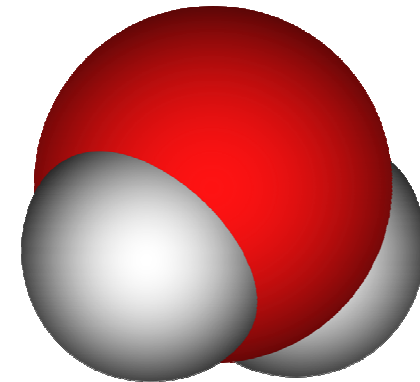
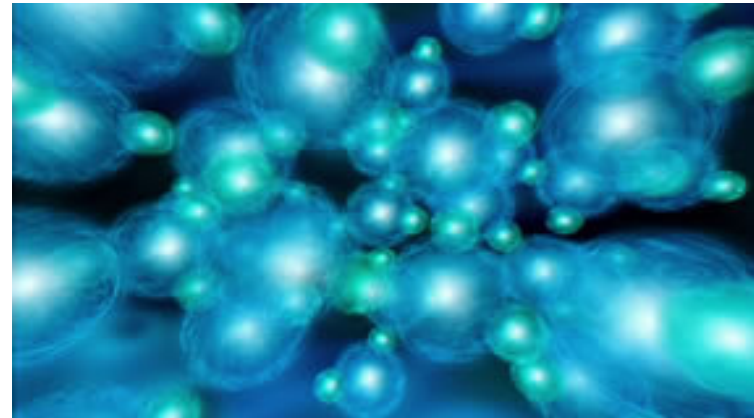
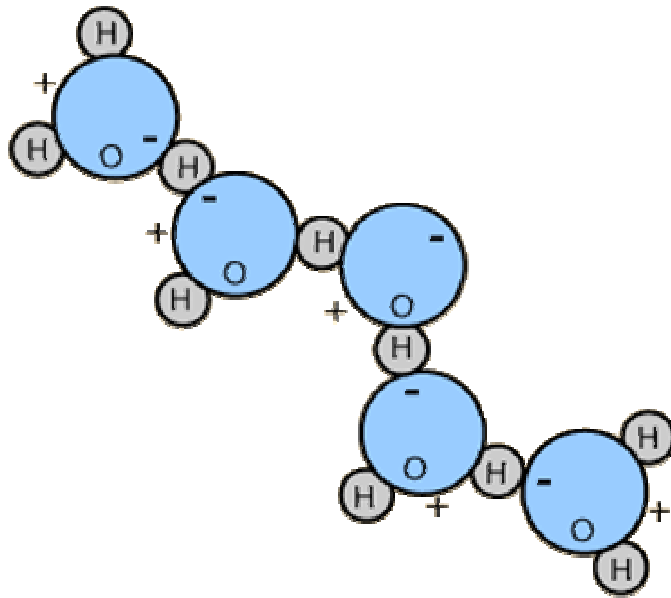


1.VODA





Sadržaj

- **1.VODA**
- 1.1. Teorije o podrijetlu vode i raspodjela vode na Zemlji
- 1.2. Građa molekule vode
- 1.3. Disocijacija vode
- 1.4. Fizička svojstva vode
- 1.5. Površinska napetost vode
- 1.6. Izotopski sastav vode



Sadržaj

- 1.7. Voda kao otapalo
- 1.8. Otopine plinova u vodi
- 1.9. Otopine tekućina u vodi
- 1.10. Otopine krutina u vodi
- 1.11. Provodnost

Prvi put se spominje sastav vode

Londonski znanstvenik Henry Cavendish (1731-1810) je oko 1781 objavio da se voda sastoji od dva dijela vodika i jednog dijela kisika [1]





1.1. Općenito o vodi

- Voda je jedna od najrasprostranjenijih tvari i nužna je za život
- postoji na Zemlji od početka života, a to je barem 3,5 milijarde godina
- pokriva 70,8% površine Zemlje
- Obuhvaća 1/800 dio volumena Zemlje

1.1. Teorije o podrijetlu vode

[2]



- 1. HIPOTEZA – smatra da je voda nastala otplinjavanjem iz Zemljine unutrašnjosti i kondenzacijom, kada su se Zemljina kora i atmosfera ohladile ispod kritične temperature.
- 2. HIPOTEZA – meteoritskih i kometskih srazova, smatra vodu izvanzemaljskom tvari koja je došla na Zemlju u doba ranog bombardiranja Zemlje meteoritima koji su sadržavali vodu.



1.1. Raspodjela vode na Zemlji

- Oceani i mora – 98% ukupne mase
- Kontinentalni led – 1,68%
- Kopnene vode – 0,04%
- Atmosfera – 0,002%
- Površinska voda
- Podzemna voda
- Voda u atmosferi

1.1.Vode oceana i mora - 98% ukupne mase vode [1]



1.1. Raspodjela vode u atmosferi [3]

	Količina vode (10^3km^3)	Dio od ukupne količine vode na Zemlji (%)	Dio od ukupne količine slatke vode na zemlji(%)
Vodena para	12,90	0,001	0,04


1.1. Raspodjela vode u biosferi

[3]

	Količina vode (10^3km^3)	Dio od ukupne količine vode na Zemlji (%)	Dio od ukupne količine slatke vode na zemlji (%)
Voda u organizmima	1,12	0,0001	0,003

1.1. Raspodjela vode u hidrosferi [3]

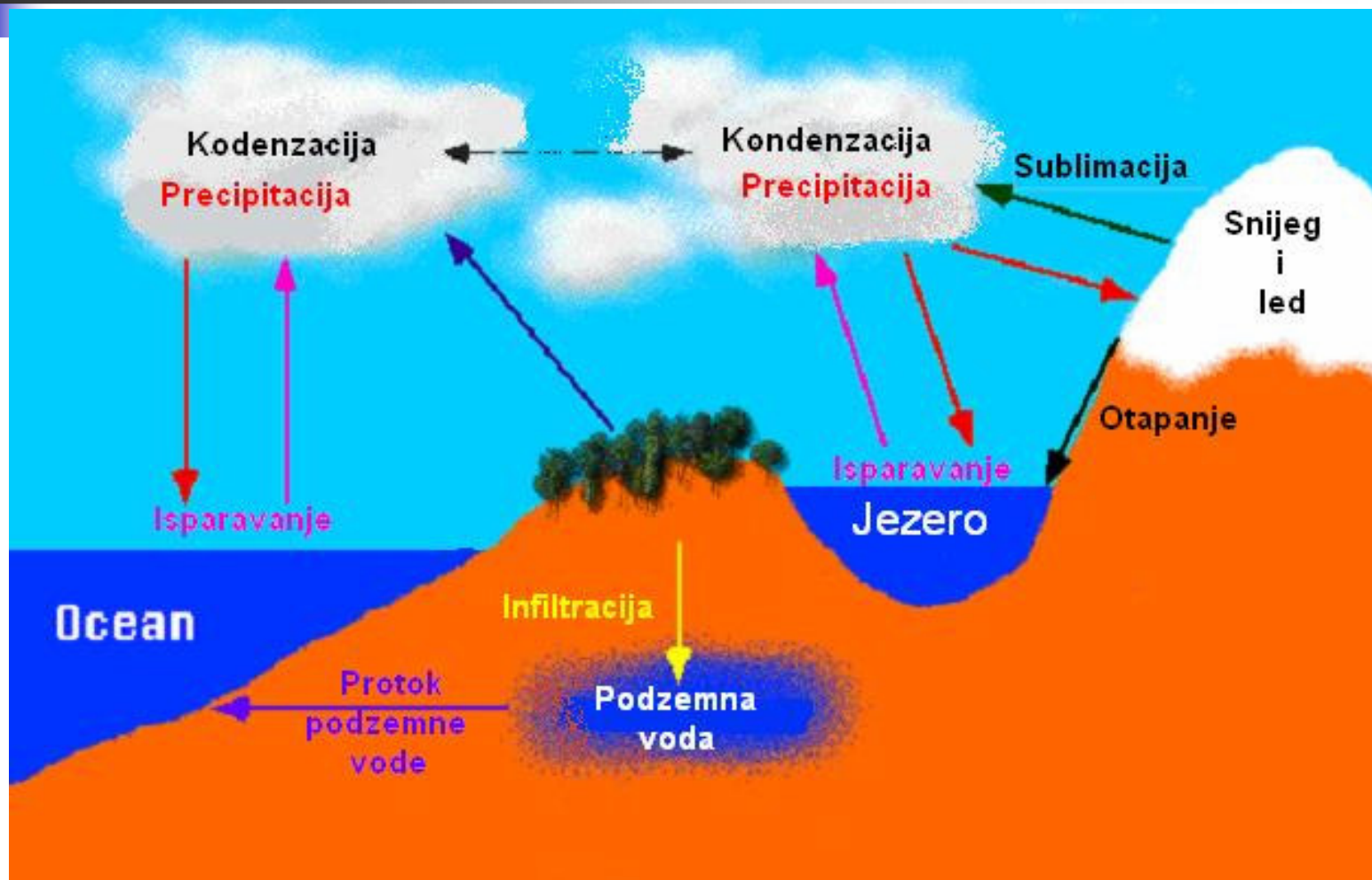
	Površina (10 ⁶ km ²)	Količina vode (10 ³ km ³)	Dio od ukupne količine vode na Zemlji (%)	Dio od ukupne količine slatke vode na zemlji(%)
Oceani i mora	361,3	1338 000,00	96,54	0,000
Rijeke	148,8	2,12	0,0002	0,006
Slatka jezera	1,2	91,00	0,0066	0,260
Slana jezera	0,8	85,40	0,0062	0,000
Močvare	2,7	11,47	0,0008	0,031
Led na polovima	16,2	24 023,50	1,7300	68,580
Led i snijeg	0,3	340,60	0,0250	0,970



