eta pisu molekular txikia dutenez asko gerturaten dira molekulak.

Lotura nahiko sendoak dira. Substantzia hauek fisiko-kimikoki oso bereziak dira.

Ur molekulen kasua da. Ur molekula bakarra lau hidrogeno zubi sortzeko aukera du. Lotura hau biologikoki oso garrantzitsua da: uraren ezaugarri fisiko-kimikoen arduraduna da. Gainera H zubiak zenbait bioelementuetan ezinbestekoa da: azido nukleikoen kateetan eta proteinen egituran esaterako.



- **Lotura hidrofobikoak**: Ingurune urtsuetan ihes egiteko molekulen artean sortzen diren baturak dira. Aminoazido hidrofobikoen kasua da: alanina, leucina, isoleucina, valina, prolina, fenilamina etab.

3. URA: izaki bizidunen osagai nagusia

3.1. Gorputzaren osagaiak

%60 = ura.

%40 = gantza, proteina, lipido eta karbohidratoak.

Jaioberrietan %75 = ura.

Gorputz atala.	Pisuaren % gizonetan.
Muskulu	%50
Gantza	%10
Erraiak	%20
Hezurak	%10

Muskuluak aktiboak direnez ur ehuneko handia behar dute: %80.

Gantzak aktiboak ez direnez ur ehuneko baxuago bat behar dute: % 30.

Gizonek, muskulu gehiago eta gantza gutxiago dutenez, ur kantitate gehiago behar dute.

Emakumeek, muskulu gutxiago eta gantza gehiago dutenez, ur kantitate gutxiago behar dute.

Uraren funtzioak: molekulen garraioa, babesa, tenperaturaren kontrola, erreakzio entzimatikoa, solbentea etab.

3.2. Likidoak gorputzean

Batez beste 40 l inguru daude.

Zelula barnean: $2/3 = 25$ l.

Zelula kanpoan: $1/3 = 15$ l. Hauetako 3 l hodi barruko likido intrabaskularra dira (odol + plasma) eta beste 12 l-ak zelula arteko likido interstiziala da.

3.3. Egitura

Egitura berezia du. Lotura kobalentez oxigeno bat (oso elektronegatibpoa dena) eta bi hidrogeno (elektronegatibitate gutxiak) lotzen dira. Molekula polarra da.

104° angelua du bere atomoen artean.

Ur molekulak interkutatzen dute hidrogeno zubiak sortuz. Ur molekula bat 4 hidrogeno zubi era ditzake solido egoeran. Likidoan, aldiz, 3×6 H zubi era ditzake. Lotura kopurua agregazio egoeraren araberakoa. H zubiak etengabe apurtu eta

sortzen dira. Beren iraupena 10^{-12} segundokoa da. H zubien energia 20-25 KJ/molekoa da. Hala ere nahiko sendoa da bere kohesio indarra eta honek ematen dio urari bere berezitasun fisiko-kimikoa. Lotura kobalentearen energia 460 KJ/molekoa da.

3. 4. Ezaugarri fisiko-kimikoak

Urak hainbat berezitasun fisiko-kimiko ditu.

- 1) **KOLOREGABEA:** biologian garrantzitsua da, honi esker baitago uretan bizia eta ur azpian fotosintesia egitea ahalbidetzen du.
- 2) **ZAPOREGABEA.**
- 3) **USAINGABEA.**
- 4) **KONPOSATU EGONKORRA:** erreakzio kimikoak egon arren ingurunea egonkor mantentzen da. Ez da inerteia eta batzuetan erreakzioetan parte hartzen du.
- 5) **URTZE BERO ALTUA:** solidotik likidora pasatzeko eman beharreko beroa. 6KJ/mol.
- 6) **IRAKITE BEROA (Baporizazioa) :** likidotik gasera pasatzeko bero kopurua. 40KJ/mol. (azken bi ezaugarrietan datza izerdi bidez beroa askatzeko gaitasuna).
- 7) **LIKIDO IZATEA 0°C-tik – 100°C-ra:** Urtze puntua= 0°C. Irakite puntua: 100°C. Honek bizia maimentzen du.
- 8) **BERO AHALMEN HANDIA:** substantzia bati eman beharreko energiari honen 1 g-1°C igotzeko bero ahalmena deritzogu. Urak bero ahalmen altua duenez tenperatura erraz mantentzen da. 418J/g°C.
- 9) **EROANKORTASUN TERMIKO HANDIA:** garrantzitsua da gorputzeko tenperatura konstante mantentzeko.
- 10) **DENTSITATEA:** Maximoa 4°C-tan ematen da ur likidoan. Lotura kopuruak murriztu eta molekulak hurbiltzen baitira. Likidoan: 4°C (1g/cc) eta solidoan 0°C (0.9168g/cc). Ondorioz, solidoan likido egoeran baino dentsitate txikiagoa da. Garrantzitsua da bizitzarako uraren goiko geruza soilik izozten baita, behean bizia mantenduz. Gainera, dentsitatea jaisterakoan bolumena handitzen da.
- 11) **KONSTATE DIELEKTRIKO HANDIA:** Disolbatzaile unibertsala. Molekula polarraenez konstante dielektriko handia du. Honela solutu artean sartu daiteke eta disolbatu. Solutu polarrak, ioiak (gatzak) eta molekula anfipatikoak disolba ditzake. Azken hauek zati polar bat eta zati apolar bat dute eta banatzen dira.
- 12) **ELEKTROLITO AHULA:** oso portzentaia txikia disoziatzen da.:
 $H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$. Ingurune bateko protoi kontzentrazioa garrantzitsua da. Hau Ph-z neurtzen da. Honen arabera aurrera eramaten dira prozesu biologikoak.

Protoi asko badaude Ph baxua izango da eta alderantziz. Prozesu biologikoak burutzeko beharrezkoa da Ph optimoa izatea.

- 13) GAINAZAL TENTSIO ALTUA: ur molekulak H zubien bidez elkartzen dira. Indarra beherantz doa, honi deritzo gainazal tentsioa. Badira gainazal tentsioa jaisteko substantziak, detergenteak esaterako.
- 14) KAPILARITATEA: Ur molekulak erakarpen endostatikoa dute, gora molekula bat doa eta H loturak direla medio beste ur molekulak ere bai. Honetan datza landareek substantzi nutritiboak hartzeko oinarria.
- 15) DIFUSIOA: solutua kontzentrazio handia dagoen aldetik kontzentrazio txikiko aldera pasatzea da. Difusioa inguru urtsuan gertatzen da, ura isolatzaile ona baita. Gizakian garraio sistema bat da.
- 16) OSMOSIA: disolbatzaile kontzentrazio baxuko aldetik, kontzentrazio altukora pasatzea, kontzentrazioa berdindu arte.

3. 5.- Lurrun presioa

Unitatea: atmosfera.

Lurrun presioa = aire lehorraren presioa + uraren presioa. Temperatura jakin batean zein presioa egon behar da orekan egoteko da. Uraren kasuan tenperatua 100°C-koa denean Lurrun Presioa 1 atmosferakoa da eta oreka ematen da.

Lurrun presioa ezaugarri bat da: tenperatura batean zein lurrun presio ematen den aztertzen du. Mendi tontorrean lurrun presioa ezberdina da. Tenperatura baxua denean ur lurrun kantitatea txikia da.

ERRADIAZIO IONIZATZAILEEN BIOFISIKA

4. Erradiazio elektromagnetiko eta korpuskularrak

4.1. Ezaugarri orokorrak

Z = zenbaki atomikoa.

A = masa atomikoa.

Isotopoe Z berdina eta A ezberdina dute, beraz ezaugarri kimiko berdinak eta ezaugarri fisiko ezberdinak dituzte.

Gizadian 104 elementu daude eta 13000 isotopo inguru. Azken hauek bi taldetan banatzen dira:

- Egonkorak (gune egonkorrekoak eta egitura fisiko ez aldakorak)
- Ez egonkorak edo ISOTOPO ERRADIAKTIBOAK, natural zein artifizialak (gune ezegonkorra dute eta uhin elektromagnetikoak igortzen dituzte).

