

BIOKEEMIA 1:

BIOKEEMIA OBJEKT

ELUSAIN KEEMILINE KOOSTIS

ANORGAANILISED BIOMOLEKULID

VESI

MIS ON BIOKEEMIA?

- **Biokeemia 2 definitsiooni:**
 - **Biokeemia on elutegevuse molekulaarseid aluseid uuriv teadus**
 - **Biokeemia on teadus elava keemilisest koostisest, komponentide muundumisest ja nende muundumiste seostest elusorganismide struktuuride spetsiifiliste funktsioonidega**
- **Biokeemia on tänapäeval tihedalt integreeritud nii loodusteaduse distsipliinidega kui ka meditsiiniga:**
 - **Molekulaarbioloogia**
 - **Molekulaargeneetika**
 - **Geenitehnoloogia**
 - **Bioinformaatika**
 - **Molekulaarmeditsiin**

BIOKEEMIA JA MEDITSIIN

- **Biokeemiliste protsesside uurimine molekulaarsel tasemel aitab meil mõista nii elutegevust laiemalt kui ka aru saada patoloogilistest seisunditest:**
 - **Biokeemia otsene väljund meditsiini jaoks on:**
 - **Haiguste mehhanismide tuvastamine**
 - **Haiguste diagnoos**
 - **Ravi teadusliku baasi loomine**
 - **Uute ravimite väljatöötamine**

ELUSAIN KEEMILINE KOOSTIS

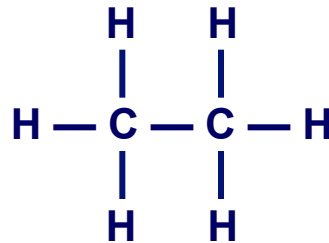
- **Bioelemendid:**
 - Elavast on leitud üle 70 keemilise elemendi:
 - Elussüsteemide talituseks hädavajalik miinimum on 27 bioelementi
- **Liigitus:**
 - Põhibioelemendid:
 - H, C, O, N, P, S
 - Esinevad biomolekulides aatomitena
 - Moodustavad 96 - 98% elusorganismide elementaarkoostisest
 - Essentsiaalsed makrobioelemendid:
 - Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Cl^-
 - Täidavad biofunktsioone valdavalt ioonsel kujul
 - Vajatakse üle 100 mg ööpäevas
 - Essentsiaalsed mikrobioelemendid:
 - Fe, Cu, Zn, Mn, Co, I, Mo, V, Ni, F, Cr, Se, Si, Sn, B, As

INIMORGANISMI PÕHIBIOELEMENTID

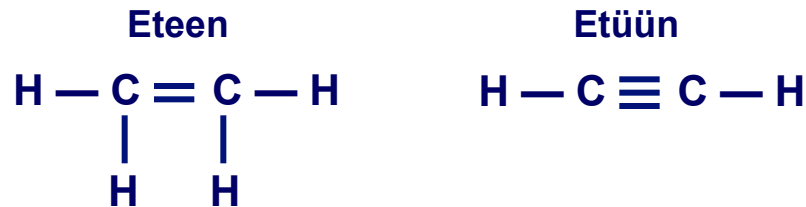
- Inimorganismi põhioelementideks on H, C, O, N, P, S:
 - Nende elementide baasil formeeruvad biomolekulid
- Põhioelementide evolutsiooniline “eelistatus” biofunktsioonides tuleneb:
 - Annavad kergesti kovalentseid sidemeid välimise elektronikihi iseärasuste tõttu
 - Kaksiksidemete (O, C, N) või kolmiksidemete (C) tekkevõimalus on aluseks biomolekulide mitmekesisusele ja reaktsioonivõimele
 - Nende baasil organismis moodustuvad vesilahustuvad anorgaanilised ühendid (CO_2 , NH_3) on kergesti kasutatavad ja väljutatavad

SÜSINIK

- Inimorganismis (70 kg) on umbes 15 kg süsinikku:
 - ca 18% kaaluliselt
- Keemilised omadused:
 - Süsiniku aatom võib anda 4 kovalentset sidet kas süsiniku või teiste elementide aatomitega, näit. etaan:



- Süsiniku aatom moodustab üksik-, kaksik- ja kolmiksidemeid, näit.:



HAPNIK

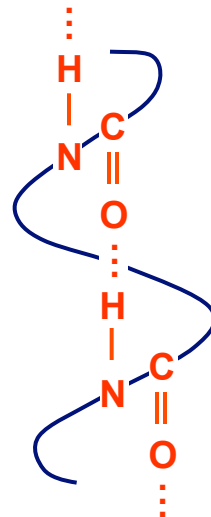
- Inimorganismis (70 kg) on umbes 46 kg hapnikku:
 - ca 65% kaaluliselt
- Sissehingatav hapnik kasutatakse suures osas (95 - 98%) biomolekulide lõhustumiseks, et salvestada nende energiat organismi poolt kasutatavas vormis, põhiliselt ATP
- Väike osa (2-5%) molekulaarsest hapnikust kulutatakse hapniku reaktiivsete vormide tekkeks, näit:
 - Superoksiid anioon: O_2^-
 - Vesinikperoksiid: H_2O_2
 - Hüdroksüülradikaal: OH^\bullet

VESINIK

- Inimorganismis (70 kg) on umbes 7 kg vesinikku:
 - ca 10% kaaluliselt
- Vesinikuaatomite eriline tähtsus seisneb vesiniksidemete moodustamises:
 - Vesinikside on vesinikuaatomi ja vesinikust elektronegatiivsema (elemendi võime siduda endaga elektrone) elemendi aatomi (hapniku või lämmastiku) vahel esinev mittekovalentne side:



- Vesinikside on olulise tähtsusega biopolümeeride (näit. valkude ja nukleiinhapete) kõrgemate struktuuritasemete moodustumiseks ja stabiilsuseks, näit.:



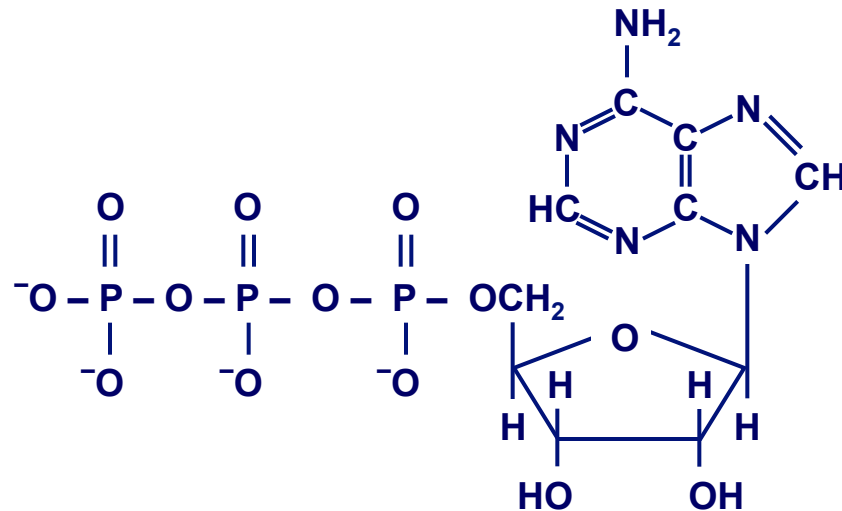
Valgu α -heeliks struktuuris esinev vesinikside amiidi ja karbonüülgrupi vahel

LÄMMASTIK

- Inimorganismis (70 kg) on umbes 2 kg lämmastikku:
 - ca 3% kaaluliselt
- Lämmastik esineb põhiliselt aminohapetes, nukleotiidides, nukleiinhapetes ja heterotsükliilistes lämmastikuühendites

FOSFOR

- Inimorganismis (70 kg) on umbes 0.7 kg fosforit:
 - ca 1% kaaluliselt
- Fosfor osaleb makroergiliste sidemete moodustamises, näit. ATP:



- Leidub nukleotiidides, nukleiinhapetes, fosfolipiidides, süsivesikute fosfoestrites, koensüümides

VÄÄVEL

- Inimorganismis (70 kg) on umbes 0.175 kg väävlit:
 - ca 0.25% kaaluliselt
- Väävlit on rohkesti naha, küünte ja juuste valkudes
- Biomolekulides leidub aminohapete tsüsteiini ja metioniini kõrvalahelas, glutatiooni, koensüüm A, vitamiinide B₁ ja H koostises
- Tsüsteiini tiolrühm (–SH) on tihti ensüümide aktiivtsentris
- Kahe tsüsteiinimolekuli tiolrühma baasil tekkiv disulfiidside (–S–S–) esineb paljudes valkudes ning omab tähtsust nende sekundaar- ja tertsiaarstruktuuri tagasmisel

