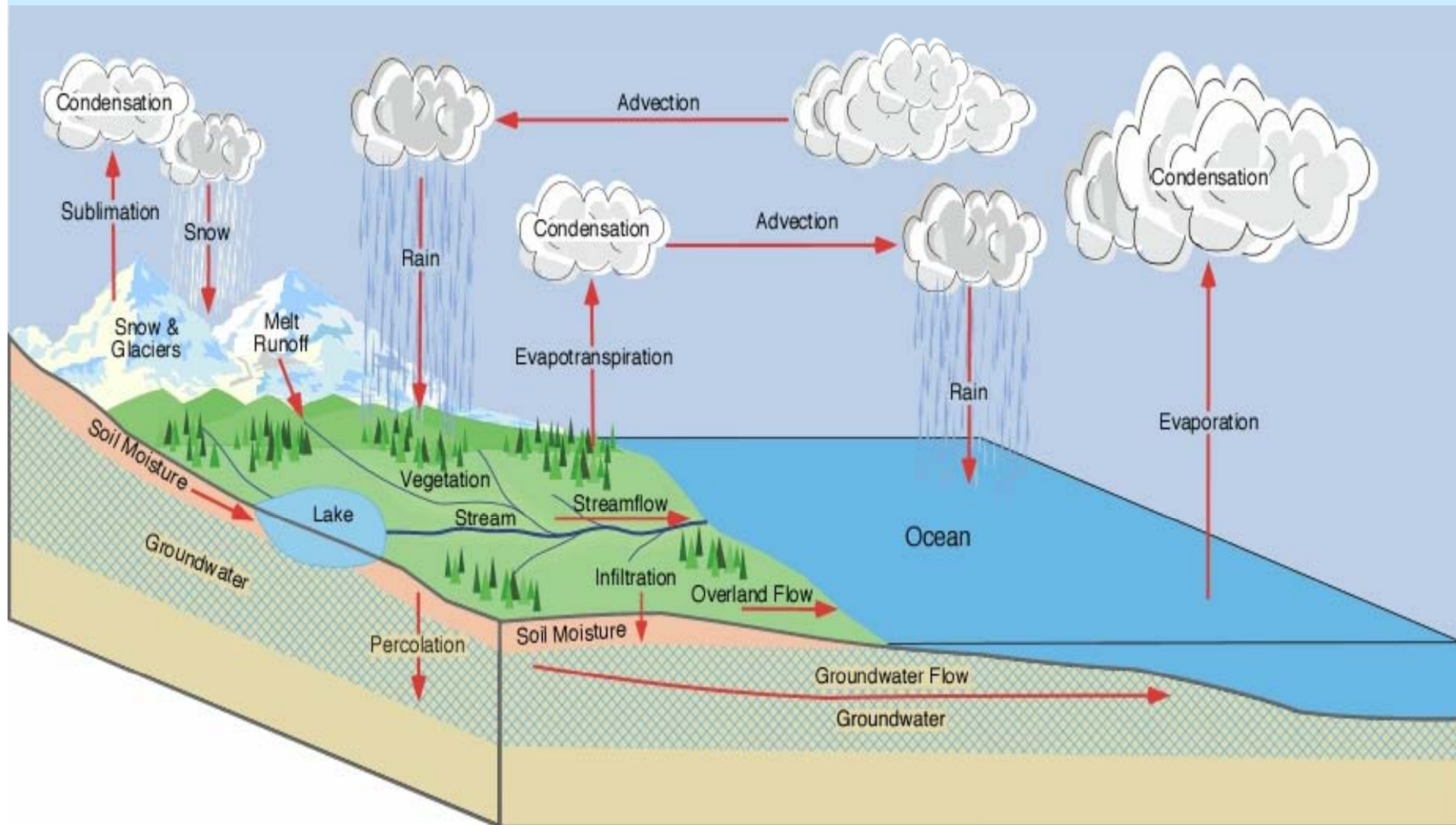
