

ХЕМИЈА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

519H2, студијски програм хемија, III семестар, 3 ESPB бода, 3+0+0

519H2 70 бодова завршни испит, 2x15 бодова наставни колоквијуми

Предавања: Среда од 17.00 до 19.45.

Литература: Материјали са предавања

Књига: др Петар Пфендт: “Хемија животне средине“, I и II део

Наставник: др Александар Поповић (aropovic@chem.bg.ac.rs)

- Колоквијуми услов за испит
- Молим вас попуните одмах индекс

Почетне стране (где се потврђује похађање предавања)
упишите име предмета

Стране са оценама:

упишите име предмета, «предавања», «колоквијуми»,

- Завршни испит- обавезно се појавити на уписивању оцена
51% бодова из предиспитних обавеза услов за полагање испита
51% бодова на испиту- пролазна оцена (51-60,99/6, 61-70,99/7...)

Загађивачи

- загађивач је супстанца која неповољно утиче на квалитет животне средине
- квалитет животне средине је дискутабилна ствар, па је и дефиниција недоречена
- извори загађења: места где загађивачи доспевају у животну средину (димњаци, канализациони испусти, ауспуси итд.)
- извори могу бити тачкасти (јасно одређено место, димњак, цев, ауспух...) и нетачкасти, фронтални, (киша пада, спира ђубриво са њива у реку- нема прецизне локације)
- велики број дефиниција загађивања
- можда најбоља: загађивање је свако неповољно мењање квалитета животне средине
- хемија животне средине: хемија природе и хемија загађивача

- односно “област хемије која проучава расподелу и интеракцију елемената и једињења у животној средини, њихов начин распрострања и њихов утицај на различите системе”

Класификација загађивача

- загађивачи се могу класификовати на више начина
- по њиховој природи разликујемо пет група
- бука и вибрације, зрачења велике енергије, топлота, хемикалије, микроорганизми
- прве три групе представљају три врсте физичких загађивача
- зрачења велике енергије задиру у хемију-фотохемија
- топлота је физичка појава, али има своје хемијске последице
- четврта група, хемикалије, за нас најинтересантнија
- пета група, микроорганизми, пре свега биолошки проблем, али су микроорганизми и јак хемијски фактор- трансформишу и стварају многа једињења
- микроорганизми-најефикаснији реагенс, за 24 h створе и 30x већу масу од сопствене

- четврта група загађивача, хемикалије, се може даље класификовати
- постоји и неколико емпиријских, практичних, класификација
- на основу агрегатног стања (чврсти, течни, гасовити). Ова подела није суштинска, јер агрегатно стање зависи од услова у природи
- према средини где се загађивач појављује, тј. према супстрату где се налази. Ни ова подела није суштинска, већ је условљена тиме где се загађивачи уобичајено налазе. Најчешће у некој средини се могу налазити загађивачи у свим агрегатним стањима
- према извору загађивања. Ни ова подела није суштинска, али је практична, јер одређени извор даје одређене загађиваче карактеристичне за тај извор. Различити “подизвори” (нпр. различите гране индустрије) се јако разликују по загађивачима које емитују.

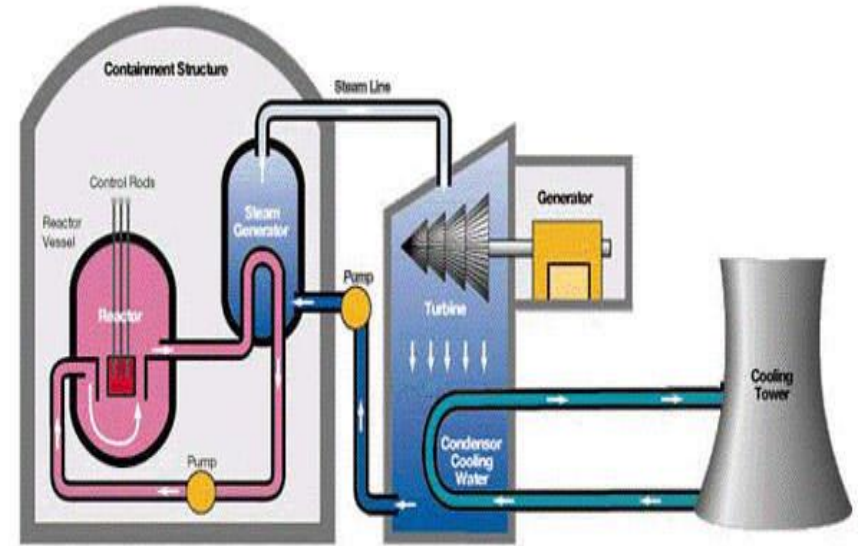
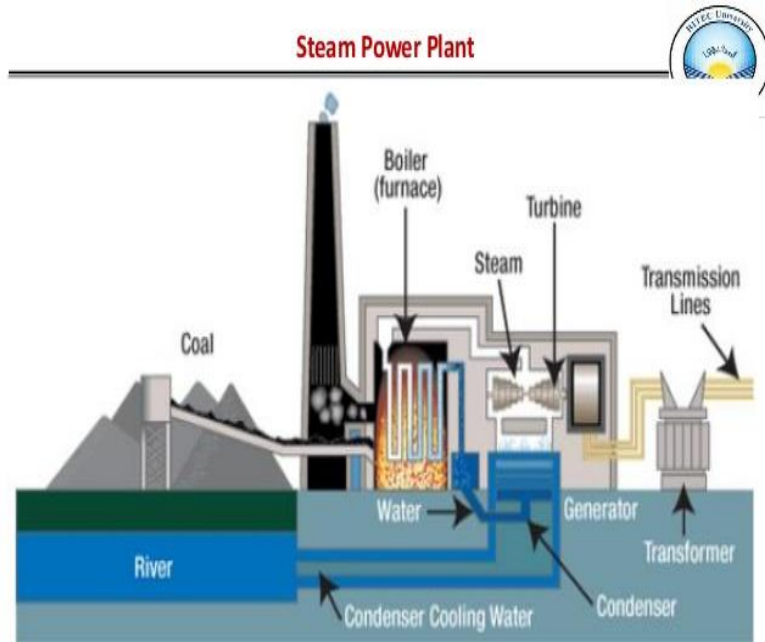
- према хемијској природи. Ова подела је за хемичаре најприхватљивија. Суштинска је, полази од научно засноване основе, тј. хемијске природе супстанце. Суштина је да се слична једињења понашају у природи на сличан начин. Разликујемо C_xH_y , RON , $RCNO$, феноле...постоји и фина подела, унутар класа, на алифате и аромате међу C_xH_y , на пример, који се разликују хемијски и физиолошки. Једна класа једињења се понаша скоро исто у ж.с., али постоје и финесе (CH_4 vs. $C_{30}H_{62}$)
- токсиколошка класификација. Суштинска је јер за основ има дејство неког загађивача на живи свет. Подела вршена по физиолошком, токсиколошком дејству. Отрови нападају различите органе и системе у организму. Разликујемо канцерогене (узрокују тумор), мутагене (мутације ћелија), тератогене (утичу на плод). Најфинија подела према типу ензима који је нападнут...

