

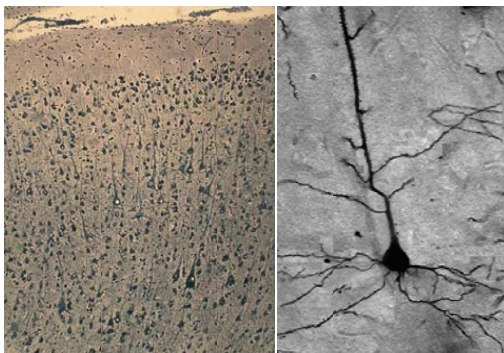
# Biológia

# Bevezető

**Kedves Olvasó!**

Miközben ezt a szöveget olvasod, a képeken bemutatott idegsejtek sokasága dolgozza fel az látott információt, míg végre észleled és megérted! Ha még a szemedet és az ujjaidat is mozgatod a sorok olvasása közben, rengeteg, a képen látható piramis alakú sejtet aktivizálsz szintén az agykéregben!

Ne hidd, hogy van szürkeállományod, az csak bizonyos, nem élő metszeteken szürke! Kicsit paradox felhívás, hogy használd a szürkeállományodat. Viszont idegsejtjeidet, agykéregedet, az agykéregnek azt a részét (neocortex), amely az embert kiemelkedően problémamegoldóvá tette azt most nagyon is használhatod.



Bizonyára érdekel:

***Miért nem esik össze a tüdő, ha kilélegzünk?***

***Miért csökken a belélegezhető oxigén mennyisége a magasság emelkedésével?***

***Miért lehet ödémás valaki, ha fehérjehiányos a táplálkozása?***

***Miért repedhet meg könnyen az ere, ha kicsit tágult az egyik szakasza?***

***Mennyi sugarterhelés ér naponta, évente, életed folyamán?***

Ha megoldod a feladatokat, a válaszokat is megkapod! Ha kérdésed van, elakadtál, akkor segítünk a honlapon keresztül!

Jó munkát! Éljen a neocortex!

## **Néhány érdekes adat:**

Miközben ezt az oldalt végigolvastad, szíved kb. 12 liter vért továbbított, kb. 10 liter levegő cserélődött ki a tüdődben. Érdekeséggé válhat megemlítenünk, hogy egy átlagos 60 éves felnőtt élet-tartam során a szív mintegy 200.000 m<sup>3</sup> vért pumpál a keringésbe, 5–6.000 m<sup>3</sup> és kb. 80.000 hektoliter oxigén kerül felhasználásra a szövetek sejtjeiben az anyagcsere céljaira. Közben elfogyasztott hozzávetőleg 17,5 tonna szénhidrátot, 2,5 tonna fehérjét, 3 tonna zsírt, 75 tonna vizet...

## 1. rész: Nyomásviszonyok vízben, földön, levegőben és az űrben

### I. Űrutazás

#### *Érdekes*

„Az űrutazás hajnala óta érdekli az embereket a kérdés, hogyan viselkedne az emberi test az űr vákuumának kitéve, lehetséges-e egy ilyen élményt túlélni, és ha igen, mennyi ideig. Egy szerencsétlen balesetnek köszönhetően azt már jó közelítéssel tudjuk, hogy mennyi ideig képes életben maradni egy vákuumnak kitett emberi szervezet. 1971-ben egy meghibásodott szelep miatt meghalt három orosz űrhajós, akik a Szozuz 11 űrkapszulájukkal éppen a légkörbe való visszatérésre készültek. A vizsgálatok utólag kiderítették, hogy a 168 kilométer magasan meghibásodott kapszula 11 perc 40 másodpercen keresztül volt kitéve az extrém körülményeknek, amíg be nem lépett az atmoszférába. Ez idő alatt a belső légnyomás nullára zuhant le. A három űrhajós 30-40 másodpercen belül meghalt...”

<http://www.newscientist.com>

#### **A. Mi a nyomás mértékegysége az SI-ben?**

- A. N
- B. pa
- C. Pa
- D. pascal
- E. Hgmm

#### **B. A pontozott vonalakra két mértékegység jelét kell írnod, hogy az egyenlőség igaz maradjon!**

1000 ..... = 7,5.....

*Gondolkodj, ne tippelj!*

#### **Melyik nagyobb a kettő közül?**

**3.**

- A. a légnyomás értéke a tüdőben a belégzés végének pillanatában
- B. a légnyomás értéke a tüdőben a kilégzés kezdetének pillanatában

**4.**

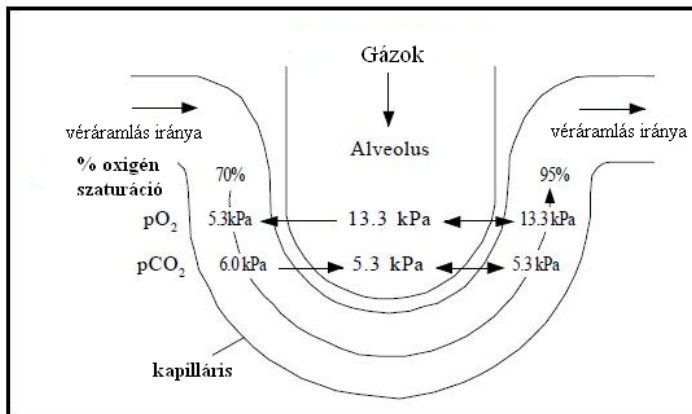
- A. az aortában mérhető nyomásérték a bal kamra összehúzódásakor
- B. az aortában mérhető nyomás a bal pitvar összehúzódásakor

A parciális nyomás az a nyomás, amit az adott komponens fejtene ki, ha az egyedül töltene be a rendelkezésre álló teljes térfogatot az adott hőmérsékleten. Értéke egyenlő a teljes nyomásnak és annak a hányadnak a szorzatával, amit az illető gáz a teljes gázmennyiségből képvisel. Például a száraz levegőben az O<sub>2</sub> 21 %. Tehát a parciális nyomása 0,21 \* 760 Hgmm vagyis 160 Hgmm.

#### **Fejzd be az alábbi mondatot!**

5. Érthető módon a levegő páratartalma ezt az értéket .....

A gázok parciális nyomásviszonyait az alveolusok (léghólyagocskák) szintjén az alábbi ábra mutatja. Ezt az ábrát a későbbi feladatok megoldásához is használd fel! A vízgőz parciális nyomása 6,2 kPa testhőmérsékleten.



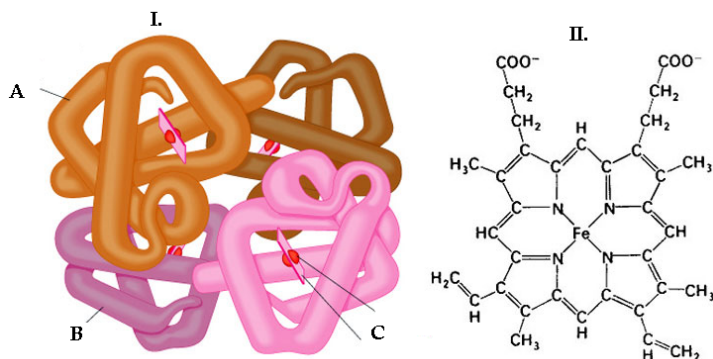
Az oxigén parciális nyomása\* a tüdőben 13,3 kPa, a sejtek szintjén 5,3 kPa. A szén-dioxid parciális nyomása a tüdőben 5,3 kPa, a sejtek szintjén 6 kPa.

\*Az oxigénnek és a szén-dioxidnak a sejtek szintjén nincs parciális nyomása, mivel oldott állapotban vannak. A kijelentés helyesen úgy kell értelmezni, hogy a sejtben oldott anyag a megadott parciális nyomású gázzal tartana egyensúlyt, ha a sejtet külső gázközeggel hoznánk érintkezésbe.

### 6. Miért nagyobb a különbség az oxigénre vonatkozóan, mint a szén-dioxidra?

- A. mert az oxigén nem oldódik fizikailag a vérplazmában az szén-dioxid igen
- B. mert az oxigén nem oldódik kémiaiilag a vérplazmában az szén-dioxid igen
- C. mert a szén-dioxidnak nagyobb a diffúziós kapacitása
- D. mert az oxigén kötődik a hemoglobinhoz a szén-dioxid pedig nem
- E. mert a hőmérséklet befolyásolja a gázok áramlását

Tekintsd meg az alábbi ábrát! Mutatja, hogy a felnőtt emberre jellemző hemoglobin 2-2 fehérjeláncból áll és mindegyik fehérjelánc tartalmaz porfirin vázát (tetrapirrol gyűrűt), amelyben vas van.



A részletekre is figyelj!

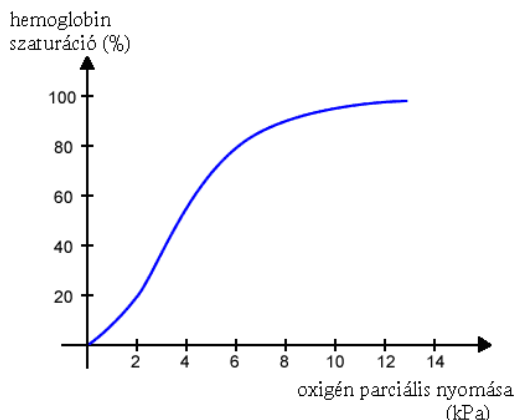
7. „Az I. ábra” melyik részletének felel meg a II.? Add meg az ábra betűjelét!

8. Ezek alapján hány oxigénmolekulát tud megkötni maximum egy hemoglobinmolekula?

### 9. Az ábrán az egyik jelölés hibás: melyik és miért?

**Tekintsd meg az alábbi ábrát!** A szaturáció kifejezés telítettséget jelent. Például a vér oxigén szaturációja az oxigenizált hemoglobin aránya a teljes hemoglobin mennyiséghez képest.

1. ábra



### Írj le egy következményét annak, hogy...

10. A hemoglobin oxigén szaturációs görbéje nem lineáris görbe

### Döntsd el az alábbi ábrára vonatkozó állítás igazságtartamát! Igaz vagy hamis?

11. Ha a hemoglobin oxigén szaturációs görbéje balra tolódik (pl. a most a 4 kPa-hoz tartozó pont a 2 kPa-os nyomáshoz tolódik), akkor a hemoglobin könnyebben veszi fel az oxigént

12. **Írj egy igaz állítást** az ábrára vonatkozóan! A feladat megoldásához fel kell használnod a már említett adatot: az oxigén parciális nyomása a tüdőben 13,3 kPa, a sejtek szintjén 5,3 kPa.

13. **Az ábra alapján magyarázd meg**, hogy miért nagyobb a vér hemoglobin koncentrációja a magasabb tengerszint feletti magasságban élőknél?

14. **Az ábra alapján magyarázd meg**, hogy miért nagyobb a vörösvértetszáma a dohányosoknak?

## II. Mélyen – Keszonbetegség

Tekintsünk egy 80 kg tömegű bűvárt, aki 30 méter mélységben dolgozik a vízfelszín alatt. Légköri levegőt juttatnak le neki. A szellőzés hatékony, a bűvárban az alveoláris (tüdőhólyagocskákban jelen lévő) gázok parciális nyomásai  $p_{O_2}$  100 Hgmm és 40 Hgmm a  $p_{CO_2}$  illetve a vízgőz parciális nyomása testhőmérsékleten az alveoláris levegőben 47 Hgmm vagy 6,25 kPa. A nyomás a tenger felszínén 101,3 kPa vagy 760 Hgmm. A tengervíz sűrűsége  $1033 \text{ kg m}^{-3}$ .

**15. Hányszorosára nőtt a nyomás 30 méter mélységben a tengerszinthez képest? Mennyi a nyomás értéke?**

- A. nem változott
- B. háromszorosára nőtt
- C. négyszeresére nőtt
- D. kilenceszeresére nőtt
- E. harmincszorosára nőtt

A nyomás értéke.....

*Nézz rá az 5. feladatra ismét!*

**16. Hányszorosára nőtt meg a  $N_2$  parciális nyomása a tüdő-léghólyagocskákban? Mennyi a parciális nyomás értéke a tengerszinten és 30 méter mélyen?**

**17. Henry-Dalton törvény írja le a következőt:** Egy gáz oldhatósága ( $c$ ) egy folyadékban adott hőmérsékleten egyenesen arányos a gáznak a folyadék feletti parciális nyomásával ( $p$ ), ahol  $K$  a gáz minőségétől és hőmérsékletétől függő anyagi állandó. Ha a gáz oldásakor kémiai reakció nem megy végbe, akkor:  $c = K \cdot p$

**Hogyan változik a gázok fizikai oldhatósága a parciális nyomás növekedésével?**

- A. Lineáris az összefüggés, de a nyomásnövekedéssel csökken
- B. Lineáris az összefüggés, a nyomásnövekedéssel nő
- C. Exponenciálisan nő
- D. Exponenciálisan csökken
- E. A nyomástól nem függ csak a hőmérséklettől

**18. Mi történhetne, milyen élettani hatással járhatna, ha hirtelen jönne fel a bűvár 30 méter mélységből?**

## III. Magasan – hipoxia

A nehézségi erőterben levő gázban a nyomáseloszlást és a sűrűségeloszlást a barometrikus magasságformula írja le. A formula itt leírt alakjában a levegő *egységnyi térfogatban* vagy *adott térfogatban* található molekuláinak száma szerepel, mely szerint a levegő molekuláinak száma ( $N$ ), a potenciális energiájuktól a következőképpen függ:

$$N_z = N_0 e^{-\frac{mgz}{kT}}$$
, ahol  $z$  a tengerszinttől mért távolság,  $m$  az egy molekula tömege,  $g$  a magasságtól függetlennek tekintett, tengerszinti nehézségi gyorsulás,  $k$  a Boltzmann állandó és  $T$  az abszolút hőmérséklet.

### 19. Igaz vagy hamis

A tengerszintre vonatkoztatott relatív molekulaszám csak az exponenciális tagtól függ

*Számolj! Használd a függvénytáblázatot!*

### 20. Hány darab oxigénmolekulát tudsz belélegezni?

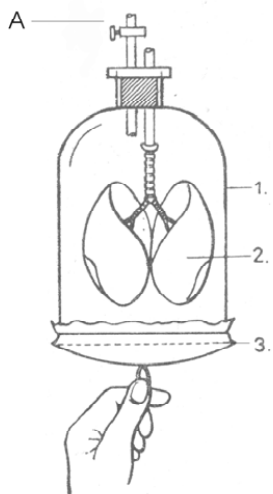
Vegyük a levegő relatív molekulatömegét 29-nek. Határozzuk meg a barometrikus magasság-formula felhasználásával, hogy mennyi lesz a belélegzett levegőben a részecskék száma 10 km-es és 168 km-es magasságban a tengerszint magasságában levő részecskeszámhoz viszonyítva. A belélegzési levegő térfogata 0,5 liter. Számoljunk végig 273 K-el (noha tudjuk, hogy a hőmérséklet értéke is változik a magassággal).

### 21. Milyen, a nyomásváltozással kapcsolatba hozható élettani változások vezethettek az űrhajósok halálához? Írj legalább kettőt!

## IV. Légzésünk problémái

### IV. 1. Donders modell – Amikor a levegő halálos lehet

Tekintsd meg az alábbi tüdőmodellt bemutató ábrát, majd oldd meg a feladatokat!



1. Melyik szervnek felel meg a 3. számmal jelölt gumihártya?

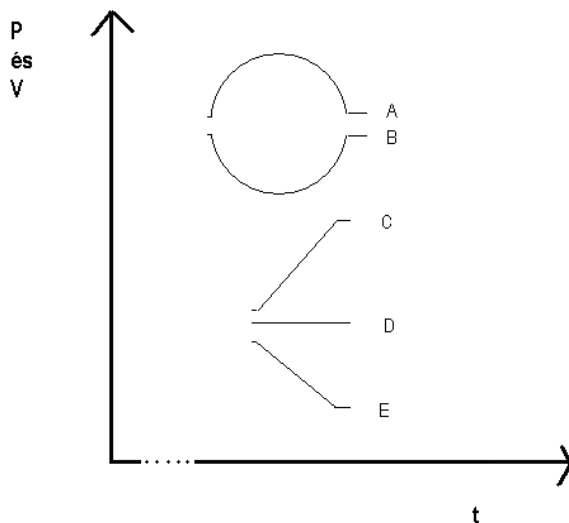
2. Az alábbiak közül melyiknek felelhetne meg a nyitott A-jelű cső (az ábrán baloldali cső)?

A. nyelőcső                      B. légcső                      C. sérülés

3. Ha az A-jelű cső nyitva van mozog-e a tüdő a modellben? Válaszod indokold!

4. A jobb oldali görbék közül melyik mutatja helyesen a nyomás változását a 2. számmal jelölt szervben, miközben a gumimembránt lefelé mozgatjuk (a légzési ritmusnak megfelelően) és az A cső zárt?