1.1. Količina vode na Zemlji [3]

	Količina vode (10 ³ km ³)	Dio od ukupne količine vode na Zemlji (%)	Dio od ukupne količine slatke vode na zemlji(%)
Ukupna količina vode	1385 984,61	100,0000	0,000
Slana voda	1350 955,40	97,4742	0.000
Slatka voda	35 029,21	2,5258	100,000
Slatka voda u krutom stanju	24 364,10	1,7550	69,550
“vezana” slatka voda:tlo, org.	17,62	0,0022	0,053
Voda u atm. vodena para	12,90	0,001	0,266
Površinska slatka voda	93,12	0,0068	0,040
Podz. slatka voda	10 530,00	0,7600	30,60

1.1. Hidrološki ciklus vode [1]





1.1. Hidrološki ciklus

- Uključuje procese:
- Kondenzaciju
- Sublimaciju
- Precipitaciju
- Isparavanje
- Infiltraciju



1.2. Građa molekule vode

- Molekula vode je dipolna molekula
- Kut između dviju veza kisik-vodik je približno $104,5^\circ$
- Razlika elektronegativnosti između kisika=3,5 i vodika=2,1 kao i geometrijski oblik molekule vode uzrokuju njen dipolni karakter



1.2. Građa molekule vode

Elektronska konfiguracija **vodika** jest:



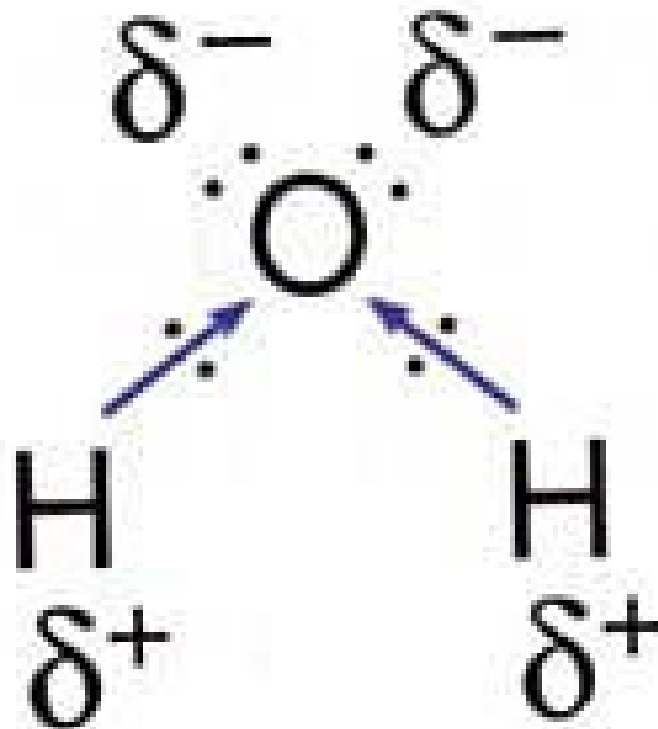
Elektronska konfiguracija **kisika** jest:



što čini **sp^3 hibridne veze**

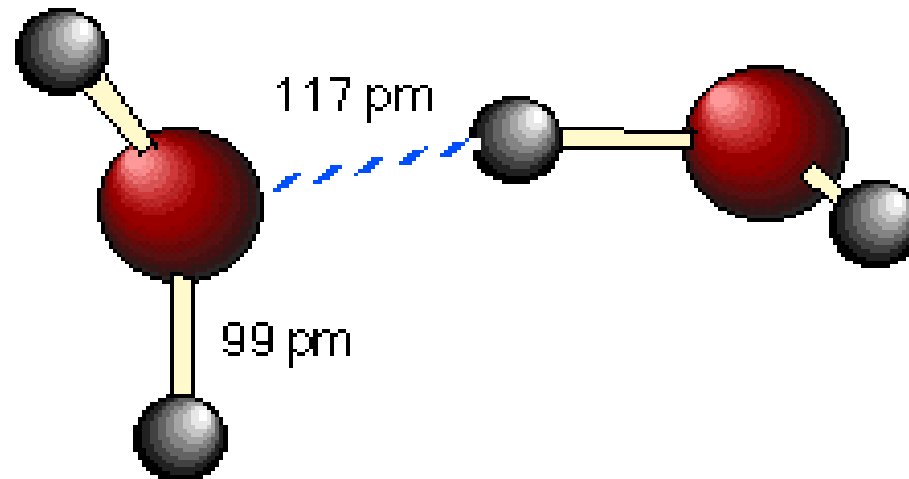
1.2. Elektonegativnost atoma molekule vode

- Elektronegativnost
kisika = 3,5
- Elektonegativnost
vodika = 2,1



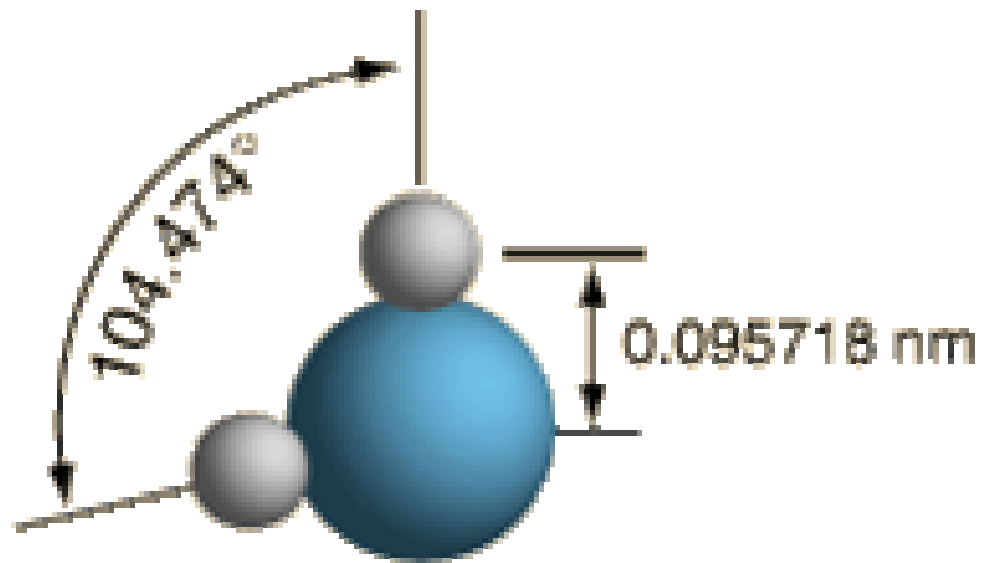
1.2. Veza molekula vode [1]