... јони тешких метала, тако, по правилу реагују са тиолним групама ензима, градећи чврсте комплексе, тј. иреверзибилно денатуришући протеин



Пример 1: Топлотно загађивање вода у природи

- да ли температура на Земљи расте или пада?
- сада расте, али мишљења опречна, да долази ледено доба али и повећање T°
- недовољно података из прошлости, могући докази и за једну и за другу тврдњу
- регионално дефинитивно постоји пораст средње годишње температуре
- топлота је такође загађивач, вишак топлоте узрокује проблеме
- јасно се примећује на рекама
- средња годишња T° већине река расте
- један од узрока- велики број емитера топлоте, тј. топле воде
- хидроцентралне, термоцентралне, атомске централне
- хидро: вода покретачка снага, служи и за хлађење турбина



Source: <http://www.tva.gov/sites/wattsbar.nuc.htm>

- термо и атомске: за добијање паре за турбине и за хлађење
- загрејана вода и пара из постројења одлазе у реку, $T^{\circ} \uparrow$
- стално додавање такве воде и паре доводе до раста средње годишње температуре
- промена температуре речне воде има низ последица
- поремећај у размножавању риба (оне се размножавају у одређеном опсегу T° , ако опсег није прави, принос мањи)

- сви облици живота који зависе од риба трпе последице
- ако су рибе биљоједи, њихов пад → вишак биљака
- такође и мањак риба које се хране рибама чији број опада → проблеми у рибарству и економији
- врсте риба које живе у некој води зависи од T°
- лосос и пастрмка траже хладније воде, неким врстама риба је свеједно
- врсте које траже хладније воде се селе или им се смањује број јединки
- раст T° доводи и до хемијских промена
- са променом T° долази до промене брзине реакција
- промена брзине зависи од температурног коефицијента → не мења се брзина свих реакција у истој мери
- велики коефицијент → велика промена, мали коефицијент → мала промена

- долази, дакле, до хемијског раслојавања
- од T° зависи и растворљивост супстанци, више или мање
- при промени T° растворљивост неких супстанци се мења више, друге мање → раслојавање
- са растом T° опада растворљивост гасова, опет у различитој мери → раслојавање и што се тиче количине гасова у води
- нарочито важно за кисеоник
- од $[O_2]$ зависе процеси микробиолошког разлагања
- са растом $[O_2]$ интензивирају се аеробни процеси, са падом $[O_2]$ смањује се обим ових процеса
- дакле од T° индиректно зависи и интензитет процеса микробиолошког разлагања
- могуће је чак и да, при повишеној температури, средина постане анаеробна

- са порастом T° од 0 до 35°C , растворљивост O_2 се преполови
- мале промене T° битно утичу на $[\text{O}_2]$
- од $[\text{O}_2]$ зависе и друге особине
- O_2 најјаче оксидационо средство у води, јаче средство је једино H_2O_2 кога има у траговима само у појединим ћелијама
- од $[\text{O}_2]$ зависи редокс потенцијал воде, она одређује горњу границу, тј. оксидативност, а од редокс потенцијала зависи много реакција које се одвијају у води \rightarrow од T° зависе многе реакције
- пример: подземне воде садрже јоне у редукованом облику (Mn^{2+} , Fe^{2+})
- на извору, у контакту са ваздухом, долази до оксидације и стварања тешко растворних $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{MnO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$
- због тога у речним водама нема токсичних Fe^{2+} и Mn^{2+} , они остају у муљу

- Ови волуминозни талози копреципитују и токсичне метале
- Док има довољно O_2 вода чистија, Fe, Mn & со. у талогу
- Када дође до мањка кисеоника, анаеробни микроорганизми почињу да траже његов извор
- редукују вишевалентне у нижевалентне хидроксиде и узимају кисеоник из њих
- Fe и Mn прелазе у раствор, а растварањем њихових талога растварају се и копреципитовани, често токсични јони
- последица: вода постаје нагло загађена...
...а за све је одговоран раст температуре