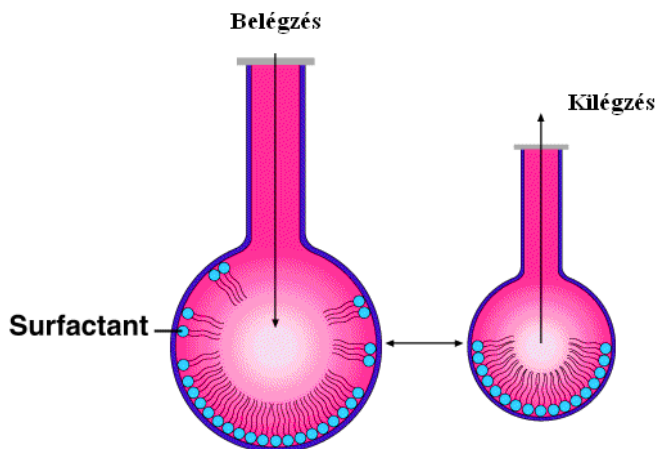
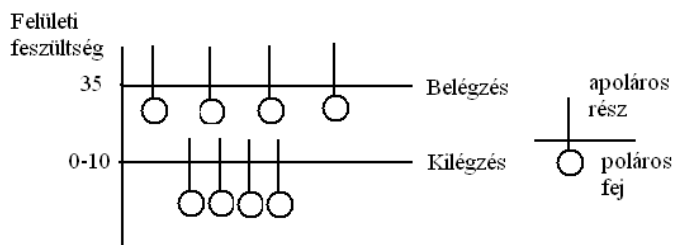
5. Az előző feladatban szereplő görbék közül melyik mutatja helyesen a nyomás változását az üveghenger belsejében, miközben a gumimembránt lefelé mozgatjuk és az A cső zárt?



#### IV. B. Surfactant (felületaktív anyag)

Ahhoz, hogy egy újszülött viszonylag könnyen tudjon lélegezni, az szükséges, hogy a tüdők légshályagjai levegővel telve nyitva tudjanak maradni. Normális esetben a tüdők - zsírokból és fehérjékből álló - felületaktív anyagot, más néven surfactantot termelnek. A felületaktív anyag amely a légshályagok belső felszínét béleli, a felület vízzel való nedvesedését befolyásolja. Csökkenti a felületi feszültséget, azért a felület jobban nedvesedik. Azáltal, hogy csökkenti a felületi feszültséget, lehetővé teszi, hogy a légshályagocskák (alveolusok) a teljes légzési ciklus alatt nyitva maradjanak. A felületaktív anyag általában a 34. terhességi héttől termelődik olyan mennyiségben, hogy megszületéskor az újszülöttnak nagy valószínűséggel nem lesz légzési zavara.

Tekintsd meg az ábrákat, majd oldd meg a feladatokat!



6. Az ábrák alapján hogyan szabályozza a felületi feszültséget a surfactant eloszlása a kilégzés és belégzés során? (3 pont)

- A. a felületi feszültség közel egyenesen arányos a koncentrációjukkal
- B. a felületi feszültség közel fordítottan arányos a koncentrációjukkal
- C. kilégzéskor egymáshoz közelednek, belégzéskor egymástól távolodnak a surfactant molekulák
- D. kilégzéskor egymástól távolodnak, belégzéskor egymáshoz közelednek a surfactant molekulák
- E. kilégzés közben csökken a felületi feszültség

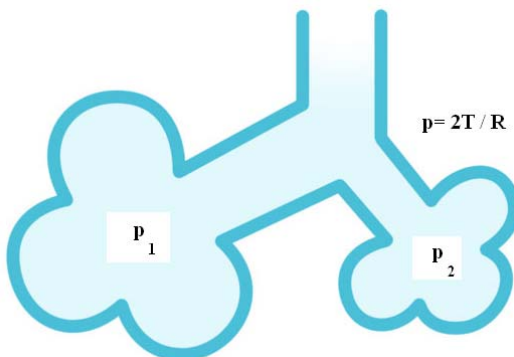


**7. Az ábrákat és Laplace-törvényét felhasználva támaszd alá a 6. feladatra adott megoldásodat!**

Laplace törvény:  $p = 2T / R$ , ahol  $p$  az üreg falát feszítő nyomás,  $T$  felületi feszültség,  $R$  lég-hólyagocska sugara. Az ábrán a  $p_1$  a nagyobb térfogatú, míg  $p_2$  a kisebb térfogatú lég-hólyagocska falát feszítő nyomás. Segítségül még az alábbi törtet is láthatod, amelyeknek a megfelelő felhasználása segíthet a megoldásban:

$$4 = \frac{32}{8}$$

$$8 = \frac{16}{2}$$

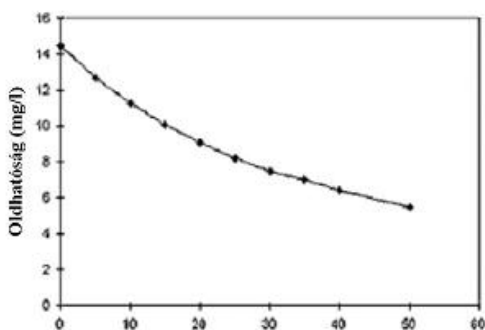


A vízben oldható oxigén mennyiségét alapvetően három tényező határozza meg: a víz hőmérséklete, sótartalma illetve az oxigén parciális nyomása.

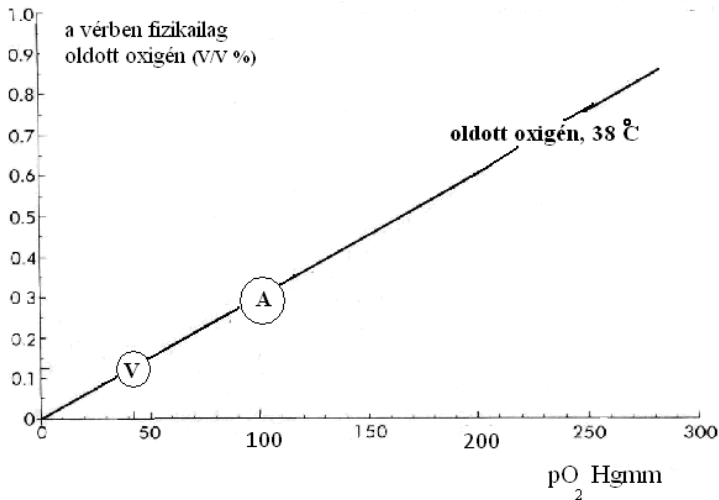
**Szövegkiegészítés**

**A „nő” és a „csökken” szavakat kell értelemszerűen beírnod a pontozott helyekre!**

Az oldható oxigén mennyisége... **8**... a hőmérséklet csökkenésével (a hideg víz több oxigént képes felvenni). Az oldható oxigén mennyisége... **9**... a víz sótartalmának csökkenésével (az édesvíz több oxigént képes feloldani, mint a tengervíz). Az oldható oxigén mennyisége... **10**... a légköri nyomás csökkenésével (a víz által felvett oxigén mennyisége kisebb nagyobb tengerszint feletti magasságon). A grafikon az oxigén-oldhatóságot szemlélteti a... **11**... függvényében.



Az oxigén vízben való fizikai oldhatósága légköri nyomáson olyan kicsi, hogy az emberi légzőszerv által megfelelő mennyiségű oxigént onnan nem tud felvenni a keringési rendszerébe. Az alábbi ábra az oxigén vérben való fizikai oldhatóságát mutatja be az oxigén parciális nyomásának a függvényében. Az „A” betű az artériás, a „V” betű a vénás vér adott nyomásértéken lévő vérgáz értékeit jelöli.



Forrás: [http://www.pharmacology2000.com/physics/Chemistry\\_Physics/physics21.htm](http://www.pharmacology2000.com/physics/Chemistry_Physics/physics21.htm)

**12. Magyarázd meg, miért pont 100 Hgmm-es értékre adtuk meg az artériás vérben az oxigén fizikai oldhatóságát!**

**13. Hgmm-ként mennyivel nő tehát az oxigén-fizikai oldhatósága?**

A teljes telítettség mellett minden gramm hemoglobin 1,34 ml O<sub>2</sub>-tartalmaz. A hemoglobin koncentráció normálisan 150 g/l érték körül van jelen a vérben.

**14. Hányszorosára növeli a hemoglobin jelenléte a vér oxigénszállító kapacitását?**

**15. A legkisebb O<sub>2</sub> koncentráció, mely szükséges a vízi élethez kb. 0,13 mM (4,2 mg/l). Ha a tó 20 °C-os, teljesül ez a feltétel? ( $K(\text{O}_2, 20\text{ °C}) = 1,3\text{ mM}/101\text{ kPa}$  (vagyis 101 kPa parciális nyomás mellett 1,3 mM koncentráció mérhető).**

Az említett okok miatt olyan folyadékot kellett keresni a kutatóknak, amelyben az oxigén oldhatósága az adott nyomásértéken nagyobb. Az elképzelés a '60-as évek közepére vezethető vissza, amikor dr. Kylstra fiziológusnak szembe ötlött a tény, hogy a sóoldatok telítődni tudnak oxigénnel megfelelő nyomáson. Egerekkel kísérletezett, sóoldatot lélegeztetett velük, de arra jutott, hogy a keverékben igen hamar felgyülemlik egy gáz, ami nagyobb mennyiségben mérgezést okoz.

**16. Melyik gázra gondolt Kylstra? (Válaszod indokold!)**

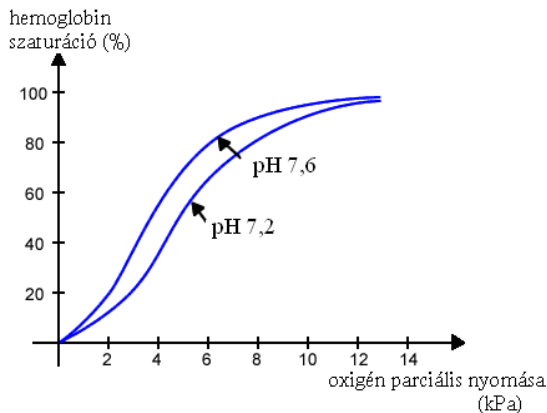
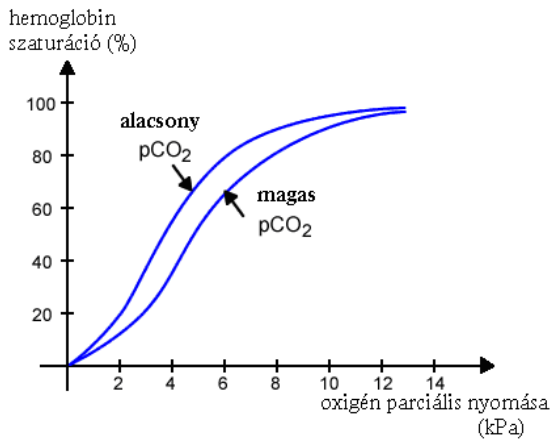
Későbbi kísérletezései során, 1969-ben, Leland Clark rájött arra, hogy az oxigén és a már említett felgyülemelő, mérgező gáz nagyon jól oldódik fluorokarbon oldatokban, mint például a freon. Feltételezván, hogy ez az anyag a tüdőre nincs káros hatással, Clark rájött arra, hogy ezek a fluorokarbon oldatok segíteni tudják az állatok légzését. A **folyadék-légzés** tehát a légzés egy olyan formája, melyben egy levegőt lélegző élőlény oxigénben gazdag folyadékot (általában perfluorkarbondot, rövidítve PFC-t) lélegzik be. Orvosi kezelésben alkalmazzák, jövőben szerepe lehet a búvárokodásban, esetleg az űrutazásoknál is. Az újszülöttek, ha nem képesek elég surfactant termelni, tüdejük nem lesz képes elvégezni a légzést.

A surfactant bevonja az alveolusok felületét, felületi feszültséget keltve, mely kulcsszerepet játszik a tüdő rugalmasságának fenntartásában. 13 újszülöttet vizsgáltak, akikben a surfactant mennyisége nem volt elegendő a légzés fenntartásához. Folyadékterápiát alkalmaztak, melyben PFC oldatot juttattak tüdejükbe. Ezt 24-76 órán keresztül végezték, majd probléma felmerülése nélkül tudtak visszaállni a gázlégzésre (ahogy ez születéskor is végbemegy, hiszen a magzat tüdeje folyadékkal telt). 11 újszülöttben javultak a légzésfunkciók, később viszont 6 mégis meghalt, de ez nem volt összefüggésben a folyadékterápiával.

Leach, C. L. *et al.*, Partial Liquid Ventilation with Perflubron in Premature Infants with Severe Respiratory Distress Syndrome, *New England Journal of Medicine*, 1996 335, 11, 761–767

#### IV.C. Szaturációs grafikonok

Tekintsd meg az ábrákat, majd oldd meg a feladatokat!



**Dönts el a fenti ábrára vonatkozó állítás igazságtartamát! Válaszol minden esetben indokold!**

**17. CO<sub>2</sub> jelenléte a Hgb O<sub>2</sub> szaturációját csökkenti.**

**18. Az alacsonyabb pH „balra tolja” a görbét\***

\*A görbe emelkedő szakasza toódik csak balra, nem az egész.

19. A grafikonon szemléltetett hatás 100 Hgmm (13,33 kPa)  $pO_2$  mellett kevésbé fontos, 80 Hgmm (10,66 kPa) alatt azonban jelentős.

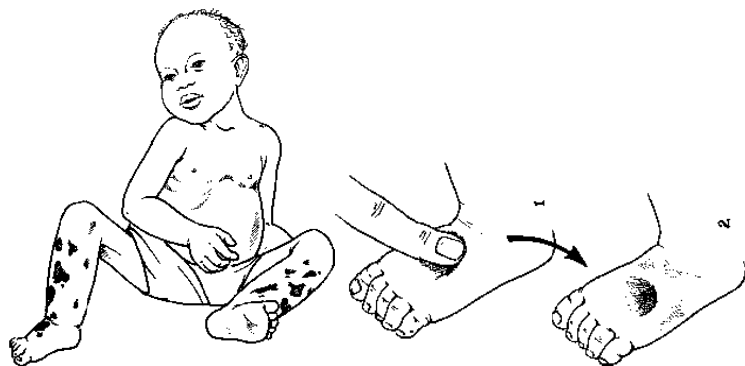
20. A kapillárisokban a savasodás miatt kevesebb  $O_2$  szabadul fel, mint a vér normál pH-ján.

21. A 7,2-ről 7,6-re növekvő pH miatt a hemoglobin hány százalékkal több  $O_2$ -t felvenni a tüdőben? Válaszod indokold!

## V. Az ozmózis jelensége

### V.1. Kwashiorkor-kór

A kwashiorkor-kór, a kalória- és fehérjehiány valamint az alultápláltság legveszélyesebb formája. Elsősorban csecsemőkben és kisgyerekekben alakul ki, és rendkívül negatív hatása van a fejlődésükre. Jellemzően az anyatejtől történő elválasztást követően az egyoldalú szénhidrátalapú táplálkozások következtében fejlődik ki. A fehérjehiány jellegzetes tünetei a vérben hipoproteinémia (főleg albumin), ami testszerte vizenyőt (*ödéma*) és a hasvízkórt (*ascites*) okoz.



Ha különböző koncentrációjú oldatokat egymás fölé rétegzünk, akkor a két oldat a molekulák hőmozgása következtében egy idő után egyenletesen elkeveredik (**diffúzió**).

A diffúziós folyamat lefutását elsősorban a koncentrációkülönbség, a hőmérséklet és a nyomás határozza meg.

### Hogyan függ a diffúzió sebessége...

1. a koncentrációkülönbségtől?

2. a hőmérséklettől?

3. a nyomástól?

4. A molekulák sebessége szobahőmérsékleten is elég nagy, mégis a diffúzió viszonylag lassú folyamat. Mi lehet ennek az oka? (gázhalmazállapotot feltételezünk).

A. mert az ütközések következtében folyamatosan veszítenek az energiájukból

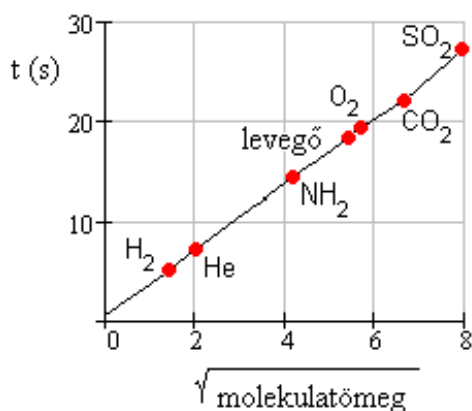
B. mert a molekulák állandó ütközése miatt azok adott irányban csak „zegzugos” pályán haladhatnak

C. mert a közepes szabad úthossz értéke folyamatosan nő.

Graham-törvénye: A különböző anyagi minőségű gázok diffúziósebessége fordítva arányos a molekulatömegük négyzetgyökével.