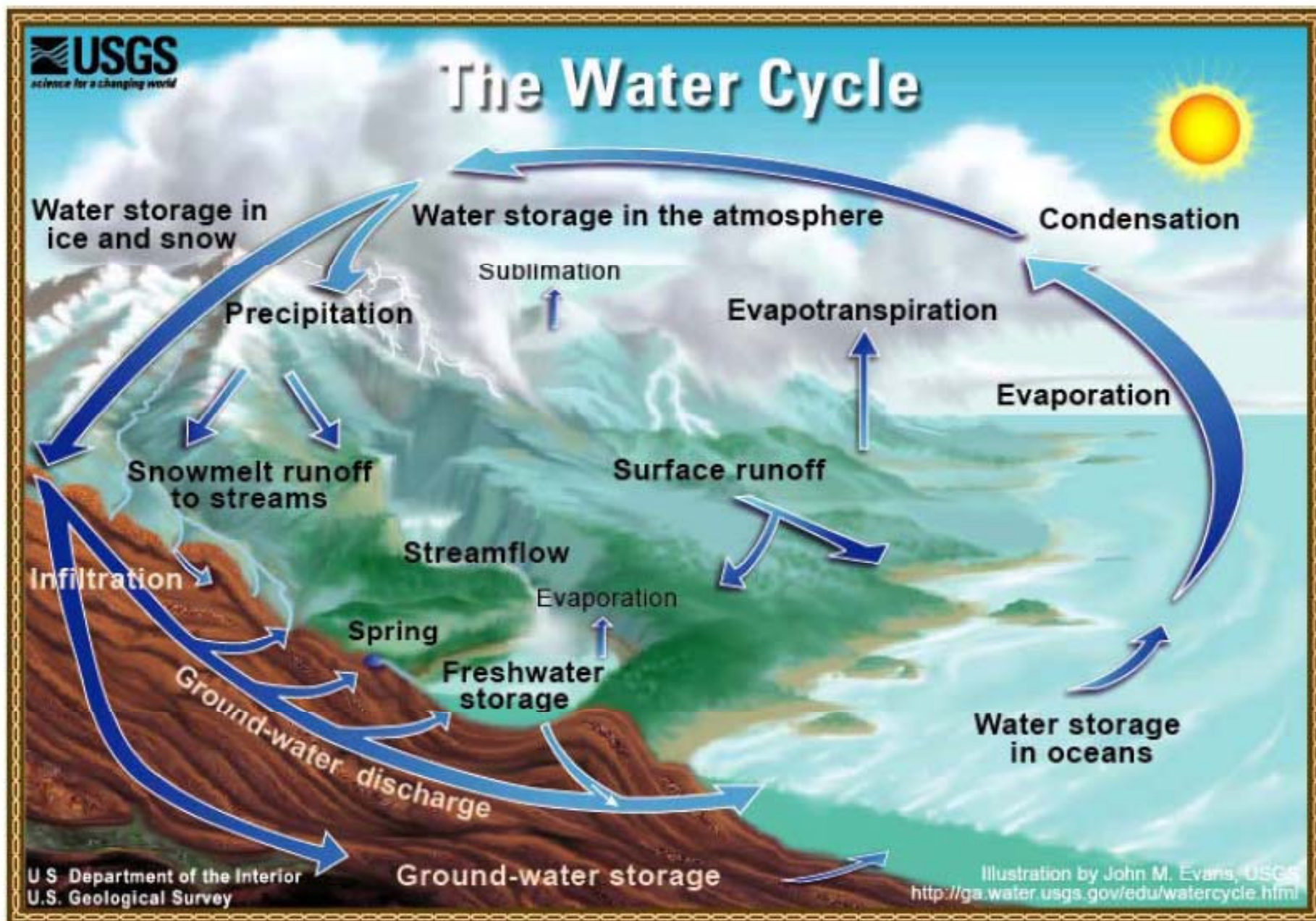