Пример 2: Еутрофикација вода

- једна од тековина модерног живота- машине за прање веша
- за машине мора да постоји и прашак
- стално се усавршава састав прашака за прање
- савремени прашкови садрже двадесетак компоненти, свака има своју улогу
- треба опрати што пре, боље и брже, на што нижој T°
- важан састојак прашака за веш су фосфати
- свака вода садржи бикарбонате. При загревању воде:
$$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- растворни $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ се распада, а на деловима машине се таложи CaCO_3 , онемогућавајући пренос топлоте
- такође се таложи и на рубљу

- проблем решен тако што су додавани полифосфати

- на пример натријум-хексаметафосфат (нхмф)



- ако има довољно нхмф, сав се Са везује у комплекс и не може да се таложи као CaCO_3

- фосфати у отпадној води, међутим, представљају озбиљан проблем

- свакодневно се огромне количине емитују у природу

- фосфати нису токсични, фосфор је важан биогени елемент

- готово ниједан процес у организмима се не одвија без ензима који садрже P

- у природи, у незагађеним водама, 0,00-0,04 mg/l P

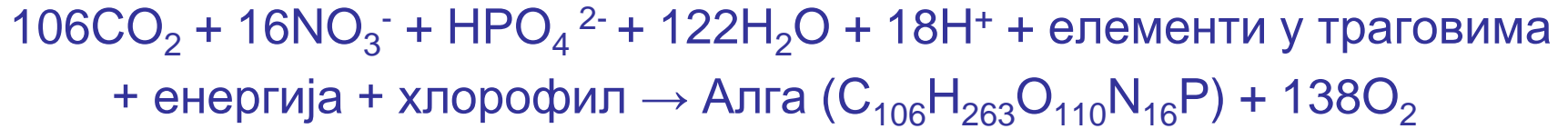
- једва се аналитички одређује

- ако се фосфор уноси у природне воде, више није ограничавајући фактор (ОФ)

- ОФ супстанца неопходна за раст и развој која се налази у најмањој количини од свих супстанци које су за нормалан раст и развој потребне
- живи свет се развија у складу са високом концентрацијом фосфора
- раст концентрације доводи до драматичног еколошког поремећаја- бујају алге, прекривају површину вода
- потискују остали свет, спречавају контакт воде и ваздуха, нема аерације
- алге, додуше, стварају кисеоник фотосинтезом
- али брзо и умиру, постају мртва биомаса коју разграђују микроби
- микроорганизмима неопходна велика количина кисеоника да разграде силну количину мртвих алги
- у недостатку кисеоника, приликом разградње велике количине биомасе, вода постаје анаеробна, замочварује се

- фосфати морали да буду замењени другим супстанцама
- EDTA као замена- проблем јер комплексира све биогене елементе у траговима, па живи свет стагнира
- нитрилосирћетна киселина- давала мутагене производе
- 70-тих година прошлог века почела употреба зеолита
- зеолити- природни јонски измењивачи, везују Ca^{2+} и Mg^{2+} , истовремено отпуштају Na^+ који одлази у воду, инертни, природни
- произведени прашкови без фосфата
- ипак, постављено питање колико јако је дејство PO_4^{3-} на живи свет
- Редфилд је 1963. године објавио рад о утицају фосфата на раст алги, тј. о утицају фосфата на процес фотосинтезе
- представио алгу као хемијско једињење

- Редфилдова једначина фотосинтезе



- један мол фосфата покреће стварање 3,5 килограма алги

- ослободи се 138 молова кисеоника

- за разградњу мртве биомасе потребно опет 138 молова O_2

- привидно равнотежа, реално O_2 који се створи највећим делом оде у атмосферу, алге прекрију површину, спречавају аерацију

- када је, при разградњи O_2 потребан, нема га довољно

- фотосинтеза тече уз утрошак H^+ јона

- → због фотосинтезе вода алкалнија, разградња је чини киселијом

- за фотосинтезу битан и нитратни јон, не толико колико фосфатни

- како фосфата има више него довољно, они више нису ОФ, то постаје неки други јон
- детерџетни окривљени за замочваривање вода, али....
...постоје и други важни извори фосфата, нпр. спирање фосфатних ђубрива са њива...
- доспевају у подземне, па у површинске воде, вероватно већи загађивач од детерџената
- данас је тренд да се враћају фосфати у детерџенте, јефтине су, природни, детерџенти са њима ипак најбоље перу
- и системи за пречишћавање отпадних вода су усавршени
- некада уклањано 30% фосфата из градских отпадних вода
- данас и преко 90%
- бујање алги, тј. загађивање вода, изазвано вишком фосфата, назива се еутрофикација

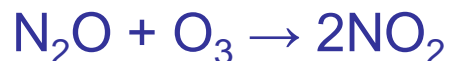
- део алги се разграђује аеробно, други део, када понестане O_2 , анаеробно
- када долази до разградње органска супстанца алги се појављују као CO_2
- ствара се велика количина CO_2 , па вода пенуша
- CO_2 делује и корозивно, па долази до реакције
$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \leftrightarrow Ca(HCO_3)_2$$
- последица је повећање тврдоће воде, тј. $[Ca^{2+}]$ у раствору
- расте и I , која јесте важан параметар у природним водама
- од I зависи транспорт кроз ћелијске мембране
- ефекат на грађевинске материјале, већина је карбонатне природе
- вишак CO_2 их напада, ствара рупице, доводи до корозије
- са $CaCO_3$ који није чист, се растварају и копреципитовани јони (Zn , Cd , Sr), што ствара озбиљан проблем и загађење воде