- Vodikova veza – 117 pm
- Kovalentna veza O-H - 99 pm



1.2. Građa molekule vode

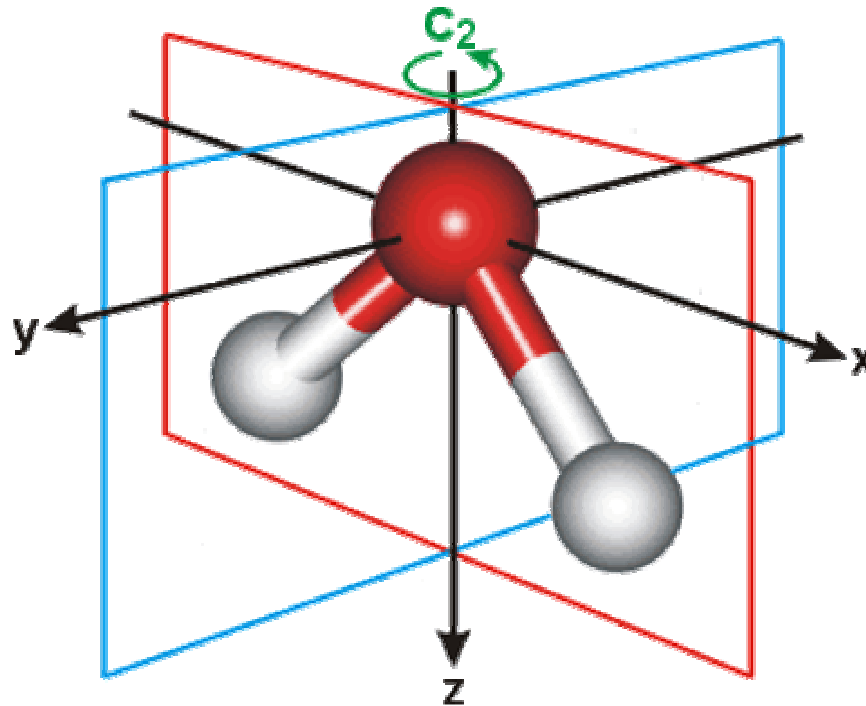
- Kut među atomima

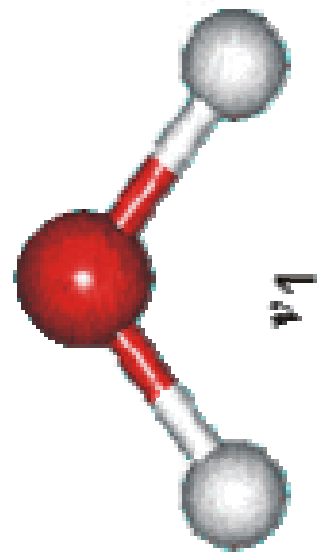
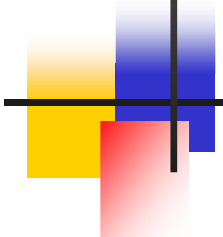


Covalent radii: H 0.032 nm
O 0.073 nm

1.2. Molekula vode

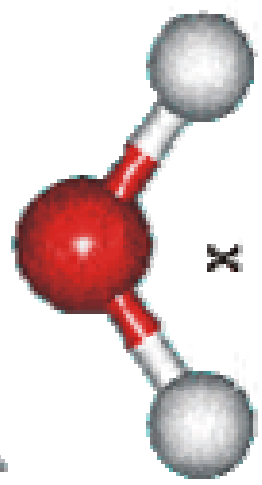
- Molekula vode u prostoru [1]



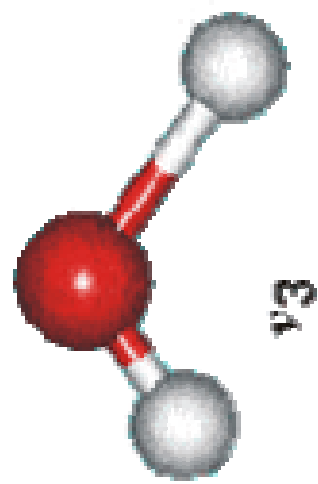


ν_1

symmetric stretch

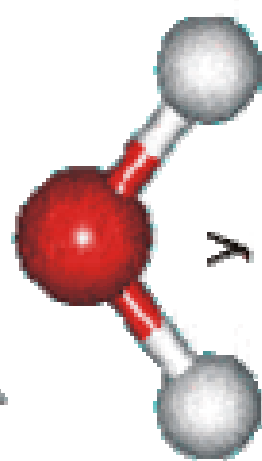


x



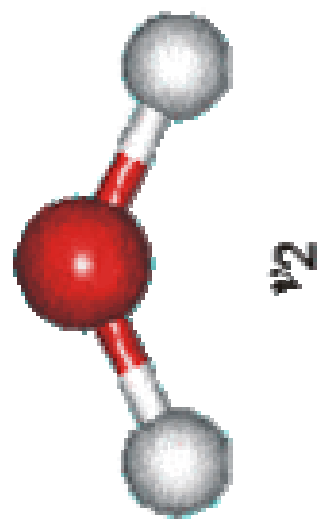
ν_3

asymmetric stretch



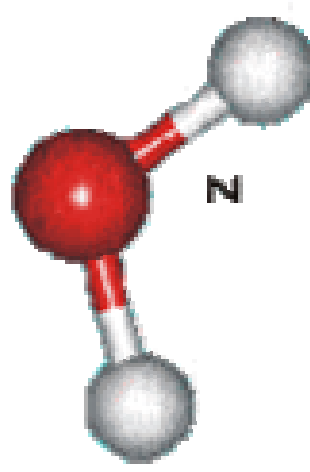
y

librations



ν_2

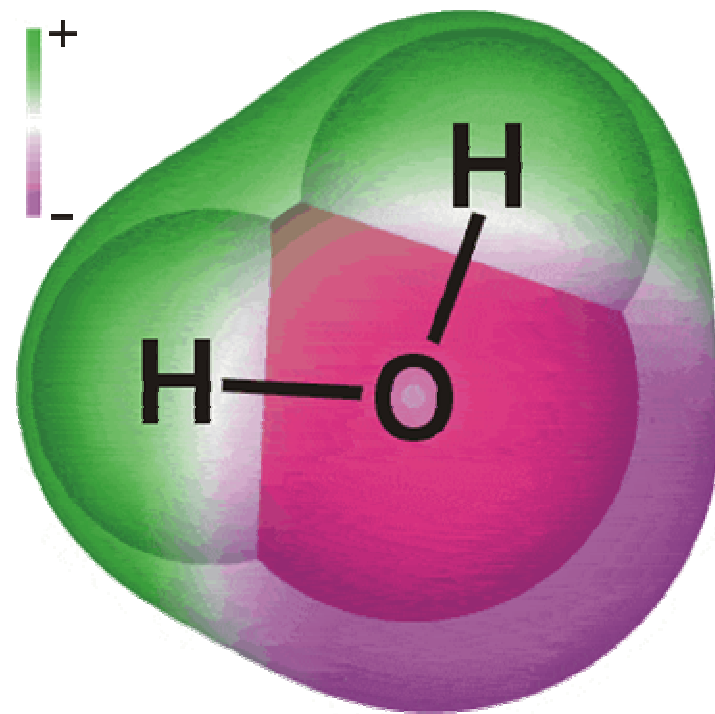
bend



z

1.2. Građa molekule vode

- Slika prikazuje prosječnu gustoću elektrona oko atoma vodika i kisika u molekuli vode [1]



1.2. Vrijednosti dipolnih momenata nekih spojeva [3]

SPOJ	DIPOLNI MOMENT 10^{-30} C m
H₂O	6,13
H ₂ S	3,40
HF	6,41
HCl	3,43
NH ₃	4,00
CH ₃ OH	5,72



1.2. Dipolni moment

Magnituda dipolnog momenta vode je

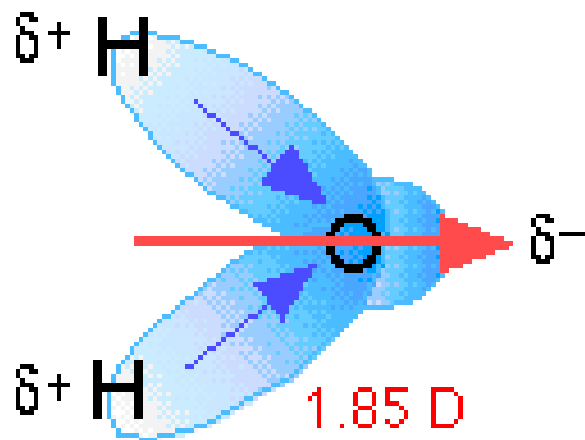
$$p = 6.2 \times 10^{-30} \text{ C}\cdot\text{m}$$

Dipolni moment za naboje koji odgovaraju naboju $10e$ i isto tolikom pozitivnom naboju je:

$$d = \frac{p}{10e} = 3.9 \times 10^{-12} \text{ m}$$

1.2. Dipolni momenti H₂O i CO₂

- Molekula vode i ugljikova(IV)-oksida [1]