Adibidez: Hidrogenoak 3 isotopo ditu: 1 protoi, 1 protoi + 1 neutroi eta 1 protoi + 2 neutroi.

Taula periodikoan behean agertzen dira isotopo errektibo gehienak.

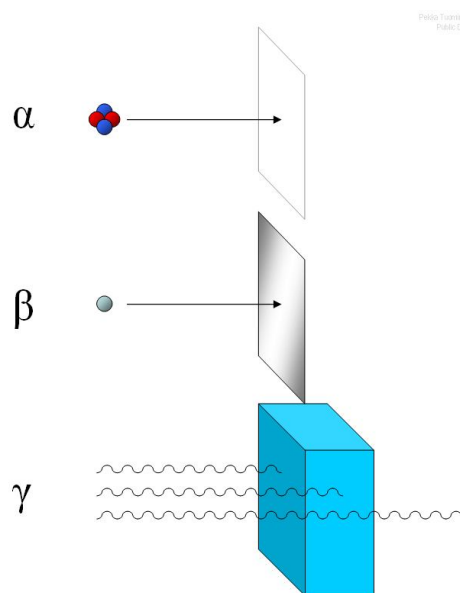
Isotopo errektibo bakoitza berezko desintegrazioa jasaten du. **ERDIDESINTEGRAZIOA:** pasa behar den denbora isotopoen erdia desintegratzeko. Desintegrazioaren ondorioz substantziak igortzen dira, **ERRADIAZIOA** (energia askapena).

Erradiazio ionizatzaileak: ionizatzeko ahalmena duten erradiazioak, elektroiak euren orbitetatik mugiaraziz. 2 mota daude:

- **Korpuskularra:** ikus daitezkeen partikulak igortzen dira (α eta β)
- **Elektromagnetikoak,** energia nahikoa duten fotoi igorpenak (Gamma eta X izpiak).

4.2. α erradiazioa

α partikulak igortzeari deritzo. Hauek korpuskularrak dira, hau da masa eta karga dute. Partikula hauek helio atomo baten nukleoak dira. Karga positiboa dute.



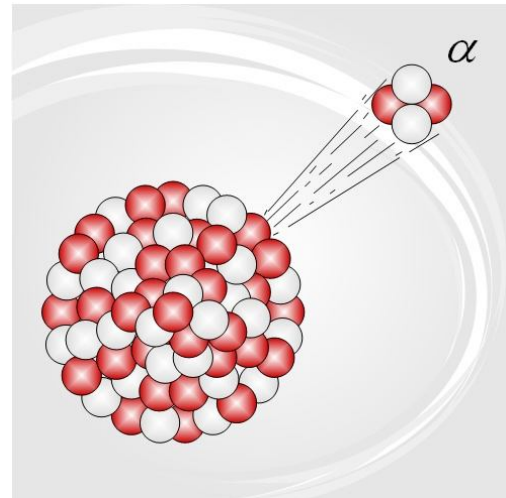
Philo Toubert 95,
Public Domain

Elementu astunetan ematen da (Radio, uranio...). Ezegonkorra da, neutroi kopurua protoi kopurua baino handiagoa da.

$$A/ZX = A-4/Z-2 + 4/2 \text{ He.}$$

$$226/88X = 222/86 + 4/2 \text{ He.}$$

Partikula astunak dira, energi zinetiko handikoak, bere masa altua dela eta. Bere karga ++ da, sartze ahalmen txikia dute eta ionizatze ahalmen handia.

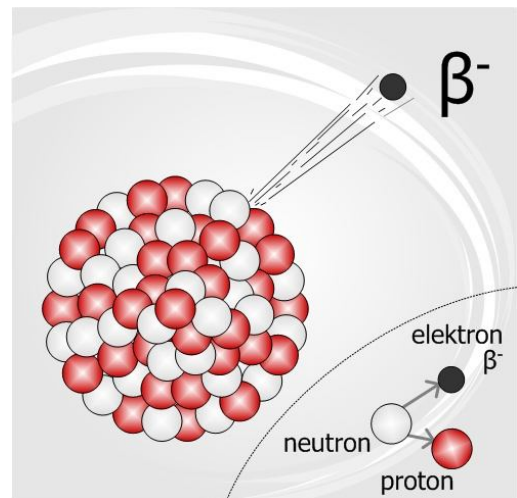


4.3. β erradiazioa

2 mota bereizten dira:

- **Positroiak** (β+) protoi bat neutroi bat bihurtzean eratzen da. $A/ZX = A/Z-1 Y + \beta + \text{Protoia} = \text{neutroia} + \text{positroia}$.
 $11/6C = 11/5 B + \beta + .$
- **Negatroiak:** $\beta^- = A/ZX = A/Z + 1 Y + \beta^-$
 $\text{Neutroi} = \text{protoi} + \text{negatroi}$.
 $14/6C = 14/7N + \beta^- .$

Masa txikiko partikulak dira energi zinetiko handiarekin. Karga (+ -) dute eta sartze ahalmena α partikulena baino ehun aldiz handiagoa da.



4.4. Erradiazio korpuskularren energia

Protoi eta neutroien masaren unitatea = UMA.

$$1 \text{ UMA} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = \text{protoi masa} = \text{neutroi masa}.$$

Elektroi masa = 0,0005 UMA.

4.5. Masa energia baliokidetzak

$$E = M \cdot C^2 \quad M = \text{masa.} \quad C = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/s.}$$

Maila atomikoan energia unitatea elektroboltio (eV) da.

Potentziala = Lana / karga.

Lana edo energia = Voltio · elektroaren karga = eV.

MeV = mega elektrovoltio = 10^6 . $1 \text{ UMA} = 931 \text{ MeV}$.

4.6. Erreakzio elektromagnetikoak

Erreakzio elektromagnetiko asko daude. Maiztasunaren eta uhin luzeraren arabera sailkatzen dira.

Maiztasuna = zenbat ziklo denbora batean.

Maiztasun altuko uhinak denbora berean ziklo gutxiago burutzen dituzte.

$$E = h \cdot f$$

$$C = f \cdot \lambda$$

$$E = h \cdot C / \lambda$$

- Uhin luzera = λ
- $h = \text{PLANK konstantea}$
 $= 6.6 \cdot 10^{-27} \text{ s} \cdot \text{ergio.}$
- Maiztasuna = f
- $C = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/s}$

Abiadura beti berdina izaten da. Energia gehiago badago uhin luzera txikiagoa da eta maiztasuna handiagoa.

Puntu batetik aurrera erradiazio ionizatzaileak maiztasun eta energia handia dute. Argiaren uhin luzera nm zein Å-etan ematen da.

4.7. Erradiazio elektromagnetikoa

Bi mota daude: gamma izpiak eta X izpiak.

- Gamma izpiak: Naturan agertzen dira. Sartze ahalmen handia dute eta ondorioz oso kaltegarriak dira. Maiztasun eta energia altua dutenez ionizatzaileak dira.

$$\lambda < 10^{-11} \text{ m}$$

$$f > 10^{19} \text{ C/s}$$

$$E > 100 \text{ KeV}$$

- X izpiak: Artifizialak dira. Röntgen-ek aurkitu zituen. Hauekin egin zen lehenengo erradiografia, X izpi makina erabiliz. Dentsitate handiko zatietan ez dira ondo pasatzen eta hau dela eta dira hezurak aztertzeko horren egokiak. Gaur egun medikuntzan oso erabiliak dira: erradiografiak, diagnostikorako eta terapeutikoki.

$$\lambda < 10^{-9} \text{ m}$$

$$f > 10^{17} \text{ C/s}$$

$$E > 1 \text{ KeV.}$$

5. Erradiazioak

1. Desintegrazio erradiaktiboa

Iturri erradiaktiboak isotopo erradiaktibodun substantziak dira. Isotopo erradiaktiboaren aktibitatea = zenbat desintegrazioa ematen den denbora jakin batean.

$$A = N/t$$

$A =$ aktibitatea. $N =$ gune desintegrazio kopurua. $t =$ denbora.

