

Земљиште

1

Увод

- Дискутовали смо како атмосфера интерагује са сунчевим зрачењем
- Интеракција са површином је напоменута кроз алbedo, испаравање воде, зрачење земље.
- Површина земље није разматрана посебно
- она је комплексна јер је чине
 - океани,
 - пустиње,
 - градови,
 - шуме, тундре/саване, ледене капе, ...
 - сваки тип површине има свој алbedo, степен испаравања воде, степен размене гасова са атмосфером, ...
- прво питање је везано за класификацију земљишта

2

Особине земљишта

- Особине делимо на
 - физичке
 - механички састав (процентуални садржај честица различите величине (прах, песак, шљунак, муљ, глина))
 - структура
 - порозност
 - водни, ваздушни и топлотни режим
 - боја, ...
 - хемијске
 - налазе се скоро сви елементи периодног система
 - биолошке
 - у земљишту доминирају биљни организми али има и животињских
 - макрофлора и макрофауна – коренови системи и животиње које доприносе одржавање мричансте структуре земље. проветравању и дренажи (глодари, бубоједи, инсекти, глисте, ...)
 - микрофлора и микрофауна – бактерије, гљиве, алге

3

Типови земљишта

- Земљиште се састоји од материје у три агрегатна стања-фазе:
 - чврсте
 - течне и
 - гасовите
- Чврста фаза земљишта је састављена од
 - глине или неглиновитих минерала (од O₂, Si, H₂, Al, Ca, Na, K, Mg, C),
 - соли и
 - органске материје (хумус) – остаци биљака и животиња у разним фазама распадања/разлагања
 - хумус служи као храна за живе организме
 - у земљишту живи бројна популација животиња (црви, мрави, ларве, ...) и биљака (*saprophyte*; бактерије, гљиве)
 - оне уситњавају хумус у растворљиве супстанце тако да може да буде апсорбован од стране корена већих биљака

4

Типови земљишта

- Земљиште се категоризује према томе колико у себи садржи:
 - ваздух, воду, чврсте делове и хумус
- Нека прва подела буде **према величини чврстих честица** које чине земљиште
- У табели је дат преглед типичних величина чврстих честица

	Пречник честице (µm)
Шљунак	>2000
Песак	60-2000
Муљ	2-60
Глина	<2

5

- Велики део земљишта се састоји од воде и ваздуха
- између 30 и 70% запремине земљишта су поре које они попуњавају

6

Структура земљишта

Песак, муљ и глина су помешани а између "зрнаца" земље се налазе поре. У њима је ваздух или вода

- **Макропоре** (велике поре) између скупина честица које су испуњене ваздухом (>0.007 цм) (гравитација "извлачи" воду)
- **Мезопоре** (средње поре) испуњене водом у влажном земљишту и ваздухом у сувом (0.002 – 0.007 цм).
- **Микропоре** (врло мале поре) између честица које чине скупине су испуњене водом (<0.002 цм) чак и у најсувијем земљишту.

1/4 цм

7

■ Састав земљишта

- чврсте материје, запремине V_s и масе m_s
- вода у течном стању, запремине V_t и масе m_t
- ваздух у гасовитом стању, запремине V_g и занемарљиве масе

8

- Укупна запремина земљишта је
 $V_t = V_s + V_t + V_g$
- Укупна маса земљишта је
 $m_t = m_s + m_t$
- Коефицијент порозности ε се дефинише као однос запремине воде и ваздуха (запремина пора) и укупне запремине земљишта
 $\varepsilon = (V_t + V_g) / V_t$
- Однос запремина празнина (пора) и запремине чврстог дела земљишта (e) је
 $e = (V_t + V_g) / V_s$