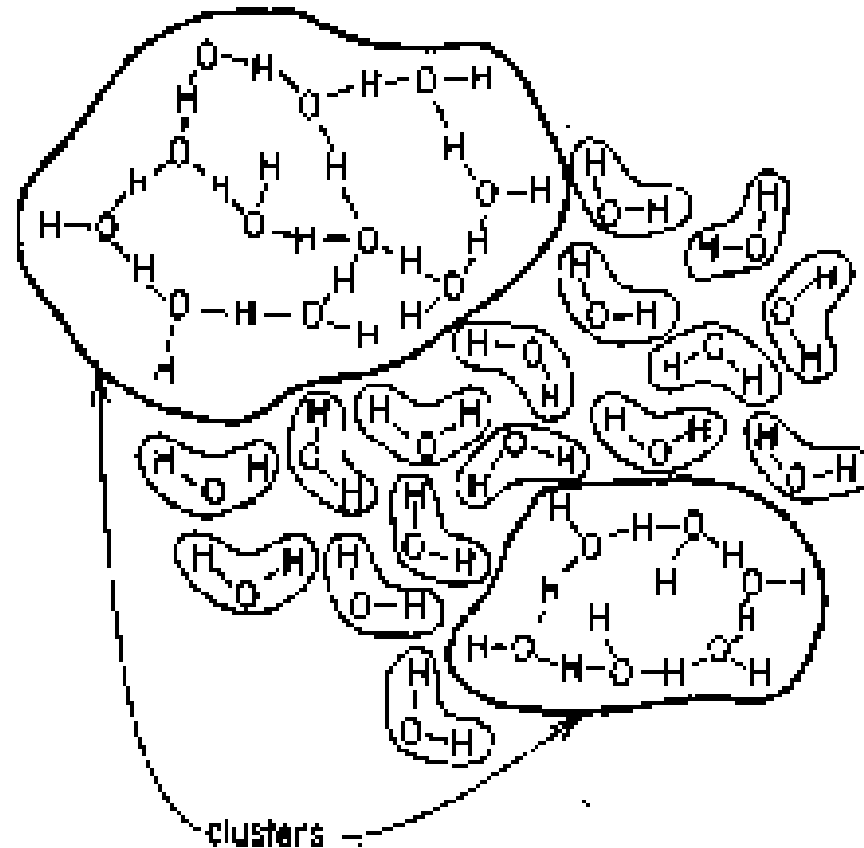


1.2. Veza - ionska i kovalentna

- Veza u molekuli vode je 33% ionska i 66% kovalentna
- Vodikova veza je 10 – 50 puta slabija od obične kovalentne veze
- Udruživanjem molekula vode nastaju oligomeri vode, međumolekularni kompleks-
klasteri
- Veže se od 2 do 20 molekula, ali i do nekoliko tisuća

1.2. Klasteri

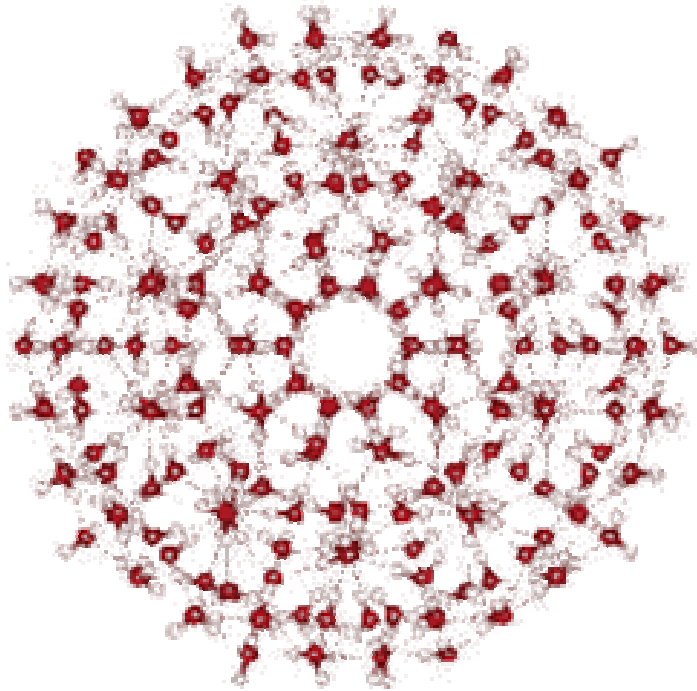
- klasteri [1]
- Različite veličine $(\text{H}_2\text{O})_n$
- vremenska skala u kojoj postoje je od 10^{-12} – 10^{-9} s
- zbog stalnog stvaranja i pucanja vodikovih veza





1.2.

- 280 povezanih molekula vode [1]



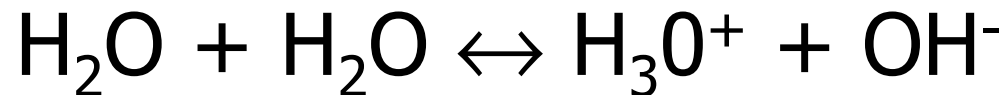


1.3. Disocijacija vode

Molekula vode disocira prema jednadžbi:



i obrnuto; odnosno:



Konstanta ravnoteže pri 25° C je:

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = 1,8 \cdot 10^{-16}$$



1.3. Disocijacija vode

Budući je koncentracija vode:

$$[\text{H}_2\text{O}] = 55,6 \text{ mol/L}$$

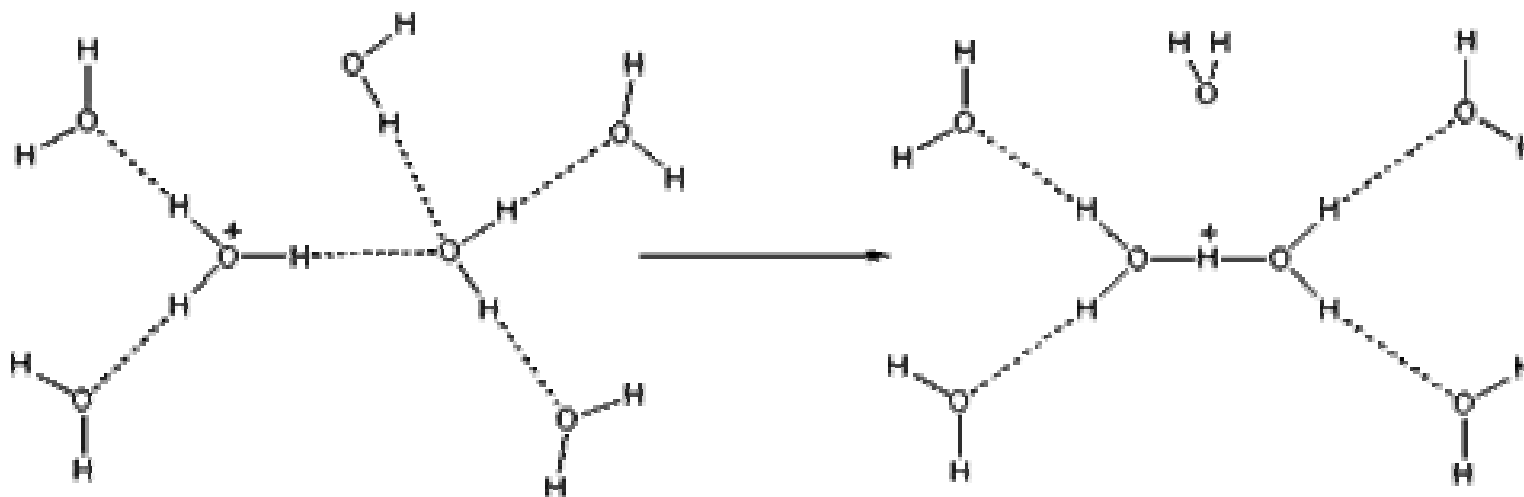
ako nju uvrstimo u izraz za konstantu ravnoteže dobijemo ionski produkt vode

$$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_w = 10^{-14}$$

- znači da je disociralo 10^{-7} mola/L vode
- na $5,8 \cdot 10^8$ nedisociranih molekula disocira 1 molekula