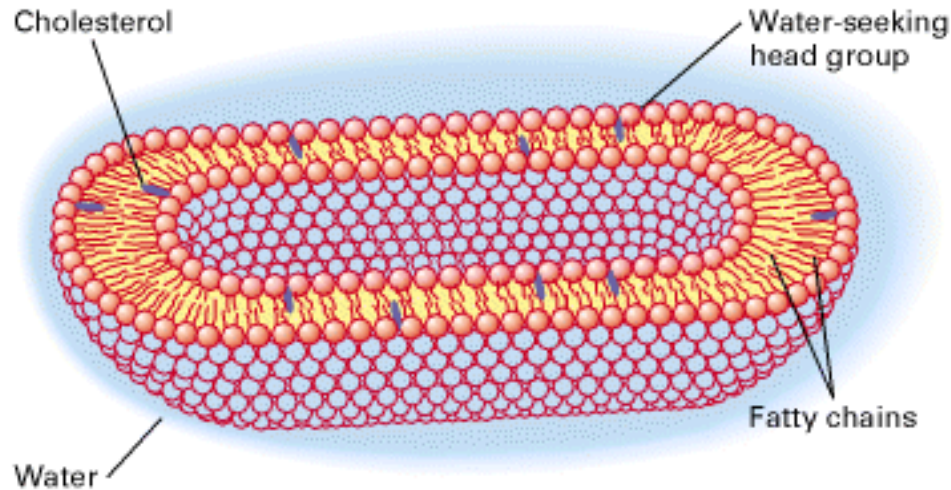
ESSENTSIAALSED MAKROBIOELEMENDID (MAKROMINERAALID)

- Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Cl^-
- Täidavad biofunktsioone ioonsel kujul
- Vajatakse üle 100 mg ööpäevas
- Enamuse makromineraalide ioonsed kontsentratsioonid on raku sees ja väljas erinevad:
 - loonse gradiendi tagavad spetsiifilised membraanvalgud

ioon	Ekstratsellulaarne kontsentratsioon (mM)	Intratsellulaarne kontsentratsioon (mM)	$\frac{[\text{ioon}]_{\text{ekstra}}}{[\text{ioon}]_{\text{intra}}}$
Ca^{2+}	1.5	$<10^{-3}$	>1500
Na^+	145	12	12
K^+	4	155	0.026
Cl^-	120	4	30

BIOMEMBRAANID

- **Kõik rakud on ümbritsetud biomembraaniga:**
 - **Intratsellulaarsed molekulid on tavaliselt vees lahustuvad**
 - **Rakuväline keskkond on “vesine”:**
 - **Veri**
 - **Koevedelikud**
 - **Rakud peavad olema ümbritsetud struktuuriga, millest vesi ja vesilahused ei pääse läbi**



KALTSIUM

- **Kõige levinum makromineraal inimorganismis:**
 - **70 kg kaaluvast inimeses 1 - 1.2 kg**
- **ca 90% kaltsiumist on luudes ja hammastes**
- **loones vormis kaltsium (Ca^{2+}) osaleb väga paljudes protsessides, näit.:**
 - **Vere hüübimine**
 - **Lihaskontraktsioon**
 - **Neurotransmissioon**
 - **Ensüümide aktiveerimine**
 - **Hormonaalsete signaalide ülekanne**

NAATRIUM

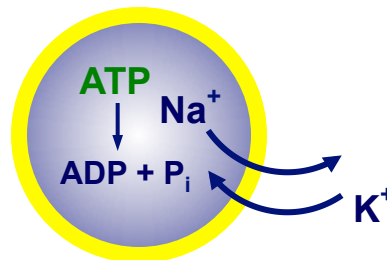
- Naatriumi on 70 kg kaaluvast inimeses 100 – 110 g
- Naatrium ja kaalium on omavahel funktsionaalselt seotud
- Lokaliseerub valdavalt ekstratsellulaarselt:
 - Ekstratsellulaarne kontsentratsioon ca 10 korda kõrgem kui rakus
 - Sellise jaotuse tagab Na^+ - K^+ -pump:
 - Viib raku talituse käigus rakust naatriumi välja ja kaaliumi sisse
 - Tekib membraanipotentsiaal:
 - Raku sisemus (tsütoplasma) on elektriliselt negatiivsema laenguga kui ekstratsellulaarne keskkond:
 - Vajalik närvikoe ja lihaskoe talituseks
 - Tähtis hape-alustasakaalus
 - Tähtis membraantranspordi tagamiseks
 - Tähtis mitmete ensüümide aktivatsiooniks

Na⁺-K⁺-PUMP

- Transpordib rakust naatriumi välja ja kaaliumi sisse
- Säilitab naatriumi ja kaaliumi kontsentratsiooni gradiente:

ioon	Ekstratsellulaarne kontsentratsioon (mM)	Intratsellulaarne kontsentratsioon (mM)	$\frac{[\text{ioon}]_{\text{ekstra}}}{[\text{ioon}]_{\text{intra}}}$
Na ⁺	145	12	12
K ⁺	4	155	0.026

