



Treće predavanje

Hemija koloida i površina u životnoj sredini

Ishod predavanja

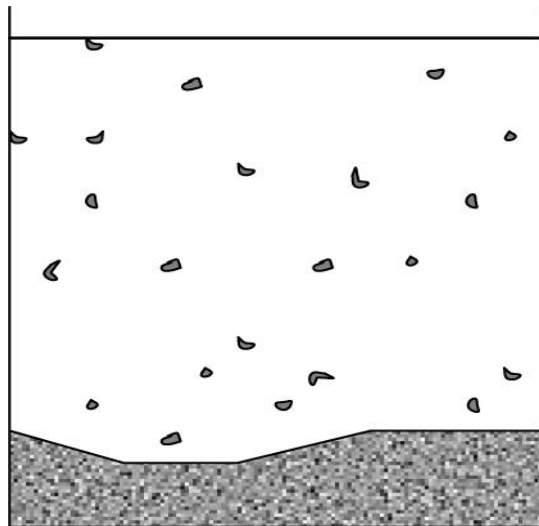


Student treba da bude sposoban da:

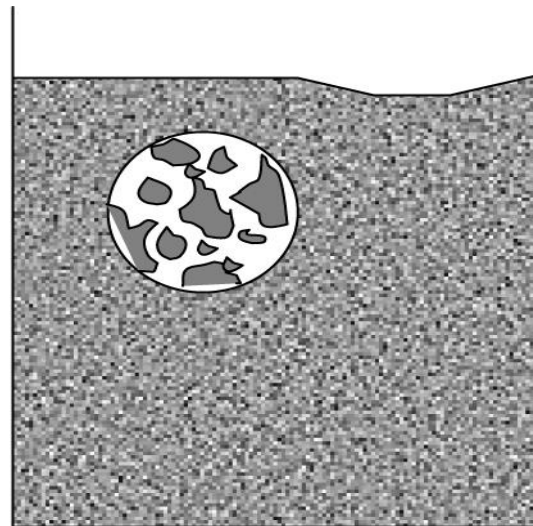
- 1. opiše privlačne i odbojne sile koje postoje između koloidnih čestica.
- 2. objasni uticaj jonske jačine na difuzni sloj i na koloidne odbojne sile.
- 3. objasni kako promena pH ili vezivanje katjona i anjona može da ubrza koagulaciju.
- 4. objasni ulogu huminskih supstanci u disperziji i koagulaciji koloida oksidnih/hidroksida metala i transportu jona u podzemnim vodama.
- 5. da primere koloida u zemljištu, jezerima, podzemnim vodama, estuarima i prilikom tretmana voda.

Uvod:

- Veza između hidrosfere i terestrične sredine.
- Čestice čvrste materije malih dimenzija suspendovane u vodi mogu da interaguju sa jonima prisutnim u vodi.
- Suspendovana materija (ili sedimenti) predstavljaju koloide koji čine deo terestričnog sistema.
- Ne vide se golim okom. Prisustvo se vidi na osnovu turbiditeta vode.



(a) Sediment/water system



(b) Soil/water system

Sistem sediment/voda i sistem zemljište/voda.

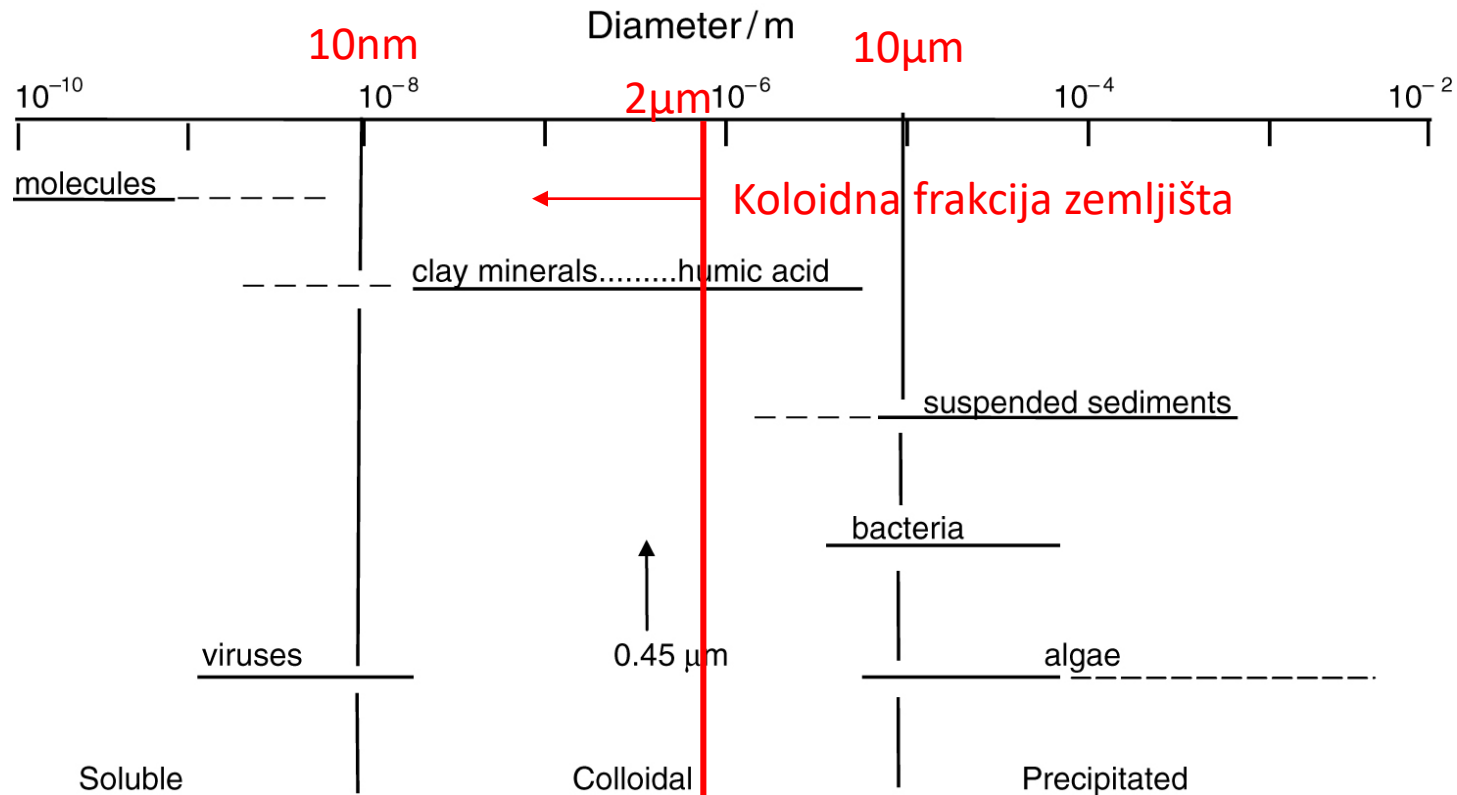
Neki od prirodnih koloida prisutnih u prirodnim vodama

Koloid
1. SiO ₂
2. MnO ₂
3. Fe ₂ O ₃
4. Al ₂ O ₃
5. Huminske materije (huminske i fulvo kiseline)
6. Montmorionit (vrsta gline)
7. Kaolinit (vrsta gline)



- **Najvažniji koloidi u hidrosferi** su oksidi/hidroksidi metala (FeOOH , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, Al_2O_3 , MnO_2) i huminske supstance.
- **Najvažniji koloidi zemljišta** su alumosilikati nastali tokom procesa površinskog razlaganja primarnih alumosilikata.
- Imaju i permanentno i pH-zavisno naelektrisanje.
- Naelektrisanje na površini stabilizuje koloide i sprečava njihovu koagulaciju - ostavlja ih u dispergovanom stanju.