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$A_0 =$ hasierako aktibitatea.

$\lambda =$ desintegrazio konstantea.

2. Erdidesintegrazioa

Erdidesintegrazioa = zenbat denbora behar da hasierako aktibitatea erdira jaisteko.

$$A_0/2 = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$\lambda \cdot 0'5 = \lambda \cdot e^{-\lambda t} \quad 0'5 = e^{-\lambda t} \quad -0'693 = -\lambda \cdot t \quad t_{0'5} = 0'693/\lambda$$

3. Unitate erradiologikoa

2 unitate erabiltzen dira:

Aktibitatea = Becquerel (Bq) zein Curio (Ci)-tan neurtzen da.

1 g Ra 226 s-tan desintegratzen da, hemendik datoz unitateak.

1 Ci = $3'7 \cdot 10^{10}$ d/s. d = desintegrazioa.

1 Ci = Isotopo Ra-ren aktibitatea.

1 Bq = 1 d/s.

1 Ci = $3'7 \cdot 10^{10}$ Bq.

1. Atomo erradioaktibo batek alfa partikal bat askatzean, atomoak 2 neutroi eta 2 protoi galduko ditu.

2. Atomo batek beta partikula bat askatzean:

- Negatiboa izanez gero, zenbaki atomikoa mantenduko da
- Positiboa izanez gero, zenbaki atomikoa unitate bat igoko da

4. Soddy eta Fajans-en legeak

Erradiazio mota bakoitzarekin isotopoak jasaten duen aldaketa da:

3. Atomo kitzikatu batek ganma erradiazioa askatzean ez du ez zenbaki atomikoan ez masan aldaketarik jasango.

6. Erradiazio eta materiaren arteko elkarrekintzak

6.1. Transferentzia linealaren kontzeptua (TLE).

$$L_{\Delta} = dE_{\Delta} / dl = d\text{Energia} / d \text{ Distantzia.}$$

Energia eta karga gehiago daramaten erradiazioek TLE gehiago dute. Hauek korpuskularrak dira.

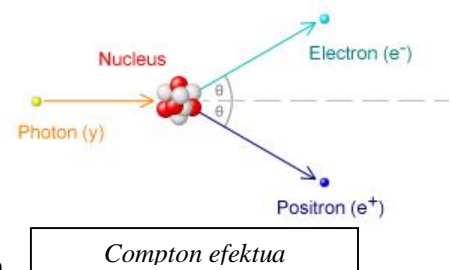
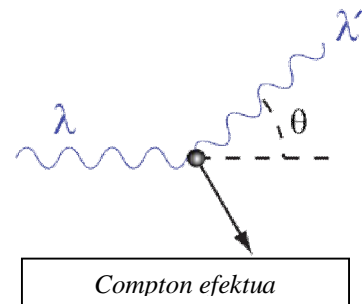
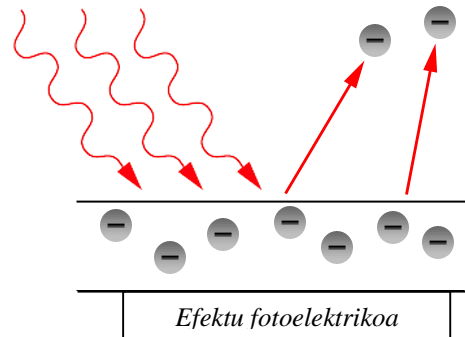
TLE txikiagoa dutenak elektromagnetikoak dira eta sartze ahalmen handia dute.

Unitatea: J/m edo eV/m.

6.2. Erradiazio elektromagnetiko eta materiaren arteko elkarrekintzak.

Hainbat ondorio dakar, batzuk ez baitute ioinizazioa eragingo eta besteak bai:

- Ez ionizatzaileak: 3 dira.
 - Errotazio molekularra.
 - Bibrazio atomikoak.
 - Egitura kimikoan aldaketa edo kitzikatzea
- Ionizatzaileak: 3 dira ere.
 - **Efektu fotoelektrikoa:** erradiazioz atomoaren elektroiak ateratzen dira.
 - **Compton efektua:** erradiazioz elektroia bat kanporatzen da eta energia izpiak bere maiztasuna aldatzen du, energia galtzen baitu.
 - **Bikoteen eraketa:** erradiazio energia oso altua da behar da. Fotoi batek nukleoa kolpatu eta honek izaera aurkako bi partikula askatzen ditu.



Erradiazio energiaren arabera efektu bat gehiago edo gutxiago emango da.

6.3. Erradiazio korpuskularrak eta materiaren arteko elkarrekintzak

- alpha partikula: Energi eta masa asko dutenez ez dute sartze-ahalmen handia eta materiaren eragiten dituzten 2 elkarrekintzak KITZIKATZEA eta IONIZATZEA dira.

- **β partikulak**: masa txikia dute. Ondorengo elkarrekintzak eragiten dituzte: KITZIKATZEA, IONIZATZEA, DESBIDERAKETA materia zeharkatzerakoan eta BREMSSTRAHLUNG edo “radiación de frenado” hau nukleoaren inguruan buelta ematean gertatzen da, abiadura galtzen baitute. Azken honen ondorioz ionizazio berria sortzen da. Azkenik, DISPERSIO ELASTIKOA ere jasaten du.

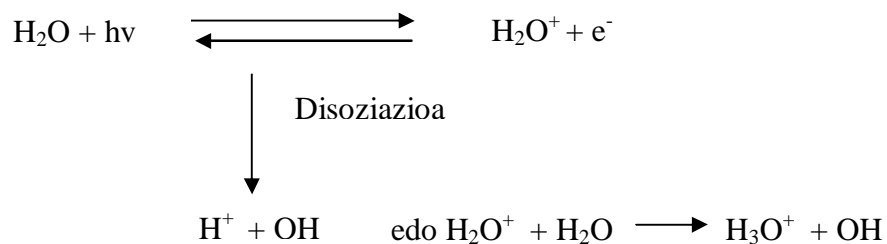
7. Erradiobiologia

7.1. Sarrera

Erradiaktibitatea bizia zeharkatzean ematen diren ondorioak aztertzen da erradiobiologian. Eragina beti ez da berdina, zuzena zein zeharkakoa izan daiteke. Eragin zuzena erradiazio bidezko garrantzizko biomolekuletan lesioari deritzogu; zeharkakoa, berriz, erradiazioz beste molekula batean eman eta beste molekulak erreaktibo bihurtzen dituzte, honela lesioa sortuz.

Erradiosentikortasuna ezberdina da organo, ehun edo zelula bakoitzean.

Uraren erradiolisia:



H_3O^+ =
hidronio
urionioa.

OH = oxidrilo erradikal askea. Karga neutroko partikula da baina elektroi desparekatua du azken orbitalean. Oso erreaktiboa da, elektroiak lapurtzeko gaitasun handia du. Alboko molekulei elektroiak lapurtzerakoan molekula hauek oxidatu eta lesioa sortzen dute.

Lesioa ematen denean hiru gauza gerta daitezke:

- Lesioa konpontzea.
- Lesioa ez konpontzea.
- Lesioaren konponketa okerra gertatzea.

Erradikal askeetatik babesteko ANTIOXIDATZAILEAK existitzen dira.

7.2. Erradiosentikortasun zelularra: Bergonie- Tribondeau-ren legea.

Lesioaren eragina ezberdina da kalteturiko molekularen arabera. Azido nukleiokoetan esaterako oso larria da, mutazioak erreplikatu eta zelula berrietara pasa daiteke.

Erradiosentikortasun handiena duten zelulek birsortze abiadura handia, banatzeko ahalmen handia eta desberdintasun maila txikia dute.

Zelula enbrionarioak, ehun hematopoyetikoak eta ehun epitelialak esaterako errektibotasun handia dute.

Neuronak, muskuluak eta hezur zelulak bestalde errektibotasun txikia dute.