HIDROLOGIJA

Prof.dr.sc. Josip Petraš

Asistenti: dr.sc. Duška Kunštek & Kristina Potočki, dipl.inž.građ.





Ciklus – kruženje vode na Zemlji

Literatura:

- [1] **ŽIVKO VUKOVIĆ: OSNOVE HIDROTEHNIKE**
PRVI DIO, Prva knjiga, poglavlje 2 : HIDROLOGIJA
Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1994
- [2] **DIONIS SREBRENOVIĆ: PRIMJENJENA HIDROLOGIJA**
Tehnička knjiga, Zagreb, 1986.
- [3] **RANKO ŽUGAJ: HIDROLOGIJA**
Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2000.
- [4] **HUSNO HRELJA: INŽENJERSKA HIDROLOGIJA**
Univerzitet u Sarajevu – Građevinski fakultet, Sarajevo 2007.g.
- [5] **EUGEN ČAVLEK: OSNOVE HIDROLOGIJE**
Geodetski fakultet Zagreb, 1992.
- [6] **DARKO MAJER: VODA – od nastanka do upotrebe**
Prosvjeta d.o.o., Zagreb 2004.

- [7] **LINSLEY, KOHLER, PAULHUS: APPLIED HYDROLOGY**
Mc Graw-Hill Book Company, INC New York, Toronto, London
- [8] **VEN TE CHOW: BOOK OF APPLIED HYDROLOGY**
Mc Graw-Hill Book Company, INC New York, Toronto, London
- [9] **HUSNO HRELJA: VJEROVATNOĆA I STATISTIKA U HIDROLOGIJI**
Građevinski fakultet u Sarajevu, Sarajevo 2000.
- [10] **OGNJEN BONACCI: OBORINE - GLAVNA ULAZNA VELIČINA U
HIDROLOŠKI CIKLUS**
GEING - pouzete za geološka istraživanja, SPLIT, 1994.
- [11] **STANISLAV TEDESCHI: ZAŠTITA VODA**
Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1997.

HIDROLOGIJA

Hidor (χίδωρ) - voda

Logos (λογωσ) - riječ

Riječ je o vodi

DEFINICIJE:

Hidrologija je znanost koja proučava vremensku i prostornu pojavu vode na Zemlji i zakone njenog stalnog kruženja.

Hidrologija je znanost o vodnom omotaču zemljine kore.

**HIDROLOGIJA je znanost koja se bavi pojavama, cirkulacijom, raspodjelom i svojstvima voda Zemlje i njezine atmosfere
(Webster 1989)**

GEOFIZIKA

METEOROLOGIJA:

*fizika atmosfere –
znanost o atmosferskim
procesima*

*Klimatologija:
dio meteorologije –
znanost o klimi*

*Sinoptika:
Znanost o vremenu i
prognozi vremena*

*Vrijeme (klimatološki):
srednje stanje
meteoroloških elemenata
u kraćem razdoblju*

HIDROLOGIJA:

*znanost koja se bavi
pojavama, cirkulacijom,
raspodjelom i svojstvima
voda Zemlje i njezine
atmosfere.*

Djeli se na:

- OCEANOLOGIJU
- HIDROLOGIJU KOPNA

GEOLOGIJA:

*znanost koja proučava:
- sastav i građu Zemlje,
- prirodne procese na
površini i u dubini
Zemljine kore koji
mjenjaju oblik i građu
kore
- promjene fizičko-
geografskih tvorevina i
organskog svijeta
tijekom Zemljine
povijesti*

PODJELA HIDROLOGIJE

OCEANOLOGIJA:

- Fizika mora
- Kemija mora
- Geologija mora
- Biologija mora
- Pomorska meteorologija
- Geofizika mora
- Primjenjena oceanologija
- Pomorske prognoze
- Kozmofotooceanologija
- Oceangrafija

HIDROLOGIJA KOPNA:

- Hidrogeologija
- Potamologija
- Glaceologija
- Limnologija
- Talmatologija

INŽENJERSKA HIDROLOGIJA:

- Hidrometrija
- Hidrološke analize i opisi
- Hidrološki proračuni
- Hidrološka predviđanja i prognoze

REGIONALNA HIDROLOGIJA

AEROFOTO HIDROLOGIJA

KOZMOFOTOHIDROLOGIJA

OPĆA HIDROLOGIJA

(hidrografija)

ZADACI HIDROLOGIJE

- Prikupljanje hidroloških podataka i podloga
(mjerenje, motrenje, monitoring)
- Primarna obrada hidroloških podataka i podloga
- Provedba hidroloških analiza korištenjem suvremenih teorijskih spoznaja
- Oblikovanje rezultata provedenih istraživanja i analiza primjereno potrebama inženjerske prakse.

