

# **Uvod v biokemijo**

## **Predmet Biokemija**

Višji predavatelj. mag. Jana Kralj

# Spoznavamo osnovne življenjske procese na ravni molekule

- kemično strukturo molekul, ki gradijo vsa živa bitja
- kako pride do nastanka nadmolekulskih struktur
- kako živa bitja dobijo potrebno energijo za rast in razvoj
- kako shranjujejo in prenašajo informacije

# Živo naravo sestavljajo biološke molekule

ki imajo te-le značilnosti:

- veliko molekulsko maso in kompleksno zgradbo
- sestavlja jih le nekaj vrst osnovnih gradnikov  
(n.pr. ogljikovi hidrati, nukleotidi, aminokisliline)
- osnovni gradniki so v vsej živi naravi enaki
- gradniki imajo več funkcij
- biološke molekule so sestavljene iz malega števila elementov  
(predvsem H, C, O, N)

# Če opisujemo biološke procese moramo spoznati:

zgradbo bioloških  
molekul

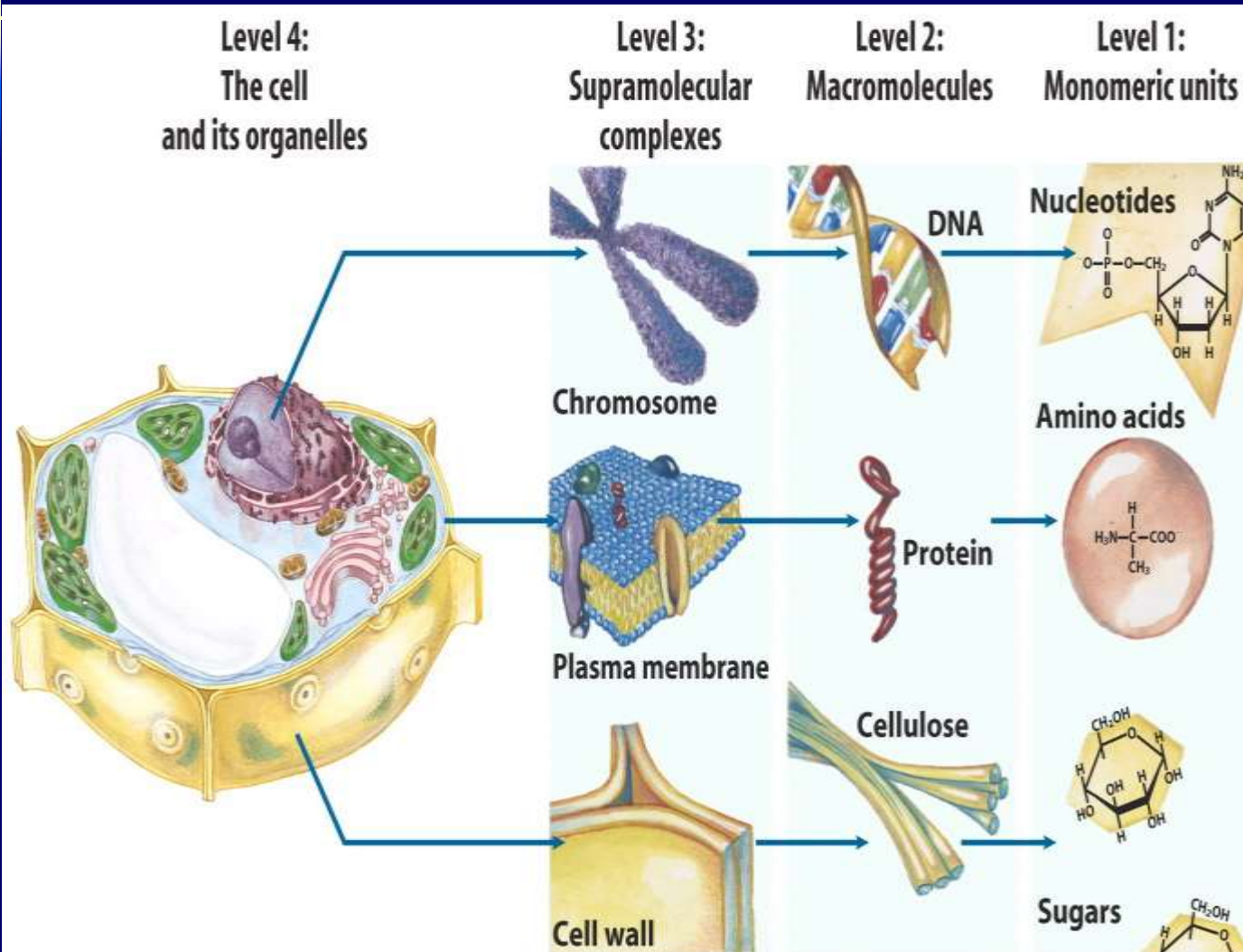
funkcijo bioloških  
molekul

bioenergetika

kemijske procese v celici  
temeljne poti prebave in presnove



# Od preprostih enot do kompleksnosti živega sveta



elementi

# Hierarhična lestvica molekularne zgradbe celice

20 000nm

Organele

celica

jedro, mitohondriji , kloroplasti...

Nadmolekulski kompleksi

(Mr  $10^6 - 10^9$ )

encimski kompleksi, kromosomi, ribosomi....

Makromolekule

(Mr  $10^3 - 10^9$ )

nukleinske kis.

proteini

polisaharidi

lipidi

Gradniki

(Mr 50-250)

nukleotidi

aminokisljine

monosaharidi

mašč.kis., glicerol

Intermediati

riboza

a-keto kis.

piruvat, malat

acetat, malonat

premer 0,1 nm

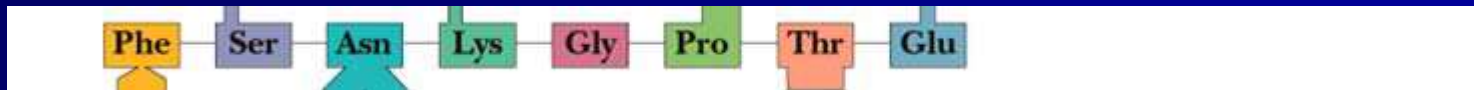
H, C, O, N, itd

# Makromolekule so polimerizirane

**Nukleinska kislina = heteropolimer ki ga sestavljajo različni nukleotidi**



**Protein = heteropolimer sestavljen iz velikega števila med seboj povezanih aminokislin**



**Škrob = homopolimer iz velikega števila molekul glukoze**



# Kemijski elementi v bioloških molekulah

Skupina IA	Skupina IIA	Prehodne kovine										Skupina IIIB	Skupina IVB	Skupina VB	Skupina VIB	Skupina VIIB	Skupina 0
1 H vodik																	2
3	4											5 B bor	6 C ogljik	7 N dušik	8 O kislik	9 F fluor	10
11 Na natrij	12 Mg magnezij											13 Al aluminij	14 Si silicij	15 P fosfor	16 S žveplo	17 Cl klor	18
19 K kalij	20 Ca kalcij	21	22	23 V vanadij	24 Cr krom	25 Mn mangan	26 Fe železo	27 Co kobalt	28 Ni nikelj	29 Cu bakor	30 Zn cink	31 Ga galij	32	33 As arzen	34 Se selen	35 Br brom	36
					42 Mo molibden						48 Cd kadmij					53 I jod	
					74 W volfram												