BERGONIE-TRIBONDEAU LEGEA: *birsortze handiko eta banatze ahalmen altuko zelulek erradiosentikortasun handiagoa dute, ahalmen mitotikoaren arabera, eta desberdintasun mailaren arabera.*

7.3. Zelula mailako efektuak

Zelulako gune sentikorrak: nukleoa eta zitoplasma dira. Zikloko gune sentikorrena mitosia da. Hainbat efektu ematen dira: heriotza zelularra (berehalakoa zein latentzi ostekoa), zatiketa zelularra gelditu, mutazioak eta kantzerifikazioa.

7.4. Dosia

Dosiaren kontzeptua

Definizioa: erradiaziopean dagoen ingurune batek jasotako energiaren neurria da.

- **Esposaketa dosia:** zenbat askatzen den. (Roetgen unitatea).
- **Absortzio dosia:** zenbat gelditze den.
- **Dosi baliokidea:** zein eragin biologikoa duen.
- **Zurgatutako dosia.**

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ erg/g} \qquad 100 \text{ rads} = 1 \text{ Gy.}$$

$$1 \text{ Gray (Gy)} = \text{J/kg} \qquad 1 \text{ Gy} = 10^{-3} \text{ J/kg.}$$

Honetan zerikusia dute ondorengoak:

- Erradiazio intentsitatea.
 - Erradiazio energia.
 - Erradiazio esportazio denbora.
 - Ehun mota.
 - LET (Energi transferentzia lineala.)
- Esposizio biologikoa (D.B.)

$$1 \text{ rem} = \text{zurgatutako dosia (ram)} \cdot \text{eraginkortasun biologiko erlatiboa (EBR).}$$

$$1 \text{ sievert (SV)} = 10 \text{ rem} = 1 \text{ J/kg.}$$

Hau erabilgarria da erradiazio ionizatzaileak materialian duen eragina kuantifikatzeko.

Ondorioak

- **Somitikoak:** irradiatutako gizakiengan ematen dira. Ondorio hauek goiztiarrak (ordu batzuetakoak) zein berantiarrak (urteetakoak) izan daitezke.
- **Genetikoak:** irradiatutako gizakien ondorengoetan ematen da.
- **Teratogenikoak:** enbrioi garaian irradiatutakoak dira.

Efektuak

- **Estokastikoak:** dosi atalaserik ez eta dosia handiagoa = probabilitate handiagoa. Adibidez. Minbizia.
- **Ez estokastikoak:** dosi atalasea bai eta dosi handiagoa = probabilitate berdina. Adibidez: ilearen galera.

Gorputzeko organo guztiak ez dute erradio sentikortasun berdina, Gainera denbora ere zerikusia du, irradiazioa segituan ematen bada kaltegarriagoa baita. Adina ere kontuan hartu behar da, gazteak erradiazioari sentikorragoak dira. Hau dela eta 18 urte bete arte ezin da isotopoekin lan egin.

$$5(N- 18)$$

Ondorio biologikoak eta erradiazio dosiak.

- **0-25 rem :** ondorioak ez dira nabaritzen.
- **25-100 rem :** ekintza hematologiko itzulgarria. (adib. Anemia).
- **100-300 rem :** gorakoak, hemorragiak, ile galera... partzialki itzulgarria.
- **300-600 rem :** heriotza arriskua: hezurmuina, nerbio sistema, liseri aparatua... kaltetu.

Dosi hilgarriak: %50 kasutan (400 rem), % 100 kasutan (600 rem).

DL DL50 DL 100

Detektoreak.

Diagnostikorako 3 sistema:

- **Plaka fotografikoetan** oinarrituta, x eta y izpietan oinarrituta.
- **Gas baten ionizazioa:** Geiger-Muller. Errakzio kutsadurak detektatzen dira.
- **Izarniadura zenbagailuak:** Oso erabiliak dira. Erradiazioaren arabera atomo batzuk kitzikatzen dira eta hauek hasierako egoerara bueltatzean energia askatzen dute, izarniadura sortuz. Hauek zenbatzen dira.

ARNASKETAREN BIOFISIKA.

8. Arnas mekanika.

8.1. Arnas aparatua

Birikak bular kutxan daude, eta azken hau berriz diafragma eta saihetsen barnean.

Birikak bi egitura ditu: airebideak eta zuhaitz baskularrak. Lehenengoak hutsak dira eta zuhaitz baskularrak inguratzen ditu.

Hodi handietatik txikietara: trakea- bronkio nagusiak- bronkiolo primarioak – bronkiolo sekundarioak... - albeoloak.

Albeoloak: hauen inguruan odol kapilarrak daude. Gizakietan milioika daude (300-500 milioi inguru), Hauetan gas trukea ematen da, truke azalera handian (75 m²). Jaiotze momentutik nerabegarora albeolo kopurua handitzen da, heldutasunean azalera handitzen dute. Mintz albeolo kapilarra egitura mehea da, honek gas trukea eta difusioa errazten du. Bere funtzioa O₂ eta CO₂ trukea egitea da. Zelula mailan ematen da gas trukea: Arnasketa zelularra.

Organismoan ematen den metabolismoa ondokoa da: nutrienteak oxigenoz oxidatu eta energia, karbono dioxidoa eta ura askatzen da.

Arnas sistema eta odol sistema bat eginez ematen da arnasketa. Albeoloetan odola eta airea gerturatzen dira.

Batuketa horri esker odola oxigenoan aberatsa eta karbono dioxidoan txiroa da. Oxigeno eta karbono dioxido trukea ematen da.

Arnasketan lau ekintza gertatzen dira:

- Albeoloen bentilazioa.
- Albeolo eta odol arteko oxigeno eta karbono dioxido trukea.
- Zeluletatik eta zeluletara CO₂ eta O₂-ren garraioa.
- Arnasketaren kontrola.

Albeoloen bentilazioa mekanika:

Mugimenduak:

- Diafragma igo eta jaitsi. Ondorioz, bular kutxa handitu eta airea sartzen da.
- Saihetsak igo eta jaitsi.

Arnasketa normala pasiboa da, diafragma soilik mugitzen da.

Arnasketa intentsiboa, aldiz, aktiboa da eta diafragmaz gain beste giharrak ere parte hartzen dute. *Arnas goran*: esternokleidomastoidea, aurreko serratoak, eskalenoak

eta kanpoko saihets artekoa hartzen dute parte; arnas behean, berriz, sabeleko zuzenak eta barruko saihets artekoak.

DIAFRAGMA: dormu itxurako muskulua da. Torax eta abdomen banatzen ditu. Arnasketan parte hartzen du, inspirazioan (behera mugitzen da) zein espirazioan (goranzko mugimendua du).

PLEURA: birika bakoitza estaltzen duen mintz seroso da. 2 mintz daude: biriketakoa (erraietakoa alegia) eta hormonakoa.

Bien artean gune pleurala dago non likido pleurala aurkitzen da.

Bentilazioaren mekanika.

$P_{tm} = P_b - P_k = \text{positibo}$. Hau hodia irekita egoteko nahitaezkoa da.

$$P_p = P_A - P_{pt}$$

P = presioa.

Presioa neurtzeko unitateak: atmosfera (atm), mmHg edo Torr eta cm H₂O.

$$1 \text{ cm H}_2\text{O} = 0.74 \text{ mmHg}$$

$$P = g \cdot l \cdot h$$

Barneko Presioa < kanpoko Presioa.

Bular kutxa handitzean albeoloa handitzen da eta barneko presioa txikitu, ondorioz airea sartzen da. Ondoren, hasierako egoerara bueltatzen da, presioa handitzen da eta airea irten.

Arnasketa sakona bada presio aldaketa handiak daude.

Bular kutxa zulatuko bagenu $P_t = 0 = \text{presio transmurala}$ izango litzateke eta airebideak kolapsatuko lirateke.

Konpliantza edo distentsibilitatea.

$$\text{Konpliantza} = \Delta V / \Delta P. \quad V = \text{bolumen}, P = \text{presioa.}$$

Konpliantza hodia irekitzeko egin beharreko indarra da.