1.3. H_3O^+ ion

- Hidronijev ion





1.4. Fizička svojstva vode

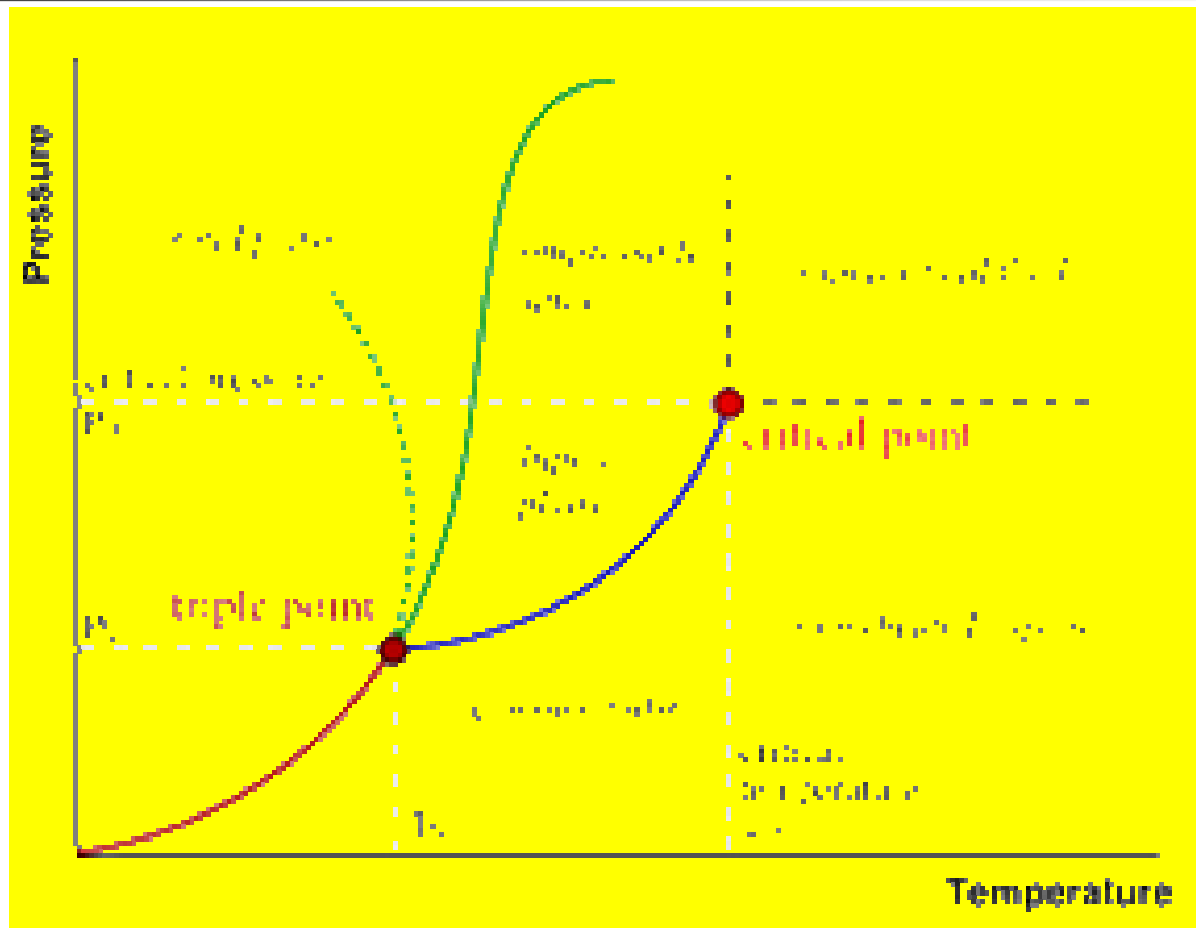
- Voda je bezbojna tekućina (na sobnoj temperaturi)
- **Temperatura** – termometri, stupnjevi C,K,F
- **Mutnoća** – turbidimetri, stupnjevi silikatne skale
- **Boja** – kolorimetri, stupnjevi platinsko-kobaltne skale
- **Miris** – njuh – zagrijana voda na 50°



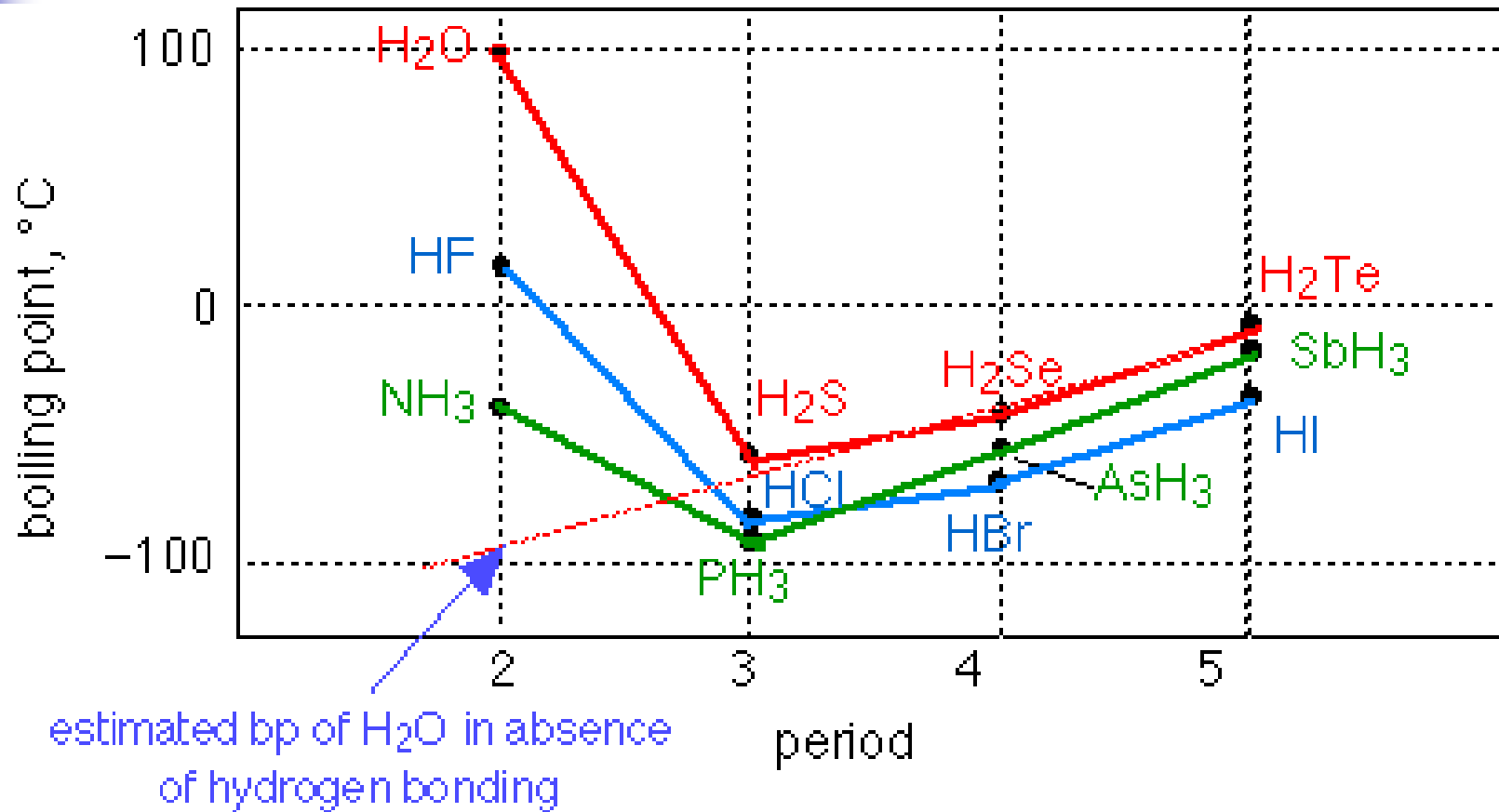
1.4. Fizička svojstva vode

- Kruto agregatno stanje do $- 0^{\circ}\text{C}$ ($273,15\text{K}$)
- Na 0°C i tlaku 101325 Pa je tekućina
- Na 100°C ($375,15\text{K}$) je vodena para
- Kritična temperatura vode je 374°C
- Kritični tlak 22058 kPa
- Kritični volumen $0,056\text{ L/mol}$