9

- густина чврстих честица $\rho_s = m_s/V_s$
- средња густина (сувог) тла $\rho_{sr} = m_s/V_u$ (1,1-1,6 g/cm³)
- део тла заузетом чврстим честицама је $V_s/V_u = V_s m_s / (V_u m_s) = (m_s/V_u) / (m_s/V_s)$
 $V_s/V_u = \rho_{sr} / \rho_s$
- Већина минерала је направљена од чврстих честица сличних густина – густина им је око 2,6 g/cm³ = 2600 kg/m³. На основу тога је коефицијент порозности (ε - однос запремине воде и ваздуха и укупне запремине)
 $\varepsilon = (V_v + V_g)/V_u = (V_v + V_g + V_s - V_s)/V_u = V_u/V_u - V_s/V_u = 1 - \rho_{sr}/\rho_s$
 $\varepsilon = 1 - \rho_{sr}/\rho_s = 1 - \rho_{sr}/2600$

10

Слој тла	Средња густина (kg/m ³)	Коефицијент порозности
Пешчар	2100	0.19
Пешчана иловача – доњи слој	1650	0.36
Пешчана иловача – слој за орање	1500	0.42
Плодна иловача – доњи слој	1450	0.44
Површински слој када се изоре	1100	0.58

11

Тло и количина воде у њему

- “Масена” количина воде у тлу (удео)
- “волуметријска” количина воде у тлу (запремински удео)
- Када дође до засићења онда је $\varepsilon = \theta_v$

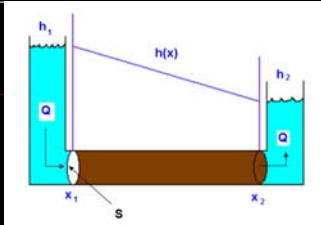
$$\theta_m = \frac{m_v}{m_u}$$

$$\theta_v = \frac{V_v}{V_u}$$

12

Хоризонтални проток воде – Дарсијев закон филтрирања

Закон који описује проток воде кроз порозну средину



Претпоставка: цев хомогено испуњена земљиштем, површине попречног пресека S (m^2) и дужине, $\Delta x = x_2 - x_1$ (m), са вертикалним цевима пуним воде на оба краја. На једном је висина h_1 (m) а на другој h_2 (m) изнад осе цеву. Сматра се да при овоме вода у потпуности засићује земљиште односно да испуњава све његове поре.

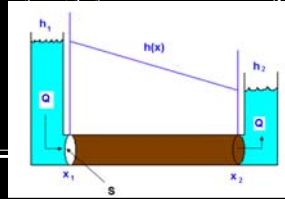
13

Под дејством гравитације, вода ће струјати са леве стране, где се налази на већој висини, на десну. 1856. (Dijon, France, Henry Darcy) Дарси је закључио да је запремински проток Q (m^3/s), у оваквој ситуацији пропорционалан

- површини цеву S (m^2),
- разлици у висинама водених стубова Δh (m),
- обрнуто пропорционалан дужини цеву Δx (m),
- $\Delta h / \Delta x$ – хидраулички градијент

Коефицијент пропорционалности је хидрауличка проводност, K (m/s):

$$Q = -KS \frac{\Delta h}{\Delta x}$$



Тло и хидролошки циклус

- Пролазак воде кроз тло је важан сегмент хидролошког циклуса
- Битно је:
 - Колико воде има у тлу
 - Како се креће кроз њега
- Одговор на прво питање би могао да буде да је порозност мера количине воде у тлу
- Пажљивија анализа показује да воде има далеко мање.
- Зашто?

15

Тло и хидролошки циклус

- Вода у великим порама и пукотинама (пречника већег од 60 микрометара) не може да се задржи у тлу
- Објашњење је у Хаген-Поазејевом закону који дефинише проток кроз цев

16

Отпор струјању флуида

- флуиди струје од места са већим притиском ка онима где је притисак мањи
- R – отпорност струјању флуида
 - већа је код дужих цеви
 - већа је ако је већа вискозност
 - турбуленције је повећавају
 - повећање попречног пресека је смањује

$$Q = \frac{P_2 - P_1}{R}$$

17. Новембар 2008

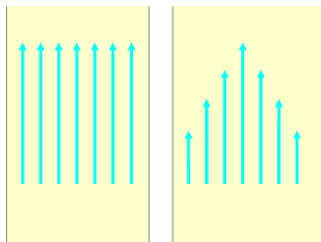
Физика 2008

17

Отпор струјању флуида

neviskoznan fluid

viskoznan fluid



Slika 6.39: Strujanje neviskoznog fluida ($R = 0$) i viskoznog ($R \neq 0$).