Državna institucija za provedbu temeljnih hidroloških zadataka:

DHMZ – Državni hidrometeorološki zavod:

- *hidrološka i meteorološka mjerenja,*
- *primarne obrade mjerenih podataka,*
- *meteorološke i hidrološke prognoze*

ZADACI DHMZ_a

- osnivanje, razvoj i održavanje osnovne mreže hidroloških stanica;
- osmatranje, mjerenje, prikupljanje, obrada i publiciranje osnovnih hidroloških podataka;
- izrada izvještaja o stanju nacionalnih vodnih resursa;
- izrada i objavljivanje operativnih hidroloških prognoza;
- izrada hidroloških osnova i studija za potrebe projektiranja u hidrogradnji;
- unaprijeđenje cjelokupne hidrološke djelatnosti u funkciji efikasnijeg i kvalitetnijeg izvršavanja osnovnih zadataka;
- razvoj informacijskog sustava;
- obuka i usavršavanje kadrova;
- međunarodni kontakti s hidrološkim službama i udrugama

GOSPODARENJE VODAMA

osvrt s aspekta uloge hidrologije

- **ZAKON O VODAMA: NN BR. 153/2009**
- **“HRVATSKE VODE”** – *državna tvrtka za gospodarenje vodama*

VODNOGOSPODARSKE GRANE

KORIŠTENJE VODA I VODOTOKA

- **Opskrba naselja vodom**
- **Opskrba industrije tehnološkom vodom**
- **Navodnjavanje**
- **Korištenje vodnih snaga (*hidroenergetika*)**
- **Plovni putovi i plovidbena infrastruktura**
- **Ribogojstvo u uređenim ribnjacima**
- **Eksploatacija građevinskog materijala iz vodotoka**
- **Rekreacija, turizam i sportovi na vodama**
- **Specijalni korisnici (*vojne potrebe, i drugo*)**

UREĐENJE I ZAŠTITA OD ŠTETNOG DJELOVANJA VODA

- Uređenje slivova, konzervacija zemljišta i voda (*antieroziona zaštita i uređenje bujica*)
- Regulacije rijeka i uređenje obala
- Obrana od poplava
- Uređenje i kanalizacija oborinskih voda u urbanim sredinama
- Odvodnjavanje poljoprivrednih površina

ZAŠTITA VODA U OKVIRU ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

- Odvodnja otpadnih voda (*kanalizacija otpadnih voda naselja i industrije*)
- Pročišćavanje otpadnih voda
- Popravljanje režima malih voda
- Očuvanje ekosistema u svim prirodnim i umjetnim akvatorijama i njihovom okolišu

UPRAVLJANJE I GOSPODARENJE VODAMA

- Planiranja dugoročnog razvoja vodoprivrede
- Vođenje dugoročne vodne politike zemlje (*vodoprivredna osnova*)
- Upravljanje potrošnjom - mjere planske štednje vode
- Pravna zaštita voda i prostora (*zakon o vodama*)
- Vodno pravo i njegovo unapređenje
- Međunarodna vodna politika i suradnja

Conservation and Full Utilization of Water

Prepared by U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR · Bureau of Reclamation



Development of the Nation's water resources underlies every aspect of our daily lives. Dams built across rivers control and regulate streamflow to store water for irrigation, municipal, and industrial purposes; to generate hydroelectric power; protect land and people from floods; store and freshen polluted water; improve navigation; and for other uses. These reservoirs, along with surrounding land areas, provide outstanding recreational opportunities for people and shade habitats and refuge for wildlife.