**H, C, N, O, P, S:** nujno potrebni **vsem** organizmom in so največji delež vsakega živega bitja (92% suhe mase živih bitji )

**Na, Mg, Cl, K, Ca, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, J:** mikroelementi v sledovih, verjetno nujno potrebni

**B, F, Al, Si, V, Cr, Ga, As, Se, Br, Mo, Cd, W:** mikroelementi, verjetno nujno potrebni le nekaterim organizmom



# Masa in delež biogenih elementov v človeškem telesu

Element	Masa elementa ( v 70-kg osebi)		Element	Masa elementa (70-kg osebi)
kisik	43 kg	61.4%	natrij	100 g
ogljik	16 kg	22.9%	klor	95 g
vodik	7 kg	10.0%	magnezij	19 g
dušik	1.8 kg	2.6%	fluor	2.6 g
kalcij	1.0 kg	1.4%	železo	4.2 g
fosfor	780 g	1.1%	cink	2.3 g
kalij	140 g		silicij	1.0 g
žveplo	140 g			

# Kemijski elementi zemljine skorje in človeških tkiv

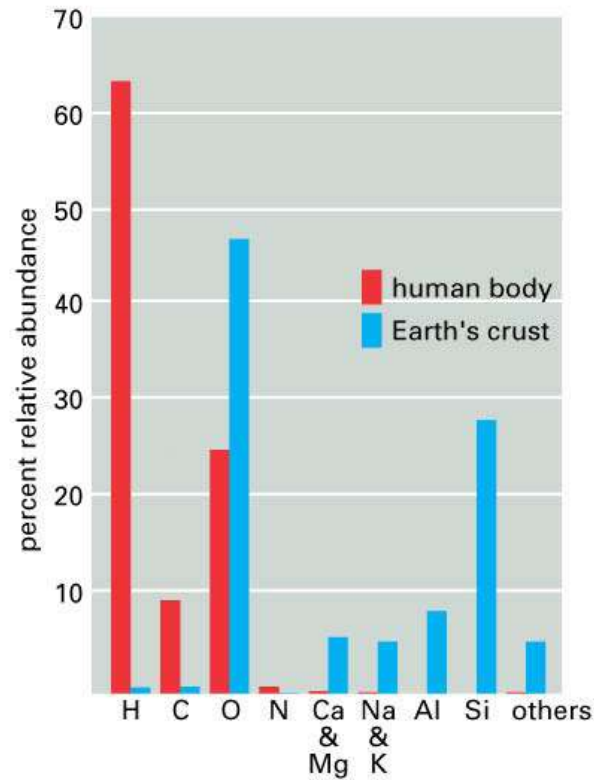


Figure 2-4 Essential Cell Biology, 2/e. (© 2004 Garland Science)

# Glavni bioelementi: C, H, O, N, P, S:

## Zakaj so prav ti elementi bili izbrani ?

- ugodne strukturne lastnosti in reaktivnosti
- naključnega izbora elementov prisotnih v zemeljski skorji
- zbrani so taki elementi, ki se lahko med seboj povezujejo v nešteti kombinacijah

## Kaj sestavljajo?

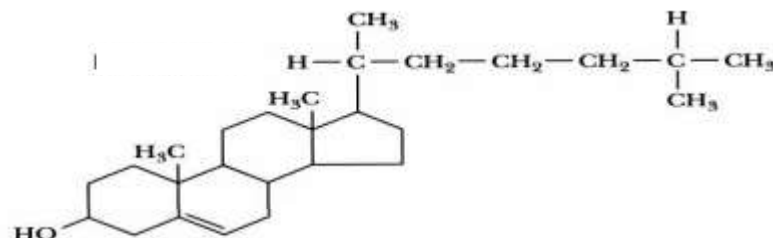
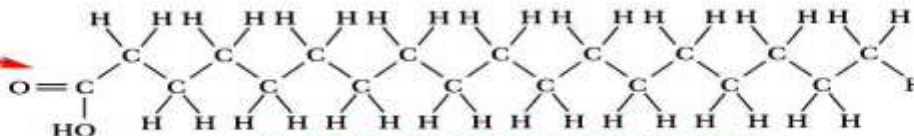
- sestavljajo vse biološke molekule!

# Sestavni del bioloških molekul je predvsem ogljik

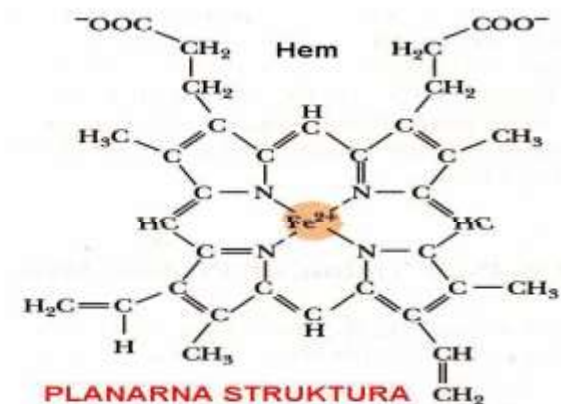
Ogljik se veže v ravnih verigah, sklenjenih obročih ali v razvejanih verigah



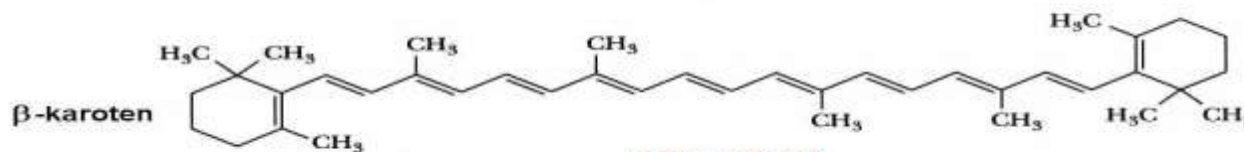
Stearinska kislina



CIKLIČKA STRUKTURA



PLANARNA STRUKTURA



STRUKTURA

Zbrani so taki elementi, ki se lahko med seboj povezujejo v nešteti kombinacijah (osnova za različno strukturo in reaktivnost spojin v celici)

# Molekule ki so skupne vsem oblikam življenja (gradniki):

- voda
- monosaharidi
- aminokisline
- maščobne kisline
- nukleotidi

# Voda je najpomembnejša spojina na planetu

70% Zemljine površine je prekrita z vodo



# MOLEKULARNA ZGRADBA CELICE

	%	število oblik molekule
<b>VODA</b>	<b>70</b>	<b>1</b>
<b>ANORGANSKI IONI</b>	<b>1</b>	<b>20</b>
<b>ENOSTAVNI SLADKORJI</b>	<b>1</b>	<b>250</b>
<b>AMINO KISLINE</b>	<b>0,4</b>	<b>100</b>
<b>NUKLEOTIDI</b>	<b>0,4</b>	<b>100</b>
<b>MAŠČOBNE KISLINE</b>	<b>1</b>	<b>50</b>
<b>DRUGE MAJHNE MOL.</b>	<b>0,2</b>	<b>300</b>
<b>MAKROMOLEKULE</b>	<b>26</b>	<b>3000</b>

## Vsebnost vode v organih človeškega telesa

Organ ali tkivo	delež (%)
■ siva možganovina	85%
■ bela možganovina	70%
■ mišice	75-80%
■ vezno tkivo	60%
■ kosti	25%
■ maščobno tkivo	20%



# Voda je nujno potrebna za vse znane oblike življenja .

-Predstavlja 70-85% mase celice,

-Zunaj celične tekočine: kri, slina, urin  
so vodne raztopine

-Izredne fizikalne , kemijske in biološke lastnosti vode  
omogočajo življenje na zemlji.