Поазејев закон

- Отпорност ламинарном протицању нестишљивог флуида, кроз хоризонталну цев одређене дужине и попречног пресека

$$R = \frac{8\eta l}{\pi r^4}$$

■ примери

- вискозност уља у моторима опада са порастом температуре – да би био исти проток када је хладан мора да обезбеди већи притисак него када је постигао радну температуру
- крвоток – проток крви се регулише променом величина крвних судова и променом притиска
 - при напорном раду крвни судови се издужују – доводи до повећања притиска – повећава се доток крви
 - смањење пресека суда смањује проток

$$Q = \frac{(P_2 - P_1)\pi r^4}{8\eta l}$$

смањење пречника од 5% - на 0,95 величине
смањује проток на $(0,95)^4=0,81$ - односно за 19%!

19 19

$$Q = \frac{(P_2 - P_1)\pi r^4}{8\eta l}$$



$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8 \eta \Delta x}$$

- Проток воде кроз цев зависи од њеног полупречника, вискозности воде и градијента притиска који пумпа воду да иде кроз цев
- Q–проток воде (у m³/s)
- Полупречник цеви r
- Вискозност η у јединицама Pa s
- Градијент притиска ΔP/Δx

20

$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8 \eta \Delta x}$$

- Уочимо јаку зависност протока од полупречника цеви (четврти степен)
- Брзину протицања је пак тешко проценити јер поре кроз које пролази вода нису праве
- Типичне вредности брзина воде кроз поре зрнастог песка (пречник пора око 1000 μm) су око 10⁸ пута веће од брзине воде кроз поре глине (пречник пора око 0,1 μm)

21

- Постоји **горња граница количине воде** која може да се задржи у тлу у дужем периоду – капацитивност тла/поља.
- То је вода која се налази у довољно малим порама тако да трење и површински напон могу да се одупру гравитационом деловању (које иначе изазива проток воде)
- Постоји и **доња граница** количине воде коју корени биљака могу да екстрахују из тла
- Преостала вода се налази у порама које су толико мале да корен не може да је извуче
- У таквим ситуацијама биљке вену.

22

Површински напон и тло

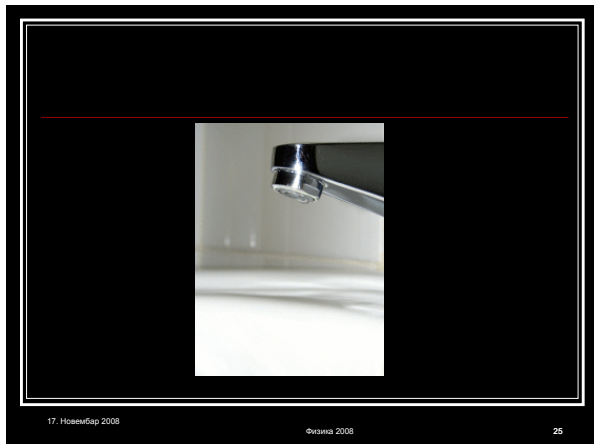
- Одређена количина воде је увек чврсто везана за тло услед ефекта површинског напона
 - На молекуле близу површине течности делује сила усмерена ка њеној унутрашњости – то је сила површинског напона
- Подсетимо се прво ове физичке величине

23

Кохезија и адхезија у течностима – површински напон

- привлачне међумолекуларне силе између молекула исте врсте – кохезионе
 - омогућују неким инсектима да ходају по површини воде
 - одговорне за облик капи
- привлачне међумолекуларне силе између молекула различите врсте – адхезионе
 - држе капи воде на прозорском стаклу, на лишћу биљака,