Besides surface water, other sources being developed include underground aquifers, from which water is pumped for irrigation and other purposes; the sea, water from which is being desalinated and converted to fresh water; and the atmosphere, from which, by means of weather modification, we seek to wring additional moisture to fall on our thirsty land. Thus, man exercises his ingenuity to conserve and utilize his most precious resource—water.

Lined to Prevent Seepage Losses



PORIJEKLO I SVOJSTVA VODE

Prvi dan vladala je tama - tama i tišina. Bog je stvorio nebo i zemlju. Njegov se duh kretaše nad tamom i preko **voda**, i Bog reče: Neka bude svjetlo... Drugi dan Bog je stvorio nebeski svod. U njega je smjestio **oblake da zadržavaju vlagu**. I taj svod Bog prozva nebom. Treći dan Bog je skupio **sve vode pod nebom**. Nazvao ih je **morima**, a suhu zemlju kopnom... Peti dan Bog pogleda na kopno i na mora, te reče: "**Neka u vodi nastane život**".

(Knjiga postanka, 1: 1-2, 9-10)

Znanstveni pokušaji tumačenja porijekla vode neminovno dovode do teorija o nastanku svemira.

“Veliki prasak” - prije nekih 10 do 18 milijardi godina

Svojstva vode

Voda je prirodni spoj vodika i kisika. Postoje tri izotopa vodika ^1H (protij, H), ^2H (deuterij, D) i ^3H (tricij, T), kao i tri izotopa kisika ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O , pa bi teoretski moglo postojati 18 tipova molekula vode. U prirodi postoji iznimno malo izotopa ^3H , ^{17}O i ^{18}O , pa je najčešća molekula vode $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$. Znatno manje ima $^2\text{H}_2^{16}\text{O}$ (D_2O) te $^1\text{H}^2\text{H}^{16}\text{O}$ (HD^{16}O).

Za praktične svrhe voda se označava sa H_2O .

Voda je najraširenija kapljevina na Zemlji.

Struktura vode ovisi o faznom (agregatnom) stanju (čvrstom, kapljevitom ili plinovitom)

U plinovitom stanju molekule su slobodno pokretne, što ovisi o kinetičkoj energiji molekule. Ta energija zavisi od tlaka i temperature vode. Polarne osobine molekule vode odnosno kohezijske sile nisu izražene.

U tekućem stanju molekule vode manje su pokretne zbog manje kinetičke energije. Zbog manjih razmaka molekula dolaze do izražaja elektrostatičke privlačne sile i vodikove veze, tako da se stvaraju nakupine više povezanih molekula.

U čvrstom stanju (led) kinetička energija molekula je vrlo mala. Molekule su međusobno povezane vodikovim vezama u prostornom obliku po tetraedarskom rasporedu. Srednji razmak između molekula u kristalnoj rešetki leda veći je nego onaj u kapljevitu stanju vode, pa je obujam iste mase leda veći za 9% od obujma kapljevine.

Fizikalna svojstva vode

Fizikalna svojstva vode najčešće se izražavaju **gustoćom, viskoznosti, površinskom napetosti, te toplinskim, električnim i optičkim svojstvima.**

Gustoća vode ovisi o faznom stanju (čvrsto, kapljevito, plinovito) te o tlaku i temperaturi. U kapljevitom stanju pri tlaku $101,3 \times 10^3 \text{ Pa}$ (**1 bar**) najveća je gustoća vode na temperaturi **3,98°C** i iznosi **1,0 kg/dm³**

Povišenjem tlaka na **10 bara** istu gustoću voda postiže pri temperaturi **3,4°C**.

Povišenjem temperature vode smanjuje se gustoća, pa na točki vrelišta, odnosno pri temperaturi **100°C** i tlaku **1 bar**, gustoća vode je **0,958 kg/dm³**.

Gustoća vode smanjuje se i hlađenjem. Na točki ledišta, pri tlaku od **1 bara** i temperaturi **0°C**, **gustoća vode kao kapljevine** je **0,9998 kg/dm³**, a prelaskom u čvrstu fazu (**led**) dolazi do naglog pada gustoće te iznosi **0,917 kg/dm³**.