# Fizikalne (neobičajne) lastnosti vode

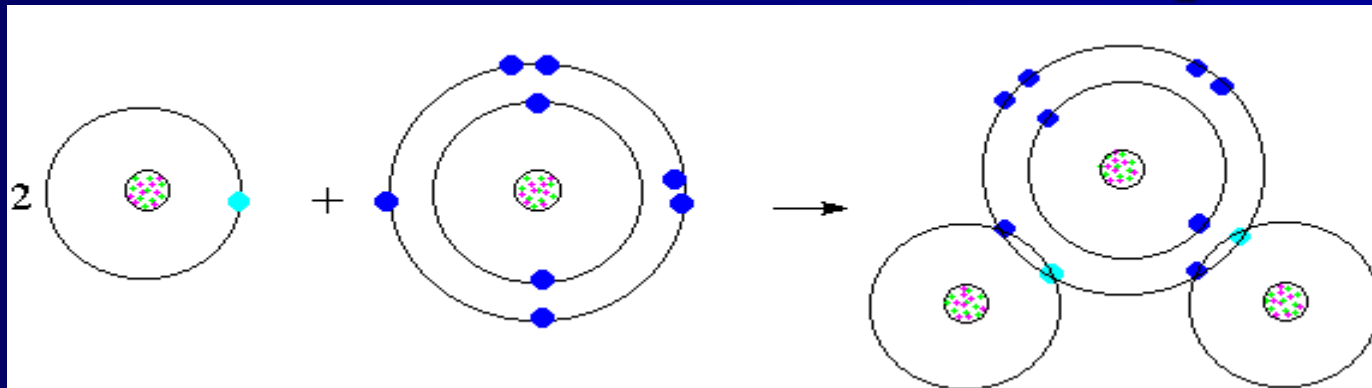
## PRIMERJAVA NEKATERIH FIZIKALNIH LASTNOSTI VODE S PODOBNIMI MOLEKULAMI

	Molska masa [Da]	Tališče [C]	Vrelišče [C]	Izparilna toplota [J/g]
H <sub>2</sub> O	18	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>2260</b>
NH <sub>3</sub>	17	- 38	- 30	1369
H <sub>2</sub> S	34	- 86	- 61	
CH <sub>4</sub>	16	- 183	- 161	499
CH <sub>3</sub> OH	32	- 98	- 65	1100

- **VEČJO TOPLOTNO KAPACITETO OD PODOBNIH MOLEKUL** (posledica notranje kohezivnosti) in
- **neobičajno odvisnost gostote od temperature** (anomalija vode).

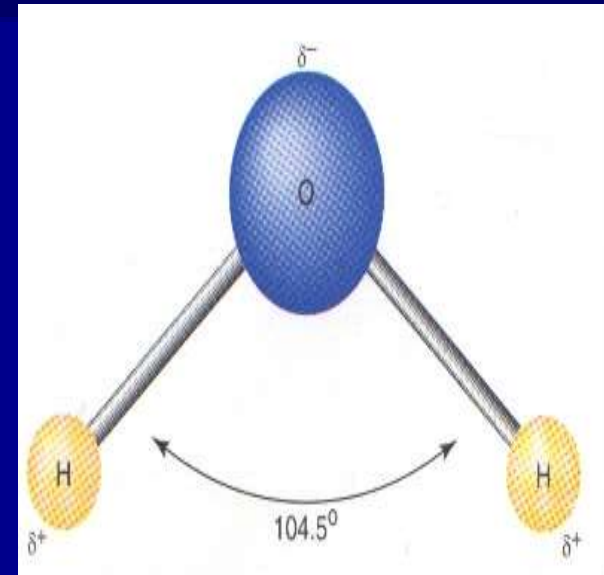
# Struktura molekula vode : H<sub>2</sub>O

- Sestava: dva atoma vodika so kovalentno vezana na atom kisika.
- V kovalentni vezi imajo atomi skupne elektronske pare



# Molekula vode je polarna

- polarni značaj nastane zaradi neenakomerne porazdelitve elektronov v molekuli vode
- kisikov atom močnejše privlači vezna elektrona zato ima prebitek negativnega naboja.
- vodikova atoma ostaneta z delno pozitivnim nabojem.
- zaradi svoje geometrije( tetraeder) molekula je polarna.

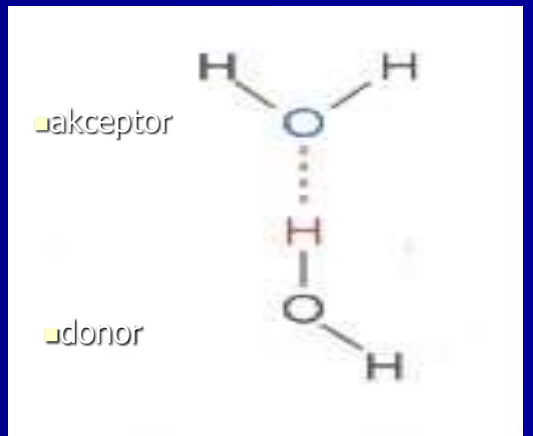
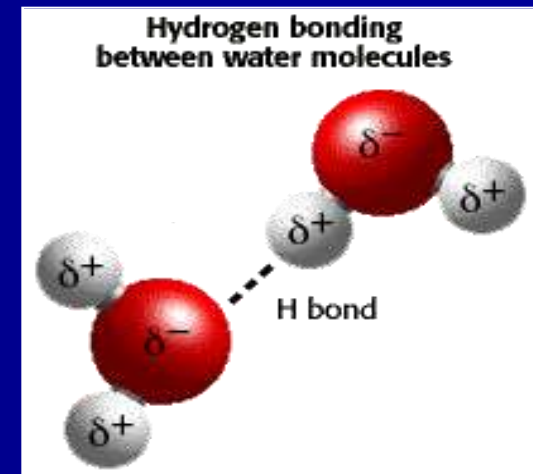