Elastizitatea: hasierako egoerara bueltatzeko gaitasuna.

Konpliantza baxua bada indar handia egin behar da bolumen aldaketa gertatzeko.

Konpliantza altua bada, aldiz, presio aldaketa txikiekin bolumen aldaketa handiak lortzen dira.

“Efisema gaixotasuna” albeolo pareta desgitean elastikotasuna galdu eta ezin da airea pasiboki bota.

Gainazal tentsioa.

Urak gainazal tentsio handia du.

$$P = 2T/R \quad R=\text{radio.}$$

Gainazal tentsioa aldakorra da, surfaktantea baitago ur geruzan. Honek kohesioa jaisten du eta, ondorioz, gainazal tentsioa jaisten da \downarrow . Albeolotan presioa, tentsioa eta tamaina orekatzen dira.

Surfaktantea fosfolipidoa da . Interfasean kokatu eta urarekin duen kohesio indarra jaisten du, gainazal tentsioarekin batera.

Gainazal tentsioan dagoen surfaktante kantitatea gainazalaren araberakoa da.

Surfaktantea gainazal tentsioa aldatzen da albeolo azalera aldatzean. Gainazal tentsioa jaitsi eta igotzeko bideak ezberdinak dira. Azalera handitzean gainazal tentsioa igotzen da. Surfaktantearekin gainazal tentsioa jaisten da. Aldaketa modu uniformean gertatzen da.

“Histeresia”: surfaktantearen sintesia 34. aste intrauterinoan ematen da. Umea ez bada 34. astera iristen ez du izango gainazal tentsioa jaisteko surfaktante sistemarik. Hau SRD (Sindrome Diestres Respiratorio) gaixotasuna da eta gas trukea zailagoa da kasu hauetan.

Arnas lana.

$$\text{Lana} = P \cdot \Delta V$$

2 lan mota daude:

- Lan elastikoa: %65-85. Bularkutxa zabaltzeko lana da.
- Lan erresistiboa: %15-35. Aire arnabideetatik sartzeko lana da.

Toraxeko horma zabaltzeko lana:

Inspirazioan lana:

- Lan elastikoa: albeolo eta toraxeko indar elastikoaren aurka egiten da.
- Erresistentzia tisularraren lana: birikien biskositearen aurka egiten ds.
- Arnas bideen erresistentziaren laba: arnas bideen aire fluxuarekiko erresistentziaren aurka egiten da.
- Toraxa mugitzeko lana.

Arnasbeheran: Lan erresistiboa elastikoa baino txikiagoa da. Lan elastikoa handia denez arnasgoran ahalmen elastiko du eta nahikoa da lan erresistiboa egiteko, beraz prozesu pasiboa izan ohi da.

2 patologia daude honekin erlazionatuta:

- Bultzadurazko asaldurak (obstruktibo). Konplantzia handitzean arnasgora prozesua errazten da. Baina arnas beherako ahalmen elastikoa txikiagoa da lan erresistiboa baino. Ondorioz, ez da izango energia nahikoa airea ateratzeko. Honen adibidea efisema da.
- Murrizketako asaldurak. (restriktibo). Konplantzia jaistean lan gehiago egin behar da.

Atsedenean energiaren %3-5 gastatzen da. Ariketan, berriz, 50 bider energia gehiago gastatzen da.

Arnas bolumenak.

Espirometria erabiltzen da aireztapena neurtzeko. Honekin bolumena, edukia edo kapazitatea (bolumen bat edo gehiago batzean) eta aire fluxuak neurtzen dira.

Biriken bentilazio bolumena:

- Bolumen korrantea: arnasketa normalean hartu eta botatzen den bolumena. (500ml).
- Arnasgora erreserba bolumena: arnasgoran maximoa da. Arnasgora normalaren ondoren biriketan sartutako airearen bolumena. (300ml).
- Arnasbeherako erreserba bolumena: 1100ml.
- Hondar bolumena: arnasbehera indartsua ondoren biriketan geratutako aire bolumena. (1200 ml). Espazio hila da.

Biriken bentilazio ahalmena:

- Arnasgorako ahalmena: arnasbehera normaletik maximora ahalmena.
Biriketako bentilazio bolumena + arnasgora erreserba bolumena = 3500ml.
- Hondar ahalmen funtzionala: arnasbehera normal baten ondoren biriketan geratzen den bolumena. Arnasgorako erreserba bolumena + biriketa bentilazio bolumena + hondar bolumena = 2300 ml.
- Bizi ahalmena: arnasartze maximoa ondoren bota daitekeen bolumena.
Arnasgora erreserba bolumena + biriketa bentilazio bolumena + arnasbehera erreserba bolumena = 4600 ml.
- Birikako guztizko ahalmena: biriketan dagoen bolumena arnasartze maximoa ondoren. (5800 ml).

Aire fluxuak: zenbat aire bota denbora batean.

Edukiera bital bortxatua: denbora labur batean botatako aire kopurua.

Minutuko arnas bolumena:

Minutu bakoitzeko arnas bideetan sartutako aire bolumena.

- Minutuko arnas bolumena: bentilazio bolumena · arnas maiztasuna = 6l/min.
500ml · 12 arnasketa/ min.
- Arnasketa maximoa: 4600 ml· 40-50 arnasketa/min =200l/min.

Arnasketa sakontzea eraginkorragoa da, maiztasuna handitzea baino.

Airebideetako aire guztia ez da albeoloetara helduko eta albeolo guztiak ez dira funtzionala: 150 ml ez da albeoloetara helduko. Beraz, minutuko arnas bolumena = 350 ml · 12/min.

Arnasketa sakona bada, aire gehiago hartzen da eta eraginkorragoa da.

8.2. Gasen arnas difusioa

2 sistema daude arnasketarako: arnas aparatua eta zirkulazio sistema.

A) Gasen legeak

Boyle-ren legea = $P \cdot V =$ konstantea.

Presioa handitzean bolumena txikitzen da. Toraxeko bolumena igotzean arnasbideko presioa jaisten da eta airea sartzea baimentzen du.

Charles-en legea: Presioa konstantea bada gas baten bolumena handitzen da temperatura handitzean. Inspirazioan temperatura igotzen da eta , ondorioz, bolumena ere.

Dalton-en legea: gas baten presioa = Σ gasen presio partziala.

$$P_t = \Sigma P_p$$

$$P_p = P_t \cdot X. \quad X = \text{frakzio molarra.}$$

$$PO_2 = 760 \text{ mmHg} \cdot 0.21$$

Henry-ren legea: likido batean dagoen kontzentrazioa, airean dagoen gasaren presio partzialarekiko proportzionala da. Eta gasaren solubilitatearen menpe dago.

$$[O_2] = \alpha \cdot P_{O_2}$$

α = solubilitatea.

Oxigeno kontzentrazioa odolean aireko oxigenoaren presio partzialaren proportzionala da. Altuerarekin presio partziala jaisten da.

B) Difusioa:

Gas trukea difusioz ematen da, oso azkarra eta eraginkorra da.

Definizioa: norabide bietan arnas mintzean zehar molekulen ausazko mugimendua.

Molekulak azkar eta ausaz mugitzen dira, elkar kolpatu eta norabideak eta abiadurak aldatzen dituzte.

Difusio garbia: gas kontzentrazio handia dagoen tokitik kontzentrazio txikiko aldera joatea. Gas baten presio partziala eta bere molekulen kontzentrazioa zuzenki proportzionalak dira.

Airea gas batzuen nahasketa da: oxigenoa, karbono dioxidoa, nitrogenoa etab.

Gasen difusio tasa eta gas horren presio partziala zuzenki proportzionalak dira eta presio partziala eta gas horren kontzentrazioarekiko zuzenki proportzionalak.

Ura eta ehunetan gasen preseioa:

Gasek uretan eta ehunetan eragindako presioa eta bere molekulen kontzentrazioa zuzenki proportzionalak dira.