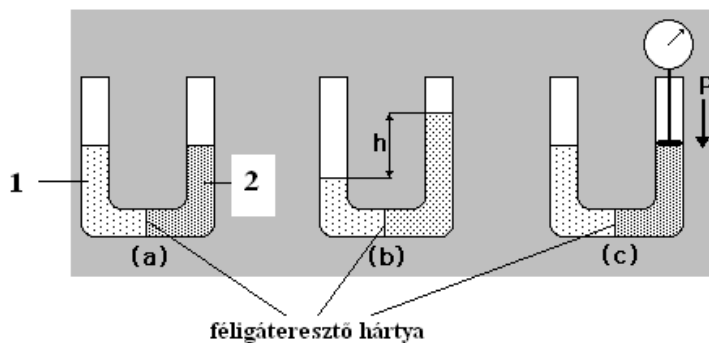
$$\frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1}$$

5. Tekintsd meg az alábbi ábrát, majd magyarázd meg az eddigi ismeretek alapján, hogy milyen összefüggést mutat be!



Effúzió <http://www.chem.tamu.edu/class/majors/tutorialnotefiles/graham.htm>

Ha a két oldatot hártya választja el, akkor a diffúzióban a hártya tulajdonságai is szerepet játszanak. Válasszunk el két különböző koncentrációjú oldatot olyan hártyával, amely csak az oldószer számára átjárható (féláteresztő hártya).



<http://www.sci.sdsu.edu/class/bio202/TFrey/MembraneStructure.html>

6. Az ábra alapján magyarázd meg melyik oldat (1 vagy 2) a töményebb!

7. Mire utal (b) ábra h betűjele?

8. Mire utal a (c) ábra P betűjele?

9. Az alábbiak közül melyik idézi az oldószeráramlását a töményebb oldat felé?

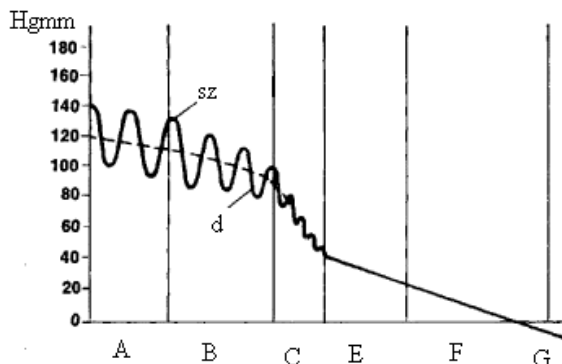
- A. az oldószer gőznyomása
- B. a diffúzió
- C. az oldószer hőmérséklete
- D. az oldott anyag molekulatömege

10. Tegyük fel, hogy az oldószer víz és a hártya egyik oldalán csak oldószer van a másik oldalon az alábbi oldatok. Az alábbiak közül melyiknek a legnagyobb az ozmotikus nyomása?

- A. 10 tömeg %-os glükóz oldat
- B. 10 tömeg %-os ribóz oldat
- C. 10 tömeg %-os szacharóz oldat

A vérnyomás orvosi értelemben a vérnek az erek falára kifejtett nyomása. A vérnyomásméréskor azonban csak a nagy artériák nyomását mérjük. Az artériák kisebb ágakra történő oszlásával a vérnyomás is csökken, a legjelentősebb esés a hajszálerek előtti kis verőerekben (*arteriola*) következik be. A hajszálerek artériás végén a vérnyomás valamivel nagyobb, mint a vénás végén. Ez a nyomáskülönbség eredményezi azt, hogy a hajszálerek artériás végén víz és kismolekulájú anyagok szűrődnek ki a szövet közötti térbe, majd a vénás végén visszaszívódnak. Ez eredményezi a szöveti (*sejtközötti, szövetközötti*) folyadék cserélődését. A vénás végén a visszaszívódás kisebb, mint az artériás végén a kiszűrődés. A felesleget a nyirokérrendszer (nyirokkeringés) vezeti el.

Tekintsd meg az ábrát, majd oldd meg a feladatokat!



12. Az ábra melyik betűjele mutatja az arteriolák szakaszát?

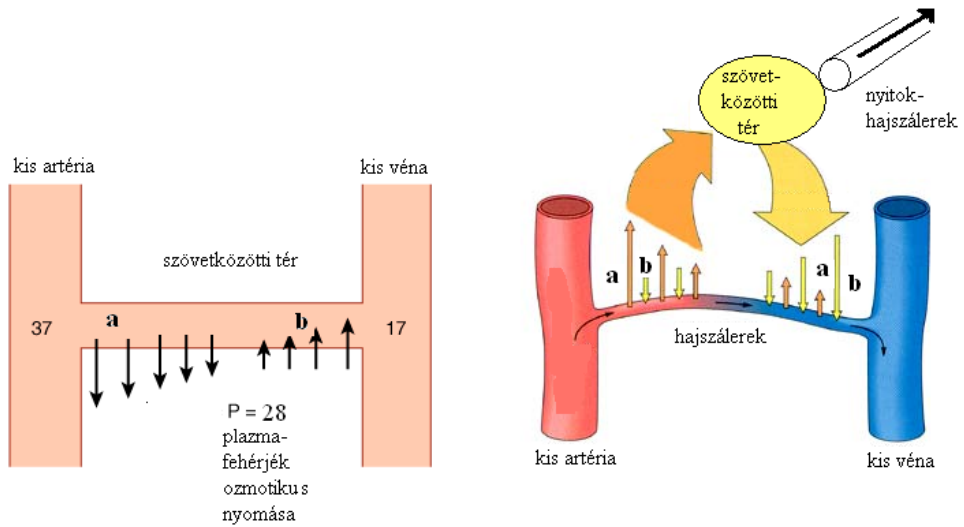
13. Igaz vagy hamis? Válaszodat indokold! A „sz” betű a szív összehúzódásakor, a „d” betű a szív elernyedésekor mért legnagyobb nyomásértékeket mutatja a szívben.

14. Érdekes a görbe lefutásában a G-betűvel jelzett szakasz. A keringési rendszer melyik szakaszát mutatja? Magyarázd meg az ekkor fennálló nyomásviszonyok jelentőségét!

15. Az ábra melyik betűjele mutatja a hajszálerek szakaszát?

16. Mire utal, hogy a C szakasz után megszűnik a görbe hullámos jellege?

Az ábra a hajszálerek és a sejtek közötti tér áramlási viszonyait mutatja be.



17. A két ábrát összevetve mire utalnak a kisbetűk (a és b) ?

- A. Az **a** az ozmózisnyomást, a **b** vérnyomást mutatja
- B. A **b** a lehetséges folyadékmozgások irányát, az a folyadékmozgások eredő irányát mutatja
- C. Az **a** és a **b** is a hidrosztatikai nyomást mutatja

Az **ödéma** (más néven *vizenyő* vagy *vízkeletkezés*) a kapillárisok és szövetek közötti folyadékcseré folyamatának zavarából adódó fokozott folyadék-felhalmozódás a szövetekben.

18. Az alábbi folyamatok mindegyike eredményezheti az ödéma kialakulását. Feladatod az, hogy a megfelelő igét ird a jelenségek után.

- A. ha az erek átteresztőképessége.....
- B. ha nő az artériás vérnyomás értéke.....
- C. a surfactant.....

A Lymphaticus filariasis – másnéven elefantiázis – drámai hatású fotókról talán ismert lehet: a képeken hatalmasra dagadt karok és lábak jelzik a betegséget. A kórt paraziták férgek okozzák, melyek elzárják a nyirokereket.



19. A rajzolt ábrák és a szöveg felhasználásával magyarázza meg az elefántiázis látható tünetét!

Tekints meg az alábbi táblázatot, majd válaszolj a kérdésre!

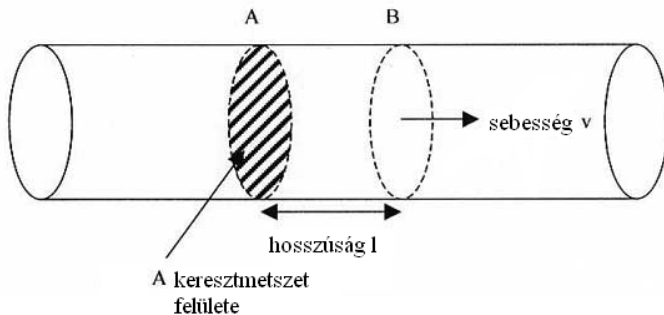
fehérje	g/l	p (Hgmm)	%	Kwashiorkor (g/l)
albumin	45	21,8	kb. 80	15
globulin	25	6	kb. 20	25
fibrinogén	3	0,2	0	3
összesen	73	28	100	43

20.

Melyik fehérjekomponens az egyik fő oka a kwashiorkor-kór tüneteinek kialakulásában, miért?

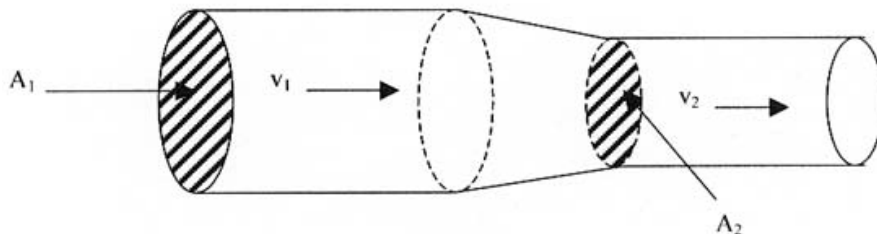
## V.2. Érelmeszesedés, aneurizma és társai

A továbbiakban arra keressük a választ miért a prekapilláris erek (közvetlen a hajszálerek előtti érszakasz), a kis artériák és az **arteriolák** területén legnagyobb a vérnyomásesés. Ha egy rendszerben áramlásról beszélünk, különbséget kell tennünk az áramlás sebessége ( $v$ ) és az áramlás intenzitása ( $Q$ ) között. Az áramlás sebessége a folyadék időegység alatti elmozdulása (cm/s), az intenzitás az időegység alatt továbbított folyadék mennyisége (cm<sup>3</sup>/s).



1. A leírtak alapján milyen összefüggés áll fenn  $Q$ ,  $A$  ( a keresztmetszet felülete) és hosszúság ( $l$ ) között?

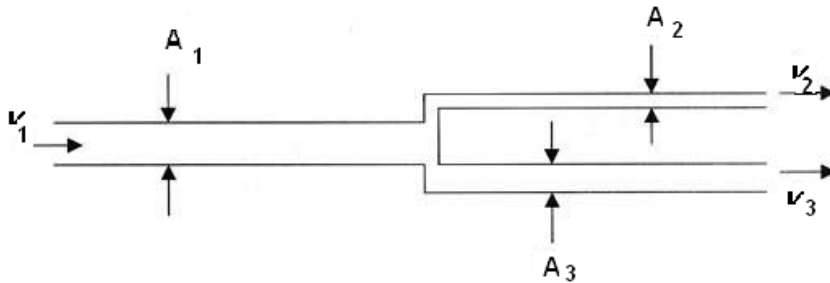
A fennáll a következő összefüggés is:  $Q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$



2. Írd le saját szavaiddal az egyenletben foglaltakat úgy, hogy az ábra jellemzőit is figyelembe veszed!



3-4. Mindezek alapján hol (melyik érszakaszban) a leglassúbb a véráramlás sebessége az emberben, miért?



<http://www.itacanet.org/eng/water/Section%201%20Water%20systems%20general/fluid/page5.htm>

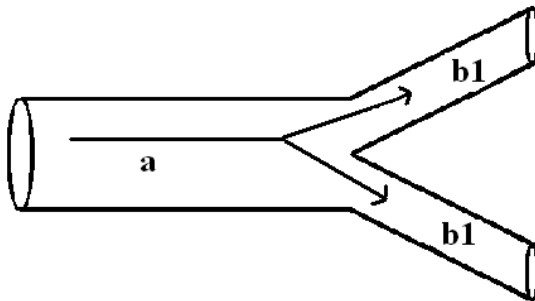
$$A_1 v_1 = A_2 v_2 + A_3 v_3$$

5. Írd le saját szavaiddal az egyenletben foglaltakat úgy, hogy az ábra jellemzőit is figyelembe vedd!

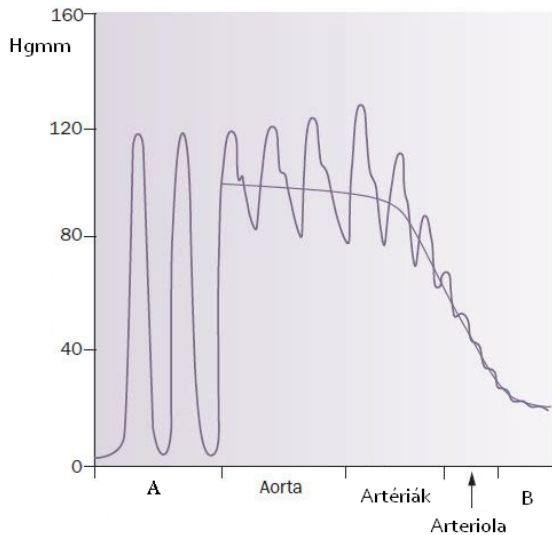
**Tekintsd meg az alábbi két ábrát, majd oldd meg a feladatokat!**

A Hagen–Poiseuille-törvény\*: összenyomhatatlan, sűrűlő folyadék, stacionárius áramlásakor, kör keresztmetszetű csőben (sugara:  $r$ , hossza:  $l$ ) az intenzitás ( $Q=V/t$ ) a nyomástól ( $p$ ) a következő összefüggés szerint függ:

\*A törvény egzaktul csak newtoni folyadékok stacionárius és lamináris áramlására vonatkozik. A vér ugyan nem-newtoni folyadék és a szívhez közeli erekben az áramlás sem stacionárius, a Hagen—Poiseuille-törvény közelítésként mégis alkalmazható a vérkeringésre.



$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8 \eta l}$$



### Szövegkiegészítés

A... 6... vérkörben a vérnyomás fiziológiás nyugalmi értéke közelítőleg  $p_1 = \dots 7\dots$  Hgmm, ez a különbség az aorta középnyomása és a... 8..... pitvar középnyomása ( $p_2 = 0$  Hgmm) között. Az érrendszer két „vége” között mérhető nyomáskülönbség ( $\Delta P = p_1 - p_2$ ), tehát az a szív által generált erő, amely hajtja a vért az érrendszeren, helyesebben a nagyvérkörön keresztül. A kisebb artériák elágaznak arteriolákká az így létrejövő együttes keresztmetszeti felület mintegy 20–30 %-kal nő az elágazás után.. A Hagen–Poiseuille-törvény értelmében az R áramlási ellenállás... 9... arányos a vér viszkozitásával ( $\eta$ ) valamint az ér hosszával ( $l$ ) és... 10... arányos az ér sugarának ( $r$ ) negyedik hatványával. Mivel az elágazódások száma a prekapilláris erek területén igen... 11....., nyilvánvaló, hogy e szakaszon a perifériás ellenállás meredeken... 12....., ezért e viszonylag rövid szakaszon a kapillárisok kezdetéig az artériás középnyomás... 13... Hgmm-ről... 14... Hgmm körüli értékre csökken.

### Egészítsd ki a mondatot!

15. Ha a cső sugara csökken, változatlan áramlás-erősség fenntartásához.... $\Delta p$  kell.

*Mennyiben hasonlít, és miben különbözik a Hagen–Poiseuille-törvény Ohm törvényétől?  
Írj legalább egy-egy megoldást!*

16. Hasonlít:

17. Különbözik:

A Hagen-Poiseuille-egyenlet segítségével bizonyítható, hogy hány százalékos keresztmetszeti felületnövekedés kellene ahhoz, hogy az elágazódások hatására ne növekedjék az áramlási ellenállás.

**18. Számítsd ki a felületnövekedés mértékét! Használhatod a függvénytáblázatot is!**

**19. Az  $r$  változtatásával nagyon hatékonyan szabályozható az áramlás az erekben.pl.: ha egy cső sugarát felére csökkentjük, akkor hogyan változik az anyagtranszport sebessége?**

- A. négyszeresére nő
- B. tizenhatodára csökken
- C. negyedére csökken

**20. Melyik betegség kialakulását segíti elő ezek alapján az érfal szűkülése?**

- A. magas vérnyomás (hipertónia)
- B. vérszegénység (anémia)
- C. érlemeszesedés (ateroszklerózis)

Az aneurizmák az ér falának valamennyi rétegét érintő tágulatai. A Laplace törvény értelmében az erekben uralkodó nyomás és az erek átmérőjének növekedése (úgy, mint hipertrofiája) az erek falának fokozódó feszülését eredményezi. (Az érfalon kívüli nyomás elhanyagolható értékű.)