Distribucija dimenzija nekih komponenti prirodnih voda.



1. Dijametar koloidnih čestica je u opsegu $0.01\mu\text{m}$ do $10\mu\text{m}$.
2. Čestice manje od $0.45\mu\text{m}$ se smatraju da su rastvorne u vodi (pravi rastvor).
3. Čestice veće od $0.45\mu\text{m}$ se smatraju da su nerastvorne (koloidni rastvor) .

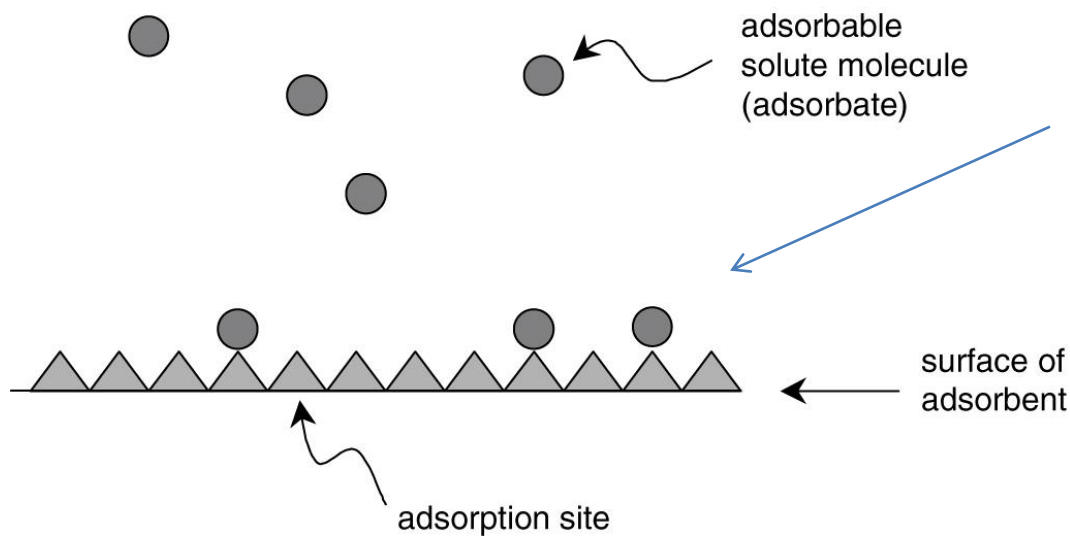


**Zašto koloidne materije adsorbuju različite
komponente (metale i organske supstance) u rastvoru?**

Adsorpcioni proces.

Adsorpcija predstavlja fizički ili hemijski proces u kome se adsorbat transportuje iz rastvora na površinu adsorbenta.

Adsorpcija se završava kada se aktivna mesta (adsorpciona mesta) popune molekulima adsorbata.



**Hemijska ili fizička
interakcija između molekula
adsorbata i površinskog
adsorpcionog mesta**

Adsorpcija adsorbata na koloidnoj površini.



Faktori koji kontrolišu proces adsorpcije:

Koloidne materije adsorbuju metale i organske supstance jer poseduju veliku **specifičnu površinu** i veliki broj **površinskih funkcionalnih grupa**.

Specifična površina

Većina koloida ima veliku specifičnu površinu. Sa porastom specifične površine raste i količina adsorbovanih molekula.

Specifična površina nekih koloida

Koloid	Specifična površina (m ² /g)
Montmorionit	5 - 20
Kaolinit	700 - 800
Huminska i fulvo kiselina	700 - 1000



Vrste adsorpcionih procesa:

1. Elektrostatička adsorpcija:

Koloidi poseduju površinsko naelektrisanje u rastvoru.

Priroda ovog površinskog naelektrisanja zavisi od pH rastvora u kome se nalaze.

Ukupno površinsko naelektrisanje koloida (+, - ili neutralno) se može odrediti poređenjem pH rastvora i pH_0 koloida.

pH_0 (pH pri kome je ukupno površinsko naelektrisanje koloida jednako nuli) je konstantno i može se eksperimentalno odrediti za bilo koju koloidnu materiju.

Kada je $pH > pH_0$ koloidno površinsko naelektrisanje je negativno

Kada je $pH < pH_0$ koloidno površinsko naelektrisanje je pozitivno

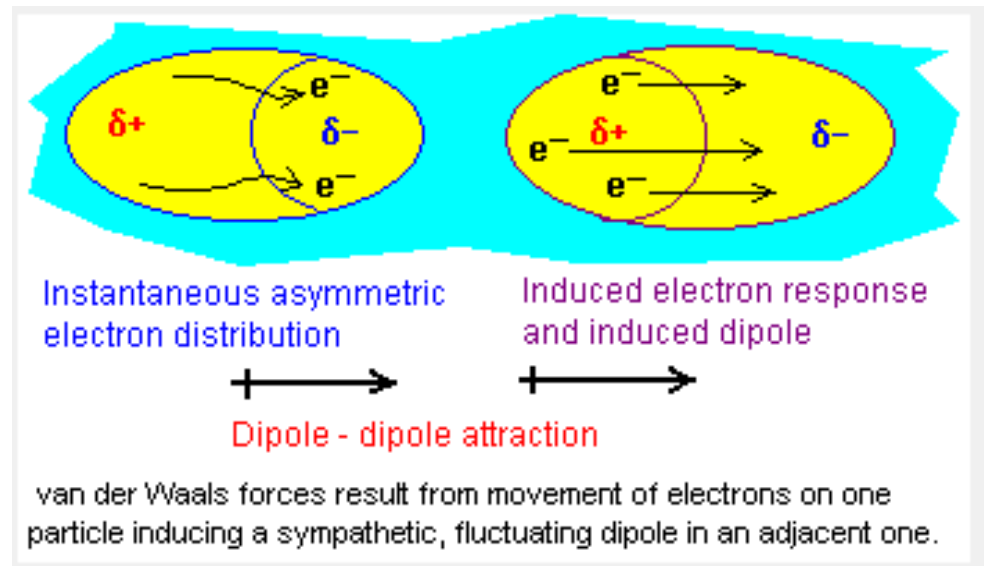
Kada je $pH = pH_0$ koloidno površinsko naelektrisanje je jednako nuli (neutralna površina).