Presioa solubilitatearen menpe dago:

$P = [\text{gas disolbatua}] / \text{solubilitate koefizientea.}$

Solubilitate koefizientea elementuaren arabera aldatzen da.

Eragina du kontzentrazio berdinak garraiatzeko orduan.

Adibidez

Oxigenoa = 0'024, Karbono dioxidoa=0'58, karbono monoxidoa = 0'018, nitrogenoa= 0'012.

Oxigenoa albeolotik odolera doa, karbono dioxidoa, berriz, odoletik albeolotara.

Fick-en legea:

$$D = \frac{\Delta P \cdot A \cdot T \cdot S}{d \cdot \sqrt{P_m}}$$

ΔP = Presio gradiente. S = Solubilitatea.
 A = sekzio gainaldea d = distantzia.
 P_m = Pisu molekularra. T = temperatura
 D = difusioa.

Gas berezitasuna 2 faktorek ematen dute = solubilitatea eta pisu molekularra.

Distantzia txikia izan ohi da.

$d = S/\sqrt{P_m}$ = solubilitate koefizientea.

$$DO_2 = 0.024/32 = 0.00075$$

$$DCO_2 = 0.58/44 = 0.0132 \cdot 40 \text{ mm Hg} = 0.528 \text{ mmol/l}$$

Baldintza konstanteetan karbono dioxidoa errazago mugitzen da oxigenoa baino. Karbono dioxidoaren gradiente txikiagoa da.

Adibidez,

Kapilareak albeoloa inguratzen du. Dakartzaten odola oxigeno gutxi du. Kapilarean oxigenoaren presio partziala 40 mm Hg-koa da, albeoloetan, berriz, 100 mm Hg-koa. Odola albeolo ondotik pasatzean oxigenoa pasako da presioak berdindu arte. Presio gradiente 60 mmHg da. Odolaren oxigeno presio partziala albeolotik irtetean 100 mm Hg-koa da.

Odola oxigenoz azkar saturatzen da. 0.75 segundo behar ditu albeolora buelta emateko odolak. Eta 0.25 segundo oxigenoz odola saturatzeko. Ariketa fisikoan zirkulazioa arintzen da.

Karbono dioxidoarekin kontrako prozesua ematen da. Karbono dioxidoaren presio partziala kapilaretan 55 mm Hg-koa da kapilaretan eta albeoloan 40 mmHg-koa da. Difusioa odolotik albeolotara ematen da. Presio gradiente 5 mmHg da.

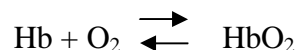
Difusioa emateko gasen gradiente mantendu behar da. Airea eta odola etengabe berrituz lortzen da hau, bi sistemak etengabe mugitzen baitira.

Oxigenoaren presio partziala odolean: zainetan txikia da, biriketako kapilaretan saturatzen da, arterietan kontzentrazioa handia da eta muskuluetan gutxitzen da.

Oxigenoaren difusioa ehuneko kapilaretan: oxigeno askoko odola da. Oxigeno presio partziala 95-100 mmHg ingurukoa da eta karbono dioxidoarena, berriz, 40 mmHg-koa. Oxigenoa odolotik zeluletara pasatzen da; karbono dioxidoa, ordea, zeluletatik odolera.

C) Odoleko oxigenoaren garraioa.

Oxigenoaren %97a hemoglobinari lotuta garraiatzen da. Oxigenoaren %3-a odol eta zelulako uretan disolbatuta dago.



Disolbatutako oxigeno kopurua txikia izan arren, eragin handia du; honen arabera hemoglobinaren erreakzioa alda batera zein bestera mugituko da, hau presio partzialaren arabera izango baita.

Albeoloetan hemoglobina eta oxigenoa batzen dira. Ehunetan oxigenoaren presio partziala jaitsi eta oxigenoa askatzen da.

Odolean oxigenoa sartzen da, gehiena eritrozitoetara eta HbO₂ eratzen da.

ERITROZITOAK: Disko ahurbikoak malguak dira. Ez dute nukleo ez organulurik, baina bai hemoglobina. Funtzioak: oxigenoaren garraioa. Anhidrasa karbonikoa duenez tanpoi efektua burutzen du.

Hemoglobina proteina gorrixka da.

Oxigeno eta hemoglobina disoziazio makurka.

Hemoglobina saturazio portzentaia: oxigenoarekin lotutako hemoglobina portzentaia. Oxigenoaren presio partziala igotzean saturazioa igotzen da. Hemoglobina batek 1'34 ml oxigeno garraiatu dezake.

Odolaren oxigenoa garraiatzeko ahalmen maximoa = 20 ml O₂/100 ml odol.

Saturazio portzentaia: odolean zein hemoglobina kopurua dagoen oxigenoa garraiatzen.

Saturazio portzentaia = oxigeno ahalmena/ahalmen maximoa.

Saturazio kurba sigmoidea da.

Disolbatutako oxigenoa aldatzen da bere presio partzialaren aldaketaren arabera.

Hemoglobinarekin lotu daitekeen oxigeno maximoa:

Gizon helduan = 15g/100ml

Saturazio kurban parametro bat erabiltzen da: P₅₀ = oxigeno zer presioarekin izango %S= %50.

P₅₀ aldakorra da hainbat faktoreen arabera.

Hemoglobinatik askatutako oxigenoa:

ATSEDENEAN:

- S = %97: 19'4 ml oxigeno/100 ml odol garraiatu.
- S = %75 : 14'4 ml oxigeno/ 100 ml odol.

Zelulara 5 ml oxigeno pasatzen dira.

ARIKETAN:

- S = %97: 19'4 ml oxigeno/100 ml odol.
- S = % 35 : 4'1 ml oxigeno/ 100 ml odol.

Zelulara 15 ml oxigeno pasatzen dira.

Gorputzaren oxigenoa garraiatzeko molekula ezberdinak daude: hemoglobina, mioglobina eta hemoglobina umekia.

Mioglobina eta hemoglobinareneko saturazio kurbak ezberdinak dira. Mioglobina ariketan askatzen du oxigenoa.

Bohr efektua:

Baldintza batzuetan hemoglobinareneko saturazio kurba mugitzen da ezkerrera zein eskuinera.

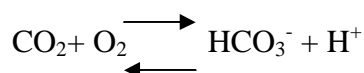
Kurba eskuinera mugitzean P50 igotzen da. Afinitatea jaisten da, %S jaitsi eta ehunetan oxigeno gehiago askatzen da.

Bohr efektua kurba eskuinera mugitzean ematen da, Ph jaitsieraren, temperatura igoeraren, karbono dioxidoa igoeraren eta DPG igoeraren ondorioz. Hau ariketa egitean gertatzen da. Ariketaren ondorioz oxigeno gehiago behar denez afinitatea jaisten da eta oxigeno gehiago askatzen da. Gainera oxigenoaren presio partziala ere handitzen da.

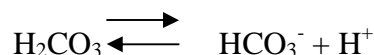
D) Karbono dioxidoaren odol garraioa

%7 disolbatuta garraiatzen da, %23 hemoglobinarekin eta %70 bikarbonato eran.

Zeluletako karbono dioxidoa odolera doa, globulu gorrietan sartu eta ondorengo erreakzioa gertatzen da anhidrasa karboniko bidez.



Baina erreakzio hau ez da mantentzen eta eskuinera mugitzen da.



Haldane efektua

Oxigenoaren presio partziala igotzean odola daraman karbono dioxido kopurua jaisten da. Ehunetan oxigenoaren presio partziala murriztu eta karbono dioxidoa garraiatzeko aukera handitzen da. Zainetan kontrakoa gertatzen da.

E) Gaixotasunak

“Hipoxia”: zeluletan oxigeno kontzentrazioa baxua da. Hainbat arnas faktore daude:

- Arnas arazoak: indar handia egin behar da arnas bideak irekitzeko, oxigeno gutxi sartzen da.
- Aire botatzeko arazoak.