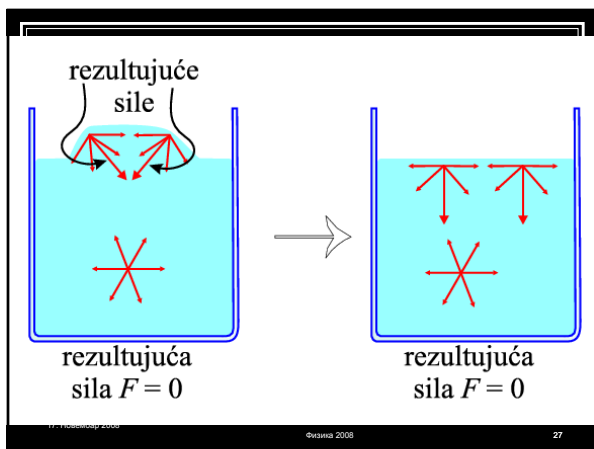


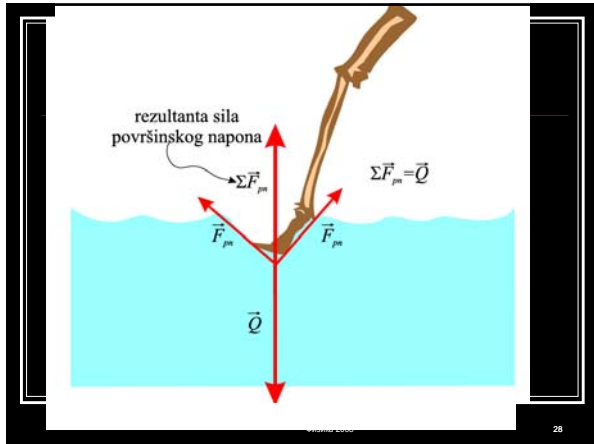


Кохезија и адхезија у течностима – површински напон

- кохезионе силе – слободна површина течности се понаша као затегнута гума
- контрахује се до најмање могуће површине - формира сферну кап ако је могуће
- ефекат – **површински напон**
- молекули који су унутра – окружени једнаким бројем суседа – сила је једнака нули
- ако је кап несферна – резултујућа сила приморава молекуле да заузму положаје тако да је слободна површина минимална - сфера.

17. Новембар 2008 Физика 2008 26





Површински напон

Ова појава је последица међумолекуларних сила

- интензивне на врло кратким растојањима ($R=3r$, сфера молекуларног дејства)
- брзо опадају са растојањем

Нека је d дубина флуида (растојање од слободне површине)

за $d > R$ молекул је потпуно окружен суседима са којима интерагује па је $F_{rez} = 0$
за $d < R$ молекул није у потпуности окружен суседима, па онда није $F_{rez} = 0$

17. Новембар 2008 Физика 2008 29

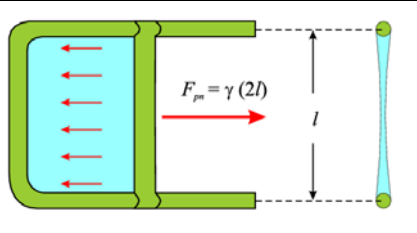
Површински напон-наставак

Течности теже да смање слободну површину. Капи уколико се саме формирају (без додатних утицаја – сем гравитације) заузимају облик сфере (то је за дату масу тело најмање површине).

17. Новембар 2008 Физика 2008 30

Површински напон - мерење

- коефицијент површинског напона



$$\gamma = \frac{F}{L}$$

Опна има 2
стране!!!

17. Новембар 2008

Физика 2008

31

Течност	Коеф. повр. напона γ (N/m)
Voda (na 0°C)	0,0756
Voda (na 20°C)	0,0728
Voda (na 100°C)	0,0589
Sapunica	0,0370
Etil alkohol	0,0223
Glicerin	0,0631
Živa	0,465
Maslinovo ulje	0,032
Krv (na 37°C)	0,058
Krvna plazma (na 37°C)	0,073
Zlato (na 1070°C)	1,000
Kiseonik (na -193°C)	0,0157
Helijum (na -269°C)	0,00012

17. Новембар 2008

Физика 2008

32

$$P = \frac{4\gamma}{r},$$

- Површински напон ствара притисак унутар мехурова.
- услед тежње да слободна површина буде што мања, сабија гас унутар мехура и повећава му притисак
- дечији балон: када га надувамо и пустимо, испушта ваздух и креће се убрзано, највеће убрзање доживљава када се сакупи на најмању могућу величину => притисак је највећи када је површина најмања
- Калибрисани притисак унутар мехура је