pH_0 vrednosti različitih prirodnih koloida

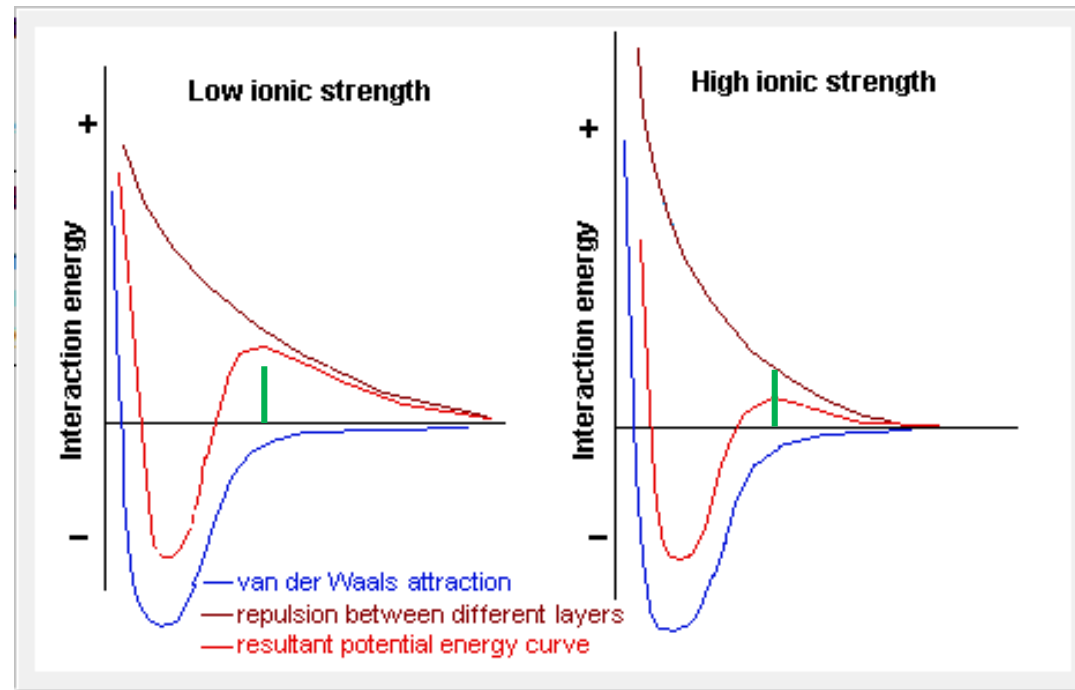
Koloid	pH_0
SiO ₂	2.0
MnO ₂	4.0
Fe ₂ O ₃ (hidratisani)	7.0
Fe ₂ O ₃ (getit)	7.5

Koloid	pH_0
Fe ₂ O ₃ (hematit)	8.5
Al ₂ O ₃ (hidratisani)	7.0
Huminska materija	4-5

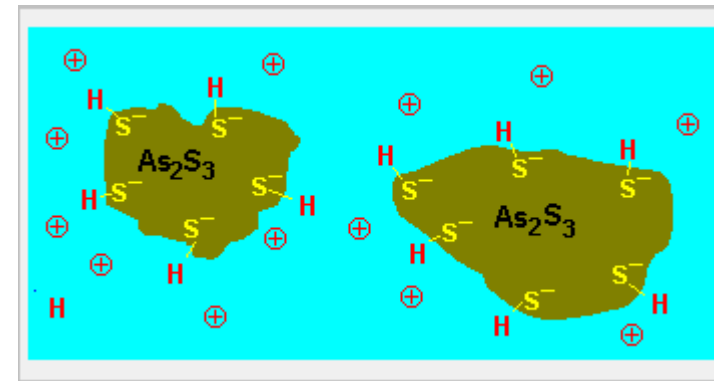
- Koloidi u vodenim rastvorima postoje zahvaljujući odbojnim silama između naelektrisanih čestica.
- Permanentno ili pH-zavisno površinsko naelektrisanje dovodi do odbijanja.
- Koloidne čestice će koagulirati pod određenim uslovima (npr. kada je $\text{pH} = \text{pH}_{\text{pzc}}$ ili kada je jonska jačina povećana).
- Van der Waals-ove sile privlače čestice.
- Van der Waals-ove privlačne sile između čestica su nezavisne od naelektrisanja čestica i jonske jačine.



- Funkcija ukupne potencijalne energije nastaje kao zbir privlačnih i odbojnih sila.
- Niska jonska jačina – veći difuzni sloj; visoka jonska jačina – kompaktan difuzni sloj.
- Kada je zapremina manja, čestice lakše savladavaju potencijalnu barijeru i postižu minimum potencijalne energije.
- Manje je odbijanje između difuznih slojeva pri većim jonskim jačinama (slojevi su kompaktniji).

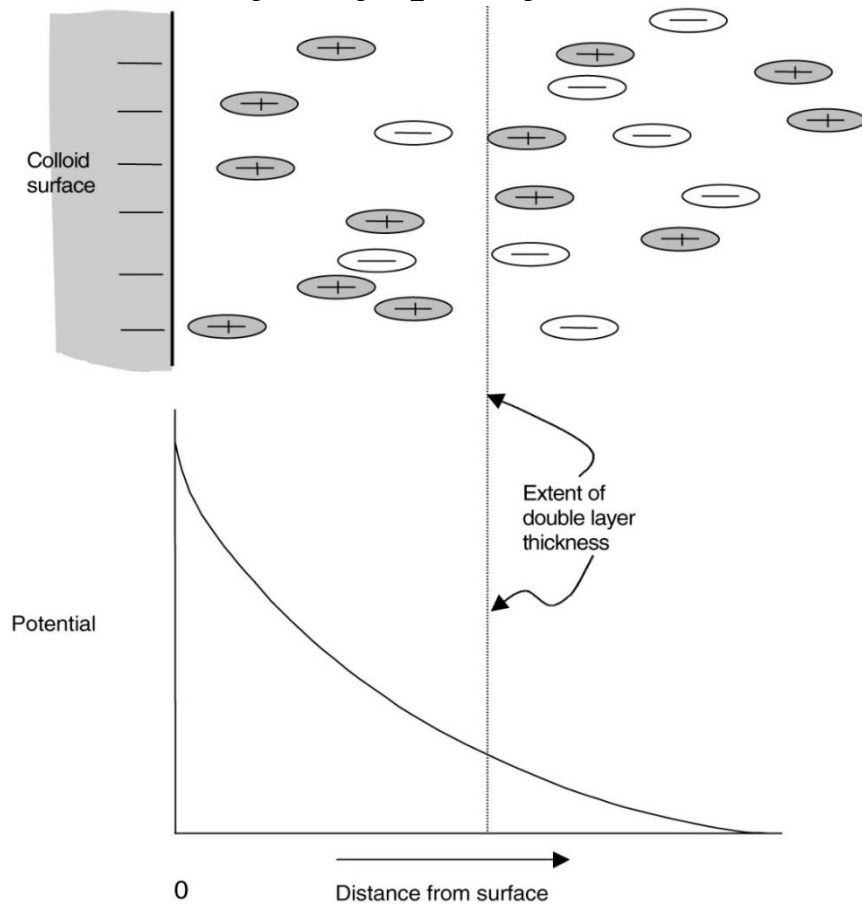


- Nastanak koloida je posebno favorizovan za jedinjenja niske rastvorljivosti: nastanak AgBr ili $\text{Al}(\text{OH})_3$ ili $\text{Fe}(\text{OH})_3$.
- Svaka čestica pokazuje tendenciju da apsorbuje svoje sopstvene jone kada su oni prisutni u višku.
- Kada se As_2S_3 ($\log K_{sp} = -24$) taloži u prisustvu viška sulfida, čestice nose višak negativnog naelektrisanja i u difuznom sloju imaju višak pozitivnog naelektrisanja (H^+).