**Elektronegativnost je lastnost atoma, da privlači elektrone, zlasti vezne (Linus Pauling)**

# Posledica polarnega značaja je povezovanje molekule vode druga z drugo

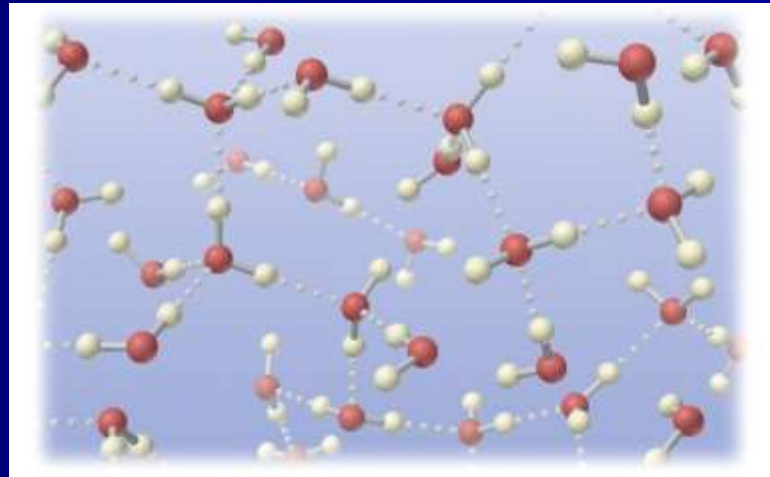
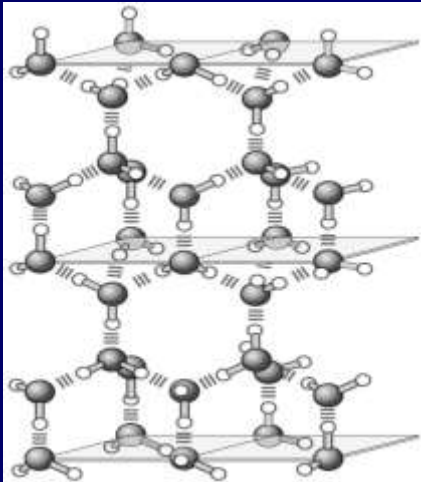
-**vodikov atom ( $\delta^+$ )** ene molekule stopi v reakcijo s **kisikovim atomom ( $\delta^-$ )** druge molekule ustvari se vodikova vez

- Akceptor (prejemnik) je atom, ki privlači vodikov atom, ima delno negativen naboj
- Donor (dajalec) je atom na katerega se vodik močneje veže

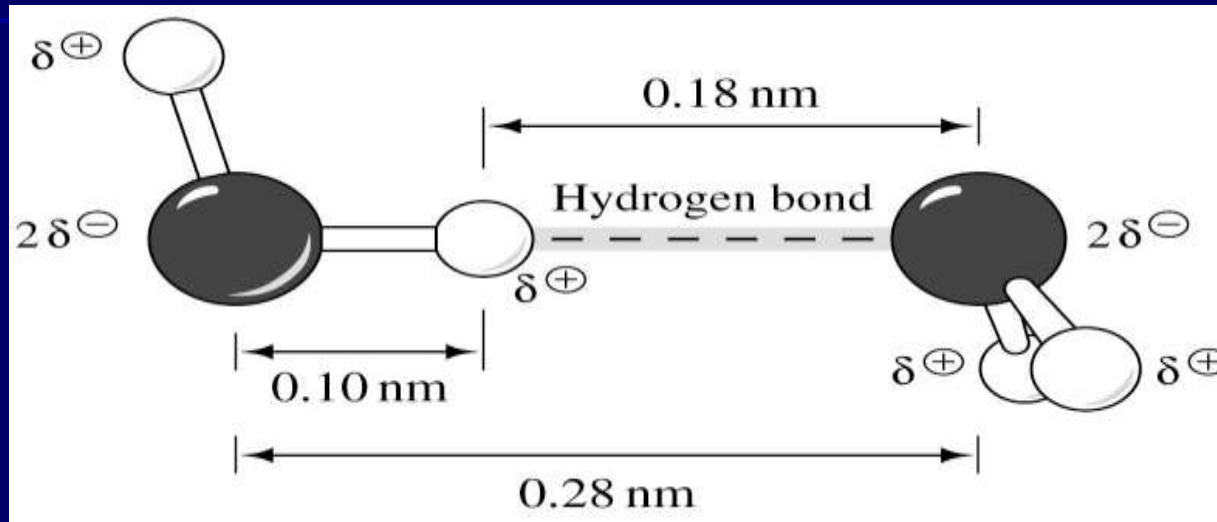


# Vodikove vezi v molekulah vode

- vodikove vezi se ves čas trgajo in na novo nastajajo-dinamična struktura vode
- število H-vezi z dvigom temperature pada
- pri 10 C - približno 3 vodikove vezi / molekulo vode
- v ledu se posamezna molekula povezuje s 4 vodikovimi vezmi, nastane kristalna mreža.
- gostota vode = 1,00g/ml, led 0,91/ml



# Energija vodikove vezi v molekuli vode



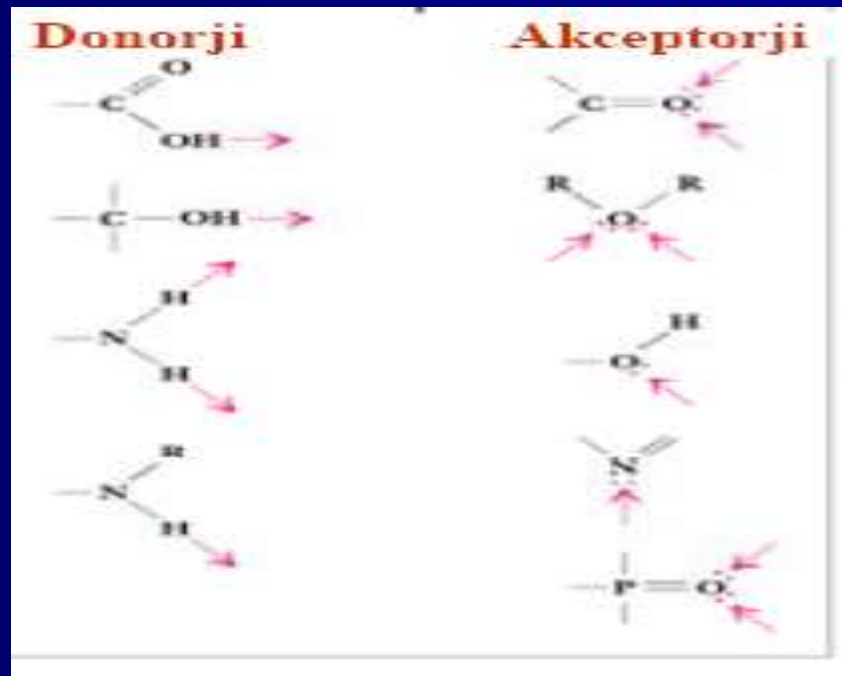
vezna energija:

- vodikove vezi je 20 kJ /mol
- kovalentne vez O-H 460 kJ /mol

kadar skladno deluje veliko vodikovih vezi imajo močan učinek

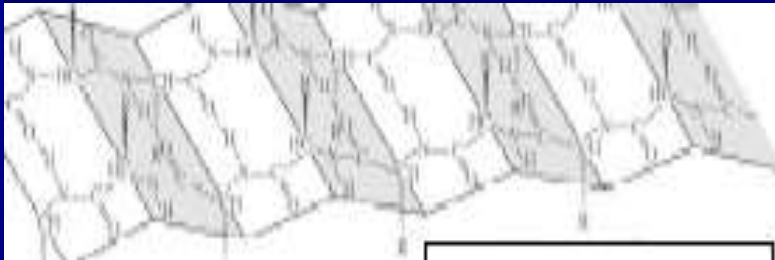
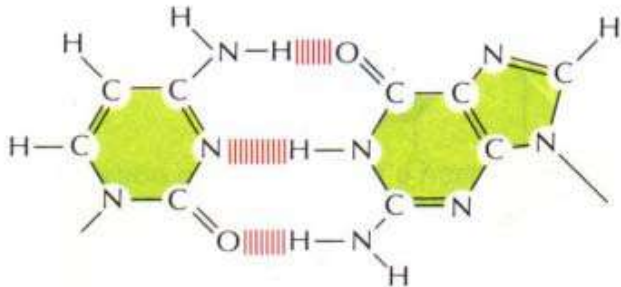
VODIKOVA VEZ LAHKO NASTANE MED VSAKO SKUPINO ( MOLEKULO ) V KATERI:

- :
- VODIK VEZAN NA MOČNO NEGATIVEN ATOM
- DRUGO SKUPINO KI IMA ELEKTRONEGATIVEN ATOMOM.



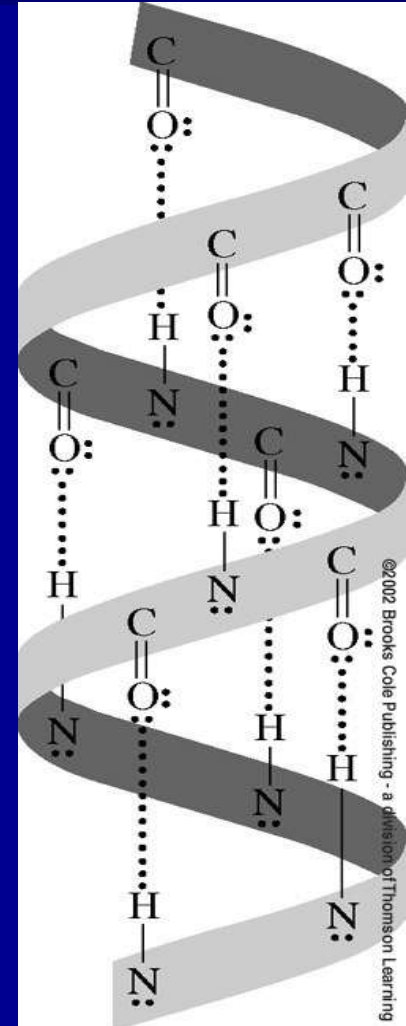
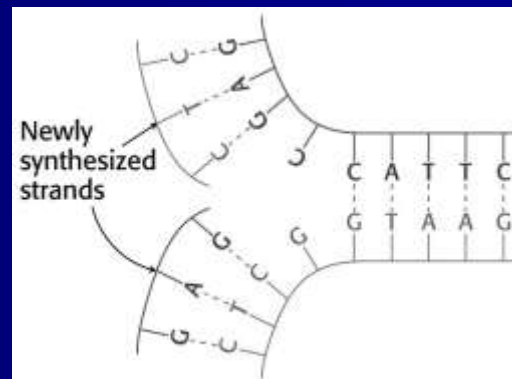


# Vodikove vezi nastanejo v številnih bioloških molekulah in jih stabilizirajo



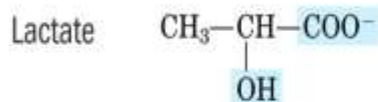
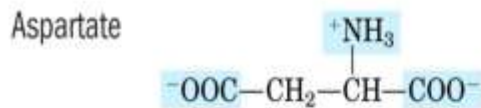
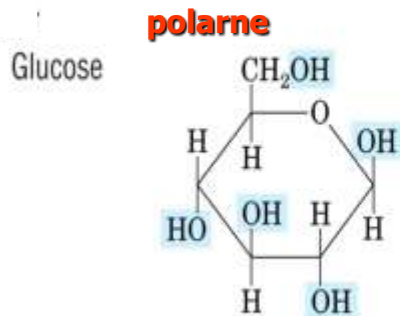
## POMEMBNO:

- dovolj močne in šibke hkrati
- veliko število
- kooperativnost



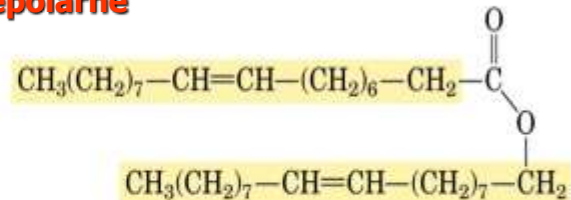
# Biološke molekule so lahko : polarne, nepolarne ali amfoterne