- Pumba aktivatsiooniks peab naatrium olema raku sees ja kaalium väljas:
 - Toimub ATPaasi aktivatsioon, milleks on vaja ATP-d:
 - ATP peab olema raku sees, mis hüdrolüüsitakse:
 - Kolm Na⁺-iooni transporditakse rakust välja ja kaks K⁺-iooni transporditakse rakku sisse



KAALIUM

- Kaaliumi on 70 kg kaaluvast inimeses 130 - 170 g
- Kaalium on rakusisesel kontsentratsiooniga:
 - Raku talituse käigus rakust väljunud liigne kaalium viiakse rakku Na^+ - K^+ -pumba abil
- Funktsionaalselt seotud naatriumiga

MAGNEESIUM

- **Magneesiumi on 70 kg kaalavas inimeses 19 – 30 g**
- **Rakus on magneesiumi ca 10 korda rohkem kui rakuvälises vedelikus**
- **Magneesiumi on rohkesti luudes (ca 65% magneesiumist) ja lihastes (ca 20% organismi magneesiumist)**
- **Esineb kofaktorina enam kui 300 ensüümis**
- **Magneesiumi vajab närvitalitus ja lihaskoe lõõgastus**
- **Reguleerib südamelihase tööd**

KLOOR

- **Kloori on 70 kg kaalavas inimeses 100 – 105 g**
- **Kloor on rakuvälise kontsentratsiooniga, kus tema kontsentratsioon on ca 30 korda kõrgem kui raku sees**
- **Kloor on inimorganismi keskne anioon, biofunktsioonid haakuvad naatriumi ja kaaliumi omadega:**
 - **Osmoregulatsioon**
 - **Hape-alustasakaal**
 - **Membraantransport**
 - **Membraanipotentsiaal**
- **Kloori anioonid on hädavajalikud soolhappe sünteesiks maos**

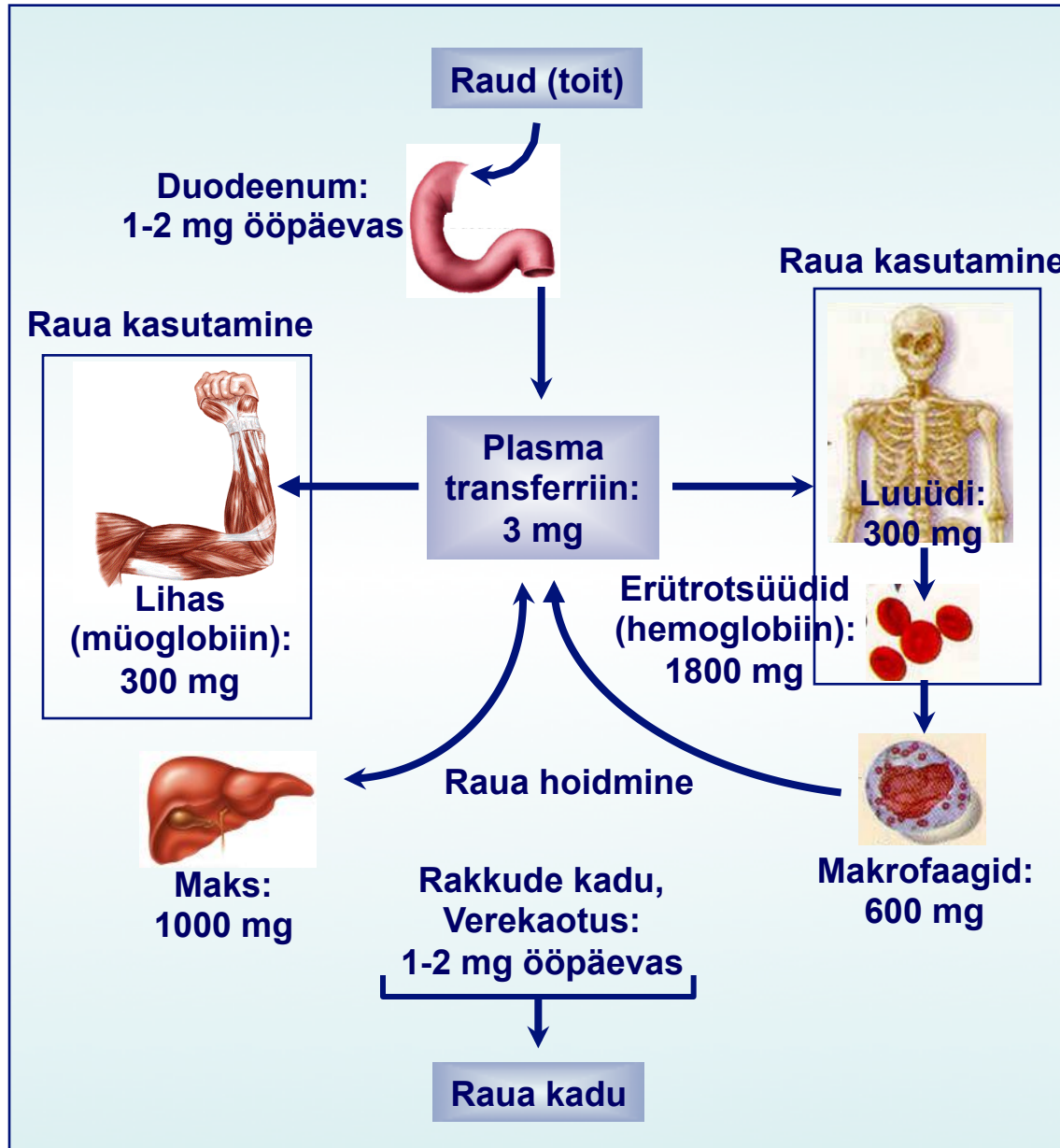
ESSENTSIAALSED MIKROBIOELEMENTID (MIKROMINERAALID)