Objašnjenje za ovu pojavu je promjena molekularne strukture, odnosno pojava kristalizacije leda. Prelaskom vode iz kapljevite u plinovitu fazu, gustoća se smanjuje povišenjem temperature, a povećava povišenjem tlaka na istoj temperaturi.

Viskoznost vode (*unutrašnje trenje*) ovisi o temperaturi i tlaku. Viskoznost vode povećava se sniženjem temperature, ali ne ravnomjerno. Znatno se više povećava približavanjem točki ledišta. To je posljedica stvaranja nakupina većeg broja molekula čvršće povezanih. Prelaskom u led gubi se fenomen viskoznosti vode.

Viskoznost vode pod promjenom tlaka mijenja se ovisno o temperaturi vode. Pri nižim temperaturama (niže od 30°C) viskoznost se vode smanjuje s porastom tlaka. Pri višim temperaturama (više od 30°C), porastom tlaka povećava se i viskoznost vode.

Viskoznost vodene pare povećava se s porastom temperature, a slično kao i kod drugih plinova viskoznost je gotovo neovisna o tlaku.

Površinska napetost vode razmjerno je velika zbog jakih kohezijskih sila između molekula. Površinska napetost raste sa sniženjem temperature

Površinska napetost vode ovisi o osobinama materije s kojom voda graniči. Tako pri temperaturi 25°C napetost površine vode u dodiru sa zrakom iznosi $71,8 \times 10^{-3}$ N/m, sa staklom $95,9 \times 10^{-3}$ N/m, a s pijeskom $76,7 \times 10^{-3}$ N/m.

Na površinsku napetost vode utjeću otopljene tvari u vodi. Neke tvari u vodi povećavaju površinsku napetost, neke znatno snizuju površinsku napetost vode i pri malim koncentracijama. (npr. deterđenti).

Površinska napetost kapljevine značajna je za pojavu dizanja ili spuštanja kapljevine u kapilarama. Velika površinska napetost vode omogućava dizanje vode u tlu i u drugim poroznim materijalima (beton, drvo, cigla ...). Ovisno o strukturi tla, odnosno veličini promjera kapilara, moguće je dizanje i zadržavanje vode iznad razine podzemne vode na visini 1,7 do 2,5 m, što je značajno za život i rast biljki.

Specifični toplinski kapacitet (*masena količina topline*) vode je 4.180 J/(kg · K) pri 25°C. Povišenjem temperature do 35°C specifični toplinski kapacitet se smanjuje, a iznad te temperature jednakomjerno raste.

Specifični toplinski kapacitet leda je 2.090 J/(kg · K).

Relativno visoka temperatura ključanja vode i toplinski kapacitet čine ju povoljnom za prijenos i izmjenu topline u industriji, kao i za nakupljanje (*apsorpciju*) sunčeve topline na Zemlji (*mora, oceani*).

Električna svojstva vode su posljedica strukture vode. Električna provodljivost čiste vode je mala, a povećava se kad voda sadrži otopljene soli.

Optička svojstva vode izražavaju se propuštanjem svjetlosti. Prozirnost vode ovisi o duljini svjetlosnog vala. Voda dobro propušta vidljivi dio spektra, pa je voda bez boje i prozirna.

Voda dobro apsorbira narančaste i crvene svjetlosne valove, pa je voda u dubljim slojevima plavo-zelenkaste boje.

Uslijed apsorpcije infracrvenog dijela svjetlosnih valova, voda skuplja toplinsku energiju Sunčeva zračenja, što je bitno za život na Zemlji.

Kemijska svojstva vode

izražena su otapanjem i ionizacijom.

Otapanje u vodi mnogih krutih i plinovitih tvari ovisi o svojstvima tih tvari.

Zbog velike postojanosti i električnih osobina te ustrojstva molekula, voda je vrlo prikladna kao **otapalo**.