Основни термини: Хемијска баријера

- вештачка ђубрива се користе свуда у свету
- у земљиште се враћају супстанце које су биљке узеле у претходном вегетативном периоду
- и њихова примена негативно утиче на животну средину
- доказ за то су азотна ђубрива, у облику NO_3^- , NH_4^+ , карбамата
- биљке узимају азот у овако везаном облику (NO_3^- , NH_4^+ и сл.)
- независно од исхране биљака, у земљишту теку и други процеси
- део земљишта аеробан (ту дифундује кисеоник), део анаеробан
- у анаеробном делу микроорганизми ензимски редукују, због својих енергетских потреба, нитрате, преко нитрита до амонијака
- амонијак је такође користан биљкама, па његово стварање не смета

- истовремено са овим процесом теку и делимичне редукције до вишевалентног азота
- један од споредних производа, не у великој количини, је N_2O
- сам по себи није штетан
- када би реаговао са неком супстанцом у земљишту, не би стигао у атмосферу...
- ...када би дошао у атмосферу и реаговао са неком супстанцом, у атмосфери би се хемијски изменио
- међутим N_2O је стабилна, хемијски инертна супстанца, као таква пролази кроз земљиште и кроз ваздух, нема хемијске врсте са којом би реаговао
- дакле, у ваздуху, у тропосфери, најнижем слоју атмосфере, слоју у коме живимо, нема хемијске баријере за N_2O
- хемијска баријера је реакциони систем који може да реагује са одређеном супстанцом и да је трансформише, тј. да делује као филтер за ту супстанцу

- како практично нема хемијске баријере за N_2O ни у земљишту (истини за вољу веома мало N_2O се оксидује у земљишту у азотасту киселину), ни у тропосфери, ово једињење “путује” све до озонског слоја и ту наилази на своју хемијску баријеру



- овом реакцијом се N_2O троши
- проблем је што се троши и озон из озонског омотача
- свака супстанца која разара озонски омотач је са становишта животне средине загађивач
- то је и N_2O који је у траговима нормалан састојак ваздуха, а има га, због употребе у пољопривреди, у високим концентрацијама у пољопривредним подручјима
- проблем уништавања озонског омотача од стране N_2O који је потекао из нитрата вештачких ђубрива је за сада нерешив

- не можемо се одрећи азотних ђубрива, не можемо елиминисати микроорганизме из земљишта
- када би постојала хемијска баријера за N_2O , не би било проблема
- сличан проблем би могао да ствара и SO_2 који се добија сагоревањем већине фосилних горива, тј. могућа је реакција
$$SO_2 + O_3 \rightarrow SO_3 + O_2$$
- на срећу, за SO_2 постоји хемијска баријера, па он и не стиже до озонског омотача
- реагује у воденој фази (уз катализатор) стварајући сумпорасту и сумпорну киселину



Основни термини: Хемодинамика загађивача

- свака супстанца у животној средини је подложна променама
- важно је знати понашање свих супстанци, па и загађивача
- хемодинамика је скуп процеса настајања, транспортовања и измена супстанце у животној средини
- важна три питања
 1. Да ли постоје услови, и који су, под којим супстанца-загађивач може да дође у контакт са човеком, и како долази до контакта (преко воде, ваздуха, земљишта, хране...)?
 2. Да ли посматрана супстанца може да реагује са другим супстанцама у природи, и под којим условима?
 3. Да ли се, и под којима условима, посматрана супстанца претвара у нешкодљиве или још штодљивије супстанце?

- промена концентрације неке супстанце зависи од емисије, процеса мешања, транспортавања, уклањања, као и реакција са другим супстанцама
- математички, промена концентрације неке супстанце са временом може бити изражена као
$$\Delta c / \Delta t = f \text{ (емисија, мешање, транспорт, реакције, уклањање)}$$
- теоријски, нека супстанца се бесконачно дуго може задржати у животној средини
- теоријски, може и моментално по настајању да нестане

Основни термини: Деградација и трансформација

- велики број хемијских једињења у животној средини
- у води, ваздуху, земљишту
- подлежу трансформацији и деградацији
- трансформација- свака промена у молекулској структури (прегруписавање, губитак или добијање група)
- деградација – разградња оригиналне структуре уз губитак различитих саставних делова, или фрагментација у мање молекуле
- свака деградација јесте и трансформација, али не и vice versa
- трансформације или деградације – интеракција са другим супстанцама, уз улаз енергије у систем или умешаност живих система

- најзаступљенији реактанти за процесе деградације и трансформације су H_2O и O_2
- ако је O_2 – молекул добија на величини или се цепа на делове
- кисеонична деградација CO_2 , H_2O , NH_3 , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}
- оксидација метана – $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- ако је H_2O хидролиза- резултира додавањем воде у молекул
- често услед хидролизе долази до фрагментације молекула
- хидролиза и оксидација – мањи фрагменти са O или O и H
- догађају се при контакту са O_2 или H_2O у води, ваздуху, земљишту или биоти- дакле абиотични или биотични
- утичу T° и $h\nu$

Абиотичне трансформације и деградације

Оксидација (сагоревање)

- процес који има суштински значај за концентрације O_2 и CO_2
- енергија сагоревања може бити процењена
- енергенти- много енергије сагоревањем органске супстанце
- $H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$ уз ослобађање енергије сагоревања
- први корак је дисоцијација $H_2 \rightarrow H\cdot + \cdot H$, ако има довољно E
- енергија везе- потребна за разбијање везе
- производи су веће енергије од полазних супстанци ($\Delta H > 0$)
- у овом случају 436 kJ/mol
- исто се догађа са кисеоником, ($\Delta H = 495$ kJ/mol, тј. 247,5 kJ/mol)
- E која се ослобађа = 2 E (O-H везе) = 2 x 462,8 = -925,6 kJ/mol
- коначно: 925,6 kJ/mol - 436 kJ/mol - 247,5 kJ/mol = 242,1 kJ/mol