- Anemia: errazago nekatzen da muskuluetan oxigeno nahiko ez baitago, hemoglobina gutxi dago eta.
- Karbono monoxidoaren arnasketa: karbono monoxidoa gaizki emandako konbustioan sortzen da. Hemoglobinarekiko afinitate handia du (oxigenoa baino 210 bider handiagoa). Gainera karbono monoxidoa ez du ez kolore ez dastamenik eta ez da nabaritzen.

ODOL ZIRKULAZIOAREN BIOFISIKA

9. Fluidoaren dinamika

9.1. Fluido kontzeptua

Fluido (fluxo): hodi baten sekzioetik pasatutako likido bolumena denbora batean.

Unitateak: l/min, ml/s... Fluxu=F=Q

$$F = \Delta V / t$$

$$F = S_1 \cdot V_1 = S_2 \cdot V_2 = S \cdot V$$

$$F = S_x \cdot \Delta x / t$$

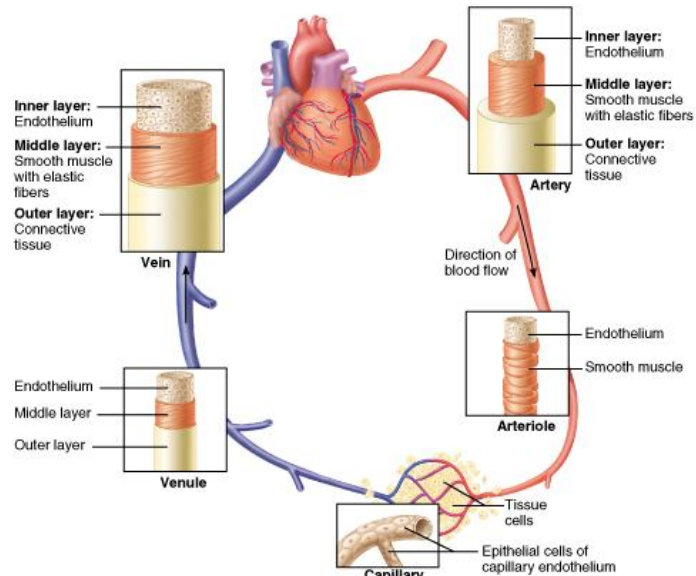
$$\Delta V = S \Delta x$$

$$\Delta x = v \cdot t$$

S=sekzioa.

V=abiadura.

v=bolumena.



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

Zirkulazio sistema diametro ezberdineko hodiz osatuta dago. Bihotzetik hodi handietatik odola ateratzen da txikienetara eta alderantziz. Odola milioika kapilaretik pasatzen da. Ondorioz, kapilareen azalera handiagoa da zain edo arteriena baino eta beraz, abiadura jaisten da.

Abiadurak odol-hodietatik:

- Aorta gorakorra. 63 cm/s
- Arteria handiak. 20-50 cm/s
- Kapilarrak. 0,05-0,1 cm/s
- Zain haundiak. 15-20 cm/s

Likido mota ezberdinak ezagutzen dira: errealak eta idealak.

A) *Fluido idealak*

Fluido idealak ez dira existitzen. Ibiltzerakoan fluido idealek ez lukete energia galduko, likido errearen kontrakoa gertatzen da.

Bernoulliren legea: fluido idealen energia konstantea da beti.

$$E = P_1 + E_{c1} + E_{p1} = P_2 + E_{c2} + E_{p2}$$

E = Presioaren energia (presioaren menpe) + Abiaduraren energia (abiaduraren menpe) + Energia potentziala (altuaren menpe)

P= presio laterala.

E_c = Energia zinetikoa. Abiaduraren menpe dago.

E_p = Energia grabitatorio edo hidrostatikoa. Altueraren menpe dago.

E= presio hidrodinamiko. Konstantea da.

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad E_p = h \cdot l \cdot g$$

Likido idealetan bakarrik betetzen da lege hau.

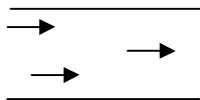
B) Fluido errealak

Fluido errealak mugimenduari erresistentzia sortzen diote Likido errealak deformazioaren aurka eskaintzen duten erresistentzia **biskositatea** deitzen da.

Fluido newtonarrak: biskositatea konstantea dute.

2 fluxu mota bereizten dira:

- **Laminarra**: Beti aurrera. Hodi bateko fluxua banatuz gero ikus daiteke albeoletan mantsoago doala baina beti aurrera.



- **Zurrunbilotsua**: Edozein norabidetan doa. Erresistentzia handiagoa da eta zaratatsua.

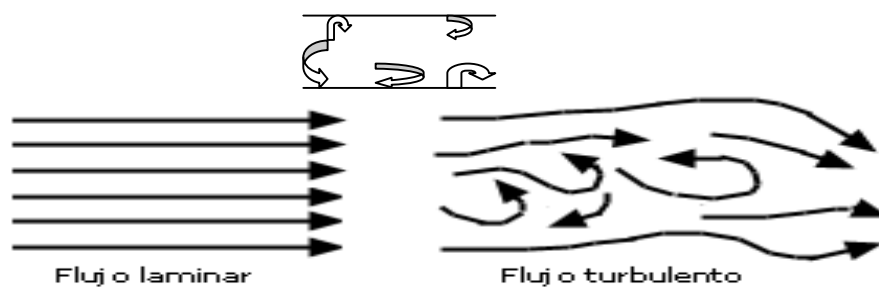


Fig. 1.8.1 - Flujo laminar vs. Flujo turbulento.

Reynolds zenbakia: fluxu laminarretik zaratatsura pasatzeko.

2000 --- Fluxu laminarra.

2000-3000--- Edozein.

3000--- Fluxu zurrunbilotsua.

$$R = \delta \cdot v \cdot D / \eta$$

δ =biskositatea.
v=abiadura.
D=diametroa.
 η =biskositatea.

Poiseulliren legea: likido newtonarretan eta hodi zuzen eta zurrunetan bakarrik betetzen da.

$$Q = \pi \cdot \Delta P \cdot r^4 / 8 \eta \cdot l$$

Q=fluxua. ΔP =Presio gradiantea= $P_n - P_0$. r=radio. η =biskositatea. l=luzera.

C) Erresistentzia

Ohm-en legea.

$$Q = \Delta P / R = \pi \cdot \Delta P \cdot r^4 / 8 \eta \cdot l \text{ ----- } R = 8 \eta \cdot l / \pi \cdot r^4$$

10. Hemodinamika

10.1. Odol fluxua

Odol fluxua atsedendian = 5l/min= bihotz gastua.

Odol fluxua aldakorra da behar energetikoaren arabera.

Normalean fluxua laminarra da. Aorta nagusian fluxua zurrunbilotsua da diametro handia eta abiadura handia dela medio.

Fluxu laminarretik zurrunbilotsura pasatzeak baditu bere arriskuak, odol hodiak ostopatuak badaude hau gerta daiteke. Fluxu zurrunbilotsuaren zarata erabiltzen da zirkulazio arazoak detektatzeko.

Hodien diametroa txikitzean odol fluxuaren abiadura mantsotzen da.

Kapilareak dira txikiak eta , beraz, abiadura txikiak dute; izan ere, odola astiro joan behar da difusioa emateko.

Likidoaren biskositate unitatea =Poisie edo Centipoisie (cp).

Odol biskositatea = 3 cp gutxigorabehera, aldakorra da. Uraren biskositatea = 1 cp.

Odol biskositatearen aldakuntzarako faktoreak: Odolaren hematokritoak: hematokrito altuak globulu gehiago daude, normalean %45. Hematokritoak adierazten du zein odol bolumen dago zelulaz beteta eta zein plasmaz.

Balio hauek jatsi (anemia) edo igo (oxigeno beharraren ondorioz) daitezke.

*Hematokritoak %40-45-----biskositatea=3cp.
Hematokritoak %65 -----biskositatea=100cp.*

Hematokritoaren arabera biskositatea aldatzen da modu esponentzian. Biskositatea gehitzean odola mugitzea zailagoa da. Gero eta hematokrito gehiago orduan eta biskositate gehiago eta, beraz, erresistentzia gehiago.