Otopivost neke tvari u vodi ovisi o osobinama te tvari i o mogućnosti stvaranja vodikovih veza između molekula. Tvari kod kojih su izražene **adhezijske sile** između molekula vode i tih tvari nazivaju se **hidrofilnim**, a one kod kojih adhezija prema vodi nije izražena nazivaju se **hidrofobne**.

Hidrofobne tvari u vodi načelno **se ne otapaju**.

Otopivost hidrofilnih tvari ovisi o jačini adhezijskih sila.

Kod tvari koje se rastavljaju na ione djeluju **Coulombove privlačne sile** između iona soluta i molekula vode. Pojava vezivanja iona soluta i molekula vode naziva se **hidratacija**.

Otapanje plinova u vodi ovisi o tlaku plina u dodiru s vodom te o temperaturi vode. Kad otopljeni plinovi i kemijski reagiraju s vodom, otopivost plinova znatno se povećava.

Povišenjem temperature vode smanjuje se otopivost plinova u vodi.
Povećanjem tlaka plina u dodiru s vodom povećava se otopivost plinova.

Za tehnološke potrebe često se otopivost plinova izražava **koeficijentom apsorpcije plina**. To je obujam plina otopljen u jedinici obujma vode pri određenoj temperaturi i tlaku .

Na otopivost plina u vodi utječe i **količina otopljenih soli** u vodi.
Otopivost plina veća je u čistoj vodi nego u vodi koja sadrži otopljenih soli.

Kapljevine koje sadrže molekule s hidroksilnim skupinama (OH^-) zatim merkapto-skupinama (SH^-) i amino-skupinama (NH_2^-) dobro se otapaju. Kapljevine s nepolarnim molekulama (ugljikovodici, ulja i masti) slabo se otapaju u vodi.
Neke kapljevine djelomično se mješaju s vodom, ali iznad ili ispod neke kritične temperature.

Elektrolitička disocijacija ili *ionizacija* molekule vode je povratna.



Istodobno u vodi postoje molekule vode H_2O zatim vodikovi ioni H^+ , hidroksid-ioni OH^- , a uslijed hidratacije iona još i hidronij-ioni H_3O^+ .

Voda je slab elektrolit. Konstanta disocijacije može se izraziti odnosom:

$$K = [\text{H}^+] [\text{OH}^-] / [\text{H}_2\text{O}]$$

S obzirom na to što je disocijacija molekule vode slaba, realno je pretpostaviti da je koncentracija molekula vode stalna, pa slijedi da je stalan i

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

Izraz K_w naziva se ionski produkt vode. Ionski produkt je stalna vrijednost bez obzira na koncentraciju vodikovih iona i hidroksid-iona. Mijenja se s promjenom temperature vode.

U čistoj vodi $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$ mol/l, a ionski produkt vode je 10^{-14} mol/l pri temperaturi 25°C .

Uobičajeno je da se negativnim logaritmom koncentracije vodikova iona H^+ označava osobina reakcije vodene otopine:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Tako pri vrijednosti $\text{pH} = 7$ vodena otopina naziva se **neutralnom**. Kad je vrijednost **pH veća od 7** vodena otopina je **lužnata**, a ako je **pH manji od 7**, vodena je otopina **kisela**. Te vrijednosti vrijede za temperaturu vode od 25°C , a za druge temperature vrijednosti su dane u literaturi [11] (*Tedeschi*)

POKAZATELJI KAKVOĆE VODE

KEMIJSKI POKAZATELJI

- Ukupno otopljene tvari
- Koncentracija H iona
- Alkalinitet
- Tvrdoća vode
- Otopljeni plinovi
- Organske tvari
- Hranjive tvari
- Kovine
- Ostali kemijski pokazatelji

FIZIKALNI POKAZATELJI

- Raspršene tvari
- Mutnoća
- Boja
- Miris i okus
- Temperatura

BIOLOŠKI POKAZATELJI

- Stupanj saprobnosti
- Stupanj biološke proizvodnje
- Mikrobiološki pokazatelji
- Stupanj otrovnosti
- Indeks razlike