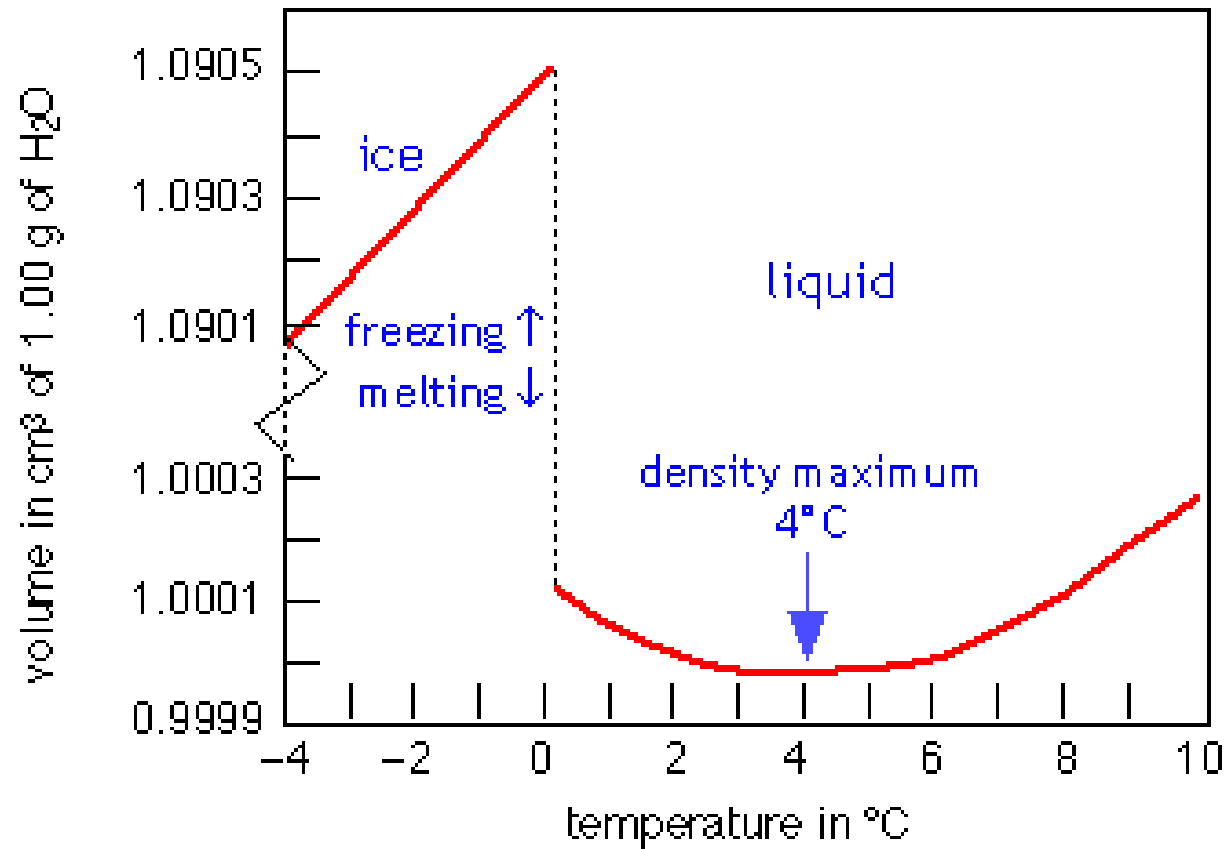
1.4 Fazni dijagram vode [1]



1.4. Temperatura ključanja vode i njoj sličnih spojeva [1]

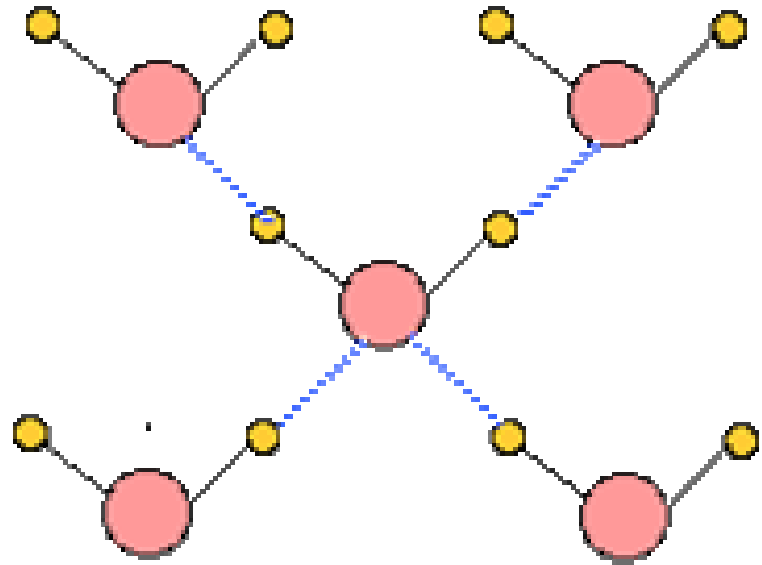


1.4. Odnos volumena 1 g vode i temperature [1]

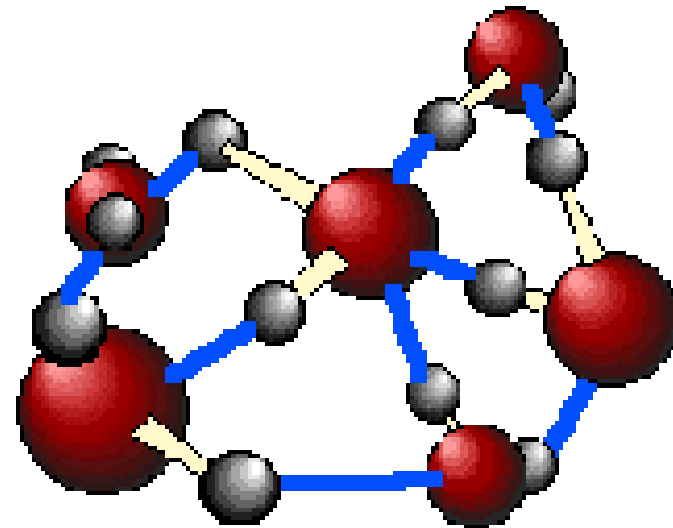
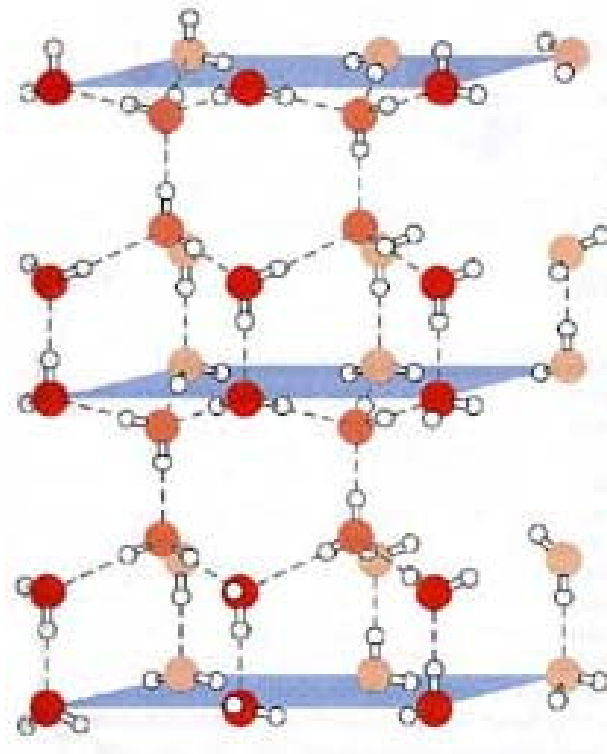


1.4.Led

- je poput ostalih krutina strogo definirane strukture
- Molekula vode u ledu okružena je sa 4 molekule vode



1.4. Struktura leda [1]



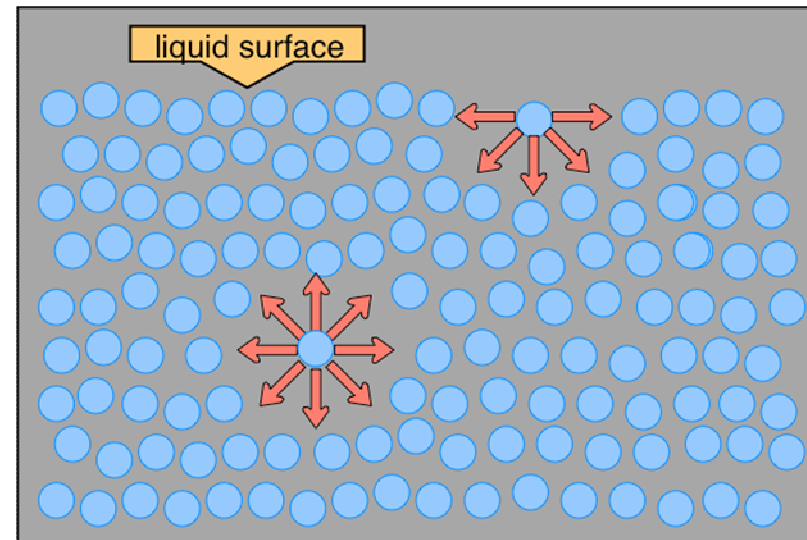


1.4. Anomalija vode

- Manja gustoća leda od vode
 - Voda je najgušća na 3,98 °C
 - Duljina veze O-O
 - u kristalnom stanju (ledu) je 276 pm
 - u vodi se povećá na 284 pm
- Povećanje obujma pri kristalizaciji uzrokuje
- plivanje leda,
 - raspadanje stijena

1.5. Površinska napetost [1]

- -rezultat djelovanja sila,
- -na površini i u unutrašnjosti tekućine,
- -velika polarnost molekula vode ima za posljedicu i veliku površinsku napetost



1.5. Vrijednosti površinske napetosti nekih tvari [4]

TVAR	Površinska napetost / N m^{-1}
Eter	$1,7 \times 10$
Ugljikov disulfid	$3,4 \times 10$
Voda	$7,3 \times 10$
Živa	0,38
Rastaljeni metali	manje od 0,5