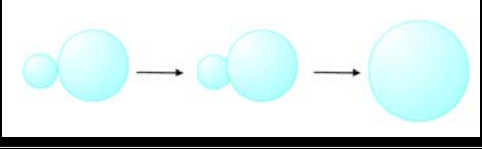
17. Новембар 2008

Физика 2008

33

■ Последица: кад се сударе мехури, ваздух из мањег уђе у већи и формира се још већи

$$P = \frac{4\gamma}{r}$$







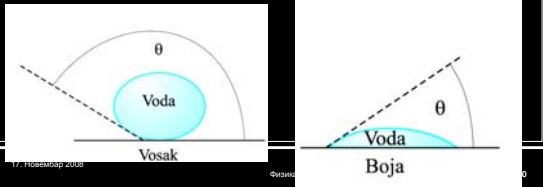


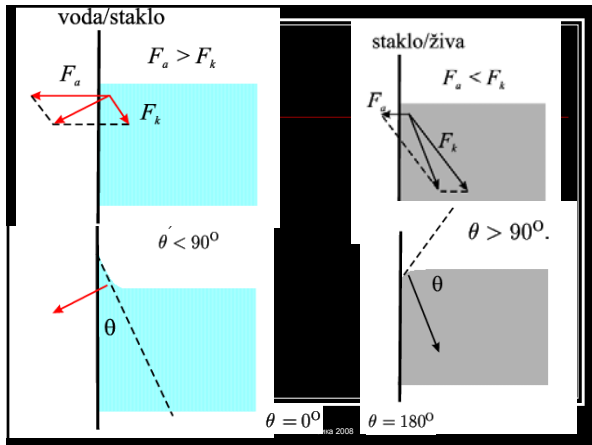




Адхезија. Капиларне појаве

- Зашто вода лако клизи низ опрана и воскирана кола а низ опрана и невоскирана теже?
- Одговор:
 - адхезионе силе између воска и воде су мање него између воде и боје
 - то доводи до различитих вредности угла квашења



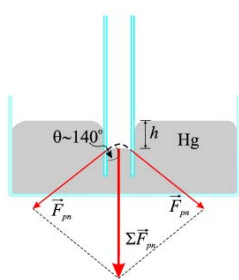


Угао квашења за неке супстанце

Supstance	Ugao kvašenja θ
Živa-staklo	140°
Voda-staklo	0°
Voda-parafin	107°
Voda-srebro	90°
Organske tečnosti-staklo	0°
Etila alkohol-staklo	0°
Kerozin-staklo	26°

Капиларне појаве

- капиларе – узане цеви (пречник мањи од 1 милиметра) отворене на оба краја
- појаве – услед разлика кохезионих адхезионих сила
- **ниво слободне површине у капилари се не понаша као код спојеног суда – подиже се или спушта**
 - ако течност "кваси" суд – подиже се
 - ако "не кваси" спушта се
- закривљена слободна површина - менискус



Slika 6.26: Kapilara od stakla u živi.

17. Новембар 2008

Физика 2008

43

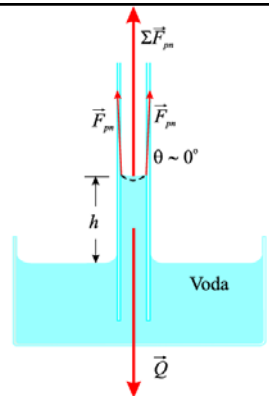
- висина на коју се подиже (спушта) течност је одређена једнакошћу тежине стуба и силе површинског напона.
- укупна сила површинског напона која делује на слободну површину у капилари

$$\sum \vec{F}_{pm} = \gamma L = 2r\pi\gamma$$

- тежина

$$Q = mg = \rho V = \rho\pi r^2 h g$$

$$h = \frac{2\gamma}{\rho g r}$$

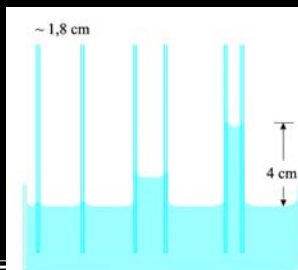


Slika 6.27: Kapilara od stakla u vodi

17. Новембар 2008

Анализа израза за висину стуба у капилари

$$h = \frac{2\gamma}{\rho g r}$$



Slika 6.28: Cevi raznih poprečnih preseka.