- **Fe, Cu, Zn, Mn, Co, I, Mo, V, Ni, F, Cr, Se, Si, Sn, B, As**
- **Kuuluvad enamasti ensüümide hormoonide, liitvalkude, vitamiinide koostisse**
- **Bioaktiivsete ainete ehituses/funktsioneerimises osalemise tõttu avalduvad essentsiaalsete mineraalide vaegused tõsiste haigustena**
- **Mitmete mikromineraalide liigsus põhjustab haigusi**

RAUD

- Rauda on 70 kg kaaluvast inimese 3 – 4 g
- ca 60% rauast esineb hemoglobiinis:
 - Tähtis hapniku transpordiks kudedesse
- Raud on redoksmetall:
 - Esineb inimorganismis Fe^{2+} (ferro-) ja Fe^{3+} (ferri-) kujul
 - Fe^{2+} prevaleerib happelises keskkonnas
 - Fe^{3+} prevaleerib neutraalses ja aluselises keskkonnas
- Raua biofunktsioonide aluseks on enamasti tema redoksomadused:
 - Peale hemoglobiini vajavad paljud ensüümid rauda kofaktorina, kus nende funktsioneerimine baseerub raua oksüdatsiooniastme muutusel
- Raud on inimorganismis kasulik ainult seotud vormis:
 - Heemne raud, näit. hemoglobiin
 - Mitteheemne raud, näit. raud-väävel valgud
- Vabanenud raud on tugev pro-oksüdant ehk oksüdatiivne stressor

RAUA VAJADUS JA IMENDUMINE



- Rauda imendumise põhikoht on duodeenum:
 - 1 - 2 mg ööpäevas (ca 10% toidus olevast rauast)
- Inimene kaotab ööpäevas 1 - 2 mg rauda:
 - Rauda ööpäevane vajadus on 10 – 20 mg
- Organism ei ole võimeline omandatud rauast "tavalises mõttes" vabanema:
 - Rauda kadu toimub vananenud rakkude elimineerumise või verekaotuse teel

ORGANISMI RAUA AINEVAHETUSE HÄIRED:

LIIGA PALJU RAUDA

LIIGA VÄHE RAUDA

- Kõrvalekalded raua ainevahetuses võivad põhjustada tõsiseid haigusi:
 - Liiga palju rauda – hemokromatoos:
 - Inimene omastab toidust 3 – 4 korda rohkem rauda kui ta seda vajab
 - Sümptomid:
 - Maksa suurenemine
 - Maksatsirroos
 - Maksavähk
 - Diabeet
 - Liiga vähe rauda – aneemia:
 - Sümptomid:
 - Nõrkus
 - Väsimus
 - Südamekloppimine
 - Õhupuudus
 - Võib põhjustada mälunõrkust

TSINK

- **Tsinki on 70 kg kaaluvast inimeses 1.9 – 2.5 g:**
 - **85 – 90% lokaliseerub luudes ja skeletilihastes**
- **Inimorganism vajab tsinki umbes 300 ensüümi kofaktorina**
- **Tsinki osaleb vaba radikaali superoksiid aniooni (O_2^-) kahjutukstegemisel rakus:**
 - **Antioksidantne funktsioon**
- **Tsingita häirub organismi normaalne areng, kasv ja paljunemine**
- **Tsingi defitsiidi sümptomid:**
 - **Kasvupeetus (kääbuskasv)**
 - **Steriilsus**
 - **Ebaregulaarne menstruaaltsükkel**
 - **Väsimus**
 - **Isutus**
 - **Vaimse võimekuse langus**