C



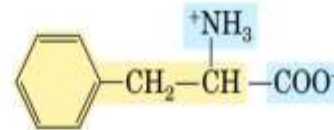
**nepolarne**

IX

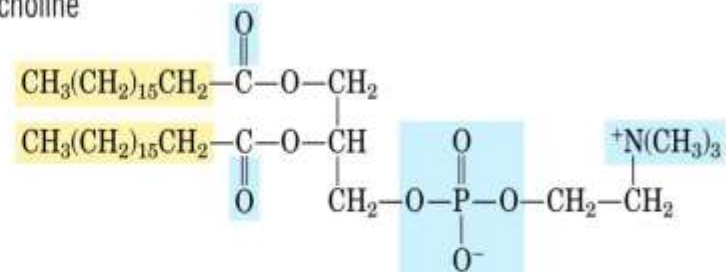


**amfoterne**

Phenylalanine



Phosphatidylcholine



Light blue box: Polar groups

Yellow box: Nonpolar groups

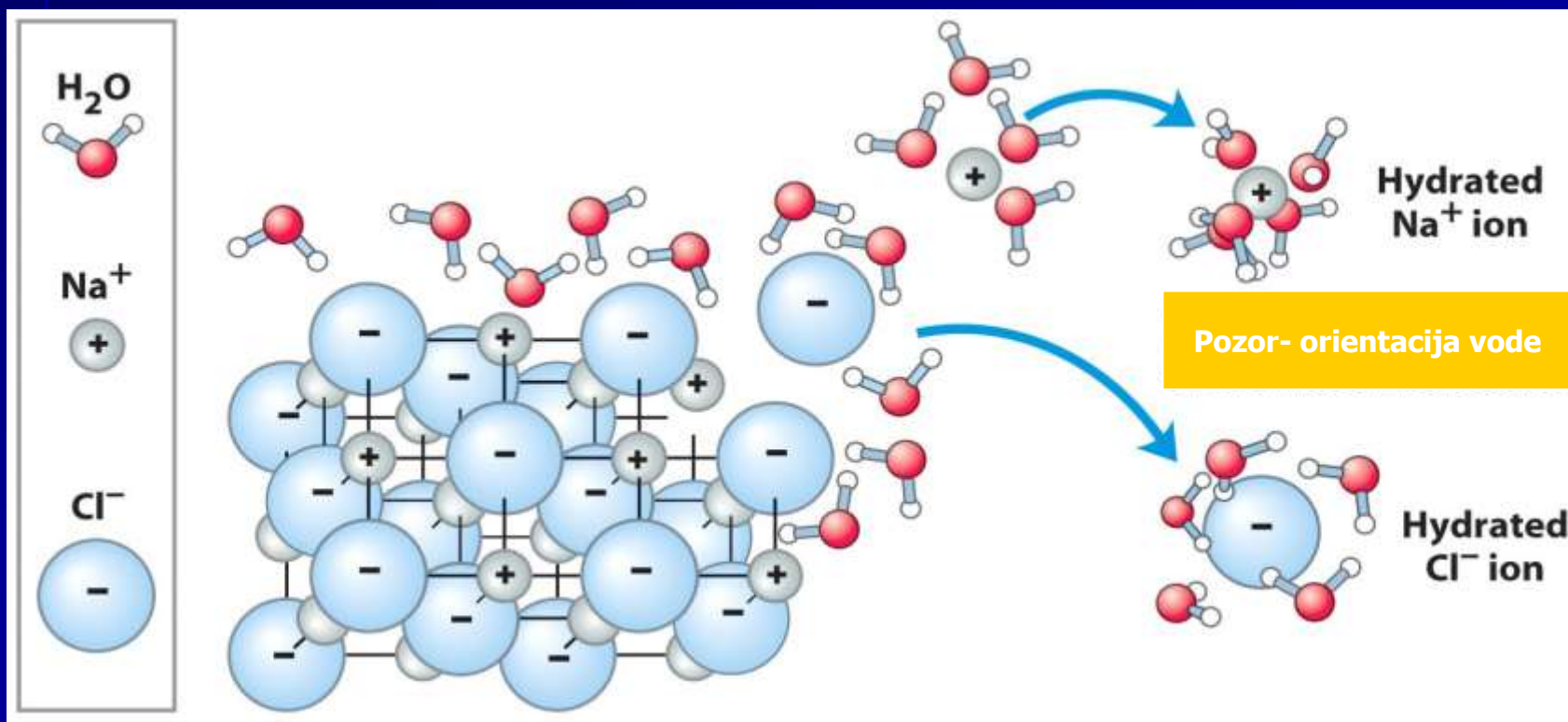
# Obnašanje bioloških molekul u vodi

Biološke molekule ki imajo

- **polarne in ionske** skupine, se dobro topijo v vodi (hidrofilne).
- **nepolarne skupine** motijo strukturo vode, se združujejo s pomočjo hidrofobnih interakcij (hidrofobne).
- **dvojni značaj**, imajo polarne in nepolarne skupine (amfoterne).

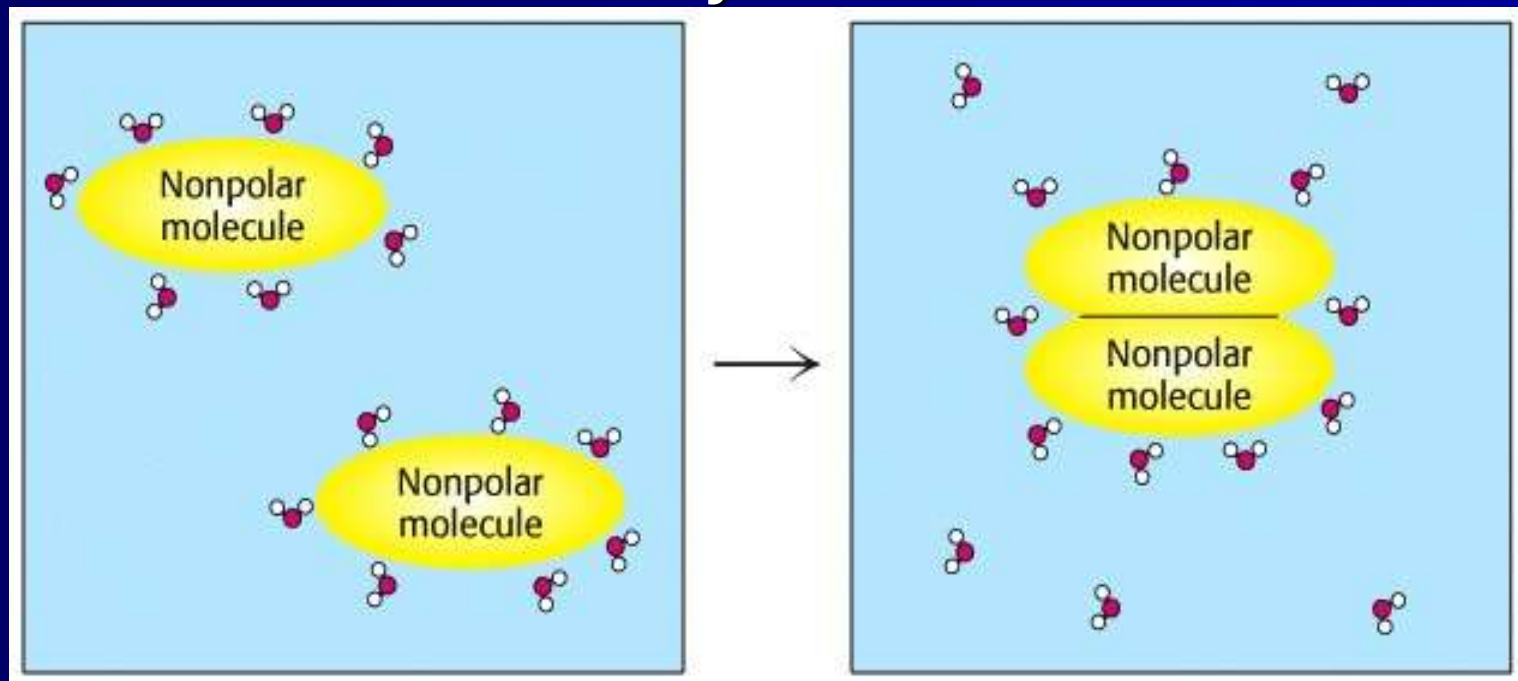
# Ionske in polarne molekule se dobro topijo v vodi

Voda raztaplja soli, kot je NaCl z hidratacijo in stabiliziranjem Na<sup>+</sup> in Cl<sup>-</sup> ionov, s čimer zmanjša privlačnost med njima