**A Laplace törvény szerint a fal feszülés = nyomás x belső sugár / falvastagság.**

( $T = P \cdot r / h$ , ahol P a transmuralis nyomás a falon keresztül ható összes nyomás belső és külső nyomások különbsége, r az ér sugara, h az ér falvastagsága.)

*Így, ha egy értágulat átmérője kétszeresére nő, akkor a falnyomás... 21... lesz. A fal vastagsága...22...A Laplace-törvény értelmében a repedésre való hajlam négyzetesen változik, így ...23...*

**21.**

- A. kétszer nagyobb
- B. négyszer nagyobb
- C. fele akkora
- D. negyed akkora

**22.**

- A. kétszer nagyobb lesz
- B. négyszer nagyobb lesz
- C. fele akkora lesz
- D. negyed akkora lesz.

**23.**

- A. négyszeresére nő
- B. negyedére csökken
- C. nyolcszorosára nő
- D. nyolcadára csökken

Ezek alapján talán már érhető a kóros értágulatok, aneurizmák megrepedésének fokozott veszélye.

A fal feszülés növekedésének irányába hat		Ereink élettani jellemzői	
<i>Nagy vagy kis?</i>		<i>Nagy vagy kis?</i>	
24.	transzmuralis nyomás	... 27... transmuralis nyomás	véna
25.	sugár	...28...sugár	hajszálér
26.	falvastagság	...29...falvastagság	artéria

Az aneurizma kialakulásainak okait vizsgáló törvények közül meg kell említenünk Bernoulli törvényét is. Bernoulli törvényében a mechanikai energia-megmaradás törvénye érvényesül:  
 $p + \rho \cdot g \cdot h + 0,5 \cdot \rho \cdot v^2 = \text{konst.}$   $p$  =sztatikai nyomás,  $\rho \cdot g \cdot h$  =hidrosztatikai nyomás,  $0,5 \cdot \rho \cdot v^2$  =dinamikai nyomás. Következmény: Az értágulatnál a kontinuitási egyenletet alapul véve ... (30).....a sebesség ott a sztatikus nyomás..... 31.....

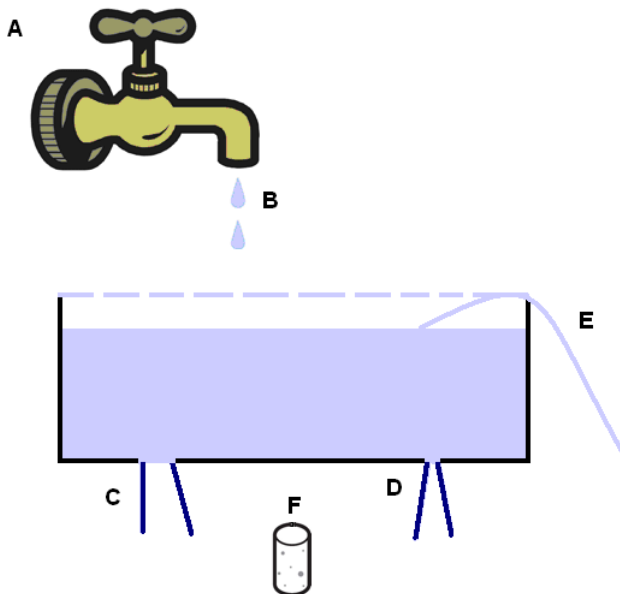
## VI. A fenilketonúria modellezése

A fenilketonúria (PKU) recesszív módon öröklődő enzimhiányon, egészen pontosan a fenilalanin-hidroxiláz nevű enzim hiányán alapuló betegség. Az enzimhiányért felelős hibás gént a 12. kromoszóma hosszú karján lokalizálták. A fenilalanin az esszenciális aminosavak közé tartozik. A betegség a vérben és vizeletben felszaporodó aminosavról, a fenilalaninról ismerhető fel, amelyet újszülött korban, vérminta (Guthrie - teszt) útján vizsgálnak. A fenilalanin mennyiség nagyobb részét az egészséges szervezet májában termelődő fenilalanin-hidroxiláz enzime egy másik aminosavvá, tirozinná alakítja, mely utóbbi aminosav a melanin nevű festékanyag és az adrenalin hormonnak is előanyaga. A szervezetnek ezek előállításához szüksége van a fenilalaninból képződött tirozinra is. A fenilalanin többi része beépül fehérjéinkbe.

A fenilketonúria (PKU) betegségben szenvedőknél hiányzik, vagy nem működik a fenilalanin-hidroxiláz enzim. Ennek hiányában a fenilalanin hidroxileződés helyett lassú transzaminálódáson megy keresztül, aminek a terméke a fenilpiroszólósav, amely vagy a jellegzetes illatú fenilacettsavvá dekarboxileződik vagy feniltejsavvá redukálódik. Ezek a termékek bizonyos koncentrációban súlyosan károsítják a fejlődő agyat.

A PKU-ra diagnosztizált emberek fenilalanin diátán élnek, figyelni kell a fenilalanin-forrást jelentő anyagokra (például Aspartam/Nutra Sweet).

*Az alábbi ábra betegség kialakulásához vezető folyamatot modellezi. Adott egy kád, a kádba a csapból befolyó víz, a kád két nyílása és egy dugó.*



**Melyik betű felel meg a modellben a következőknek?**

1. fenilalanin-hidroxiláz enzim hiánya.....
2. hús, tojás.....
3. fenilalanin mennyiség a vizeletben.....
4. fenilalanin mennyiség a vérben.....
5. tirozin.....
6. fehérjéink.....

A **fenilketonúria** egy öröklődő anyagcserezavar. A recesszív allél gyakorisága Magyarországon 0,01.

**7. Magyarországon átlagosan minden hányadik ember hordozója a hibás génnek?**

- A. 50.
- B. 100.
- C. 1000.
- D. 200.
- E. 500.

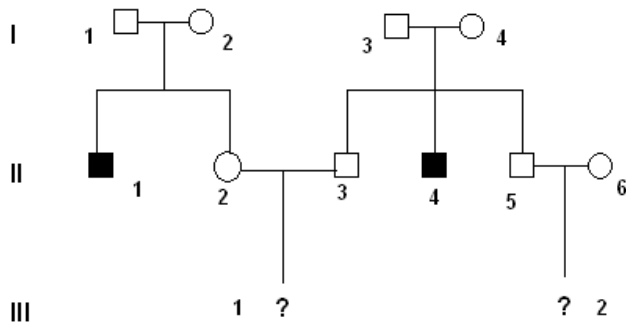
**8. Magyarországon átlagosan minden hányadik egészséges párnak van esélye beteg gyermeket nemzeni? (A mutációtól eltekintünk.)**

- A. 200.
- B. 400.
- C. 39000.
- D. 2500.
- E. 10000.

**9. Magyarországon ennek tekintetében hozzávetőlegesen minden hányadik szülésre jut egy fenilketonúriás csecsemő?**

- A. 200.
- B. 100.
- C. 10000.
- D. 2500.
- E. 100000.

**Családfaelemzés (pedigré)**



**10. Melyek 100 % heterozigóták az alábbiak közül erre a tulajdonságra nézve? A mutációtól eltekintünk.**

- A. I/1
- B. I/3
- C. II/4
- D. II/3
- E. II/1

11. Milyen valószínűséggel homozigóta a II/2?

- A. 0,25
- B. kb. 0,33
- C. 0,5
- D. 1
- E. 0

12. Milyen valószínűséggel heterozigóta a II/6

- A. pontosan 0,0198
- B. pontosan 0,66
- C. 0,5
- D. kb. 0,66
- E. kb.0,0198

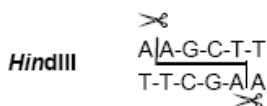
13. Milyen valószínűséggel születik beteg gyermeke a II/2 és II/3 házaspárnak?

14. Milyen valószínűséggel születik beteg gyermeke a II/5 és a II/6 házaspárnak?

15. Hányszor nagyobb a valószínűsége annak, hogy a II/5 és a II/6 házaspárnak beteg gyermeke születik, minthogy beteg fia vagy lánya?

### Géndiagnosztika

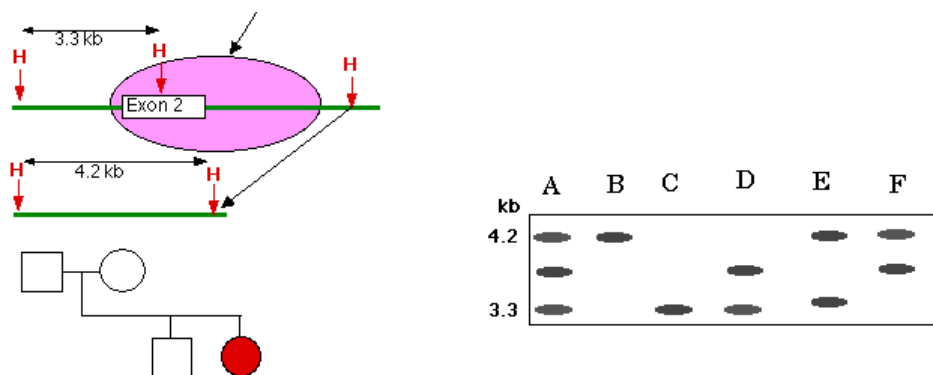
Vannak DNS hasító enzimek (endonukleázok), amelyek a kettős szálú DNS-t bizonyos nukleotidsorrendnél felismerik és a felismert részben a két-két nukleotid közötti foszfo-diészter kötést széthasítják. A különböző endonukleázok más-más, 5-10 bázispárból álló szakasz nukleotidsorrendjét (szekvenciáját) ismerik fel a hosszú DNS láncban. Jelenleg több száz különböző szekvenciák mentén hasító enzim áll a genetikusok rendelkezésére. Ezek közül mutatunk be egyet. A restriktációs enzim neve annak a baktériumnak a nevéből ered, amelyikből izolálták. A HindIII például a *Haemophilus influenzae*-ből harmadikként izolált restriktációs enzim.



A DNS hasító enzimekkel kisebb-nagyobb szakaszokat vághatunk ki a hosszú DNS láncból, attól függően hány hasonló sorrendű szakasz található a DNS láncban. A kihalított DNS szakaszokat lúgos oldatba helyezett gélhálóba juttatjuk, ahol a különböző hosszúságú szakaszok az elektromos erőterben különböző sebességgel haladnak (futtatás). A feszültség kikapcsolása után a különböző méretű szakaszok különböző távolságra állnak meg a kiindulási (start) helytől. A szakaszok ezután megfesthetőek, láthatóvá válnak (kromatográfia).

Miután az emberi fehérvérsejt sejtmagi DNS-ének 4200 bázispár (bp) hosszúságú szakaszát un. Polimeráz láncreakcióval (PCR) megsokszoroztuk, így egyetlen sejtből nagymennyiségű DNS szakaszhoz jutottunk. Tegyük fel, hogy ez az 4200 bp hosszúságú szakasz a fenilalanin-hidroxiláz (PAH) enzimfehérjéjét kódoló gén bázissorrendjét tartalmazza.

Három testvértől vett vérmintát elemzünk úgy, hogy kinyertük és megsokszoroztuk a sejtjeikből kivett 4200 bp hosszúságú DNS szakaszt, majd a HindIII-at hozzátesszük mindegyik mintához, és géltre visszük a megemésztett DNS mintákat, majd megfuttatjuk. A baloldali ábra azt mutatja, hogy a PAH gén 2.exonjában mutációt (deléció) azonosítottak, a mutáció miatt az enzim nem működőképes. A H betű a HindIII hasító helyekre mutat. A jobboldali gélkép a családfán bemutatott személyek vérmintáiból vett DNS analízis eredményét mutatja a HindIII-mal kezelt PAH génjére vonatkozóan.



<http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/P/Phenylketonuria.html>

**16. Milyen töltésű a DNS a futtató elegyben? Miért?**

Az egyes gél-képek közül melyik...

17. az apáé?

18. az anyáé?

19. a fiúké?

20. a lányoké?

**21. Ki fenilketonúriás a családban?**

**22. Ki a hordozó?**

## Megoldások-minták, példák, rövid magyarázatok

### Nyomásviszonyok vízben, földön, levegőben és az űrben

1. D, a nyomás mértékegysége a *pascal*; jele: **Pa**, és  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$
2.  $1000 \text{ Pa} = 7,5 \text{ Hgmm}$
3. C, ugyanannyi, a belégzés vége a kilégzés eleje (lásd nyomásgörbék belégzés és kilégzés alatt a tüdőben)
4. A, mert a bal kamra majdnem az egész test felé nyomja a vért, a nagyobb perifériás ellenállás irányába
5. csökkenti
6. C, mert a nyomáskülönbségeken kívül az is fontos mennyire könnyen jut át a membránokon (membránfelszín, membránvastagság) az adott gáz (ezt nevezik diffúziós kapacitásnak is). A szén-dioxidra vonatkozó transzportsebesség nagyobb. Megjegyzés: önmagában a B is igaz
7. C betűvel jelölt részletnek
8.  $4 \text{ O}_2$ . Mérések szerint azonban csak ritkán kötődik oxigén mind a négy helyre. Gyakran csak három oxigén molekula található átlagosan egy hemoglobinban.
9. A hemoglobin nem vasat, hanem vasiont tartalmaz ( $\text{Fe}^{2+}$ ).
10. Például  $13,5 \text{ kPa}$  oxigén parciális nyomásnál  $100\%$  a telítettség, tehát a nyomás növelésével nem nő a telítettség. Vagy:  $2-7 \text{ kPa}$  oxigén parciális nyomásnál nagyobb a telítődés, mint  $8-13 \text{ kPa}$  oxigén parciális nyomás között.
11. Igaz, ha balra tolódik, akkor a hemoglobin könnyebben veszi fel az oxigént, de nehezebben adja le a szöveteknek.
12. A telítettség alacsonyabb oxigén parciális nyomásnál kisebb, de még  $5,3 \text{ kPa}$  oxigén parciális nyomásnál is  $75\%$ -os, míg a  $13,3 \text{ kPa}$  oxigén parciális nyomásnál csaknem  $100\%$ -os.
13. Közismert a tengerszint feletti magasság módosító hatása: nagyobb magasságokban, ahol a levegőben kevesebb az oxigén, a Hb-szint megnő, hogy a kevesebb oxigént nagyobb szállítóképesség juttathassa el a sejtekhez megakadályozva így azok károsodását.
14. A 13. feladat megoldásához kapcsolódik a dohányosokban tapasztalt magasabb Hb-értékek mérése is. A dohányos ember sejtjei kevesebb oxigénhez jutnak, amit a szervezet az előző példához hasonlóan a transzportkapacitás (vagyis a hemoglobin mennyiségének) növelésével próbál ellensúlyozni.
15. C

$$\rho gh = (30 \text{ m} * 1033 \text{ kg} * \text{m}^{-3} * 9.807 \text{ m} * \text{s}^{-2}) 303918.9 \text{ (kg m s}^{-2}) \text{ m}^{-2}.$$

Ez  $303918.9 \text{ N m}^{-2}$  vagy  $303.9 \text{ kPa}$

$$303.9 \text{ kPa} + 101,3 \text{ kPa} = \underline{\underline{405,2 \text{ kPa}}}$$

16.

A tengerszint feletti magasságban, a léghólyagocskákban a  $\text{CO}_2$  parciális nyomása  $40 \text{ Hgmm}$ , az  $\text{O}_2$  parciális nyomása  $100 \text{ Hgmm}$ . Az alveoláris levegő vízgőznyomása  $47 \text{ Hgmm}$ . Ezek az értékek az 5. feladatból átvethetők.



A felszínen a következő igaz a  $\text{CO}_2$ -ra =  $40/(760-47) = 0.056$  és az  $\text{O}_2$ -re =  $100/(760-47) = 0.1403$ .

Ezért a  $\text{N}_2$ -re a következő igaz =  $1 - (0.056 + 0.1403) = 0.8038$ .