1.6. Izotopni sastav vode [4]

- Postoji 7 izotopa kisika od ^{14}O do ^{20}O
- ^{14}O , ^{15}O , ^{19}O i ^{20}O su radioaktivni i nestabilni
- Vrijeme poluraspada-nekoliko s-2,5 min.
- Vodik ima tri izotopa:
 - ^1H – protij, ima ga najviše
 - ^2H –deuterij,
 - ^3H – tricij, radioaktivan i vrlo nestabilan



1.6. Izotopni sastav vode [4]

Kombinacije izotopa kisika i vodika u vodi

Izotop	Udio u smjesi (%)	Relativna atomska masa A_r
^1H	99,964	1,00815
^2H	0,016	2,01474
^3H		3,01700
^{16}O	99,759	16,00000
^{17}O	0,037	17,00453
^{18}O	0,204	18,00484



1.6. Teška voda

- Teška voda – spoj deuterija s kisikom
- 100 kg obične vode sadži 0,6 kg teške vode
- Ionski produkt teške vode pri 25 °C iznosi: $0,2 \times 10^{-14}$ a ne $1 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^6$

$$[\text{D}^+] \cdot [\text{OD}^-] = 0,2 \times 10^{-14}$$

- Molekula teške vode ima veću masu pa teže isparava i lakše ukapljuje od obične vode



1.6. Fizička svojstva voda [2]

Svojstvo	H ₂ O	D ₂ O
Rel. mol. masa M_r	18,016	20,029
Najveća gust. (g/cm ³)	1,0000	1,010579
Najv. gust. pri /°C	3,98	11,23
Viskoz. pri 25 °C (mPa s)	0,893	1,10
Ledište / °C	0,000	3,813
Vrelište / °C	100,00	101,42



1.7. Voda kao otapalo

- Voda otapa ionske i polarne spojeve
- Voda otapa plinove i tekućine

- SPONTANO OTAPANJE moguće je:

$$G_{\text{otopine}} < G_{\text{komponenata}}$$

$$G_{\text{otopine}} - G_{\text{komponenata}} < 0$$



1.7. Voda kao otapalo

Termodinamski odnos:

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

- *G* – slobodna energija
- *H* – entalpija – sadržaj topline
- ΔH – promjena entalpije (toplina reak.)
- *S* – entropija sustava (nered sustava)
- ΔS – promjena entropije



1.7. Termodinamski izraz

- $\Delta H - T \Delta S < 0$
- kod spontanog procesa otapanja mora biti $\Delta G < 0$, bez obzira da li se otopina hladi ili grije
- ΔH je negativna = egzotermna reakcija
- ΔH je pozitivna = endotermna reakcija
- Pri spontanom otapanju smanjuje se i termodinamski potencijal, ako ne spojevi su netopljivi ili slabo topljivi
- Npr. slabo topljivi u vodi su: AgCl, CaCO₃, BaSO₄



1.8. Otopine plinova u vodi

- Topljivost plina u vodi ovisi o:
 1. Karakteru plina i mogućoj reakciji s vodom
 2. Temperaturi
 3. Parcijalnom tlaku plina nad vodom

Henryjev zakon: $x_i = K_x \cdot p_i$

- p_i parcijalni tlak komponente i iznad otopine,
- x_i je molarni udio plina u otopini
- K_x je konstanta karakteristična za dani plin



1.8. Otopine plinova u vodi

- Henryjev zakon formulirao je 1803. engleski kemičar **William Henry** (1775.-1836.). Sadržaj plina otopljenog u tekućini pri određenoj temperaturi upravo je razmjernan parcijalnom tlaku tog plina iznad tekućine. Henryjev zakon vrijedi samo za slabo topljive plinove pri niskim parcijalnim tlakovima.



1.8. Topljivost plinova

- Topljivost plina može se izraziti apsorpcijskim koeficijentom prema Bunsenu:
- $K_{\psi} = \psi / p$
- ψ - omjer između volumena otopljenog plina i volumena otapala
- P – parcijalni tlak plina nad otapalom
- K_{ψ} - Bunsenov apsorpcijski koeficijent



1.8.

- $\psi = V_{plin} / V_{otapalo}$
- *Vrijednosti apsorpcijskih koeficijenata pojedinih plinova ovise o temperaturi*
- *Topljivost plinova u vodi se smanjuje ako voda sadži otopljene krute tvari*
- *Otopljene mineralne tvari u vodi također smanjuju topljivost plinova u vodi – često se to izražava sadžajem otopljenog NaCl (slanost)*

1.8. Bunsenovi apsorpcijski koeficijenti K_ψ [4] Levačić

Plin	0°C	10°C	20°C	30°C
O ₂	48,9	38,0	31,0	26,1
N ₂	23,16	19,1	16,0	14,0
CO ₂	1713	1194	878	665
CO	35,4	28,2	23,2	20,0
H ₂ S	4670	3399	2582	2037
CH ₄	55,6	41,8	33,1	27,6



1.8. Topljivost plinova u vodi pri raznim temperaturama

- Na primjer:
- Izračunajte koliko se otopi kisika i dušika iz zraka u vodi pri 0°C i 15 °C.
- Rj:
- Tlak zraka iznosi oko 100kPa
- Parc. tlak N₂ u zraku je oko 78 kPa,
- Parc. tlak O₂ u zraku je oko 21 kPa



1.8.primjer 1

- Na temp. od 15°C
- $\Psi_{\text{dušika, voda}} = K_{\psi} (\text{dušik, voda}) \times p_{\text{dušika}}$
 $= 18 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3} \times 10^{-2} \text{ kPa}^{-1} \times 78 \text{ kPa} = 14 \text{ cm}^3 / \text{dm}^3$
- $\Psi_{\text{kisika, voda}} = K_{\psi} (\text{kisik, voda}) \times p_{\text{kisika}}$
 $= 34 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3} \times 10^{-2} \text{ kPa}^{-1} \times 21 \text{ kPa} = 7,1 \text{ cm}^3 / \text{dm}^3$



1.8.primjer 1

- Na temp. od 0°C
- $\Psi_{\text{dušika, voda}} = K_{\psi} (\text{dušik, voda}) \times p_{\text{dušika}}$
 $= 23 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3} \times 10^{-2} \text{ kPa}^{-1} \times 78 \text{ kPa} \sim 18 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$
- $\Psi_{\text{kisika, voda}} = K_{\psi} (\text{kisik, voda}) \times p_{\text{kisika}}$
 $= 49 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3} \times 10^{-2} \text{ kPa}^{-1} \times 21 \text{ kPa} \sim 10 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$



1.8.primjer 1

- U **zraku** je omjer :

$$\text{N}_2/\text{O}_2 \sim 78 / 21 = 3,71:1$$

U **vodi** je na 15°C

$$\text{N}_2/\text{O}_2 \sim 14 / 7,14 = 1,96 : 1$$

Pri 0°C :

$$\text{N}_2/\text{O}_2 \sim 18 / 10,3 = 1,75 : 1$$



1.8.primjer 2

- *Koliko se može otopiti O_2 , N_2 i CO_2 u 5L vode koja je izložena zraku na $20^\circ C$?*
- Iz tablice za navedene plinove i temperature imamo:
- $V(O_2) = 31 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3} \times 10^{-2} \text{ kPa}^{-1} \times 21 \text{ kPa} \times 5 \text{ dm}^3 = 32,6 \text{ cm}^3$
- $V(N_2) = 16 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3} \times 10^{-2} \text{ kPa}^{-1} \times 78 \text{ kPa} \times 5 \text{ dm}^3 = 62,4 \text{ cm}^3$
- $V(CO_2) = 878 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3} \times 10^{-2} \text{ kPa}^{-1} \times 3,5 \text{ kPa} \times 5 \text{ dm}^3 = 1,54 \text{ cm}^3$



1.8.primjer 2

- Iz primjera se vidi da je konc. CO₂ u vodi znatno veća nego u zraku:
- U zraku:
- $O_2 / CO_2 = 21 \text{ kPa} / 3,5 \times 10^{-2} \text{ kPa} = 600$
- U vodi:
- $O_2 / CO_2 = 32,6 \text{ cm}^3 \times 5 \text{ dm}^{-3} = 21,17$
- $600 / 21,7 = 28$

1.8. Topljivost plinova u vodenim otopinama

- Određena je eksperimentalno, tako dobiveni empirijski izrazi omogućuju izračun topljivosti plinova:

- $$\Phi = \Phi_0 \times 10^{-Kc}$$

- Φ – predstavlja topljivost plina u otopini soli određene koncentracije
- Φ_0 – topljivost plina u čistoj vodi
- K – koeficijent proporcionalnosti ovisan o prirodi plina
- c – koncentracija otopljene soli

1.8. Topljivost plinova u vodi i otopini NaCl pri 20°C

plin	voda	1mol/L NaCl	3mol/L NaCl	5mol/L NaCl	K
O ₂	30,8	21,9	11,0	5,5	0,149
N ₂	16,0	11,7	6,2	3,3	0,137
CH ₄	33,3	24,1	12,7	6,6	0,140
CO ₂	878	696	452	290	C<2 0,101 C>2 0,096



1.9. Topljivost tekućina u vodi

- Postoje tri slučaja:

1. Tekućina se **potpuno miješa** s vodom

Postoji samo jedna tekuća faza s dvjema komponentama ili više komponentata (ako se u vodi otapa više tekućina)



1.9. Topljivost tekućina u vodi

2. Tekućina se **ne miješa** s vodom

Postoje dvije odvojene tekućine, dva odvojena sloja:

gornji sloj – lakša tekućina

donji sloj – teža tekućina



1.9. Topljivost tekućina u vodi

3. Tekućina se **djelomično miješa** s vodom

U određenom koncentracijskom rasponu postoji homogena otopina, a izvan toga raspona koncentracija nastaju dva sloja.