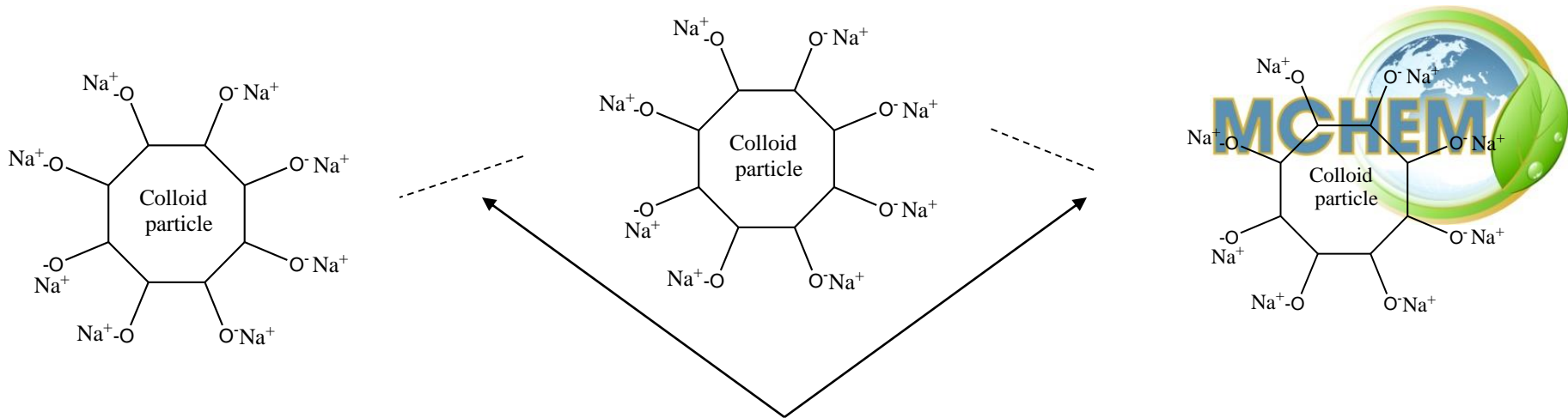


Električni dvosloj:

Kada se koloidna materija doda vodi, razvija se električni potencijal oko površine koloida usled negativnog naelektrisanja koje postoji na površini i pozitivnog naelektrisanja koje postoji u okolnom rastvoru.

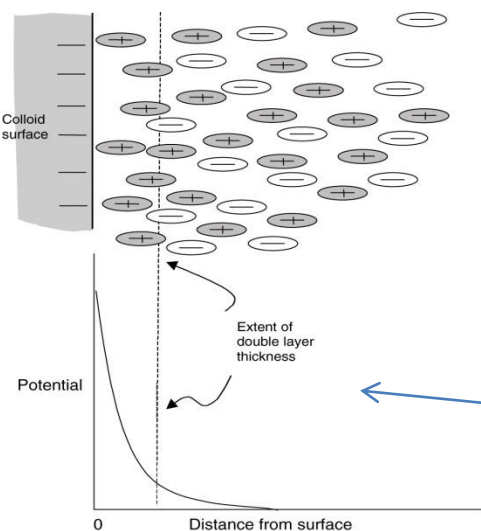


Električni potencijal je najveći na površini koloida i opada do nule sa udaljenjem u rastvoru. Koloidni sistem je stabilizovan u rastvoru jer se naelektrisane čestice međusobno odbijaju u rastvoru.



Elektrostatičko odbijanje između koloidnih čestica

Ove čestice ne mogu da se međusobno približe i stvore agregat, usled elektrostatičkog odbijanja. Dodavanje jakog elektrolita (HCl ili NaCl) će smanjiti debljinu dvostrukog sloja, potencijal će opasti i započće koagulacija.



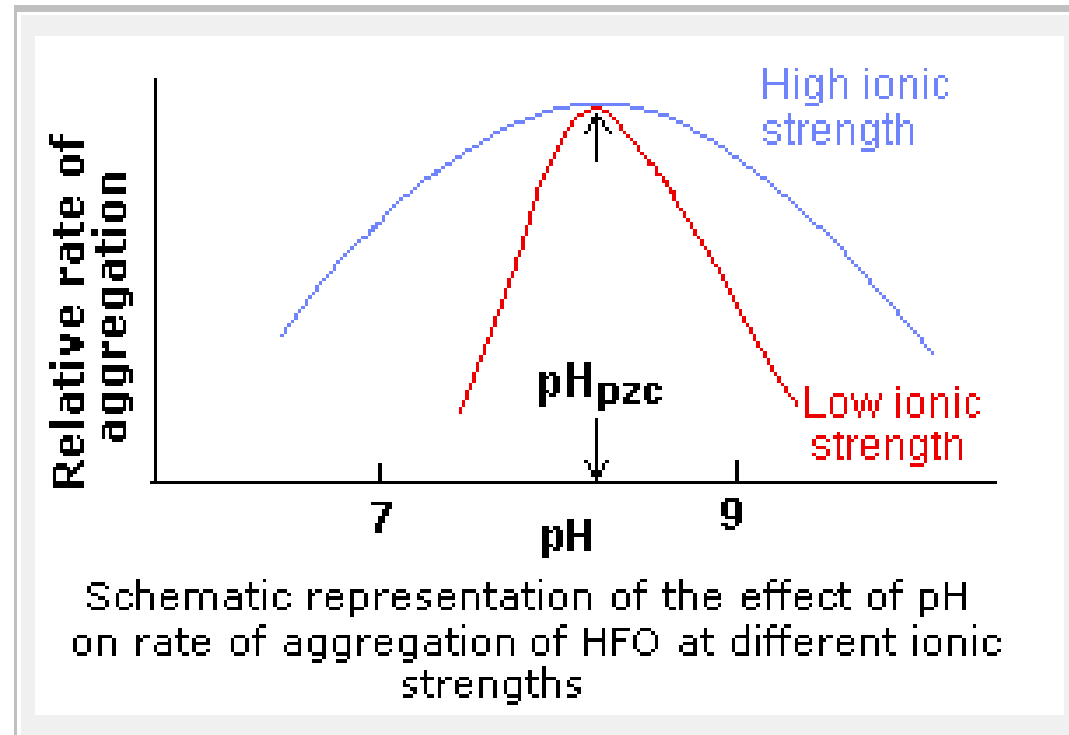
Koagulacija se nekad naziva i sedimentacija koja se obično javlja kada koloidi iz reke prodru u slano more.

Električni dvosloj u slanom rastvoru.

Koagulacija koloida



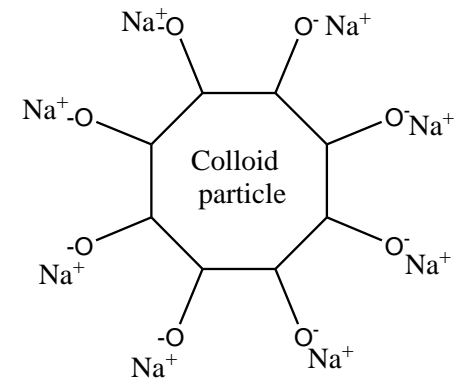
- Promena pH: Ukupno površinsko naelektrisanje je jednako nuli kada je $\text{pH} = \text{pH}_{\text{pzc}}$. Pri ovim uslovima koagulacija je maksimalna.
- Za FeOOH $\text{pH}_{\text{pzc}} = 8,1$, glavni koloid prirodnih voda, promena pH od 4,5 (huminske vode) do 7,5 (karbonatne vode) vodiće do povećane koagulacije i smanjenog turbiditeta.