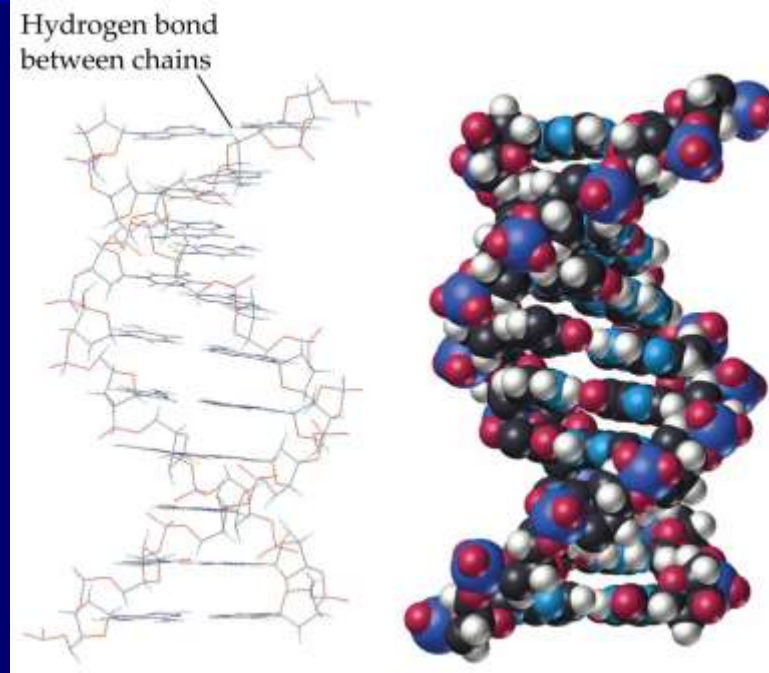
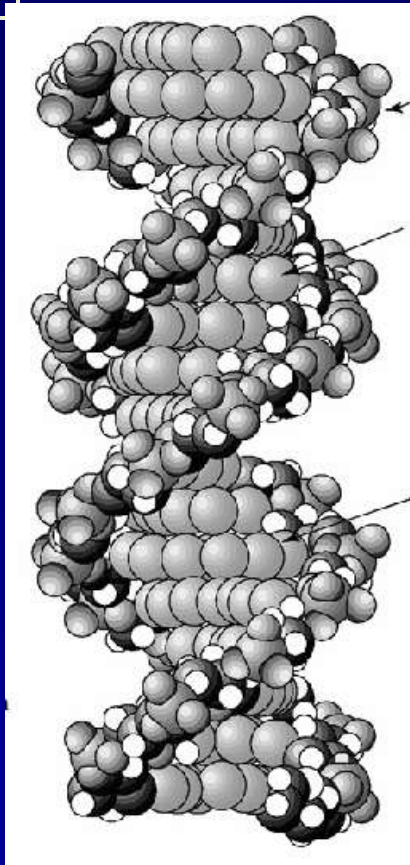


# NEPOLARNE SPOJINE NISO TOPNE V VODI - HIDROFOBNE INTERAKCIJE

- nimajo niti ionskih niti polarnih skupin (hidrofobne )  
ne morejo tvoriti vezi z vodo,
- nepolarne molekule se v vodi združujejo zaradi  
hidrofobnih interakcij.



# HIDROFOBNE INTEREAKCIJE PRISPEVAJO K STABILNOSTI IN DELOVANJU BIOLOŠKIM MAKROMOLEKUL ( 1 )

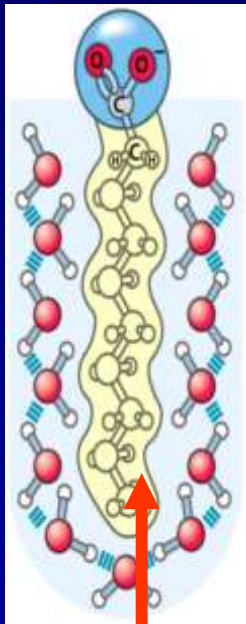


- Samo tako strukturno urejena biomolekula je aktivna

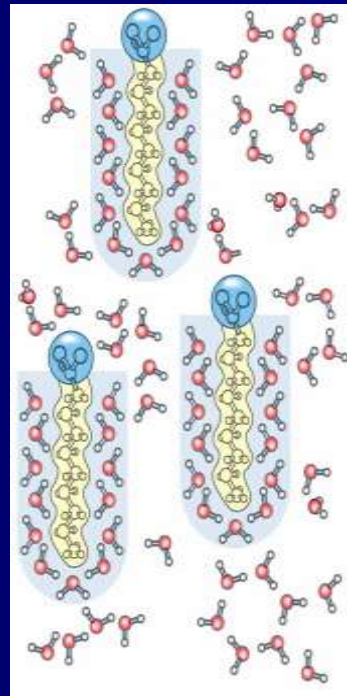
# Amfoterne molekule v vodi

molekule se s svojimi polarnimi deli postavijo proti vodi, nepolarni deli pa se "skrijejo" pred vodo v notranjost struktur (npr. membrana)

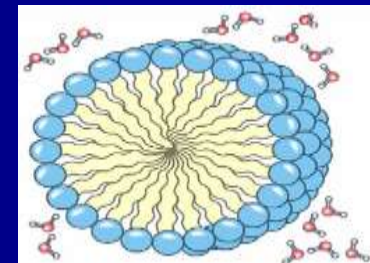
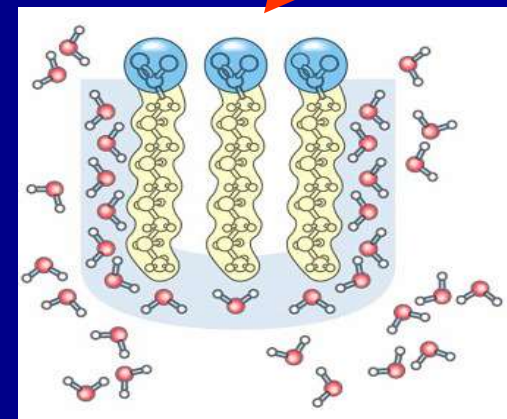
**POLARNI DEL  
(HIDROFILEN)**



**NEPOLARNI DEL  
(HIDROFобен)**

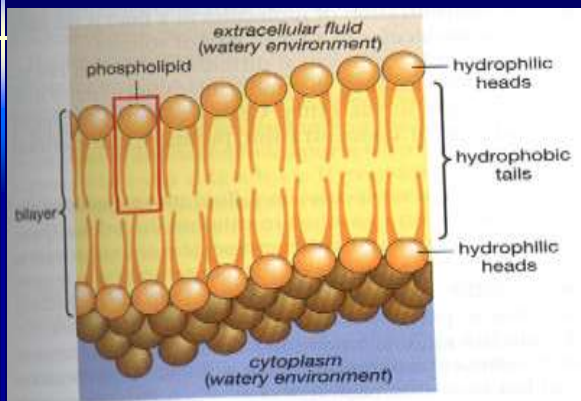


**SLOJ LIPIDOV NA POVRŠINI VODE**



**MICEL**

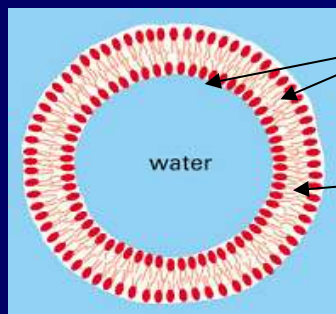
# Struktura membran



-fosfolipidi imajo polarno glavo in dva hidrofobna repa, zato se ne morejo organizirati v micle.

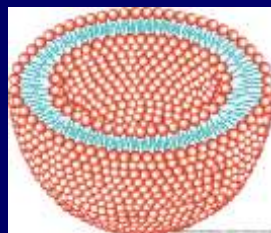
-združujejo se v dvosloj sestavljen iz dveh plasti fosfolipidov.