Jedan je sloj zasićena otopina, a drugi voda ili tekućina koja se otapa u vodi.



1.10. Otapanje krutina u vodi

- Privlačne sile među ionima daje izraz:

$$F = k_C \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

$$k_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 8.988 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$$

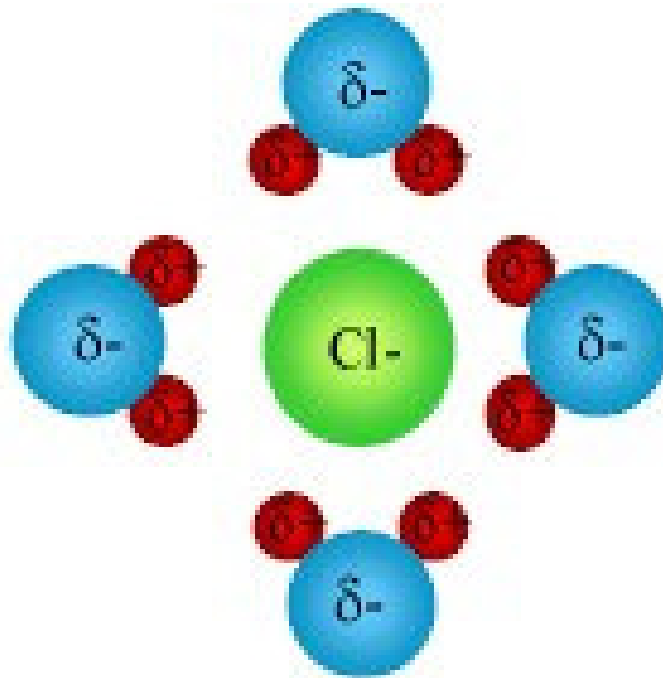
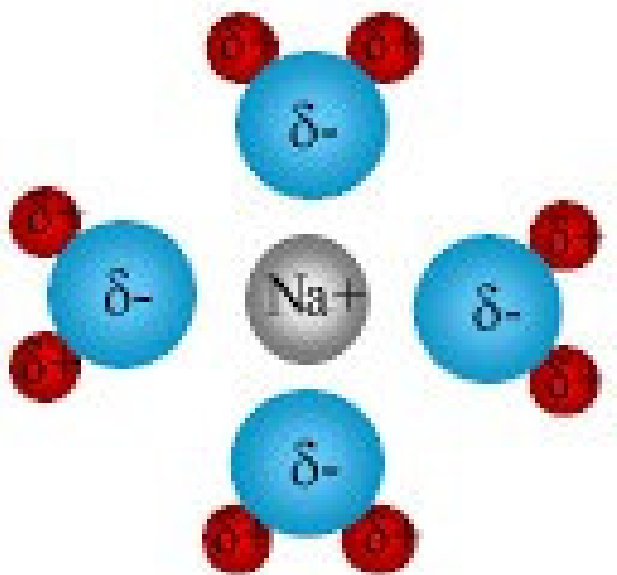


1.10. Otapanje krutina u vodi

- $F = \text{privlačna sila}$
- $q = \text{naboj čestice}$
- $R = \text{udaljenost između čestica}$
- $\epsilon = \text{permitivnost (dielektrična konstanta)}$
- $\epsilon = \text{umnožak permitivnosti vakuma } \epsilon_0 \text{ i relativne permitivnosti } \epsilon_r$
- $\epsilon_0 = 8,8542 \times 10^{-12} \text{ A}^2 \text{s}^4 \text{kg}^{-1} \text{m}^{-3}$
- $\epsilon_r = 1$
- $\epsilon_r \text{ vode} = 78,54$

1.10. Otapanje soli u vodi

- $\text{Na}^+\text{Cl}^- (\text{s}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$
- Hidratizirani ioni - okruženi su





1.10. Hidratacija iona

ION	Ionski polumjer/pm	Entalpija hidratacije/ (kJ/mol)	Hidratacijski broj
Li ⁺	68	506	7
Na ⁺	97	397	5
K ⁺	133	314	4
Mg ²⁺	66	1907	12
Ca ²⁺	99	1602	10
Ba ²⁺	134	1320	9-10



1.10. Topljivost krutih tvari [4]

Naziv	Topljivost tvari(g tvari u 100g vode)
Lako topljive tvari	> 10
Umjereno topljive tvari	2 - 10
Slabo topljive tvari	0,1 - 2
Vrlo slabo topljive tvari	0,01 – 0,1
Praktički netopljive tvari	$< 0,01$

1.10. Otopljeni ioni u riječnoj (1) i morskoj (2) vodi u mmol/L

Cl ⁻	(1) 250	(2) 558,000
Na ⁺	315	479,000
Mg ²⁺	150	54,300
SO ₄ ²⁻	120	28,900
Ca ²⁺	367	10,500
K ⁺	36	10,400
HCO ³⁻	870	2000
H ₄ SiO ₄	170	100
NO ³⁻	10	20
H ₂ PO ⁴⁻	0.7	1



1.11. Provodnost

- **Električna vodljivost** G / S (simens) obrnuto je razmjerna električnom otporu R / Ω , zato je:

$$S = \Omega^{-1}$$

Električnu vodljivost na jedinicu duljine nazivamo **električna provodnost** (konduktivnost – κ / Sm^{-1})



1.11. Provodnost

- Provodnost ovisi o:
 1. Vrsti iona
 2. Veličini iona
 3. Stupnju hidratacije
 4. Naboju iona
 5. Količini iona odnosno koncentraciji
 6. Temperaturi



1.11. Provodnost

- Molarna provodnost za elektrolite (spojeve)

$$\Lambda = \kappa / c$$

(S cm mol⁻¹)

- Molarna provodnost za ione

$$\lambda = \kappa / c_1$$

(S cm mol⁻¹)

1.11. Molarna provodnost nekih spojeva [5]

Spoj	Λ (S cm ² mol ⁻¹)
2 iona $\text{KCl} \leftrightarrow \text{K}^+ + \text{Cl}^-$	127
3 iona $\text{BaCl}_2 \leftrightarrow \text{Ba}^{2+} + 2\text{Cl}^-$	260
4 iona $\text{AlCl}_3 \leftrightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{Cl}^-$	413
5 iona $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \leftrightarrow 4\text{K}^+ + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^-$	558

1.11. Električna vodljivost različnih voda

Vrsta vode	El. provodnost $K/\mu S cm^{-1}$
Kemijski čista voda	0,5 – 3
Kišnica	5 – 30
Slatka voda	30 – 2000
Mineralna voda	10.000 – 20.000
Morska voda	45.000 – 55.000
Slana voda naftnih bušotina	100.000 >



Literatura

- 1.<http://www.chem1.com/acad/sci/aboutwater.html>
- 2.Halle, R., (2004):Kemizam i obradba vode,Rudarsko geološko naftni fakultet u Zagrebu, Zagreb.
- 3.Mayer, D., (2004)Voda od nastanka do upotrebe, Prosvjeta, Zagreb.
- 4.Levačić,E.,(1977):Osnove geokemije vode,Geotehnički fakultet u Varaždinu, Varaždin.
- 5.Filipović, I.,Lipanović, S.,(1982):Opća i anorganska kemija, Školska knjiga, Zagreb.
- 6.IMAGE SOURCE: "Chemistry in Context" Wm C Brown Publishers, Dubuque Iowa, 2nd edition, A project of the American Chemical Society, ed: A. Truman Schwartz et al., 1997, Chapter 5 "The Wonder of Water"