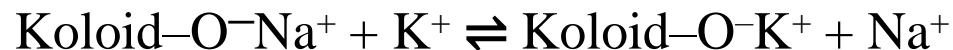


Huminske materije imaju **promenljivo površinsko naelektrisanje**. Negativno naelektrisanje je usled deprotonovanja karboksilnih grupa, a pozitivno je usled protonovanja amino grupa.

pH voda je oko 8.7; većina prirodnih koloida ima ukupno negativno naelektrisanje u rastvoru. Ovo negativno naelektrisanje je uravnoteženo sa pozitivnim jonima (Na^+ , K^+) koji su prisutni u vodi. Na osnovu toga koloidna čestica se može prikazati kao:



Jonoizmenjivačke reakcije (elektrostatička adsorpcija) koloidnih materija sa katjonima u rastvoru:

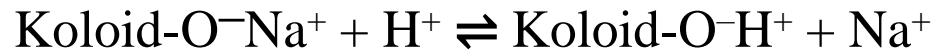


U zemljištu i sedminetima, važnost katjona za jonoizmenjivački proces sa koloidnom materijom je sledeća: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$



H⁺ kompeticija:

Pri nižim pH vrednostima, H⁺ zamenjuje katjone prisutne na koloidnoj površini:



Ova reakcija je poznata kao kompeticija H⁺ sa katjonima za vezivna mesta huminskih supstanci.

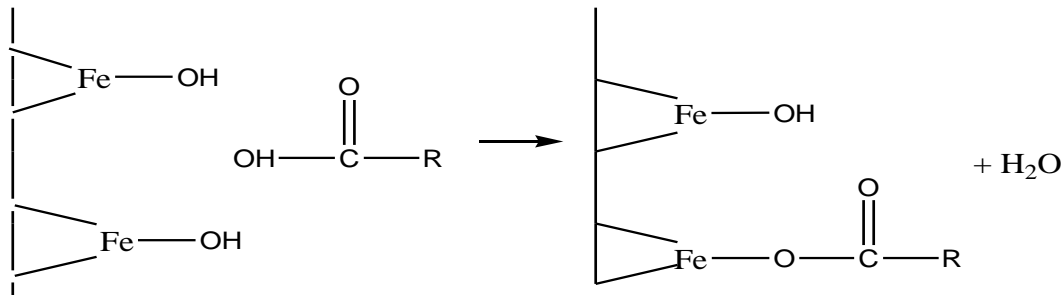
Broj negativnih izmenjivačkih mesta, koji je jednak broju pozitivnih naelektrisanja na koloidu se naziva CEC.

2. Specifična adsorpcija:

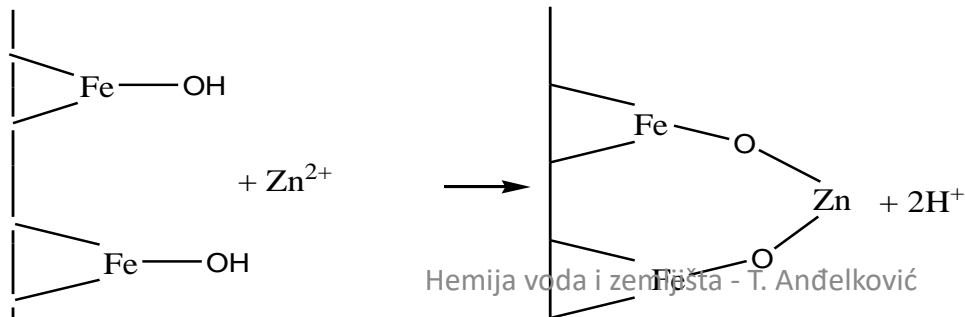
Pri ovoj vrsti adsorpcije, jaka interakcija između koloida i rastvorka se uspostavlja.

Ova vrsta adsorpcije se javlja na $\text{pH} = \text{pH}_0$

Adsorpcija organskih kiselina (poput masnih kiselina) na koloidnoj površini hidratisanog gvožđe oksida je poznata kao specifična adsorpcija:



Katjoni metala takođe mogu da stvaraju specifične veze sa oksidom metala:

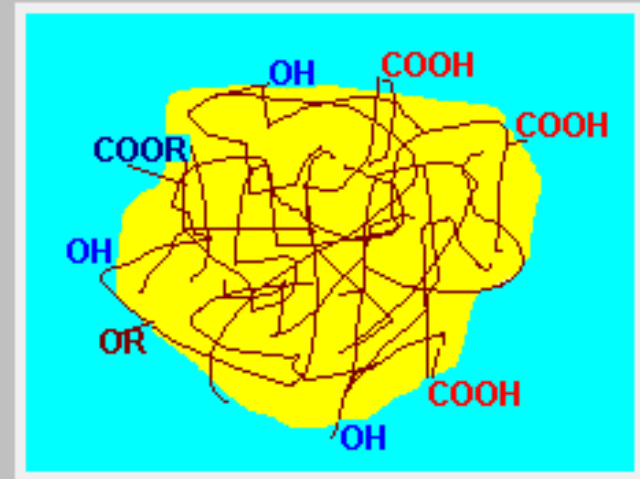


Humic substances 2

The **colloidal humic acids** play an important role in the retention of nutrients in soils and in the mobilisation of heavy metal and organic contaminants in ground waters.

The colloidal nature of humic acids can be ascribed to amphiphilic properties (molecules with a polar end and a non-polar end). | These lead to micelle-type aggregates with a non-polar interior (that can encapsulate non-polar pollutants such as dioxin or PAHs) and an ionic exterior.

The humic colloids are immobilised by coordination to metal oxide surfaces. However, they can also remain in suspension. In both cases they provide coordination sites for trace metal ions.

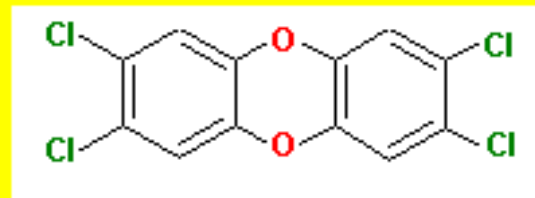


Humic acids in soils Humic (and fulvic) acids have a similar **ion exchange capacity** to smectite clays (e.g. montmorillonite). Immobilised **humic substances** bind essential metals (Mg^{2+} , Ca^{2+}) and trace metals (Cu^{2+} , Co^{2+}) from fertiliser. They are reservoirs for plant nutrients. By buffering nutrient concentrations in solution humics minimise leaching losses. Buffering also masks toxicity of non-essential metals. Humics can also buffer oxyanion concentrations, via a coordinated ferric ion,

e.g. $HA-Fe-OH + H_2PO_4^- = HA-Fe-OPO_3H^- + H_2O$.

Exercise

Sketch a diagram to show how the concentration of an hydrophobic organic pollutant such as dioxin might be buffered by humic substances in soil solution.