- експериментално 241,8 kJ/mol

- код органских горива укупан Е ефекат- суштински

метан	50,6 kJ/g	течна горива	40-48 kJ/g
-------	-----------	--------------	------------

липиди	38-40 kJ/g	угљеник	33 kJ/g
--------	------------	---------	---------

протеини	18-23 kJ/g	угљени хидрати	15-18 kJ/g
----------	------------	----------------	------------

- оксидација хране у живим бићима

Фототрансформације

- многе органске супстанце могу да апсорбују зрачење
- резултат- хемијска трансформација
- зрачење – E – топлотна енергија
- енергија унутар молекула – ротација, транслација, вибрација
- већина молекула адсорбује IR зрачење и топлотну енергију
- за промену енергетског стања електрона неопходно UV и VIS зрачење и специфичне групе (хромофоре)
- активирани молекули – фотохемијски активирани молекули
- у многим аспектима се разликују од термички активираних
- $E = h \times \nu$ (h - Планкова константа $6,63 \times 10^{-34}$ J)
- $C = \nu \times \lambda$ (C = брзина светлости 3×10^8 m/s)

- реакције индуковане UV/VIS

- фрагментација

- оксидација

- фотополимеризација

- реемисија зрачења

- примери $\text{HCOH} + h\nu \rightarrow \text{H}_2 + \text{CO}$ (λ 370 nm)

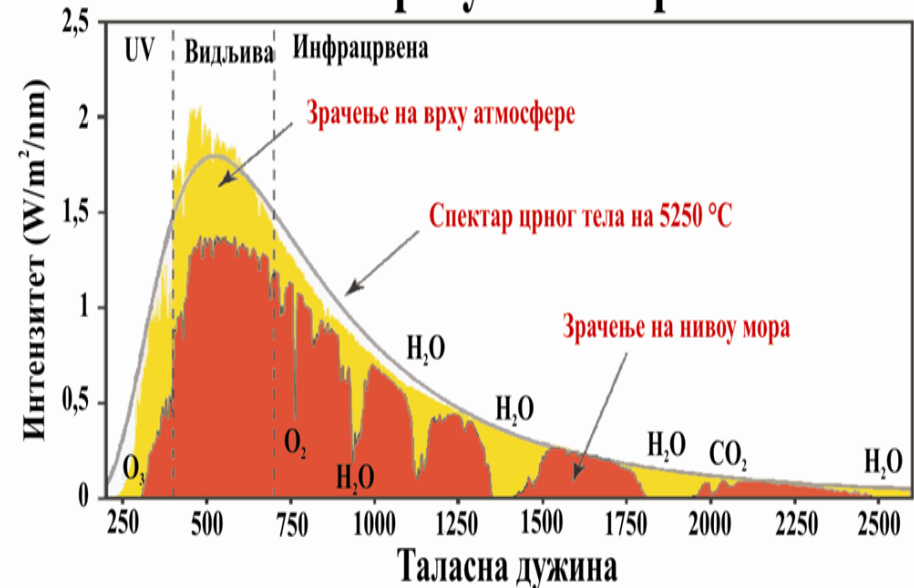


- само ако се преклапају

UV/VIS адсорбциони спектар
једињења и спектар соларног
зрачења

- хромофоре - двоструке везе

Спектар Сунчевог зрачења



Хидролиза

- океани, мора, реке, језера....
 - водена пара
 - биота, за пренос супстанци у биолошким процесима
 - хидролиза- хемијска реакција једињења са водом
- $$R-X + H_2O \rightarrow R-OH + H-X \text{ (или } H^+ + X^-)$$
- хидролиза и са природним и са синтетским једињењима
 - у биоти или ван ње, ван биоте некада веома споре
 - неке једињења (ПАУ, алкани, алкохоли, алдехиди) веома отпорна
 - мења се поларност молекула
 - производи обично растворљивији, поларнији и подложнији биотрансформацији, мање токсични

Основни термини: Токсикологија

- дуга историја, једна од најважнијих тема за развој хемије
- “Еберс” папируси, 1500. п.н.е., о + и - странама низа “лекова”
- Хипократ и Аристотел, Плиније, Никандер, Витравијус....
- Почетак токсикологије
- око 1500. Филипус ван Хохенхајм Парацелзус
- “све су супстанце отрови, не постоји ниједна која није отров.

Доза прави разлику између отрова и лека”



- штетни ефекти различитог утицаја и трајања
- токсикологија- углавном животиње, мада може и биљке
 - најчешће испитиване велике дозе и кратка изложеност, обично на нивоу дана, са леталним ефектима
- нпр. медицинска једињења на људе, пестициди на рибе
- у последње време и ниске концентрације дуго време
- хлор у пијаћој води, нафтни угљоводоници у водама
- токсична супстанца у ж.с. у води, земљишту, ваздуху, храни
- може настати *in situ*, бити пренесено загађење, резултат биотрансформације
- могуће је одложено дејство, јер...

излагање организма (ваздух, вода, земљиште, храна)



улазак у организам (стомак, плућа, шкрге)



расподела унутар организма (углавном кроз телесне течности)



складиштење у ткивима
(инактивна форма)



оригинално ј.



токсична супстанца на месту дејства у организму



токсични ефект



биотрансформисано ј.