A nitrogén parciális nyomása a tüdő-léghólyagocskákban tehát

$$= 0.8038 \cdot (760 - 47) = 573 \text{ Hgmm.}$$

30 méter mélységben ahol a nyomás értéke  $405,2 \text{ kPa} = 3040 \text{ Hgmm}$

$0,8038 \cdot (3040 - 47) = \underline{\underline{2405,7 \text{ (Hgmm)}}$  a nitrogén parciális nyomása

### Ez négyszeres növekedés

17. B (lásd egyenlet)

18. Ha a nyomás fokozódik, a vérben a gáztörvényeknek megfelelően több levegő oldódik. Természetes körülmények között a vérben a gázok szinte csak kémiaiilag kötött formában vannak jelen, míg ilyenkor lényegesen nagyobb mennyiség található fizikailag oldott állapotban. Amíg a nagy nyomás fennáll, addig a gázok oldott állapotban maradnak a vérben. Ha azonban a nyomás hirtelen csökken (túl gyorsan jön fel a búvár a mélyből vagy ha a magasan szálló repülőgépben a kondenzációs levegő normál nyomása egyszerre lezuhan) a fizikailag oldott gázok ismét felszabadulnak, és a vér buborék formájú levegőhólyagokkal lesz tele. A fizikailag oldott gázok között a nitrogén oldódása a nyomásnak megfelelő értéknél nagyobb, ezért különösen a nitrogén felszabadulása jelentős. Ezt a gázt a szervezet nem tudja hasznosítani. A buborékok a kisebb erek felé haladva elzárják azokat, a keringés ezen a területen megakad, a vér nem tud egyes szerveken átáramolni, így azokban oxigén- és táplálékhiány lép fel. Ez a légembólia jelensége. Az agy és a szív működésének csökkenése halált is okozhat. A betegség súlyossága és kimenetele arányos a légnyomás nagyságával, illetve a légnyomás változás gyorsaságával és mértékével.

19. A. igaz      B. igaz

20. Felírhatjuk a következőt

$$\frac{N_z}{N_0} = e^{-\frac{mgz}{kT}} = e^{-\frac{29 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 9,81 \cdot 10000}{kT}}$$

= **0,28 azaz 28 % azaz 10 km-es magasságban  $1 \text{ cm}^3$  levegőben az eredeti részecskeszám 28 % van már csak jelen.**

Hasonló képlettel számolva ez az érték 168 km-es magasságban számolva

**0,0000361 %, tehát gyakorlatilag 0.**

21.

- a levegő hiánya miatt megfulladhat. A halál legvalószínűbb oka ez utóbbi: a tüdőben levő és a külső nyomás azonnal ki akar egyenlítődni, ezért a levegő

rögtön kiáramlik a tüdőből, majd a vérben kötött oxigén is igyekszik kiválni a tüdőben, hogy ez is kiáramoljon a környezetbe, végül az oxigén nélkül maradt szervek felmondják a szolgálatot, itt már a Hb-szint növelése sem segítene!

- Fagyhalál
- A testnedvei (akár a nyál is) felforrhatnak (elméleti meggondolás, a gyakorlat nem igazolta)

## II. Légzésünk problémái

1. A rekeszizomnak
2. C, mert a mellkason áthatoló (szúrás, lövés, nyársalás) erőbehatás sérülést okozhat a mellhártyalemezekben és ekkor kialakulhat a légmell.
3. Nem vagy alig mozog. Ha a gumihártyát lefelé húzzuk a térfogat nő az üvegben, a nyomás csökken, csak a tüdővel összekötő csövön keresztül tud beáramolni levegő, ez tüdőbe jut addig, míg a nyomás ki nem egyenlítődik. Ha az A cső nyitva van itt is beáramlik levegő és gyorsan kiegyenlítődik a nyomás, gyakorlatilag olyan gyorsan, hogy elmarad a nyomáscsökkenés a tüdő körül, így nincs is szívóerő.
4. B (feltételezzük a modellt olyan használatát, amely időben is modellezi a légzési folyamatot)
5. E, mert a gumihártya lefelé mozgatásával lecsökken a nyomás, de nem tud kiegyenlítődni, mert az A cső zárt
6. BCE
7. Látható, hogy a kisebb átmérőjű lég hólyagocskában ugyanakkora felületi feszültség esetén nagyobb lenne a nyomás, mint a nagyobb sugarúban ezért a kisebb lég hólyagocskák felfújna a nagyobbakat, így a tüdő összfelülete csökkenne. Vagy: a kilégzés folyamán, ha a lég hólyagocskák méretének csökkenésekor a felületi feszültségek nem csökkennének, akkor összeesnének
8. nő
9. nő
10. csökken
11. hőmérséklet
12. mert ekkora élettanilag a tengerszinten lévő légköri nyomáson a maximális parciális nyomása a tüdő-lég hólyagocskákban
13. 0,003 ml/dl
14. 1000 ml vér 201 ml ( $150 \cdot 1,34$ ) ez 201/3 azaz **67-szeresére növeli meg**

## Tanároknak

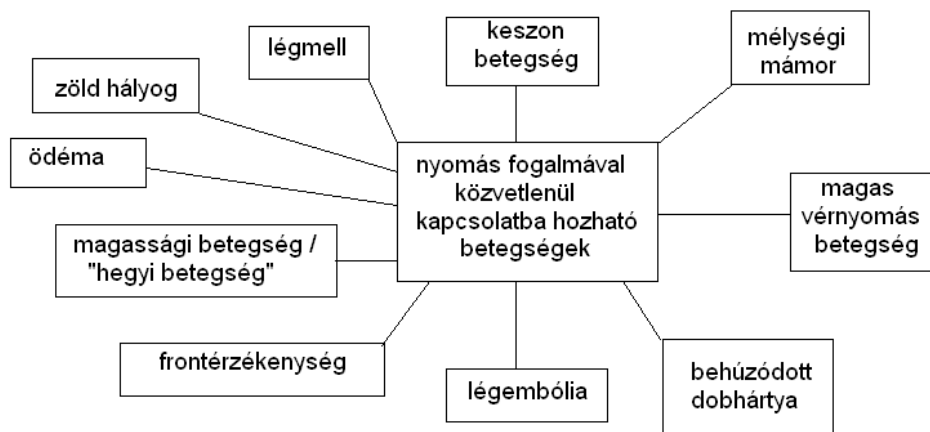
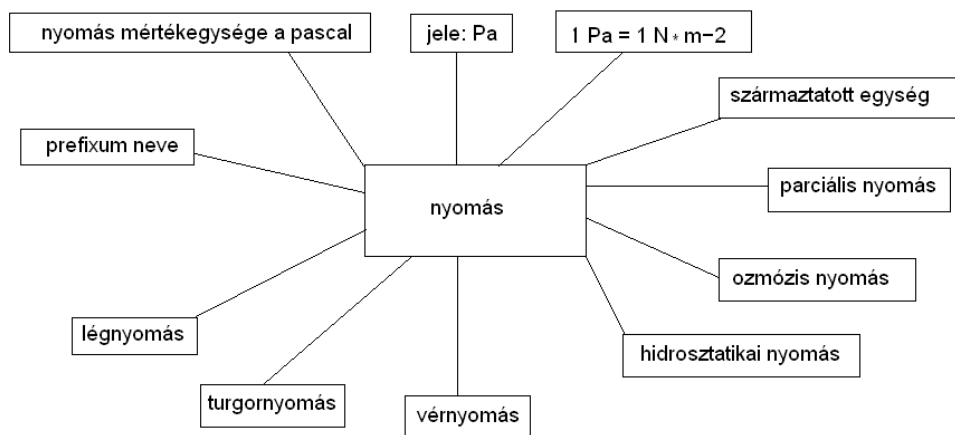
Pedagógusok, diákok és szülők által is gyakran hangoztatott vélemény, hogy az egyébként igen magas színvonalú természettudományos tananyag gyakran túl absztrakt, a gyerekek számára nehezen érthető, a gyakorlathoz, a mindennapokhoz nehezen kapcsolható. A diákok sokszor csak nagy nehézségek árán tudják megtanulni, memorizálni a különböző definíciókat, formulákat, szabályokat. Az a tény pedig, hogy csak megtanultak, de nem értettek meg bizonyos anyagrészeket, általában nem derül ki, hiszen az iskolai rutin-feladatokban jól visszaadják a megtanult ismereteket. A tanulók többsége azonban elbizonytalanodik, amikor az iskolában tanultakat hétköznapi jelenségek magyarázatához kellene felhasználnia (*Csapó és B. Németh, 1995*). Ekkor inkább a hétköznapi tapasztalatokon alapuló, gyakran hibás, a tudományos nézeteknek ellentmondó ismereteiket használják az iskolában szerzett tudásuk helyett. Ez azt jelzi, hogy a gyerekekben elkülönül és csak ritkán találkozik egymással az iskolai és a hétköznapi tudás. Mi lehet e tapasztalatok hátterében? Túl egyszerű lenne a problémát azzal elintézni, hogy a tananyag túlságosan elvont, a gyerekektől távol áll vagy nem felel meg képességeiknek. E sokat hangoztatott és kétség kívül nem alaptalan érvek mellett még egyéb tényezők is fontosak lehetnek.

A tanulás során, amikor az egyén új ismereteket szerez, az új fogalmakat be kell építenie a fogalmi hálójába. Egy új fogalom megtanulásakor azonban nem feltétlenül jön létre a megfelelő reprezentáció, a megértés. A megértéséhez ugyanis a tanulónak rendelkeznie kell az előfeltétel-tudással (*prior knowledge*), azaz ismeretrendszerében léteznie kell a megfelelő **fogalmi hálónak**, amelybe be tudja illeszteni az adott fogalmat. A tanulónak aktivizálnia kell ezt a fogalmi struktúrát és fel kell fedeznie az összefüggéseket a már ismert fogalmak és az új fogalom között. Ha mindez nem történik meg, akkor az új fogalom nem tud beépülni a fogalmi rendszerbe, elszigetelt marad, nem válik hozzáférhetővé, felidézhetővé. Ez az elméleti háttér kiindulópont lehet a tévképzetek kialakulásának felderítéséhez.

Ezért javaslom, hogy egy adott jelenséget vagy fogalmat a lehető legtöbb kapcsolatban értelmezzük! Az alábbiakban a nyomás és a vese illetve a kiválasztás példáján láthatjuk, hogyan kapcsolhatók össze az egyes, a feladatsorokban bemutatott fogalmak, jelenségek.

A fogalmi hálókat követően a kiválasztás című részhez találnak néhány gyakorlati tanácsot, illetve a felkészüléshez használható további forrást.

## Nyomás



## 2. rész: A kiválasztás anatómiai, élettani háttere és egészségügyi vonatkozásai

### *Probléma: Hogyan és mennyiben helyettesíti a művesekezelés a vese funkcióját?*

A szervezet só- víz-, és sav-bázis egyensúlyának fenntartásában illetve a mérgező anyagok eltávolításában létfontosságú vesék működése sok kórfolyamat miatt károsodhat. Ha a vesék működése kritikus szintre csökken, akkor az „orvostudománynak” kell beavatkoznia a páciens életének megmentése érdekében. *A művesekezelés olyan külső beavatkozás, mely a hiányzó vesefunkciót pótolja.* Akut vagy krónikus veseelégtelenség esetén a vese működésének műszeres pótlására van szükség, ami szerencsére egy ideje már megoldható mind rövid, mind hosszú távon.

Az eljárást dialízisnek nevezzük, melynek három formája van: hemodialízis, peritoneális dialízis, hemofiltráció.

*A hemodialízis* művesekészülék segítségével történik. Elve, hogy a beteg vérkeringését a művesekészülékhez csatlakoztatják, amely megtisztítja a vért a salakanyagoktól és mérgeanyagoktól, amely egészséges embereknél a vesék feladata.

*A peritoneális dialízis* során a vér megtisztítása szűrővel, dializáló-ultrafiltrációs membrán segítségével történik. A peritoneális dialízis neve a hashártya latin megfelelőjéből (peritoneum) ered, utalva arra, hogy ezen módszer esetében a hashártya tölti be a szűrő membrán funkcióját.

*A hemofiltráció* alkalmazási területe szűk. Leginkább akkor kerül rá sor, ha rövid idő alatt oldott, szűrhető mérgeanyagokat rövid idő alatt kell a vérből eltávolítani. Membránja nagyobb pórusnagyságú, mint a hemodialízisnél használatos membrán.

A dialíziskezeléseknek köszönhetően a páciensek a vesebetegség végső stádiumában is teljesen önállóak lehetnek, a kezelések akár 15 évvel is meghosszabbíthatják a túlélést, az életminőség jelentős arányú megtartása mellett. **4600 krónikus veseelégtelenségben szenvedő hazai beteget dializálnak napjainkban – túlnyomó többségüket, állapotuk függvényében, hetente háromszor – az országszerte található 53 műveseállomáson.**

Nagy-Britanniában évente több mint hétezer halnak meg veseelégtelenségben, és mintegy 19 ezren szorulnak vesedialízisre. Állandó a donorhiány, így igen fontos a megoldás keresése, jelenleg is 6400-an várnak új vesére. Amerikai kutatóknak sikerült folyamatos működésre képes művesét kifejleszteni, amely a testen hordható, vagy akár be is ültethető a szervezetbe.

Források és ajánlott irodalom:

<http://www.webbeteg.hu>

[http://www.informed.hu/betegsegek/betegsegek\\_reszletesen/urinary/dialysis](http://www.informed.hu/betegsegek/betegsegek_reszletesen/urinary/dialysis)

<http://vitalitas.hu/konyvek/ve/ve2.htm>

## ***Alapok***

Biológiai alapok:

A kiválasztó rendszer anatómiája, élettana. A nefron felépítése és működése. Aktív és passzív transzport folyamatok.

Kémiai alapok:

Oldhatóság, pH, karbamid, húgysav, glükóz, ionok, koncentráció, molekulaméret, molekulatömeg, puffer

Fizikai alapok:

Diffúzió, ellenáramlás elve, hidrosztatikai nyomás, ozmózisnyomás

Matematikai alapok:

Számítások a vese működésével kapcsolatban: GFR, RBF, Clearance-elv

## ***I. Feladat - Gyűjtőmunka***



1. Állíts össze egy táblázatot, amely mutatja az leggyakrabban fogyasztott élelmiszerek víztartalmát!
2. Számold ki, hogy naponta mennyi víz jut a szervezetetekbe a táplálkozásotok (benne a folyadékfogyasztás) folyamán és ez hány százaléka az ajánlott napi bevitelnek! Mit okoz, ha valakinek a szükségesnél kevesebb a vízmennyisége pl. a testtömeg-kilogrammonként 4 vagy 8 vagy 12 %-kal?
3. Magyarázd meg, mi az oka annak, hogy a gyümölcslevek és a szénsavmentes 1000 mg/liter összes ásványianyag-tartalmú ásványvizek fogyasztása ajánlott, a gyümölcsnektárok, gyümölcsitalok és a szénsavas üdítőitalok fogyasztása kerülendő!
4. A következő köznapiságok igazságtartalmát kell „kikutatnod”:
  - A tej nem ital, hanem élelmiszer.
  - A sör folyékony kenyér.
  - Nem szabad folyamatosan ugyanazt az ásványvizet fogyasztani, egy bizonyos idő után váltani kell.
  - A szervezet naponta maximum 200 mg C vitamint tud hasznosítani, az ennél nagyobb bevitel akár károsíthatja is a szervezetet.
  - Egyes szórakozóhelyeken és illetve éttermekben olyan ételleket is felszolgálnak, aminek elfogyasztása után a keltetésénél fokozottabban és tartósabban növekszik a szomjúságérzetünk.
5. Miért tiltott a sportolók körében a vízajtók használata?

## II. Feladat – Projekt:

Készíts olyan felmérést, amelyből kiderül, hogy tudják-e a diákok, hogy a táplálkozás, öltözködés és a húgyúti betegségek között szoros kapcsolat van. A felmérést végezd a 9-10. évfolyamon (általános iskolai szinten már tanultak biológiát) és a 11-12. osztályosok (tanultak már középiskolai szinten is biológiát) körében. Ellenőriztesd le, hogy az általatok elkészített teszt, kérdőív, riport stb. alkalmas-e a vizsgálat elvégzésére?

Ajánlott irodalom: <http://kognit.edpsy.u-szeged.hu/szokolszky/kurz-modszert.htm>

A projektnek önálló megfigyelésen, mérésen kell alapulnia, a munka során folyamatos szakmai konzultációra van szükség a felkészítő tanárral.

*Formai követelmények:*

- 8-10 oldal terjedelem;
- a fedőlapon fel kell tüntetni az iskola nevét a munka címét, a készítő nevét, az elkészítés évét és a felkészítő tanár nevét;
- a dolgozatot fejezetekre kell tagolni;
- tartalomjegyzéket kell készíteni hozzá.

*Tartalmi követelmények:*

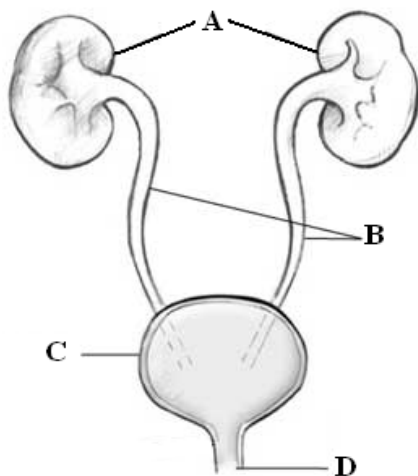
- célkitűzések megfogalmazása, alkalmazott módszerek felsorolása;
- irodalmi áttekintés;
- mérési, megfigyelési adatok rögzítése;
- következtetések levonása;
- felhasznált anyagok, eszközök műszerek stb. leírása.