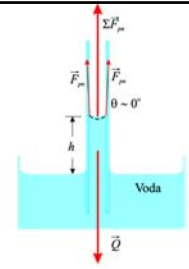
- Претпоставимо да желимо да упумпамо у пору воду делујући притиском P на њу
- Сила је једнака производу притиска и површине попречног пресека цеви

$$F = PS, S = \pi r^2$$

- Том притиску се супротставља сила површинског напона

$$\pi r^2 P = 2\pi r \gamma$$

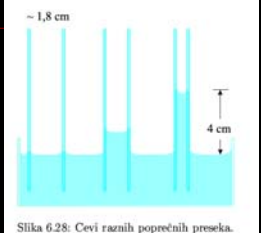
- Након чега се добија за притисак којим треба да се делује

$$P = \frac{2\gamma}{r}$$


Slika 6.27: Kapilara od stakla u vodi

46

- Уколико нема спољашњег притиска, овај израз репрезентује тенденцију воде да се креће дуж пора са влажнијег дела ка сувљем – капиларна сукција
- Од посебне важности је ситуација када се водени стуб услед површинског напона држи на неком нивоу насупротив деловању силе теже

$$P = \frac{2\gamma}{r}$$


Slika 6.28: Cevi raznih poprečnih preseka.

$$h = \frac{2\gamma}{\rho g r}$$

47

Висина на којој се вода налази зависи од величине пора у тлу

шљунак



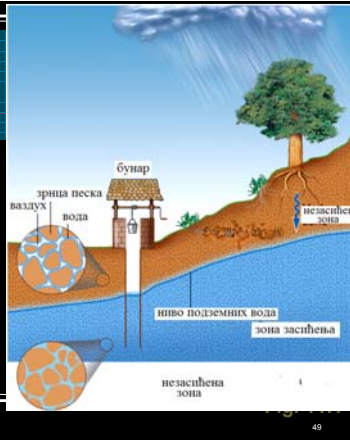
ситан песак



48

Ниво подземних вода

- **Ниво подземних вода:** површ која одваја незасићену област од области засићене водом
- Мери се одређивањем нивоа воде у бунарима



Осмоза и осмотски притисак

Транспорт молекула. Дифузија, осмоза и други процеси

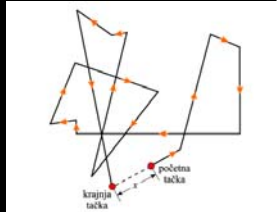
- Атоми и молекули су у сталном кретању на свакој температури изнад апсолутне нуле. То кретање је хаотично и постоји чак и кад нема макроскопског струјања.
- **Дифузија** је пренос супстанце услед хаотичног молекуларног кретања. Флуиди, могу на овај начин да пролазе кроз материју која је у чврстом агрегатном стању (димљење меса, ...)

Транспорт молекула. Дифузија, осмоза и други процеси

- Дифузија је спор процес јер се стално дешавају судари.
- Средње растојање које молекул може да пређе је пропорционално квадратном корену времена.

$$x_{kск} = \sqrt{2Dt}$$

- D је дифузиона константа за пренос датих молекула кроз дату средину



Slika 6.44: Хаотично кретање молекула fluida.

52

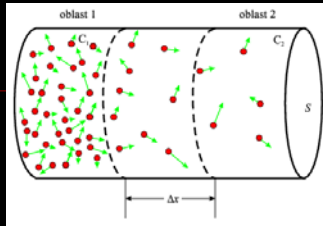
Molekul	Sredina	D (m^2/s)
Vodonik (H_2)	Vazduh	$6,4 \times 10^{-5}$
Kiseonik (O_2)	Vazduh	$1,8 \times 10^{-5}$
Kiseonik (O_2)	Voda	$1,0 \times 10^{-9}$
Glukoza ($C_6H_{12}O_6$)	Voda	$6,7 \times 10^{-10}$
Hemoglobin	Voda	$6,9 \times 10^{-11}$
DNK	Voda	$1,3 \times 10^{-12}$

Tabela 6.5: Koeficijent difuzije na $t = 20^\circ C$ i na pritisku od 1 atmosfere.