FLUOR

- **Fluori on 70 kg kaaluv inimeses 2 – 2.4 g:**
 - **Lokaliseerub põhiliselt hammastes**
 - **Leiudb ka luudes**
- **Fluor on vajalik hammaste arenguks**
- **Fluori listakase joogiveele (tavaliselt naatriumfluoridina)**

RÄNI

- Räni on 70 kg kaalivas inimeses 0.75 – 1.5 g
- Inimorganism vajab räni kõhredes, kõõlustes, luudes, veresoonte seintes

VASK

- Vaske on 70 kg kaaluvast inimeses 70 – 100 mg
- Inimorganism vajab vaske hemoglobiini sünteesiks, aminohapete metabolsimi ja fosfolipiidide sünteesi ensüümide kofaktorina
- Vask (nagu raud) on redoksmetall:
 - Esineb mono- (Cu^+) ja divalentsena (Cu^{2+})
 - Tänu redoksomadustele osaleb redoksreaktsioonides (reaktsiooni käigus muutub vase oksüdatsiooniaste), näit.:
 - Vajalik raku hingamise (hingamisahela) ühes võtmeensüümis (tsütokroomi oksüdaas)

Vask osaleb vaba radikaali superoksiid aniooni ($\text{O}_2^{\cdot-}$) kahjutukstegemisel rakus:

- Antioksidantne funktsioon

VASE DEFITSIIIT JA LIIGSUS

- Vase defitsiidi sümptomid on üldine väsimus, hingamishäired, aneemia
- Väga harva esinev vase defitsiidi sündroom on Menkes sündroom (pärilik haigus):
 - Kaasnevad iseloomulikud heledad “karmid” juuksed ja krambid
- Vase liigsuse haigus on Wilsoni tõbi (pärilik haigus):
 - Sümptomid:
 - Maksatsirroos
 - Neuroloogilised häired, näit. käitumis- ja koordinatsioonihäired

MANGAAN

- **Mangaani on 70 kg kaaluvas inimeses 40 – 90 mg:**
 - **Leidub põhiliselt luudes, maksas, pankreases , neerudes, hüpofüüsis**
- **Organism vajab mangaani mitmete ensüümide kofaktorina**
- **Mangaan osaleb osaleb vaba radikaali superoksiid aniooni (O_2^-) kahjutukstegemisel rakus:**
 - **Antioksidantne funktsioon**

JOOD

- **Joodi on 70 kg kaaluavs inimeses 15 – 20 mg:**
 - **70 – 80% joodist esineb kilpnäärmes hormoonidena**
- **Inimorganism vajab joodi kilpnäärme hormoonide sünteesiks ja kilpnäärme tööks**
 - **Kilpnääre toodab hormoone, mis reguleerivad organismi kasvu, arengut ja ainevahetust**

SELEEN

- **Seleeni on 70 kg kaaluvas inimeses 10 – 14 mg:**
 - **Leidub kõige rohkem maksas, neerudes, spermatoosoidides, lihastes**
- **Inimorganism vajab seleeni ühe keskse rakusise antioksidantse ensüümi (glutatiooni peroksüdaas) komponendina**

TINA

- Tina on 70 kg kaaluvast inimeses 7 – 14 mg
- Tina konkreetseid funktsioone inimorganismis täpselt ei teata

KOOBALT

- Koobaltit on 70 kg kaalavas inimeses 2 – 10 mg:
 - Leidub põrnas, neerudes, pankreases, erütrotsüütides
- Koobaltit vajab vereloome ja erütrotsüütide funktsioneerimine

MOLÜBDEEN

- **Molübdeeni on 70 kg kaalavas inimeses 3 – 11 mg:**
 - **Leidub peamiselt luudes , neerudes, maksas**
- **Inimorganism vajab molübdeeni peamiselt ensüümide kofaktorina**
- **Molübdeeni vajab luukoe teke ja areng**

NIKKEL

- Niklit on 70 kg kaalavas inimeses 0.9 – 9 mg
- Inimorganism vajab niklit mitmete ensüümide kofaktorina

KROOM

- **Kroomi on 70 kg kaaluvast inimeses 1 – 5 mg:**
 - **Leidub peamiselt põrnas ja neerudes**
- **Inimorganism vajab kroomi ensüümide kofaktorina, näit. DNA sünteesis**