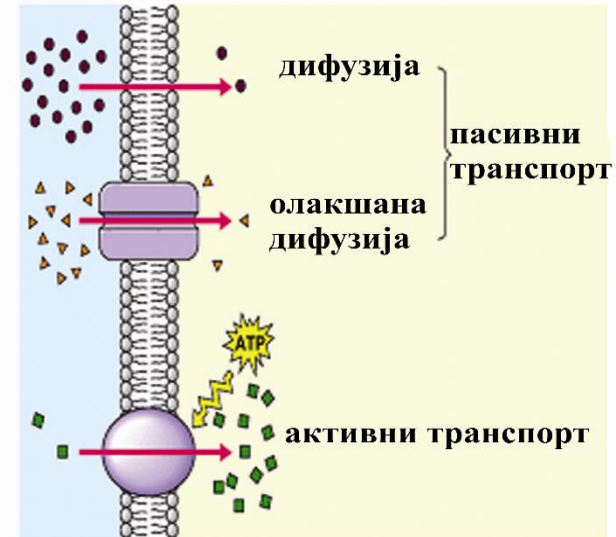
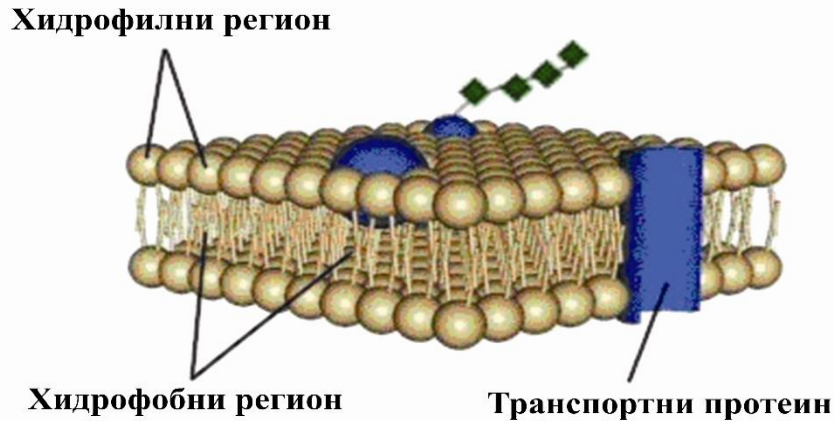
излучивање

...тек када је супстанца на месту дејства опажа се ефекат
(пример: CO на хемоглобину)

Начини уласка токсиканта у организам

- да би ефекат постојао, загађивач мора да продре у организам
- дакле, мора да прође ћелијске мембране
- ћелијска мембрана-липидни двослој
- три механизма: пасивна дифузија, олакшана дифузија, активни транспорт
- пасивна дифузија доминантан механизам
- захваљујући градијенту концентрације са две стране мембране
- супстанца мора да буде растворна и са нижом концентрацијом унутар мембране

ЋЕЛИЈСКА МЕМБРАНА



- олакшана дифузија-такође дифузија-градијент мора да постоји
- овде постоји хемијски процес који олакшава, убрзава дифузију
- при активном транспорту, постоји носач
- активни транспорт захтева енергију, она може и да поништи градијент
- особине супстанце која пролази утичу на пролаз
- јонско стање, величина молекула, липофилност, вискозност,

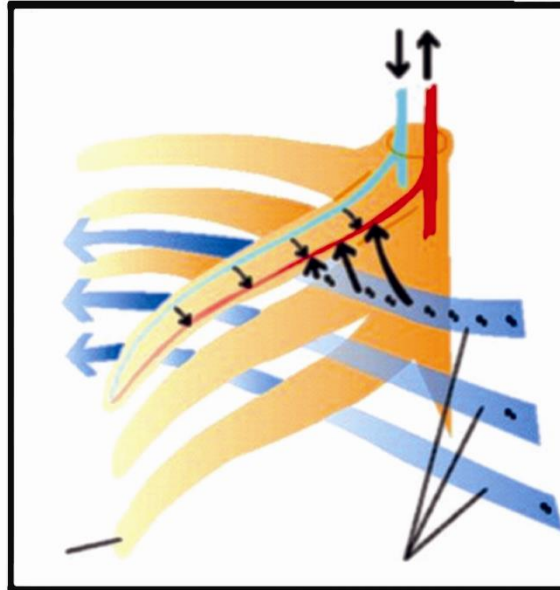
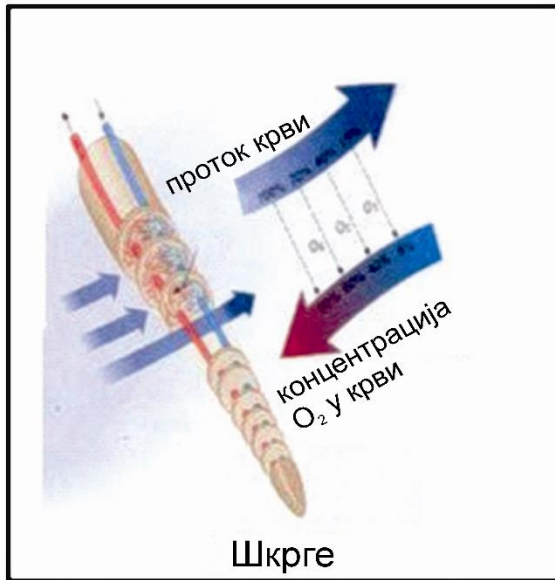
концентрација

- јонско стање-веће наелектрисање ↓
- величина молекула-већи молекул ↓
- липофилност-липофилније↑
- концентрација-већа концентрација ↑
- јони стварају око себе оклоп од молекула воде
- Хендерсон-Хазелблаш: $pH = pK_a + \log (j/nj)$
- промена pH за један мења однос концентрација јонизоване и нејонизоване врсте десет пута- велики утицај