Célszerű a munkát szövegszerkesztővel készíteni, a mérési adatokat táblázatban összefoglalni és grafikonon is ábrázolni.



## III. Feladat – Ábraelemzés:

1. Írd le, hogy az egyes betűk melyik anatómiai struktúrát jelölik!



2. Párosítsd a következő funkciókat az egyes betűkhöz!

1. A szűrletképzés és a visszaszívás helye
2. Nőkben felülről ráhajlik a méh
3. Férfiakban közös húgy-ivar kivezető

3. Egyik vesénk egy kicsit lejjebb helyezkedik el, mert felette található az egyik legnagyobb mirigyes szervünk a máj. Melyik oldali vese?

4. Milyen mechanizmussal továbbítja a B képlet a vizeletet?

5. Miért van az, hogy egy 2 éves gyermeknél még elfogadott lehet az ágybavizelés, de egy 4 éves esetében már nem?

6. Mit jelent az inkontinencia kifejezés, mi állhat kialakulásának hátterében (leggyakoribb okok)?

7. A vizeletek vizsgálatára gyakran használnak tesztcsíkokat, mire utalhat ha a vizeletben...

- A. cukor van
- B. fehérje található
- C. ketonok vannak benne
- D. vért tartalmaz
- E. nitritet tartalmaz

#### 8. Gyulladás

A húgyúti fertőzések 85%-át a beteg saját bélrendszeréből vagy hüvelyéből származó.....okozzák

- A. baktériumok
- B. vírusok
- C. gombák

9. A kórokozók melyik csoportjába tartozik a ... (Az előző feladatbeli kórokozó csoportokból válassz!)

HSV2

Candida albicans

10. Vesező: A vesekövek kialakulásában 80 %-os gyakorisággal a ... ion vesz részt.

- A. foszfát
- B. kalcium
- C. magnézium

#### IV. Feladat –Ábraelemzés:

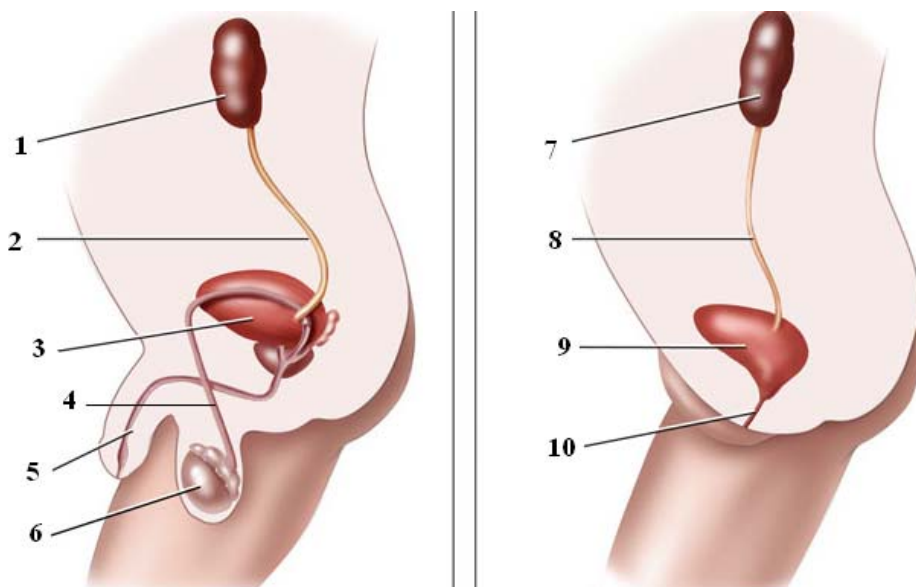
1. Írd le, hogy az egyes számok melyik anatómiai struktúrát jelölik!
2. A megadott funkciókat írd be a megfelelő helyre!  
(visszaszívás, szűrletképzés, tárolás, folyadéktovábbítás, szekréció)

Szám	Anatómiai struktúra neve	Funkciója
1-7		
2-8		
3-9		
4		
5		
6		

3. Melyik baloldali szám felel meg a jobboldali 10-nek?



#### 4. Miért különleges a 3-as képlet hámja?



<http://www.med.umich.edu/1libr/aha/urinary.jpg>

#### V. Feladat –Ábraelemzés:

Struktúra-funkció (Több betű is írható egy számhoz, de csak a megfelelő számú helyes betűért adható 1 pont)

1. A betű által jelölt helyen a legtöményebb a vizelet
2. Fakultatív vízvisszaszívási hely
3. Csak a velőben található struktúra (ezen az ábrán)
4. Arteriola
5. Vesetestecske

#### A vizelet mennyisége és ennek okai, következményei:

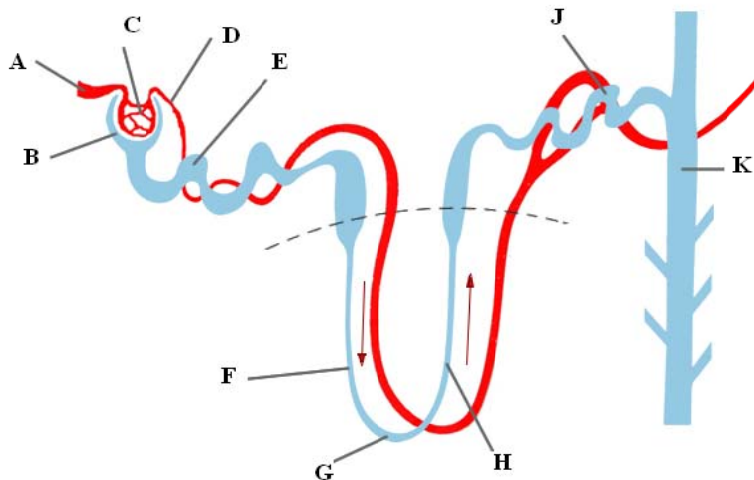
Melyik állítással kapcsolatos, hogy...

A. Igen nagy mennyiségű a vizelet

B. Igen kevés a vizelet mennyisége

(A számok után kell írnod az A vagy B betűt !)

6. a normál értéknél kétszer magasabb vércukorszint
7. az ADH szint erőteljes csökkenése
8. vérben nagy mennyiségben jelennek meg nitrogéntartalmú vegyületek

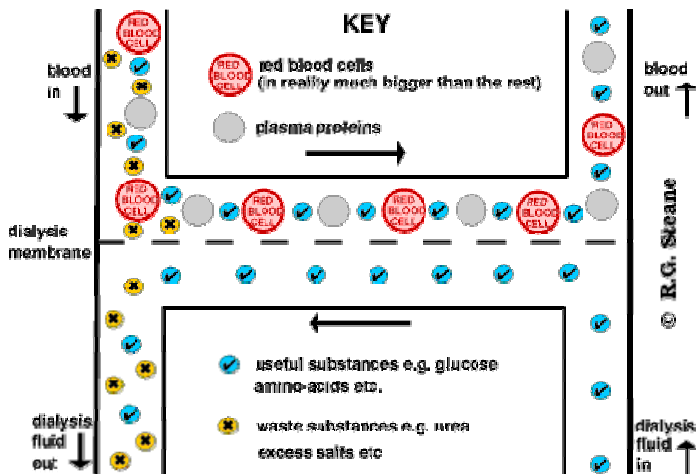


**VI. Feladat –Esszé:**

- A. Milyen anatómia (erek átmérője, 3 szűrőrendszer) fizikai (effektív filtrációs nyomás) és kémiai (molekulák tulajdonságai) tényezők segítik a szűrletképződést? Hogyan?
- B. Mi a szerepe a Henle – kacsban bekövetkező koncentrációnövekedésnek illetve a Henle - kacs hosszának? Mi a szerepe annak, hogy a velőállományban a szövetközötti folyadék ozmolalitása a kéregtől a vesemedence felé haladva négyszeresére (3 00 mosm/kg-ról 1200 mosm/kg-ra) nő?
- C. Mi a vese szerepe a víz, a pH, a nitrogén-egyensúly, a sóháztartás szabályozásában?

A vese felépítésének és működésének mely tényezőit használják fel a művesekezelés során. Mi a művesekezelés korlátja? Válaszodhoz használd fel a következő animációt:

<http://www.biotopics.co.uk/human2/andial.html>

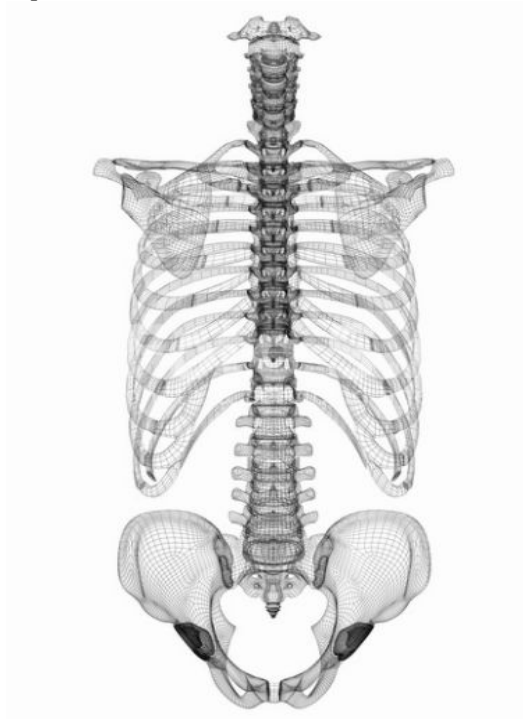


### **VII. Feladat –Alkoss!**

Készíts animációt vagy dolgozatot, amelyben bemutatjátok az ellenáramlás elvét a vesében érdekes hasonlatokat, analógiákat felhasználva! A vérerek illetve a nefron részei lehetnek például vonatok, az utasok az anyagok, a székek a vér alakos elemei, és fehérjéi stb.

### **VIII. Feladat –Rajz:**

Rajzold be a veséket, húgyhólyagot, húgyvezetéseket, húgycsövet erre az előlnézeti képre! Ügyelj arra, hogy 5 mm-e hibahatáron belül legyél a szervek valódi átlagos helyzetéhez képest!



### **IX. Feladat –A vizelet lehetséges színe és szaga:**

**Mi okozhatja, hogy a vizelet színe:**

- Sárga
- Barna
- Vörös
- Fekete
- Színtelennek tűnő

**Mi okozhatja, hogy a vizelet szaga:**

- Szúrós szagú
- Gyümölcsszagú

### X. Feladat –Számítások:

a. Clearance-en azt a ml-ben kifejezett vérplazma mennyiséget értjük, amelyet a vese 1 perc alatt az illető anyagtól megtisztít. Az alábbi egyenletben  $U$ = az 1 ml vizeletben foglalt anyagmennyiség,  $V$ = az 1 perc alatt kiürített vizeletmennyiség,  $P$ = az 1 ml vérplazmában lévő anyagmennyiség.

$$C = \frac{U \times V}{P}$$

1. Mekkora a  $C$  értéke a glükózra nézve egészséges emberben?
2. Tegyük fel, hogy a vizelet 200  $\mu\text{mol}$ , a vérplazma 5  $\mu\text{mol}$  karbamidot tartalmaz, az ürített vizeletmennyiség legyen 2  $\text{ul/perc}$ . Mekkora a  $C$  értéke?

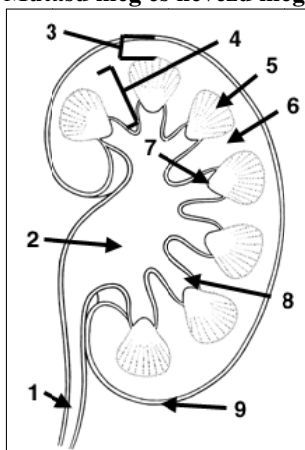
b. Ha olyan anyagot nézünk, ami nem szívódik vissza és nem szekretálódik (pl. inulin), akkor megkapjuk az 1 perc alatt képződő szűrlet mennyiségét: ez a GFR. A GFR mennyisége kb. 120  $\text{ml/perc}$ . Az  $U$  és  $V$  és  $P$  paraméterekkel hogyan (milyen egyenlettel) számolnád ki a GFR-t?

c. Egy anyag extrakciós hányadosán ( $E$ ) a következőt értjük: a vese artériás és vénás plazmájának a koncentrációkülönbségét osztjuk a vese artériás plazmájának a koncentrációjával (az adott anyag értékeit figyelembe véve). Tekintsük a következő egyenletet

$P_{\text{artéria}} \times RPF = P_{\text{véna}} \times RPF + UV$   
( $P_{\text{artéria}}$  és  $P_{\text{véna}}$  a vese artériás és vénás plazmájának 1 ml-jében foglalt anyagmennyiség, az RFP (renal plasma flow) a vesén 1 perc alatt átáramló plazmamennyiség, az  $U$  és  $V$  fogalmát előzőleg megadtuk. **Rendezd át a fenti egyenletet úgy, hogy az RPF értéke a  $C/E$  hányados legyen. Vezesd le az egyenletátrendezés folyamatát!**

### XI. Feladat –Boncolás:

Mutasd meg és nevezd meg a boncolt vesén a számokkal jelölt részeket!



***XI. Feladat – A vizeletürítés mechanizmusa és szabályozása:***

Egy-egy mondatban írd le, hogy a következő anatómiai képleteknek mi a szerepe a vizeletürítés mechanizmusában és szabályozásában!

1. húgyhólyag izmai
2. gátizmok
3. a hasfal izmai
4. gerincvelő ágyéki szakasza
5. gerincvelő keresztcsonti szakasza
6. agytörzs (híd)
7. agykéreg

## Tanároknak

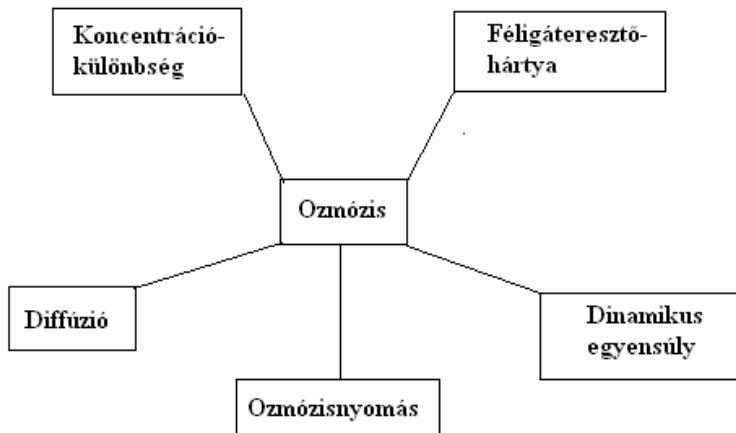
A tanítási órára való felkészüléshez álljon itt néhány szempont:

### Gyűjtsük össze!

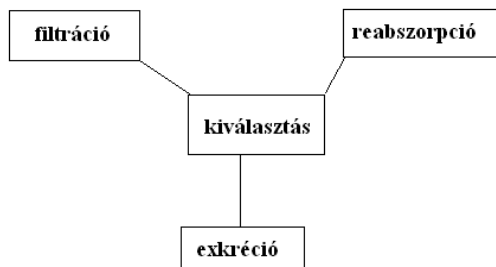
1. Mi a nehézség a tananyag tanításában? Mit értenek nehezen a diákok? Miért?
2. Mi a nehézség a számonkérésben?
3. Hogyan lehet életszerűbbé tenni a tanórát?
4. Csoportokban lehetett-e dolgozni, mely feladatok kapcsán?
5. Milyen előzetes képük van a diákoknak a kiválasztás anatómiájáról, működéséről? Mik a tévképzetek? Honnan eredhetnek?
6. Milyen kérdések foglalkoztatják a diákokat ebben a témában?

## Vese- kiválasztás

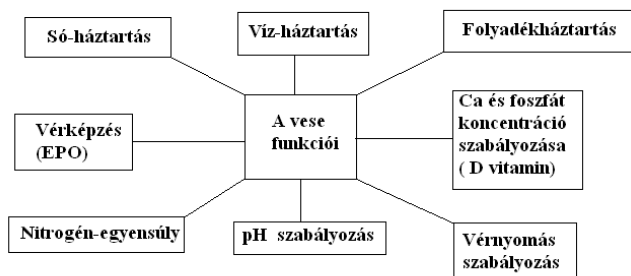
A.



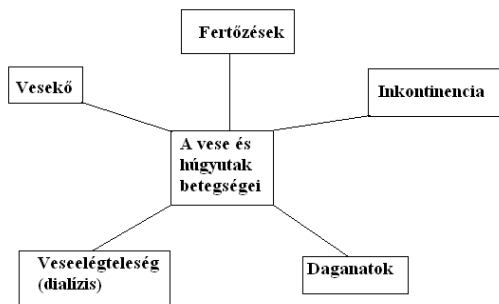
B.