-dvosloj je osnovna struktura membran.



hidrofilno

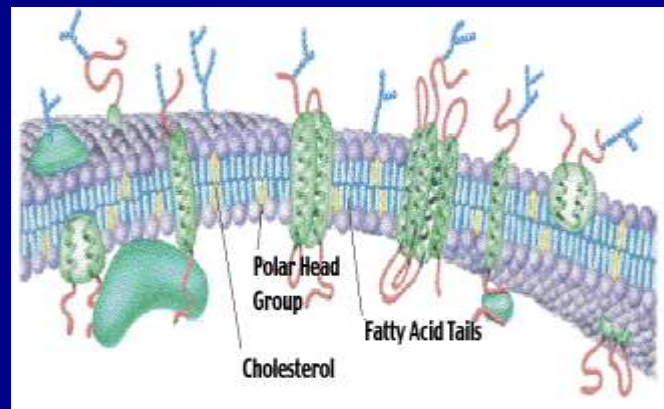
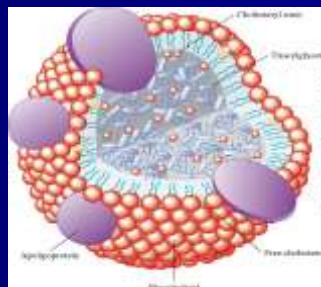
hidrofobno



LIPOSOM transport:

- zdravil
- DNA
- proteinov
- kozmetika

## LIPOPROTEIN





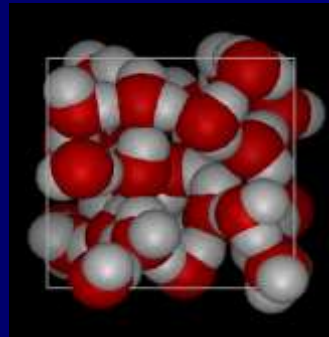
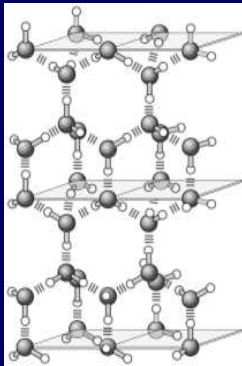
-voda je medij-

vse biokemične reakcije potekajo v vodnem mediju , omogoča transport snovi in potek kemičnih reakcij med biološkimi molekulami

- sodeluje v presnovnih reakcijah –

v mnoge reakcije vstopa kot reaktant (hidrolize),  
v drugih se sprošča kot produkt ( kondenzacije)

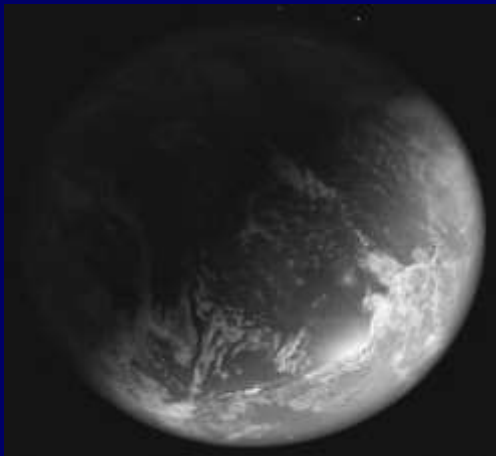
# Anomalija vode



- Ko se voda ohlaja proti ledišču se molekule upočasnijo da med seboj uspostavijo največe število vodikovih vezi (4 )
- Voda se zato **ob zmrzovanju razširi** in led je manj gost od tekoče vode in plava na njej

# Voda je toplotni pufer

- absorbira in zadržuje precej toplotne energije, zato se počasi segreva in ohlaja
- varuje celice pred hitrimi spremembami temperature



# Visoka izparilna toplota vode (2260 J/g)

- Za prekinitev H-vezi med molekulami vode je potrebno veliko toplotne energije da se vodne molekule odtrgajo in izhlapijo
- Organizmi se z izhlapevanjem vode npr. znojenjem se najhitreje znebijo odvečne toplotne energije, se ohladijo.



# Pomen vode za živi svet

- je polarno topilo, ki raztaplja polarne in ionske snovi
- sodeluje v strukturi biomolekul in omogoča nadmolekulske strukture (npr. membrane)
- voda je medij, ki omogoča transport snovi in potek kemičnih reakcij med biomolekulami
- sodeluje v presnovnih reakcijah- produkt kemičnih reakcij (npr. hidrolize in kondenzacije)
- anomalija vode omogoča življenje pod ledom
- je toplotni pufer zaradi velike toplotne kapacitete
- omogoča ohlajanje organizmov s potenjem zaradi visoke izparilne toplote

# Povzetek

- **TKIVA SO PRETEŽNO SESTAVLJENA IZ VODE (+70%)**
- **VODA IMA POSEBNE LASTNOSTI**
- **NJENA STRUKTURA JE POLARNA**
- **MOLEKULE VODE SE POVEZUJEJO Z VODIKOVO VEZJO**
- **RAZTAPLJA POLARNE SNOVI'**
- **OMOGOČA HIDROFOBNE INTERAKCIJE**
- **IMA VELIK POMEN ZA ŽIVLJENJE**

# Viri za študij

## ■ Knjige:

1. Boyer: Temelji biokemije (2005)
2. Lehninger: Principles of biochemistry
3. Voet & Voet: Biochemistry
4. Meisenberg & Simmons: Medicinal Biochemistry

Elementi se povezujejo z močnimi kovalentnimi vezmi.

Biološke molekule se med seboj povezujejo z šibkimi nekovalentnimi vezimi in interakcijami

Single bonds		Double bonds	
O—H	470	C=O	712
H—H	435	C=N	615
P—O	419	C=C	611
C—H	414	P=O	502
N—H	389		
C—O	352	Triple bonds	
C—C	348	C≡C	816
S—H	339	N≡N	930
C—N	293		
C—S	260		
N—O	222		
S—S	214		

- vodikove vezi
- hidrofobne interakcije
- van der Waalove vezi
- ionske vezi

- jakost od 1 do 30 kJ /mol

Jakost vezi je podana v kJ/mol;



## POMEN ŠIBKIH VEZI V BIOMOLEKULAH

Pomembne za interakcije znotraj biomolekul in med njimi

Omogočajo prepoznavanje med biomolekulami

So ključnega pomena za funkcijo biomolekul in vzdrževanje strukturne integritete (nativno stanje)

Porušenje šibkih vezi – izguba strukture in funkcije (**denaturacija**)

# Van der Waalsove interakcije

- To so šibke interakcije med molekulami ali atomi, ki nastanejo zaradi bližine dveh molekul ali atomov in so posledica **elektrostatskega privlaka**.
- Odvisne so od razdalje:
  - 1 nm - šibek van der Waalsov privlak
  - 0,5 nm - močan van der Waalsov privlak
  - 0,4 nm – ravnotežje med van der Waalsovimi privlakom in odbojnimi silami med elektroni (van der Waalsov radij)

# Šibke medmolekulske vezi in interakcije

- Primeri šibkih vezi

- Van der Waalove interakcije
- Vodikove vezi
- Ionske interakcije
- Hidrofobne interakcije

- Skupne lastnosti

- Šibke interakcije med molekulami
- Zelo pomembne za stabilnost in interakcije biomolekul
- Navadno jih je veliko

- Šibke vezi se zaradi termične energije približno 2,5 kJ/mol lahko porušijo