Путеви уласка у организам

- инхалација преко плућа или шкрга
- сорпција кроз кожу
- гутање кроз гастроинтестинални тракт

- за биљке ова подела наравно не важи
- шкрге- акватични еквивалент плућа
- слична структура и механизми да се максимализује унос кисеоника...али и токсичне супстанце
- плућа, шкрге- дифузија → крв
- како би се дифузија убрзала, велика површина шкрга, 2 до 10 пута већа од тела
- мала раздаљина (2 до 4 μm) за дифузију
- крв у шкргама тече у различитом правцу у односу на воду
- повећање градијента
- у акватичним организмима- доминантан механизам
- само понекад се храном уносе загађивачи
- плућа имају сличан циљ шкргама



-због начина уноса и токсиканти на честицама могу да се уносе

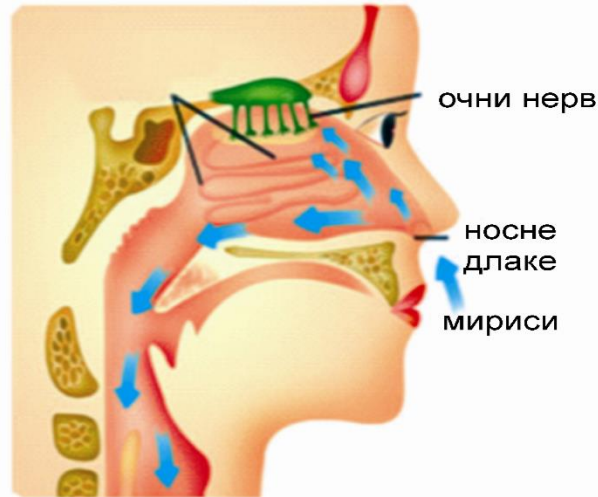
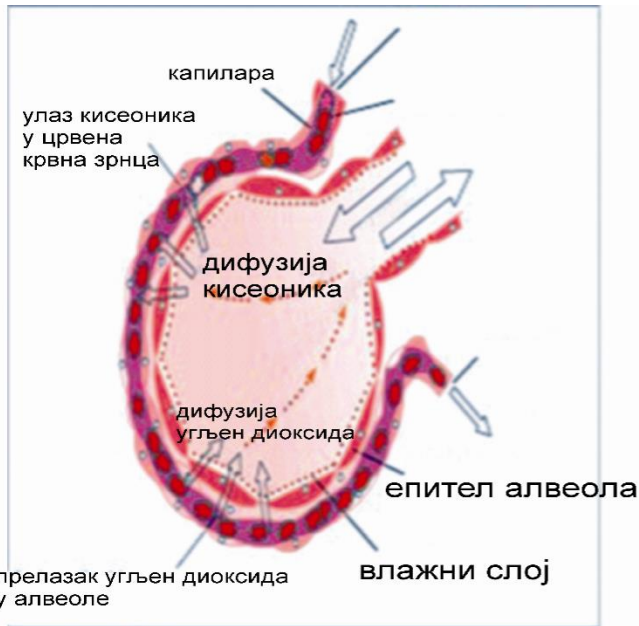
- постоје ипак и препреке

задржавање у носној шупљини

инерција великих честица

систем самоочишћења плућа

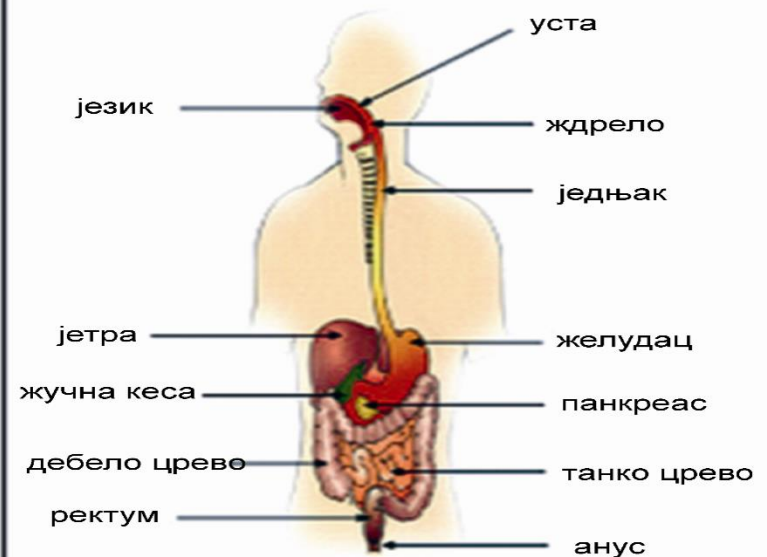
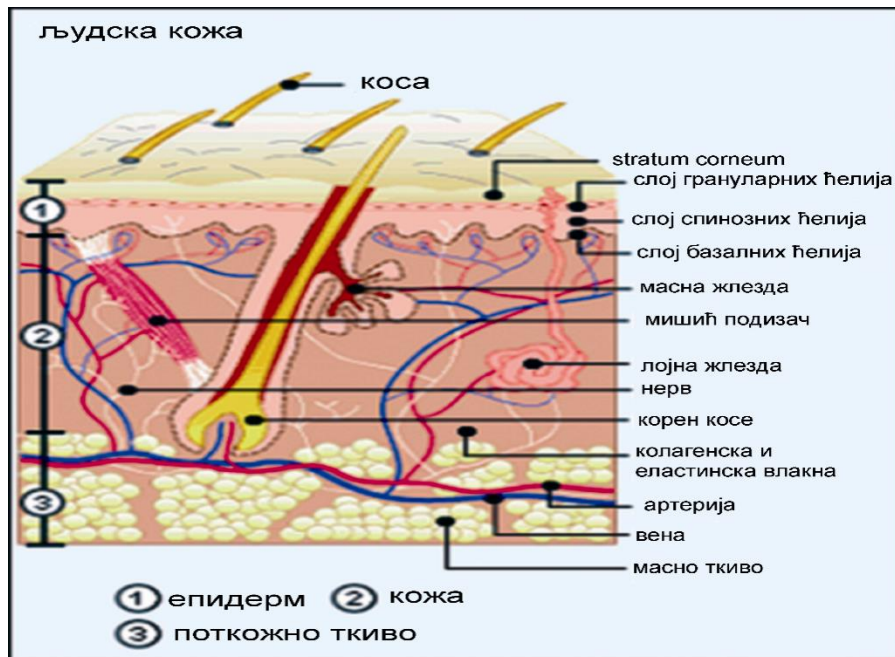
- многе ћелије лаче секрет који "лепи" честице