Biskositatea nahiko konstantea mantentzen da: bolumenarekin odolaren biskositatea jaitsi eta hodiak oso txikiak badira biskositatea ere jaisten da. Likido newtonar baten portaera antzekoa du.

10.2. Odol presioa edo presio arteriala.

Def: Odolak hodiaren kontra egindako indarra da.

Unitateak: mmHg edo Torr.

Nola kalkulatu zen odol presioa? Kateter bat sartu eta ikusi zen merkurioa igotzen zela. $P=h \cdot l \cdot g$ formula bidez kalkulatu zen odol presioa. Gainera presioa aldakorra zela ikusi zen.

Presio sistolikoa: Presio altuena da. Bihotza uzurtuta dago. $P_s=120\text{mmHg}$.

Presio diastolikoa: Presio baxuena da. Bihotza erlaxatuta dago. $P_d=60\text{mmHg}$.

Pultsuaren presioa: $P=P_s-P_d$.

Sistole eta diastole denbora ez da berdina. Diastole $t=1/3=260$ s. Sistole $t=2/3=600$

Batazbesteko $P= P_s-2P_d/m= 100$ mmHg.

Arteriaren presioa altua eta aldakorra da.

Odola bihotzetik presio batekin ateratzen da eta presio gabe bueltatzen da. P grandiantea odola bultzatzeko $da=100$ mmHg.

$P=Q \cdot R$

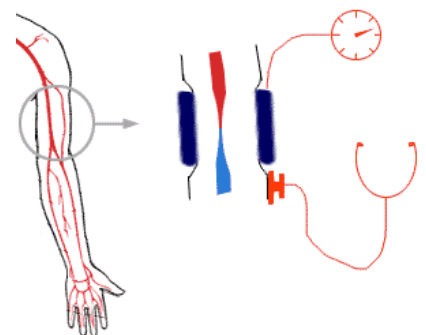
Q= bihotz gastua.

R=erresistentzia. Kapilareen diametroa eta odolaren biskositatearen araberakoa da.

Presio arterialaren neurketa.

Hainbat modu daude:

- **Kateter bidez:** modu zuzena da.
- **Auskultazioz:** magnitua ukondoan jarri eta fonendoskopioa kanpai gisa jartzen da arteria brankialean. Mangitua puzten da taupadak entzun arte. Astiro magnitua hustuz doa. Lehenengo entzuten den taupada tentsio arterial sistolikoa da. Hustean ez dira taupadak entzuten, tentsio arterial diastolikoa da.



Entzuten den zaratari korokoff zarata esaten zaio. Hodia erdi zarratuta dagoenean fluxua zurrumbilotsua da eta, beraz, zaratatdsua. Ondoren fluxu laminarrera pasatzen da eta isila bihurtzen da, magnitua askatzean. Metodo hau nahiko egokia da.

Gaur egun tentsiometro elektronikoak erabiltzen dira.

Tentsio arterial balioak adinarekin gehitzen dira: giltzurrun kontrol arazoak eta arteriaren erresistentzia gehitzen dira. Emakumezkoen presio arteriala baxua da gizonezkoekin alderatuz gero.

Presio balioak garrantzitsuak dira osasunean.

Ps= 140mmHg Pd=90mmHg

“Hipertentsio arteriala” da arteriaren patologia ohikoena.

Diastoliko: 85mmHg<

Sistoliko: 140mmHg<

Presioari batu behar zaio grabitatearen eragina. Odol presioa oinetan altuagoa da altuera ezberdina dela eta. Odol presioa bihotzetik gora txikitzen da. Etzanda grabitatea ez du eraginik. Hau dela eztanda egon ondoren altxatzean zorabioak gertatzen dira. Oineko odola asko baita eta garuneraino iristea kostatzen da, presioa berdintzen den arte.

10.3. Erresistentzia

Hainbat faktore zerikusia dute:

-Distentsibilitatea: hodiekin dilatatzeko duten gaitasuna.

Erresistentzia jaistean presioa ere gutxitzen da. Bestalde, zainetan erresistentzia handiagoa dela eta odol erreserba da.

Kapilarrak:

Basodilatazioa erresistentzia gutxitzen du. Basokonstriktzioa, berriz erresistentzia handitu.

-Odolaren biskositatea.

-2 odol sistema daude:

- Sistematikoa edo handia:

$$R = \Delta P / Q = 100 \text{ mmHg} / 5 \text{ l/min} = 1 \text{ PRU. Hau arrunta da.}$$

Erresistentzia aldakorra da: 4 PRU-0'14 PRU.

- Biriketako edo txikia:

$$R = 14 \text{ mmHg} / 5 \text{ l/min} = 0'14 \text{ PRU.}$$

Erresistentzia aldakorra: 1 PRU- 0'04 PRU.

Erresistentzia ez da beti berdin kalkulatu: seriean zein paraleloan egon daitezke.

-Seriean: $R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$.

-Paraleloan: $1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4$.

10.4. Elastizitatea

Hasierako egoerara bueltatzeko gaitasuna da.

$$P_{tr} = P_b - P_k$$

Laplace legea: $T = P \cdot R$

T=tentsioa.
P=presioa.

R=erradioa.

Gero eta erradio handiagoa orduan eta tentsio handiagoa arterietan zein zainetan. Odol hodietan kontuan hartu behar dira distentsibilitatea eta elastizitatea.

$$\text{Konpliantza} = \Delta V / \Delta P$$

Arterietan konpliantza txikia eta elastizitate handia dago. Arterien horma handia da presio handia behar da zabaltzeko baina ondoren aurreko egoerara errez bueltatzen da. Zainetan, ordea, konpliantza handia eta elastizitatea txikia da. Zainetan presio txikiaren bolumen handiak lortzen dira baina hasierako egoerara bueltatzeko zaila da.

Odol bolumena zainetan=%64.

Odol bolumena arterietan=%13.

Hook-en legea: Materia baten ezaugarri elastikoak azaltzeko legea.

$$F = K \cdot S$$

F=indarr. S=deformazioa. K=young moduloa, konstantea da, objektu bakoitzarena.

“Objektu elastiko bati indarra jarritz gero luzatuko da modu proportzionalean ahalmen elastikoa galdu arte.”

Arteriek portaera elastikoa dute: 2 zuntz daude; elastina zuntzak (elastikoak) eta kolageno zuntzak (erresistentzia).

Odol hodietan muskulu leun zuntzak, elastina zuntzak eta kolageno zuntzak daude. Hodiaren arabera proportzio ezberdinetan agertzen dira. Arteriek muskulu leuna, elastina asko eta kolageno gutxi dute. Zainak, aldiz, muskulu leun gutxi, elastina gutxi eta kolageno asko dute. Azkenik, arterioloek muskulu leun asko, ugariena, dute, elastina eta kolagenoaz aparte.

Horma meheenak kapilareetan daude.

Fluxua beti berdina da : 5 l/min.

Kapilareek azalera handiena dute eta abiadura minimoa hauetan ematen da. Abiadura maximoa arterietan ematen da eta baita presio maximoa ere. Bestalde, zainetan presio minimoa dago.

Odola bultzaka ateratzen da bihotzetik. Zirkulazio sistemaren fluxua jarraia da. Hau arterien ahalmen elastikoari esker ematen da. Hodia kontrakzioan zabaltzen da eta erlaxazioan bere tamainara bueltatzen da, odola aurrera bultzatuz.

Zainek, bestalde, ez dute ahalmen elastikorik, zabaldu daitezke baina ez dira hasierako egoerara errez bueltatzen. Presio gutxi dute. Hau dela eta, balbulak dituzte eta muskuluen laguntzaz zainak estutzen dira eta odola aurrera bultzatzen da.

Arterien elastizitatea adinarekin galtzen da. Arteriak zurruntzen dira eta hauek zabaltzeko lan gehiago egin behar da, gainera odola bultzatzeko laguntzarik ez dago. Honi hipertentsioa deritzogu.