- D зависи од масе молекула
 - опада са повећањем масе – јер је брзина хаотичног кретања обрнуто пропорционана маси молекула – масивнији молекули спорије дифундују
- зависи од средине – у води се судари дешавају чешће што успорава дифузију
- зависи од температуре
 - расте јер са порастом температуре расту и средње брзине кретања молекула

53

Брзина и смер дифузије



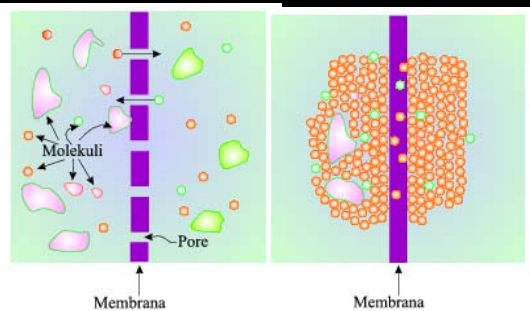
- Кап боје у чашу чисте воде – слободна дифузија (нема баријере која би била препрека).
- **Смер дифузије** – од места веће концентрације ка месту мање концентрације
- **Брзина дифундовања** је пропорционална разлици концентрација. Такође зависи и од особина средине, тј. од дифузионе константе D .

54

Осмоза и дијализа-дифузија кроз мембране

- нпр. хладан облог на отеклом чланку, вода дифундује кроз кожу, разне супстанце дифундују кроз ћелијске мембране: кисеоник улази унутра, угљен диоксид излази, хранљиве материје улазе, штетне материје излазе, ...
- Мембрана је веома танка (65×10^{-10} - 100×10^{-10} m), тако да је могућ транспорт материје.
- Мембрана је **полупропустљива**. Неки типови имају мале поре кроз које могу да прођу једино мали молекули, код других се молекули растварају у мембрани па дифундују, ...

55

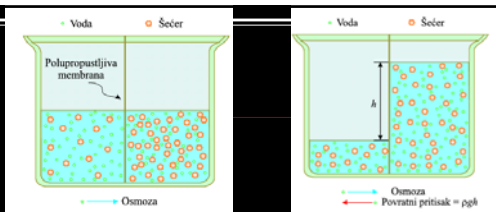


56

Осмоза и дијализа

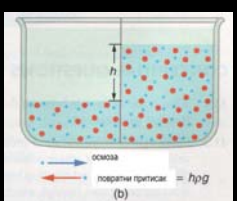
- **Осмоза** је транспорт **воде** кроз полупропустљиву мембрану из области веће у област мање концентрације.
- **Дијализа** је пренос молекула неке друге врсте кроз полупропустљиву мембрану услед разлике у концентрацији тих молекула.
- И једна и друга врста процеса се дешавају у бубрезима приликом пречишћавања крви.

57

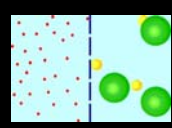


• Вода услед осмозе пролази са лева на десно, па њен ниво у десном делу суда расте. Он расте све док хидростатички притисак не буде довољно велик да заустави даљу осмозу. Тај притисак ρgh се назива **осмотским притиском** ако је један од раствора чиста вода или **релативним осмотским притиском** ако ни један раствор није вода. Овај притисак може бити јако велик, нпр. ако су вода и морска вода одвојене полупропустљивом мембраном која не пропушта со, осмотски притисак је 25,9 атмосфера (261 метар!). **Обрнута осмоза** и **обрнута дијализа** су процеси у којима је повратни притисак довољно велики да окрене смер процеса осмозе и дијализе.