- мукус иде ка устима и бива прогутан
- нема механизма за заштиту од пара и гасова
- ипак, многи су иританти или имају непријатан мирис
- кожа служи као селективна препрека за хемијске супстанце
- неке могу да продру, друге не
- овакве особине пре свега због једног од седам слојева које х.с.

мора да прође

- stratum corneum- густо паковане, биолошки неактивне ћелије
- један од слојева епидермиса, спољног слоја коже
- дебљина и квалитет stratum corneum-а утичу на квалитет препреке
- знојне жлезде и корени длака такође утичу
- гастроинтестинални тракт - уста, једњак, желудац, црева, ректум



- супстанца у ГИТ- још није ушла у систем- мора да уђе у крв
- уста, једњак и ректум- минорна улога у сорпцији
- желудац и црева- зидови створени да максимизирају сорпцију
компоненти хране
- битно је и у ком делу ГИТ ће доћи до сорпције
- пример- желудац- рН 1,5
- време бивствовања у ГИТ такође важно

Дистрибуција загађивача у организму

- када загађивач прође мембрану, не зауставља се
- најважнији начин разношења је преко крви
- крв није хомогена - вода, липиди, протеини
- расподела протеина ће зависити од физичких и хемијских особина загађивача
- у воденој фракцији загађивач није везан- "слободан"
- "слободан"- облик који показује токсичне ефекте
- у липидној или протеинској фракцији везан- биолошки неактиван
- везивање је реверзибилно: $T_{\text{слободан}} + \text{Биомолекул} \leftrightarrow T_{\text{везан}}$
- позиција равнотеже зависи од много фактора
- највише од релативног афинитета ка различитим компонентама

- најчешће се загађивач везује на неки начин са ткивом у коме се сакупља
- ту је у равнотежи са крви која га је донела
- преко крви се успоставља равнотежа загађивача у различитим органима
- захваљујући тој равнотежи, промена концентрација у било ком делу води промени концентрација и у другим деловима тела
- ако је особа изложена сталном утицају загађивача, и он нестане, у крви прво опадне концентрација, па порасте због ослобађања

Биотрансформација загађивача

- многи загађивачи су отпорни према хемијским т. и д.
- често липофилне супстанце
- особина која им дозвољава пролаз кроз мембрану спречава њихово
изношење из организма
- уобичајена елиминација - растварање у урину и фекалијама
- растворљивост у води кључна за елиминацију
- како су многи загађивачи липофилни, биће тешко елиминисани на
уобичајене начине
- због тога су организми развили механизме да повећају
растворљивост загађивача
- биотрансформација загађивача- две фазе
- загађивачи са довољно ниском липофилношћу могу да избегну прву
фазу

- све реакције током биотрансформације се одигравају захваљујући ензимима

Прва фаза

- обично су укључени различити ензимски системи
- оксидују, редукују или додају OH^- или H_3O^+ јоне
- расте поларност, растворљивост у води, реактивност

Друга фаза

- синтетске или реакције конјугације
- метаболити из прве фазе се комбинују са другим метаболитима

- примери: УДП-глукуронска киселина, глицин, глутамин...
- даље повећање растворљивости у води, снижавање K_{ow}
- олакшава елиминацију кроз уринарни систем
- трансформација јетра > бубрези > плућа > црева
- ван јетре (хепатског ткива) само неке ћелије имају ензиме
- обично им је и активност мања од ензима јетре

Излучивање загађивача

- три основна пута- урин, фекалије, плућа (шкрге)
- важност зависи од типа организма и хемикалија
- сва течност (салива, млеко, сперма, сузе, зној)
- све ћелије (мртве ћелије коже, нокти, коса...)
- разлог- широка распрострањеност загађивача у организму

- ако се загађивач трансформише у водорастворно једињење-иде кроз акватичну компоненту крви
- крв → бубрези → акватична компонента и асоцирани производи биотрансформације прелазе у урин
- загађивачи који се нису сорбовали из хране и пића- фекални пут елиминације
- у јетри део загађивача иде у урин, део у жуч
- већа и у води мање растворна једињења иду у жуч
- из жучи, преко црева, доспеју у фекалије
- елиминација кроз плућа је важна за гасове или високоиспарљиве супстанце
- пасивном дифузијом доспевају из крви у респираторни систем
- пример: етанол, 2-4 % у издаху

- полиција рачуна да постоји равнотежа са етанолом у крви
- елиминација путем шкрга веома важна за неполарна, липофилна једињења, за акватичне организме, посебно рибе
- 50 % пентахлорфенола кроз шкрге
- из крви у воду - пасивна дифузија
- пасивна дифузија доминантан облик за унос и елиминацију липофилних загађивача кроз шкрге