C.



D.



## Bemutató tanórára

Kivalasztas.ppt – lásd honlap

## Javaslatok/ tanácsok

Dolgoztassuk a diákokat csoportokban, osszuk szét számokra a feladatokat (lásd gyűjtés és projekt)

1. Először tisztázzuk mi a kiválasztás szerepe (a kiválasztás definíciója)
2. Utána soroljuk fel, hogy a vesén kívül melyek még a kiválasztó szervek (pl. tüdő, bőr, bélrendszer)
3. Rajzoltassuk le a vesék, húgyvezetékek, húgyhólyag, húgycső kapcsolatát
4. Sertésvesén keresztül mutassuk be a vese fő részeit
5. A fogalmi háló segítségével beszéljük át a vese és a húgyutak betegségeit

---

6. Beszéljük át a vese nefronjainak részeit, a kiválasztás részfolyamatait
  - a. Milyen anatómia (erek átmérője, 3 szűrőrendszer) fizikai (effektív filtrációs nyomás) és kémiai (molekulák tulajdonságai) tényezők segítik a szűrletképződést? Hogyan?
  - b. Mi a szerepe a Henle – kacsban bekövetkező koncentrációnövekedésnek illetve a Henle - kacs hosszának? Mi a szerepe annak, hogy a velőállományban a szövetközötti folyadék ozmolalitása a kéregtől a vesemedence felé haladva négyszeresére (3 00 mosm/kg-ról 1200 mosm/kg-ra) nő?
  - c. Mi a vese szerepe a víz, a pH, a nitrogén-egyensúly, a sóháztartás szabályozásában?
7. Beszéljünk a vizelet összetételéről
8. Fogalmi háló segítségével beszéljük át a vese funkcióit
9. A gyűjtőmunkák eredményeit felhasználva beszéljünk az élelmiszerek és a kiválasztó-rendszer kapcsolatáról
10. A diákoknak kiadott projektfeladatok megoldásait felhasználva igazoljuk, hogy a táplálkozás, öltözködés és a húgyúti betegségek között szoros kapcsolat van.

## Figyeljünk a következőkre

- Passzív transzportok hajtóereje a koncentrációkülönbség, a válaszfal átjárható az oldott anyag számára
- Filtráció hajtóereje a nyomáskülönbség, a válaszfal az oldószer (víz) számára átjárható
- Könnyített diffúzió vivőmolekulákkal történik, de a koncentráció-gradiensnek megfelelően
- Aktív transzport vivőmolekulákkal történik, de a koncentráció-gradiens ellenében

## Hasznos linkek

Online biológia tankönyv (angolul)

<http://www.emc.maricopa.edu/faculty/farabee/BIOBK/BioBookTOC.html>



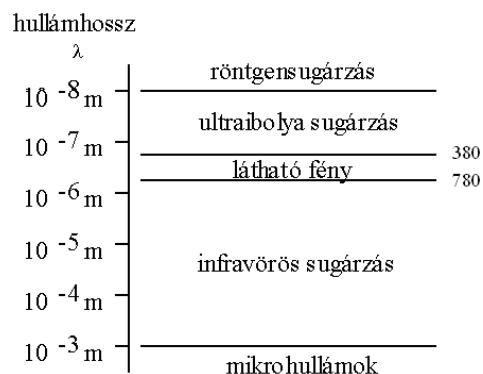
### 3. rész: Színek világa

A szín mint jelenség fizikai és kémiai folyamat. Érdekes azon is elgondolkodnunk azonban, hogy mi, emberek mit nevezünk színesnek és mit nem. És vajon az élővilág többi tagja mire mondhatná, hogy színes? A színeket elsősorban a szemünkkel érzékeljük. Milyen jelet fognak fel a szemünkben található receptorok (jelfelfogók)? Hogyan lesz mindezekből színérzet?

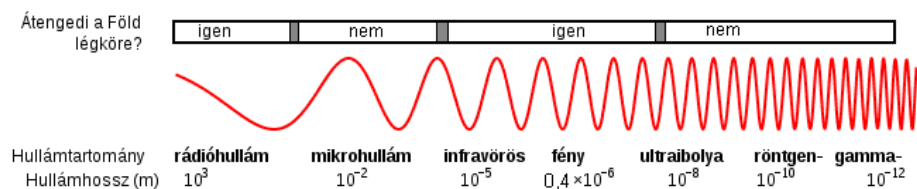
*Az itt következő részben először információkat (grafikonokat, leírásokat, ábrákat) kapsz (A-L), amelyeket majd felhasználhatsz a feladatok megoldásához. Minden esetben jelezned kell annak az ábrának vagy szövegnek a betűjelét, amelyet a válasz megadásához leginkább fel kellett használnod és ezt indokolnod is kell!*

#### A.

Az elektromágneses hullámoknak az emberi szem által érzékelhető, tartománya a *látható fény*. Az elektromágneses sugárzásnak két alapvető tulajdonsága van: a hullámhossz és a frekvencia. A fény sebessége ( $c$ ), a frekvenciája ( $f$  vagy  $\nu$ ) és a hullámhossza ( $\lambda$ ) között a következő az összefüggés:  $c = f \lambda$ . A foton energiája ( $E$ ) és a frekvenciája közötti összefüggése:  $E = hf$ , ahol a  $h$  az un. Planck állandó.



#### B.

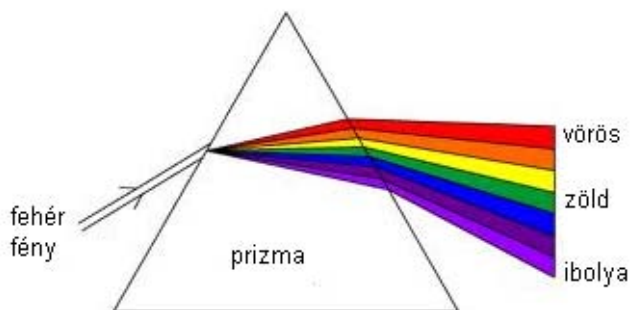


**C.**

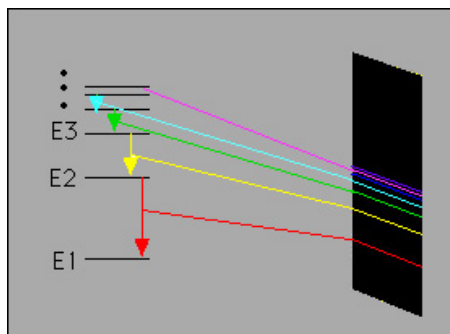
Az ember által látható fény a szivárvány színei - a vöröstől az ibolyáig - együtt a fehér fényt adják.

Szín	Hullámhossz nanométer (nm)
<b>Vörös</b>	620-780
<b>Narancs</b>	570-620
<b>Sárga</b>	550-570
<b>Zöld</b>	470-550
<b>Kék</b>	440-470
<b>Ibolya</b>	380-440

**D. A prizma fénytörése**



E. A gerjesztés után keletkező foton hullámhossza az energiaszintek különbségétől függ.



## F.

Thomas Young angol orvos és fizikus 1802-ben kifejtette, hogy a színlátás háromszín természetének élettani alapjai vannak, és a színérzékelés a szemben elhelyezkedő háromféle receptor ingerlési mintázatainak eredményeként jön létre. Young elméletét ötven évvel később Hermann Ludwig von Helmholtz fejlesztette tovább, és Young- Helmholtz-elméletként, illetve három szín-elméletként vált ismertté. Helmholtz szerint a szemben háromféle, ma már csapokként ismert receptor van, melyek a látható fény hosszú (vörös), közepes (zöld) vagy rövid (kék) hullámhosszúságú tartományába eső fényre érzékenyek. A három receptor együtt határozza meg a színérzékelést. Ewald Hering 1874-ben terjesztette elő ellenszínelméletét, mely szerint négy alapszín létezik: kék, vörös, zöld és a sárga. A vörös és a zöld, a sárga és a kék ellentétes színek, ugyanis nem észlelhetők egyszerre. Sohasem látunk vöröseszöldet vagy sárgáskéket, hiszen a vörös és zöld keverékét sárgának, a kék és a sárga keverékét pedig fehérnek látjuk. A háromszín-elmélet és az ellenszín-elmélet sok éven keresztül versengett egymással, míg fel nem vetették, hogy egyesíthetők egy olyan kétszintű elméletben, melyben a háromszín-elmélet a receptorok szintjén, az ellenszín-elmélet pedig magasabb feldolgozási szinteken érvényes. Az emberi szemben három eltérő csaptípus létezik melyek fényelnyelési tulajdonságát mikrospektrofotometriával térképezték fel (egy csapot adott hullámhosszú fénysugárral ingerelve meghatározhatjuk, hogy mennyi fény abszorbeálódik a sugárzottból). Minden pigmenttípus egy bizonyos hullámhosszú fényre a legérzékenyebb, az ember három csapja esetén ez megközelítőleg 420, 530 és 560 nm-nél van. Az érzékenységi maximumok szerint három csaptípust különítünk el: a rövidhullám-érzékenyeket (*S csapok*, *S=short=rövid*), a közép-hullám-érzékenyeket (*M csapok*, *M=middle=közepes*) és a hosszúhullám-érzékenyeket (*L csapok*, *L=long=hosszú*). Egy adott típusú csap a hullámhosszak széles tartományát nyeli el, de ezek a tartományok - különösen az M és az L csapok esetén - erősen átfedőek. Ezért a gyakran emlegetett elmélet, miszerint adott csaptípus csak egy adott színre érzékeny (S csapok a kékre, M csapok a zöldre, L csapok a vörösre), helytelen.

## G.

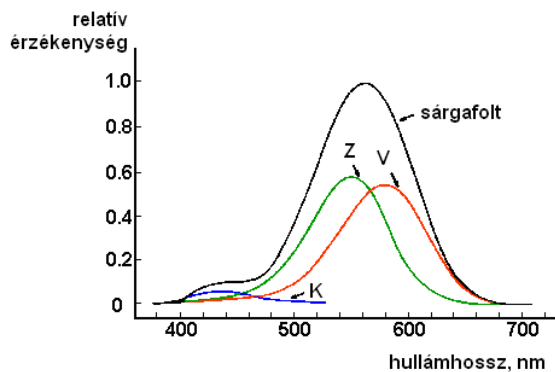
### Hurvich – Jameson elmélete

Kétszintű elmélet. A háromszín elmélet (háromféle) receptorai kapcsolatban vannak az ellenszínsejtekkel.

Pl.: A kék/sárga ellenszínsejtet serkenti a rövid, a másik kettő gátolja. Ha több a serkentés, mint a gátlás, kéket jelez, fordítva sárgát. Ha a serkentés és gátlás megegyezik, szürke az eredmény.

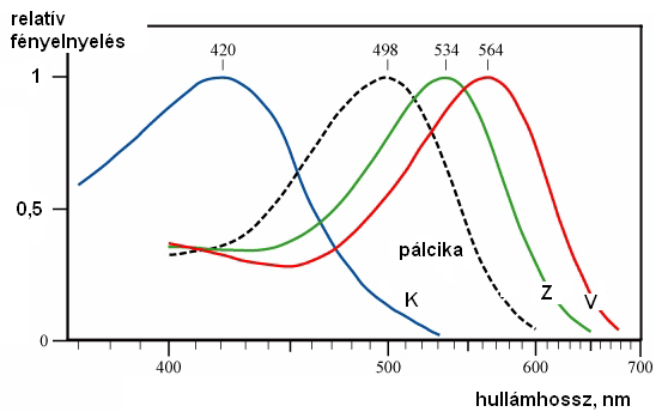
## H.

A kékérzékeny csapok az emberi szemben is mindössze az összes csap mintegy egytizedét teszik ki, a többi csap – nagyjából fele-fele arányban –zöld-, illetve vöröserzékeny. A viszonyítási alap a teljes sárgafolt érzékenysége.



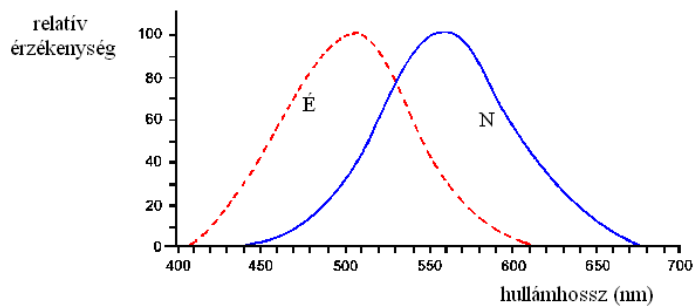
<http://www.unmc.edu/physiology/Mann/mann7.html>

I.



K.

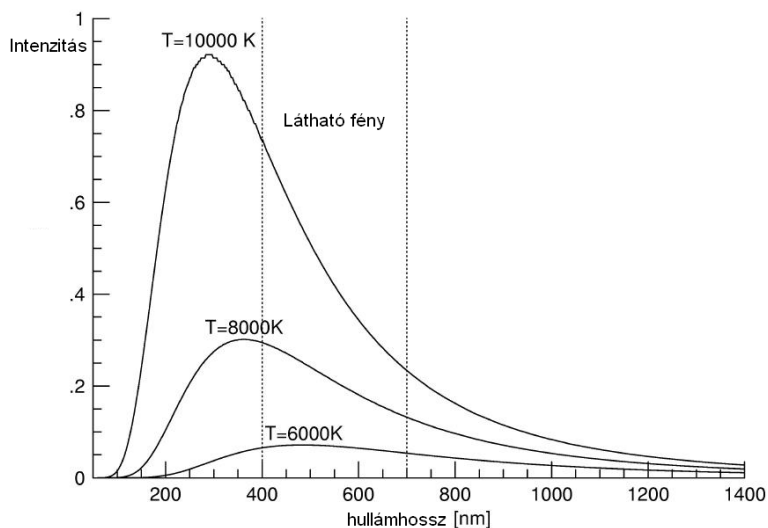
A nappali (N) és éjszakai (É) látás eltérő hullámérzékenységét szemlélteti az ábra.



<http://www.unmc.edu/physiology/Mann/mann7.html>

L.

A napfelszín hőmérsékletének (kb. 6000 K) megfelelő feketetest sugárzás spektrális eloszlásának a maximuma körülbelül 550 nm. A feketetest sugárzás egy olyan objektum sugárzása, amely maga bármely hullámhosszon képes elnyelni.



A függőleges tengelyen relatív intenzitás van feltüntetve.

**Az eddig említettek alapján dönts el a következő állítások igazságtartalmát és választad minden esetben indokold!**

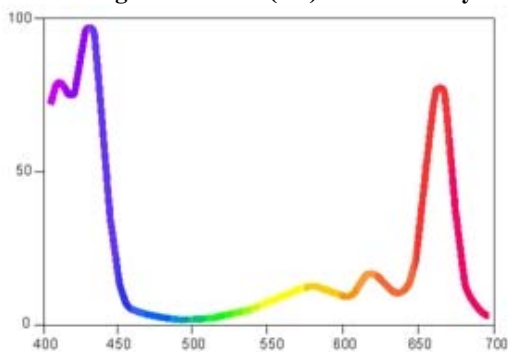
1. A fény egyik tulajdonságai a hullámhossz és a frekvencia és ezek határozzák meg a színt.
2. A fény hullámhossza és frekvenciája fordítottan arányos.
3. A napfényből érkező vörös fénynek nagyobb energiája, mint a kéknek (egy-egy fotonra vonatkozóan).
4. Az, hogy az elektromágneses hullámoknak éppen ezt a viszonylag kis részét látjuk, egyik valószínű oka a légkör különböző sugárzáselnyelése.
5. A nagyobb hullámhosszú fény nagyobb szögben törik különböző optikai sűrűségű közegeken áthaladva.
6. Szemünk a sárgászöldre a legérzékenyebb
7. A szín nem a fény belső tulajdonsága, hanem az agyban keletkezik.
8. A pálcikás érzékelés egy receptoros rendszer, a hullámhosszváltozást a fényerőváltozástól nem képes megkülönböztetni, ezért a sötétben nincs kontraszt.
9. A fokozatosan növelt fényerősségű fehér fényt a sötétadaptációs küszöb elérésig színtelennek látjuk, a küszöböt átlépve az első színérzet a kék.
10. A visszavert fény hullámhosszát a látórendszer színként ismeri fel.
11. A vörös színű tárgyak félhomályban sokkal sötétebbnek tűnnek, mint azok a kék színűek, melyek nappali fényben kb. azonos fényességűek.