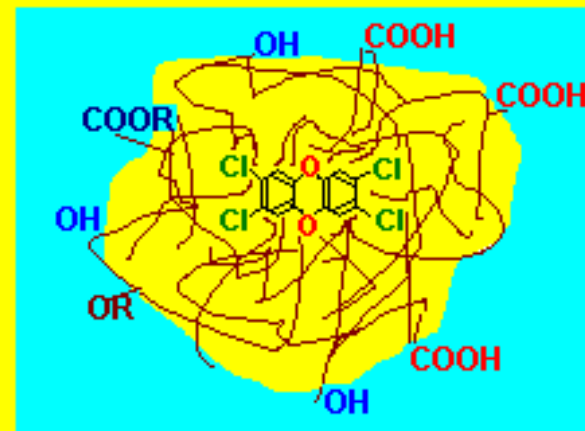


? Answer

Answer

The hydrophobic pollutant is likely to be partitioned from aqueous solution into the non-polar interior of the humic micelle. This association significantly lowers the activity and the environmental impact of the pollutant. The extent to which hydrophobic molecules are partitioned into humic substances is paralleled by their octanol-water extraction coefficients:

$$K_{ow} = \frac{[\text{substance in octanol}]}{[\text{substance in water}]}$$





Kvantitativni opis adsorpcije:

Adsorpcija može biti kvantitativno opisana sa dve jednačine:

Langmuir-ova jednačina:

- Broj aktivnih mesta koja mogu da reaguju sa molekulima adsorbata je limitiran.
- Kada se mesta popune nema više adsorpcije.
- Nema interakcije medju adsorbovanim molekulima.

Langmuir-ova jednačina:

$$\frac{C_s}{C_{aq}} = \frac{bC_{sm}}{1 + bC_{aq}}$$

Gde je:

C_s : koncentracija adsorbovanih molekula na površini (mol/g)

C_{aq} : koncentracija adsorbovanih molekula u rastvoru (mol/L)

b : vezivna konstanta (L/mol)

C_{sm} : maksimalna količina adsorobavnog adsorbata na koloidnoj površini (mol/g)

Linearna Langmuir-ova jednačina je:

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_{sm}} + \frac{1}{bC_{sm}C_{aq}}$$



Linearan grafik zavisnosti ($1/C_s$ od $1/C_{aq}$) daje pravu liniju sa nagibom ($1/bC_{sm}$) i isečkom ($1/C_{sm}$).

Primer

Adsorpcija fosfata na sedimentu se može opisati Langmuir-ovom jednačinom. Sledeći podaci su dobijeni za adsorpciju fosfata:

Ravnotežna koncentracija fosfata

	u vodi C_{aq} (mol/L)	na sedminetu C_s (mol/g)
Uzorak 1:	4.0×10^{-7}	2.0×10^{-7}
Uzorak 2:	1.3×10^{-7}	1.0×10^{-7}

Rešenje:

Primenom Langmuir-ove jednačine na uzorak 1:

$$\frac{1}{2 \times 10^{-7}} = \frac{1}{C_{sm}} + \frac{1}{b C_{sm} 4 \times 10^{-7}}$$

Primenom Langmuir-ove jednačine na uzorak 2:

$$\frac{1}{1 \times 10^{-7}} = \frac{1}{C_{sm}} + \frac{1}{b C_{sm} 1.3 \times 10^{-7}}$$

Rešavanjem sistema linearnih jednačina, b i C_{sm} se mogu dobiti:

$$b = 2.7 \times 10^6 \text{ L/mol}$$

$$C_{sm} = 3.8 \times 10^{-7} \text{ mol P/g}_{\text{sediment}} \text{ (ili } 12.8 \text{ } \mu\text{g P/g}_{\text{sediment}}).$$





Freundlich-ova jednačina:

Adsorpcija na koloidima ili zemljištu može se predstaviti Freundlich-ovom jednačinom:

$$C_s = K_F C_{aq}^n$$

Gde je:

C_s : koncentracija molekula adsorbata na koloidu (mol/g).

C_{aq} : koncentracija molekula adsorbata koja zaostaje u rastvoru (mol/L).

K_F : Freundlich-ova konstanta (L/g).

n : bezdimenzionalni broj (n je obično manji od 1.0).

Linearni oblik Freundlich-ove jednačine:

$$\text{Log}C_s = \text{Log}K_F + n\text{Log}C_{aq}$$

Linearni grafik između $\text{Log}C_s$ i $\text{Log}C_{aq}$ daće pravu liniju sa nagibom (n) i isečkom ($\text{Log}K_F$).



Karakteristike Freundlich-ove jednačine:

1. Adsorpcija adsorbata na čvrstoj površini postaje teža što se više adsorbata adsorbuje (nelinearna adsorpcija).
2. Maksimalni kapacitet se ne može odrediti iz Freundlich-ove jednačine. Ova jednačina je validna samo pri nižim koncentracijama.

Primer

For a frost soil, it has been reported that $K_F = 0.0324 \text{ L/g}$, $n = 0.82$ for Cd metal adsorption. Calculate C_s if $C_{aq} = 4 \text{ } \mu\text{g/L}$.

Solution:

$$C_s = K_F C_{aq}^n$$

$$C_s = (0.0324 \text{ L/g})(4 \text{ } \mu\text{g/L})^{0.82}$$

$$C_s = 0.1 \text{ } \mu\text{g Cd/g}$$



Raspodela malih organskih molekula između vode i zemljišta (ili koloidnih površina):

1. Distribicioni koeficijent K_d :

Kod veoma razblaženih rastvora, n u Frojndlihovoj jednačini je približno 1, pa Frojndlihova jednačina postaje:

$$C_s = K_d C_{aq}; \quad K_d = \frac{C_s}{C_{aq}}$$

Jedinice K_d su (L/kg ili mL/g)

C_s : koncentracija molekula adsorbata na koloidu ili zemljištu (mol/kg_{zemljište})

C_{aq} : koncentracija molekula adsorbata zaostalih u vodi (mol/L)



- Kada je $K_d \gg 1$, tada je polutant većim delom adsorbovan na zemljištu
- Kada je $K_d \ll 1$, tada polutant nije adsorbovan na zemljištu i većim delom ostaje u rastvoru.
- Vrednost K_d zavisi od: organskog molekula, hemijskih i fizičkih karakteristika čvrste faze (zemljišta), temperature, jonske jačine rastvora. Pošto su ove varijable različite od zemljišta do zemljišta, nemoguće je dati tablične vrednosti K_d polutanata.
- K_d vrednosti mogu biti korelisane sa distribucionim koeficijentima: K_{OM} , K_{OC} , i K_{OW} . Ovi koeficijenti mogu predvideti kretanje organskih polutanata (npr. pesticida) i neorganskih polutanata (npr. metala) kroz zemljište.



2 . Sorpcija organskih i neorganskih polutanata na zemljištu:

Deo zemljišta koji učestvuje u interakciji sa polutantima su: organska materija i minerali gline.

Površinske funkcionalne grupe prisutne u zemljištu i organskoj materiji koje mogu da interaguju sa polutantima su:

Glina: (-Si-OH).

Organska materija: (OM-COOH, OM-OH, OM-R-O-R, OM-R-NH₂, OM-R-CO-R, i OM-R-COH).

Vrste interakcija polutanata sa mineralima gline i organskom materijom su: Van der Waals-ove, indukovane dipol-dipol, dipol-dipol, vodonične veze, i hidrofobne-hidrofobne interakcije.



2. Sorpcija organskih i neorganskih polutanata na zemljištu:

Kada se uporede minerali gline sa OM, OM efikasnije adsorbuje polutante iz rastvora, usled prisustva velikog broja funkcionalnih grupa u OM u poređenju sa mineralima gline.

Većina zemljišta sadrži organsku materiju (OM). Procenat OM u zemljištu je u opsegu (1–3%). U zemljištu u manjim količinama.

Koncentracija rastvorka u zemljištu se može prikazati kao:

$$C_s = f_{OM}C_{OM} + f_{MM}C_{MM}$$

Gde je:

f_{OM} i f_{MM} frakcije organske materije i mineralne materije u zemljištu.