ARSEEN

- Arseeni on 70 kg kaalavas inimeses 0.5 – 1.4 mg
- Arseeni konkreetseid funktsioone inimorganismis täpselt ei teata
- Arseen on toksiline:
 - Toksiline annus on 5 – 45 mg
 - Letaalne annus on 45 – 300 mg

VANAADIUM

- **Vanaadiumi on 70 kg kaaluv inimeses 0.5 – 1.6 mg:**
 - **Leidub peamiselt luudes, kõhredes, maksas**
- **Inimorganism vajab vanaadiumi luude, kõhre ja hammaste arenguks**
- **Vanaadiumi vajab heemi süntees:**
 - **Erütrotsüütide teke**

BOOR

- **Boori on 70 kg kaaluvas inimeses 0.03 – 0.9 mg**
- **Inimorganism vajab broomi seoses vereloomega süsivesikute metabolismis**

MIKROELEMENTID

- Lisaks essentsiaalsetele mikrobioelementidele on inimorganismis ka mikroelemente, mille puhul on täpselt teadmata, kas neil on mingi bioloogiline roll või on nad sattunud organismi seoses sagedase kokkupuutega antud elemendiga (näit. alumiinium) või keskkonna saastatuse tulemusena
- Mikroelemendid:
 - Rubiidium (Rb)
 - Strontsium (Sr)
 - Broom (Br)
 - Seatina (Pb)
 - Alumiinium (Al)
 - Kaadmium (Cd)
 - Baarium (Ba)
 - Liitium (Li)
 - Berüllium (Be)
 - Vismut (Bi)
 - Hõbe (Ag)

INIMORGANISMI KOOSTISMOLEKULID

	Rakk Sisaldus (%)	75 kg inimene	
		Sisaldus (%)	Kaal (kg)
Anorgaanilised			
Vesi	75	60	42
Mineraalained	1.4	5	3
Orgaanilised			
Lihtbiomolekulid (monoosid, aminohapped, lipiidid, nukleotiidid)	6	15	11
Oligomeersed biomolekulid (oligosahhariidid, peptiidid)	1.6	1	1
Biomakromolekulid (valgud, polüoosid, nukleiinhapped)	16	19	14

ANORGAANILISED BIOMOLEKULID: MINERAALAINED

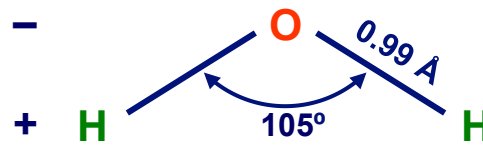
- Esinevad organismis enamasti ioonsel kujul (erandiks on suur osa kaltsiumi- ja fosforiühendeid)
- Nende hulk rakus ja rakuvälises keskkonnas on erinev:
 - Rakus on rohkesti K^+ , Mg^{2+} , HPO_4^{2-} , SO_4^{2-}
 - Rakuvälises keskkonnas on rohkesti Na^+ , Cl^- , HCO_3^-
- Ioonide kontsentratsioonide gradiente loovad transportsüsteemid, näit. Na^+ - K^+ -pump
- Ioongradientide energia (elektrokeemiline potentsiaal) on paljude rakufunktsioonide aluseks

VESI

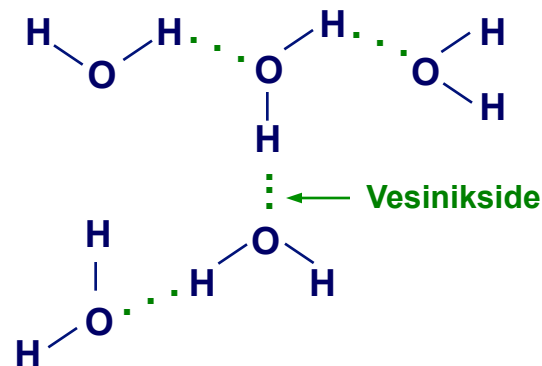
- **Kõikide biosüsteemide eksisteerimine vajab vett**
- **Vesi on biokeemiline toiteaine**
- **Paljudes ensüümreaktsioonides on vesi kas reagent, produkt või keskkond**
- **Kaks vee unikaalset füsiko-keemilist omadust teevad vee asendamatuks:**
 - **Vesi on polaarne molekul**
 - **Polaarsed veemolekulid seostuvad omavahel**

VEE MOLEKULI POLAARSUS JA VESINIKSIDEMETE MOODUSTUMINE

- Vee molekulis HOH on elektronpaar tõmmatud suurema elektronegatiivsusega (elemendi võime siduda endaga elektrone) elemendi, hapniku aatomi poole, mistõttu 3 aatomit ei paikne ühes reas (HOH), vaid moodustavad kolmnurga, milles vesiniku tuumade regioonis on positiivne laeng:



- Polaarsed veemolekulid seostuvad omavahel vesiniksidemetega:
 - Vesiniksides on vesinikuaatomi ja vesinikust elektronegatiivsema elemendi aatomi (hapniku või lämmastiku) vahel esinev mittekovalentne side:



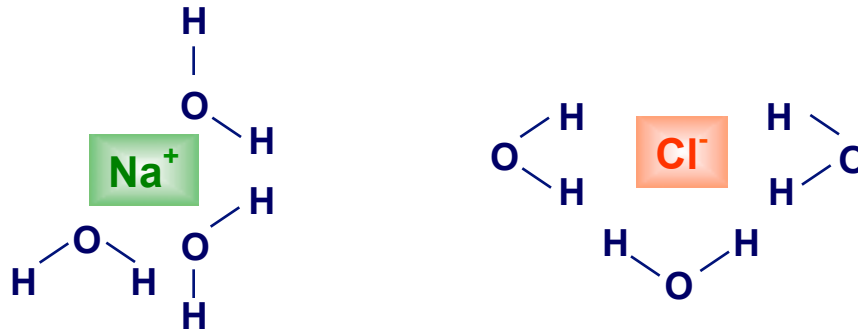
VEE FÜSIKO-KEEMILISED OMADUSED

- Vee sisestruktuur annab veele võrreldes teiste vedelikega rea unikaalseid omadusi:
 - Kõrge keemistemperatuur (100 °C)
 - Madal sulamispunkt (0 °C)
 - Suur pindpinevus
 - Suur soojusmahtuvus
 - Hea soojusjuhtivus
 - Hea lahustavusvõime
- Kui võrrelda vee keemis- ja sulamistemperatuure vesiniku ja perioodilisuse süsteemi VI rühma elementide ühenditega, siis analoogia põhjal peaks vesi esinema põhiliselt gaasilisena:

VI rühma element	Ühend vesinikuga	Sulamis-punkt, °C	Keemis-temperatuur, °C
Nr. 8, O (hapnik)	H ₂ O	0	100
Nr. 16, S (väävel)	H ₂ S	-83	-63
Nr. 34, Se (seleen)	H ₂ Se	-65	-45
Nr. 52, Te (telluur)	H ₂ Te	-53	-5

VEESI KUI BIOLAHUSTI

- Vee polaarsus ja võime anda vesiniksidemeid teevad ideaalseks ja universaalseks biolahustiks:
 - Lahustumisel lõhustuvad lahustuva aine polaarsete osakeste vahelised elektrostaatilised jõud ja vesiniksidemed ning tekkivate osakeste ümber moodustub stabiliseeriv hüdraatkiht, näit. NaCl lahustumine:



- Vees ei lahustu hästi hüdrofoobsed (mittepolaarsed) molekulid kuna nende omavaheline interaktsioon tõrjub veemolekulid eemale

ORGANISMI VEE VAJADUS

- Täiskasvanu organismis sisaldub ca 42 liitrit vett:
 - 28 liitrit paikneb intratsellulaarselt
 - 14 liitrit paikneb ekstratsellulaarselt:
 - 10.5 liitrit rakkudevahelises keskkonnas
 - 3.5 liitrit vereplasmas
- Täiskasvanute puhul on ööpäevane vajatava vee hulk 28 – 35 ml/kg:
 - 75 kg kaaluval inimesel 2 – 2.5 liitrit, millest organism toodab ise 0.3 – 0.4 liitrit
- Ööpäevas eritub vett 1 – 1.5 liitrit neerude, 0.4 – 0.5 liitrit naha, 0.3 – 0.4 liitrit kopsude ja 0.15 liitrit soolestiku kaudu
- Veeta ei saa inimene elada üle nädala

KOKKUVÕTE

- **Biokeemia:**
 - Elutegevuse molekulaarseid aluseid uuriv teadus
- **Bioelemendid:**
 - **Põhibioelemendid:**
 - H, C, O, N, P, S
 - Esinevad biomolekulides aatomitena
 - Moodustavad 96 - 98% elusorganismide elementaarkoostisest
 - **Essentsiaalsed makrobioelemendid:**
 - Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Cl^-
 - Täidavad biofunktsioone valdavalt ioonsel kujul
 - Vajatakse üle 100 mg ööpäevas
 - **Essentsiaalsed mikrobioelemendid:**
 - Fe, Cu, Zn, Mn, Co, I, Mo, V, Ni, F, Cr, Se, Si, Sn, B, As
- **Anorgaanilised biomolekulid:**
 - Vesi
 - Mineraalained