- Иловача се понаша као полупропустљива мембрана
- Између два слоја воде са солима одвојена иловачом може да се створи значајан осмотски притисак



Осмоза



Потенцијал воде у тлу

Опис

- Мери енергетски статус воде у тлу
- Важан је показује колики рад биљке морају да изврше да би екстраховале воду из тла
- Јединица је јединица притиска (Pa, атмосфера, ...)
- Потенцијал воде у тлу је “негативни притисак”
- Вода струји са вишег (мање негативног) потенцијала ка нижем (више негативном) потенцијалу

61

Потенцијал воде

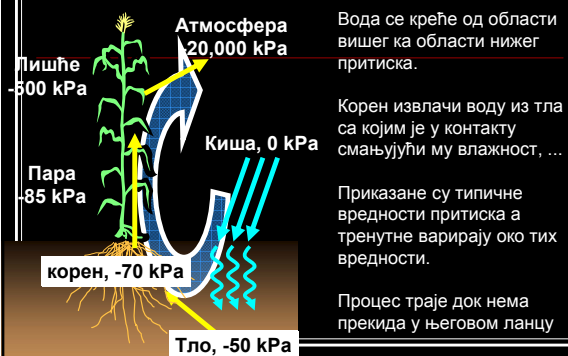
Компоненте

$$\psi_t = \psi_g + \psi_m + \psi_o$$

- ψ_t = укупни потенцијал
- ψ_g = гравитациони потенцијал (сила гравитације вуче воду на доле)
- ψ_m = матрични потенцијал тла (сила којом “матрица” тла делује на воду у себи – “површински” напон воде у тлу)
- ψ_o = осмотски потенцијал (изазван разликом у концентрацији соли са две стране полупропустљиве мембране (у корену биљке))
- Матрични потенцијал, ψ_m , обично највише утиче на то са колико ће “напора” биљка “узети” воду из тла

62

Кретање воде од тла, кроз биљку у ваздух



63

Тло и сунце

- Интервали температуре се много разликују на Земљи
- Сезонске промене су веома велике нарочито у центрима континента (нпр. -15 (зима) до +40 (лето)).
- – вода поседује термалну инертност. Зашто?
- Честе су и варијације од 10 степени у току дана
- Чак и веома мале варијације у топологији терена утичу на температуре

64

Тло и сунце

- Нижи делови поља на којима се сеју пољопривредне културе имају нижи принос (33-50%) од осталих делова поља јер је вероватнија појава мраза
- Разлике у температури ваздуха на површини утичу на највише слојеве тла јер је земљиште слаб проводник топлоте – мала вредност коефицијента топлотног провођења
- годишње варијације температуре од 30°C у ваздуху се смањују на 15°C на дубини од 1 метра и чак на 0,5°C на 8 метара дубине

65

Тло и сунце

- Провођење топлоте кроз земљиште је тако слабо да су температурски циклуси унутар њега супротни од сезонских варијација на површини
- На северној хемисфери
 - на 3 метра дубине:
 - минимална температура је у марту/априлу,
 - а максимална у септембру/октобру
 - на 7 метара дубине
 - минимална температура је у августу
 - максимална у фебруару (са веома малим варијацијама! (0,5)

66

Тло и сунце

- Велике области на Аљасци и у Сибиру (20% копна Земље) су под вечним ледом
- тло је залеђено толико да топлота коју ове области добију преко лета нису довољне да отопе земљиште на дубини већој од 1 метра
- Из тог разлога водени талози не могу да продру у земљу и ове области су преко лета мочварне
- додатни проблем је што је нафту тешко пумпати кроз цеви које леже у овим стално залеђеним областима јер је на ниским температурама вискозност нафте већа

67

Испаравање воде

- ово је веома важан део хидролошког циклуса
- Када зрачење са Сунца падне на тло, већи део се враћа назад у виду ИЦ зрачења.
- Остатак се дели на следећи начин
 - део се "одводи" у земљиште у процесу провођења топлоте
 - део се преда околном ваздуху
 - око 60% се предаје води на и у тлу и изазива њено испаравање

68

Испаравање воде

- испарава вода из језера и из тла
- процес испаравања из тла се не може описати једноставним изразима – зависи у великој мери од вегетације
- испаравање из језера се може описати релативно једноставно Пенмановом једначином која одређује брзину испаравања као
- брзина испаравања = $aR + b(c_0 + c_1 v)D$
- R – флуks зрачења које пада на тло, v – брзина ветра, D – сатурациони дефицит ваздуха

69