C_{OM} : koncentracija adsorbata u organskoj komponenti zemljišta ili sedimenta (mol/g_{OM} ili mol/kg_{OM}).

C_{MM} : koncentracija adsorbata u mineralnoj materiji zemljišta ili sedimenta (mol/g_{MM} ili mol/Kg_{MM})

Uz pretpostavku da je C_{MM} mala, tada je: $C_s = f_{OM}C_{OM}$



3. Organska materija-voda particioni koeficijent (K_{OM}) i organski ugljenik-voda particioni koeficijent (K_{OC}):

Distribucija polutanata u sistemu voda-zemljište može se opisati izračunavanjem K_{OM} i K_{OC} :

$$K_{OM} = \frac{C_{OM}}{C_{aq}}$$

Organska materija – voda particioni koeficijent:

Organski ugljenik – voda particioni koeficijent: $K_{OC} = \frac{C_{OC}}{C_{aq}}$

Gde je:

C_{aq} : koncentracija adsorbata u vodi (mol/L).

C_{OM} : koncentracija adsorbata u organskoj materiji zemljišta ili sedimenta (mol/g_{OM} ili mol/kg_{OM}).

C_{OC} : Concentration of solute, or adsorbate, or pollutant in the organic carbon component of the soil or sediment (mol/g_{OC} or mol/kg_{OC}).

Note that if K_{OM} and K_{OC} values are greater than 1, then the pollutant is mainly immobilized (adsorbed) on the surface. If the values of K_{OM} and K_{OC} are less than 1, then the pollutant is present in solution and has low affinity for soil.

4. Odnos između K_d , K_{OM} i K_{OC} koeficijenata:



$$K_d = \frac{C_s}{C_{aq}} \quad \text{i} \quad C_s = f_{OM} C_{OM}$$

tada

$$K_d = \frac{f_{OM} C_{OM}}{C_{aq}}$$

ali $K_{OM} = C_{OM} / C_{aq}$

$$K_d = f_{OM} K_{OM} \rightarrow C_s = f_{OM} K_{OM} C_{aq}$$

$$K_{OC} = 1.7 K_{OM}$$

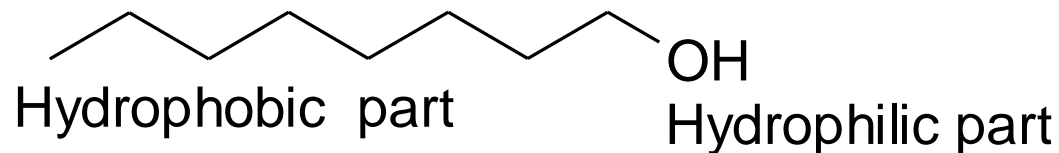


Oktanol – voda particioni koeficijent (K_{OW}):

Eksperimentalno određivanje K_d , K_{OM} , i K_{OC} vrednosti polutanata nije praktično usled varijacija u hemijskim i fizičkim svojstvima zemljišta.

Razvijen je test koji predviđa kretanje različitih polutanata u zemljištu i bez određivanja K_d , K_{OM} , i K_{OC} vrednosti.

n-oktanol je izabran jer ovo jedinjenje odlično modeluje organsku materiju zemljišta. Ono sadrži i hidrofилne i hidrofobne komponente:



K_{OW} vrednost se može koristiti za predviđanje kretanja polutanata u zemljištu.



Oktanol-voda particioni koeficijent (K_{OW}):

Distribucija polutanata između vode i oktanela se može ispitati dodavanjem određene količine polutanta u smešu vode i n-oktanela. Nakon mešanja smeše i njenog uravnotežavanja, koncentracija polutanta se određuje u svakom sloju. Oktanol-voda particioni koeficijent se može izračunati na sledeći način:

$$K_{OW} = \frac{C_{n\text{-oktanol}}}{C_{aq}}$$

gde je:

K_{OW} je n-oktanol/voda distribicioni koeficijent ($L_{\text{voda}}/L_{\text{oktanol}}$)

C_{oktanol} : koncentracija rastvorka, ili adsorbata, ili polutanta u oktanolnom sloju
(mol/ L_{oktanol})

C_{aq} : koncentracija rastvorka, ili adsorbata, ili polutanta u vodenom sloju
(mol/ L_{voda})



Note

if $K_{OW} < 1$, then the solute remains in the aqueous phase and has a low molar mass and also has high oxygen content.

If $K_{OW} > 1$, then the solute prefer to stay in octanol layer and this also indicates that the pollutant has a high molar mass and a large carbon to oxygen ratio.

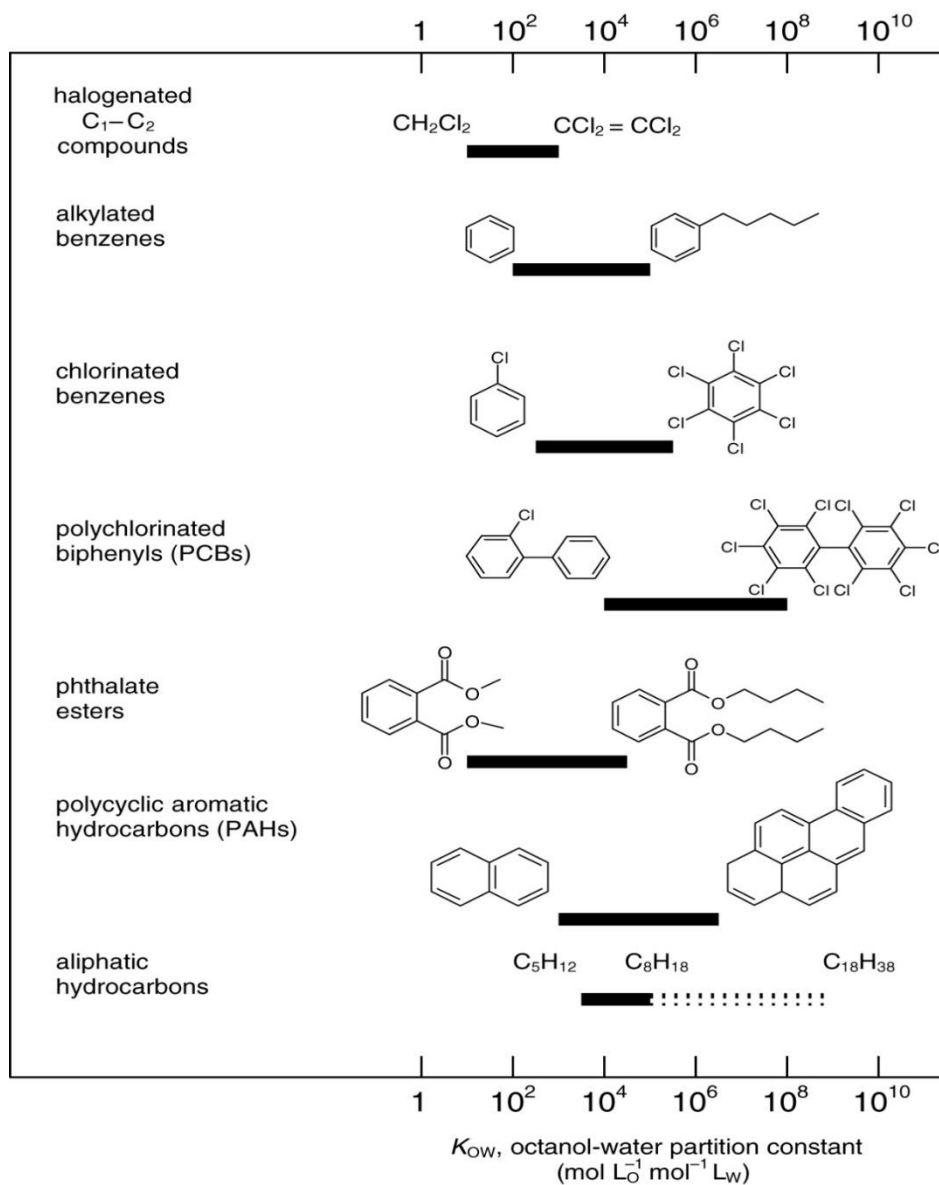
Solutes of lower values of K_{OW} do not adsorb on soil and remain in solution.

Solutes of higher values of K_{OW} are highly adsorbed on the soil.

Odnos između K_{OW} i K_{OM} :

$$\mathit{Log}K_{OM} = 0.82\mathit{Log}K_{OW} + 0.14$$

Supstance veće molekulske mase imaju i veće K_{OW}





Minerali gline:

Minerali gline – prirodni koloidi.

Predstavljaju alumosilikatne minerale sa slojevitom strukturom.

Terestričnog su porekla, a prenose se vodom (izluživanje) i vetrom.

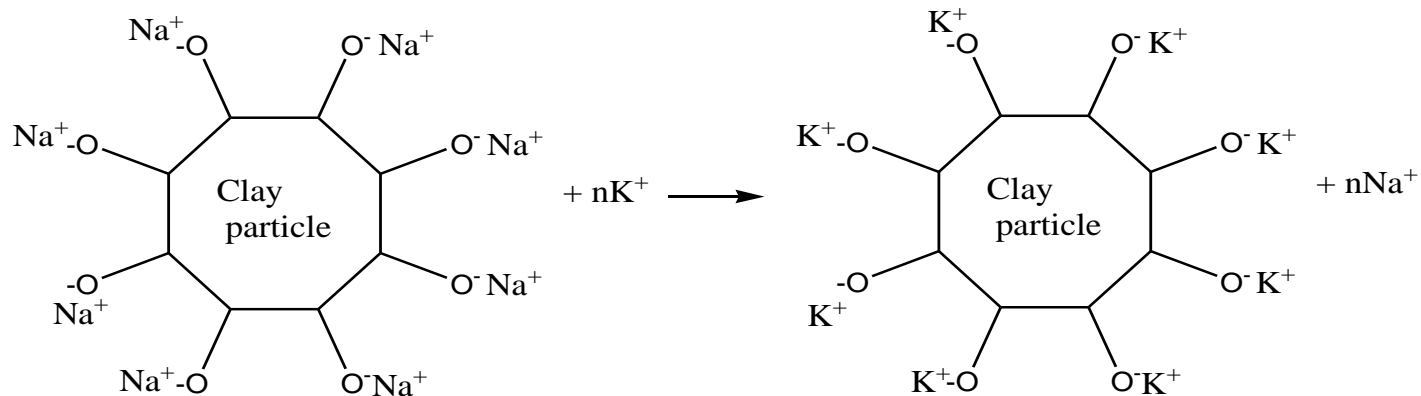
Imaju SiO_4^{2-} tetraedarske jedinise povezane međusobno u planarnoj strukturi kiseonikovim atomima.

Vrste minerala gline: kaolinit, smektit, vermikulit i hlorit. Svaki od ovih minerala ima svoju vrednost CEC.

Materija	Molekulska formula	CEC cm(+)/kg
Kaolinite*	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	8
Halloysite*	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	8
Smectite*	$(\text{Na,Ca})_{0,3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	100
Vermiculite*	$(\text{Mg,Fe,Al})_3(\text{Al,Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_{10} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	125
Chlorite*	$(\text{Fe, Mg, Al})_6(\text{Si, Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$	25
Hematite	Fe_2O_3	≈ 4
Feldspar	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	2
Quartz	SiO_2	2
Organic matter	See Figure (1) chapter 12 Hemija voda i zemljišta - T. Anđelković	200

Katjonoizmenjivački kapacitet minerala gline:

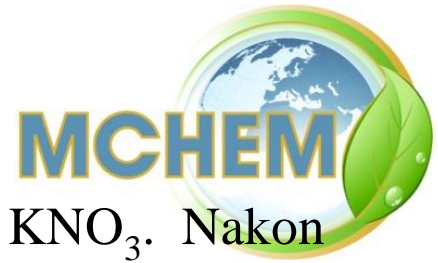
Ukupni CEC gline predstavlja njen kapacitet da vrši jonsku izmenu sa katjonima u rastvoru. Minerali gline podležu jednostavnim jonoizmenjivačkim reakcijama sa katjonima u rastvoru:



Ukoliko se izmeri koncentracija oslobođenog Na^+ , ukuediti na osnovu sledeće relacije:

$$CEC = \frac{cmol(+)}{kg_{clay}}$$

Uočiti da se K^+ jače adsorbuje u poređenju sa Na^+ na površini gline.



Zadatak 1:

1.0 g uzorka gline (u Na-obliku) je pomešana sa 100.0 mL 1.0 M KNO_3 . Nakon filtriranja uzorka koloidne gline, Na^+ joni u ekstraktu su analizirani atomskom apsorpcionom spektroskopijom i nađeno je da je koncentracija 250 ppm. Izračunati CEC uzorka gline u $\text{cmol}(+)/\text{kg}_{\text{gline}}$.

Rešenje:

Pretpostavljamo da su svi Na^+ joni oslobođeni sa gline zamenjeni sa K^+ .

Ukupna količina oslobođenog $\text{Na}^+ = 250 \text{ mg/L} \times 0.1 \text{ L} = 25 \text{ mg Na}$ (ili 0.025 g Na)

$$\text{Molovi } \text{Na}^+ = \frac{0.025 \text{ g}}{23.0 \text{ g/mol}} = 1.087 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{Molovi pozitivnog naelektrisanja} &= 1.087 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 1 \text{ (Na}^+ \text{ ima 1 poz nael.)} \\ &= 1.087 \times 10^{-3} \text{ mol (+) naelektrisanje} \end{aligned}$$

(uočiti da je $\text{cmol} = 10^{-2} \text{ mol}$ ili $\text{mol} = 10^2 \text{ cmol}$)

$$= 1.087 \times 10^{-3} \text{ mol (+)} \frac{\text{cmol}}{10^{-2} \text{ mol}} = 0.1087 \text{ cmol(+)}$$

Na osnovu toga, može se napisati:

$$0.1087 \text{ cmol(+)} \rightarrow 1.0 \text{ g}$$

$$? \rightarrow 1000.0 \text{ g (1.0 kg)}$$

$$\text{CEC} \approx 109 \text{ cmol(+)/kg}$$



Zadatak 2:

Sedimentna materija sadrži 8% organske materije i 41% minerala gline [70% kaolinita i 30% hlorita]. Izračunati ukupan CEC (cmol (+)/kg) ove sedimentne materije.

Rešenje:

Korišćenjem podataka iz tabele:

$$\text{CEC} = 0.08 \times 200 + (0.41) \times (0.70) \times (8) + (0.41) \times (0.3) \times (25) = 21 \text{ cmol (+)/kg}$$

(CEC organske materije) (CEC kaolinita) (CEC hlorita)