12. A szem érzékenysége az evolúció során igazodott a Nap sugárzásához, arra optimalizálódott.
13. Olyan helyeken, ahol a sötétben látás fontos a vörös színű megvilágítást javasolt a pl. a fűzet megvilágítására.
14. Legalább két pigment kell a színlátáshoz
15. Ha mindhárom receptor egyforma nagyságú ingert kap, akkor nem észlelünk színt.
16. A csapok színszelektivitása azt jelenti, hogy az egyes csapok a nekik megfelelő hullámhosszúságú fényből kevesebb fotont nyelnek el.
17. Különböző megvilágítások mellett a színingereket közel azonosan érzékeljük.
18. A háromféle csap nem csak spektrális érzékenységében különbözik egymástól, hanem anatómiailag is elkülöníthetőek, mert az M csapok relatív sűrűsége főként a sárgafolton kisebb.

**Egészítsd ki az alábbi mondatokat!**

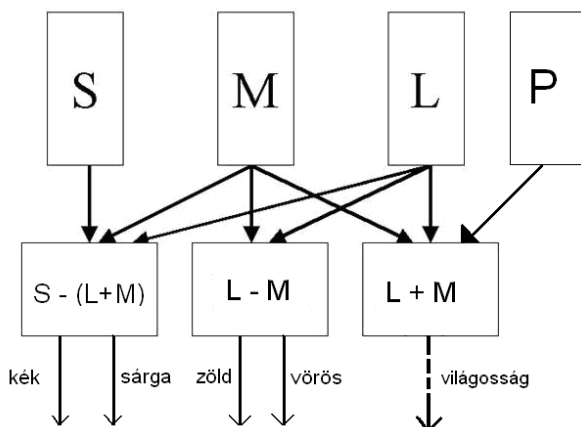
19. A fény intenzitása: ezt az ember a fény.....érezkeli.
20. A fény frekvenciája: ezt az ember.....érezkeli.

**Az alábbi grafikon a ... (21.)molekula fényelnyelési spektrumát mutatja be.**

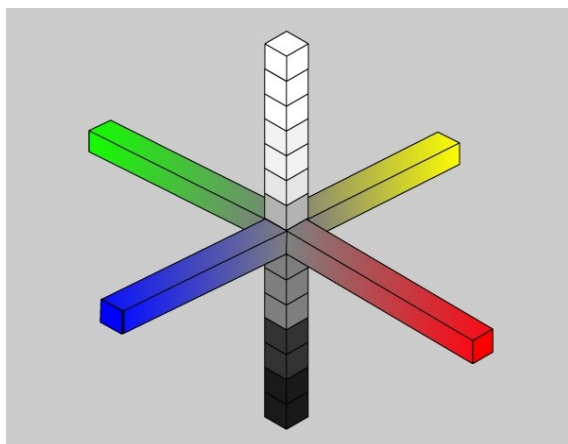


21. Válaszd ki a helyes megoldás betűjelét!
  - A. Hemoglobin (vér-vörös)
  - B. Bilirubin (epe-sárga)
  - C. Szterkobilin (széklet-barna)
  - D. Klorofill (levél-zöld)
  - E. Indigó (kék-indigónövény)

A következőkben a színlátás agyi folyamataival kapcsolatos ábrákat találsz. Tanulmányozd ezeket figyelmesen. Olvasd el a magyarázó szövegeket is!

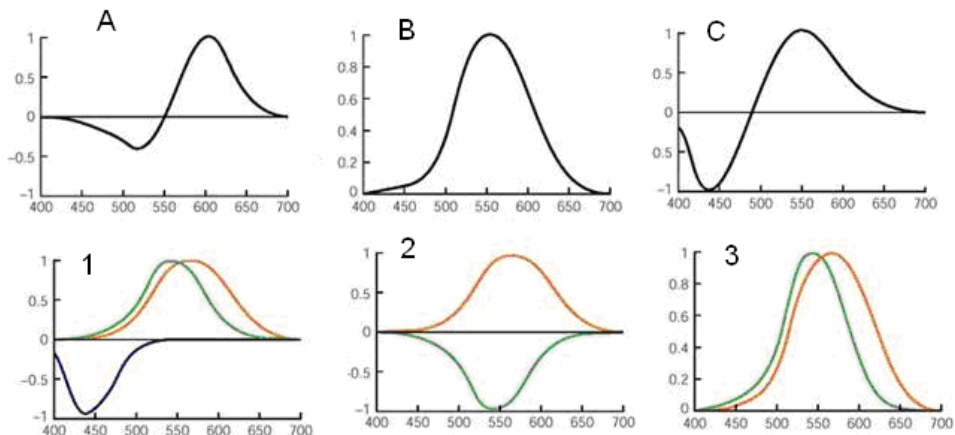


Az S csapok kis számban vannak jelen a sárgafoltban, majd hirtelen a maximális koncentrációjukat érik el, s a sárgafolttól távolodva - az M és L csapokhoz hasonlóan - számuk az csökken. Az L és M csapok a sárgafoltban vannak nagy számban. Ezért szemünk perifériáján a látásunk akromatikussá válik, a tárgyak alakját felismerjük, de színtelennek hatnak. A három csaptípustól eredő jeleket (válaszhármasokat) egy akromatikus és *két* kromatikus rendszer dolgozza fel. A képen látható nyilak az egyes csatornatípusok fényelnyelése során keletkező jelet mutatják. Ezeket a jeleket az idegrendszer kétféleképpen kezeli: vagy összeadja őket ('+' jel a nyilak között), vagy a különbségüket veszi ('-' jel a nyilak között). Az akromatikus csatornában az L és az M csapok összegződnek, vagyis a csatorna aktivitása az L és M csapok összaktivitásától függ, ezzel elvesztve a hullámhossz-információt. A kék-sárga csatorna, az első kromatikus rendszer, a képnek megfelelően az S csapok jelzéseit az L és az M csapok aktivitásának összegéhez hasonlítja. A másik kromatikus csatorna, a vörös-zöld csatorna, az M csapok ingerlésének valamint az L és M csapok ingerlésének különbségét jelzi.



Az antagonisztikus (L-M), (S-L,M) és L+M jelekből az agyban kialakuló észleleti szín-dimenziók

**Tekints meg az alábbi ábrát, majd oldd meg a feladatokat!**



Állapítsd meg, hogy melyik betűvel jelölt ábrához melyik számmal jelölt ábra tartozik! Ezután értelmezd, hogy mit mutatnak a grafikonok!

22. Az „A” ábrához.....

23. A „B” ábrához.....

24. A „C” ábrához.....

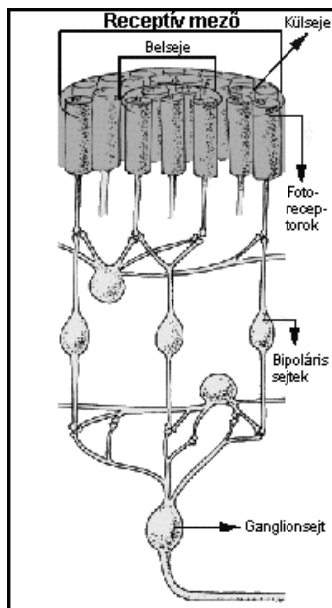
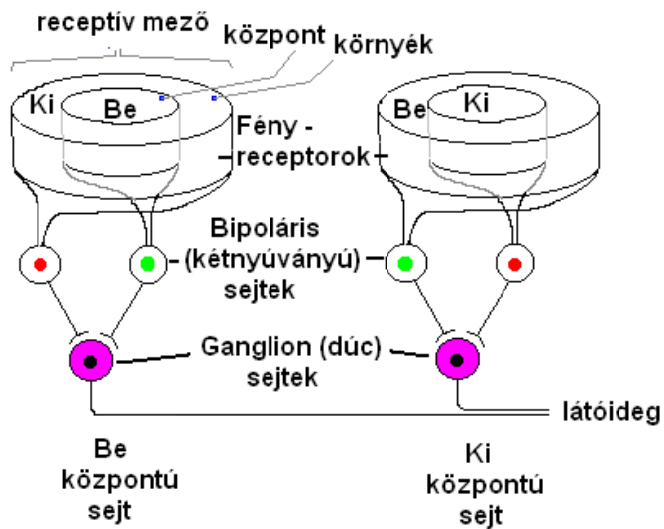
25. A grafikonok értelmezése:

Az idegi jeleket az agyba továbbító ganglionsejtek (dúcsejtek) működését mindazok a receptorsejtek együttesen határozzák meg, amelyeknek a jelei az adott ganglionsejthez eljutnak. Az egy ganglionsejthez kapcsolódó receptorsejtek csoportját a ganglionsejt receptív mezejének nevezzük. A fiziológusok számos állatfajnál vizsgálták a ganglionsejtek elektromos aktivitását oly módon, hogy az állat elé helyezett ernyőre különféle villogó vagy mozgó ábrát vetítettek, és egy – a látóidegpályába szúrt – mikroelektroda segítségével elvezették az idegsejtben keletkezett jelet. Azt találták, hogy a magasabb rendű emlősöknél – macskáknál, majmoknál – szinte minden ganglionsejt ún. koncentrikus receptív mezővel rendelkezik.

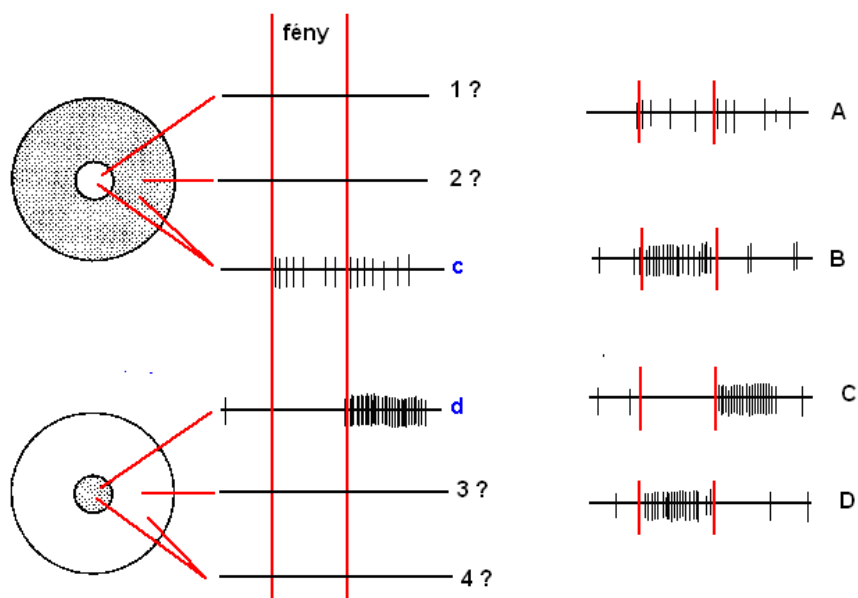
Ha a neuron receptív mezejének egy részén változtatjuk a fényt, a sejt vagy akkor ad impulzussorozatot, ha megvilágítjuk a kérdéses részt (on reakció), vagy pedig akkor, ha ki-kapcsoljuk a képrészlet megvilágítását (off reakció), néha pedig mindkét esetben.

A ganglionsejtek mintegy 50%-a on reakciót mutat, ha a fény a receptív mezőnek csak a közepére esik; a környező területre eső fényfolt viszont felvillanásakor elnyomja ezt az aktivitást, kialváskor pedig off reakciót indít be. Ha e sejtek központi és kerületi receptív mezőit egyszerre egy nagyobb fényfolttal világítjuk meg, sokkal gyengébb válaszreakciót vált ki, mint ha csak a mező közepét éri a fény. Az ilyen sejtek receptív mezeje az ún. on-középpontú receptív mező.

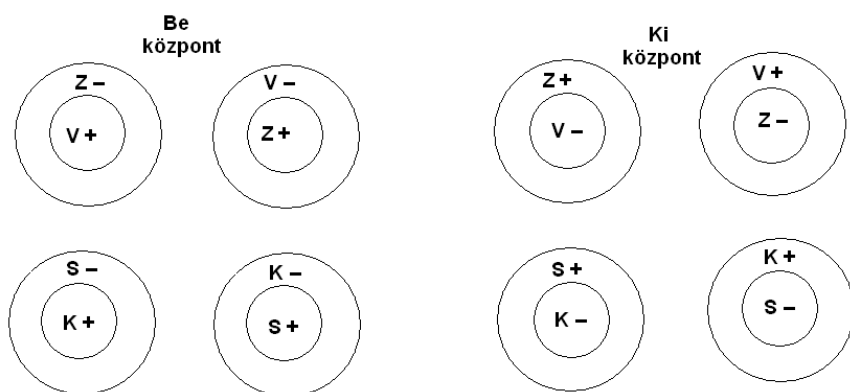




Az ábrán számokkal jelölt részekon hiányzik a jelsűrűség, de a betűkkel jelölt valamelyik ábra mutatja. Az eddig leírtak alapján állapítsd meg, hogy melyik betűvel jelölt ábra illik a számok helyére.



- 26: 1 - ...  
 27: 2 - ...  
 28: 3 - ...  
 29: 4 - ...

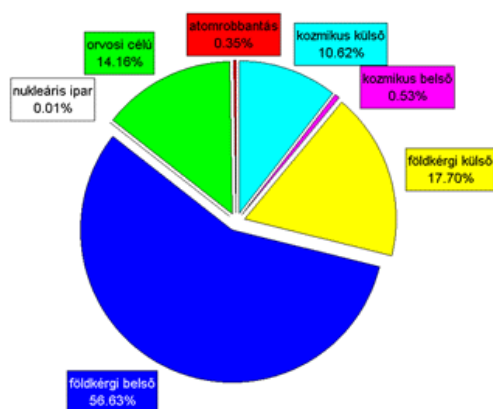


30. Milyen színűnek látjuk azt a fényt, amelynek hullámhossza 545 nm? Válaszodat indokold az ábra információinak felhasználásával!

## 4. rész: Sugáregészségügyi ismeretek

### Szövegértés

A lakosságot folytonosan éri természetes és mesterséges eredetű sugárzás. Az ionizáció kiváltására képes sugárzó anyagok jelen vannak a környezetünkben, mind az élettelen anyagokban, mind az élőlényekben, és így kivétel nélkül valamennyi emberben is. A természetes eredetű sugárzás két forrása az űr és a földkéreg. A kozmikus (a Napból és a még távolabbi űrből jövő), valamint a földkérgi sugárzások a földi élet kialakulását megelőzően is hatottak. Az ember sugárzási térben fejlődött ki és fejlődik ma is tovább. A természetes radioaktív anyagok kiszűrhetetlenül és állandóan jelen vannak a környezetünkben (a talajban, az építőanyagokban, a levegőben, az élelmiszerekben és az ivóvízben), valamint a szervezetünkben. A testünket felépítő atomok közül sokmilliárdnyi radioaktív. Ezek a radioaktív atomok ugyanolyan szerepet töltenek be a sejtépítésben és a szervek működésében, mint ugyanezen elemek stabil (nem radioaktív) atomjai. A radioaktivitás bizonyos elemek egyes atommagjainak az a tulajdonsága, hogy elbomlás közben különféle ionizáló sugárzásokat bocsátanak ki. A testünkben jelenlévő (a sejtjeinket alkotó, illetve a levegővel, a táplálékkal avagy az ivóvízzel felvett) természetes eredetű radioaktív atomok közül minden órában közel 16 milliónyi bomlik el. A sugárzó részecskék és fotonok olyan óriási mennyiségben keletkeznek a környezetünkben és a szervezetünkben, hogy minden másodpercben átlagosan 75.000 éri a testünket. Az ezektől eredő külső (bennünket kívülről érő) és a szervezetünkben lévő radioaktív anyagoktól származó belső sugárterhelés végigkíséri egész életünket, nemcsak a születéstől, hanem már a fogamzástól egészen a halálig. A fentiek értelmében túlzás nélkül állíthatjuk, hogy a természetes sugárzás nem jelent veszélyt az emberek egészségére, sőt az élet elválaszthatatlan része, természetes velejárója. A természetes radioaktivitás okozta sugárterhelésünk forrásai kiküszöbölhetetlenek, a mértéke pedig bolygónk népességének többségét illetően viszonylag kicsiny eltéréseket mutat. Ezen eltérések oka egyrészt a lakóhely földrajzi és geológiai sajátosságaiban, másrészt az adott területre jellemző lakásviszonyok, építkezési szokások, valamint az épületben töltött átlagos időtartam különbözőségében rejlik. Így például



néhányszor nagyobb a kozmikus sugárzástól származó sugárdózis a magas hegyek lakói körében, mint a tengerszinten élő embereknél. Az ENSZ Atomsugárhatásokat Vizsgáló Tudományos Bizottságának egy 1988-as felmérése szerint a Föld népessége természetes forrásokból (kozmosz és földkérgi sugárzásból) évente átlagosan 2,4 mSv sugárterhelést kap. A Sv (sievert - ejtsd: "szívert") az élő szervezetet érő sugárzás hatásának mértékegysége.

<b><u>Természetes</u></b>	(2,4 mSv/év)
kozmosz külső	0,3 mSv
kozmosz belső	0,015 mSv
földkérgi külső	0,5 mSv
földkérgi belső	1,6 mSv
<b><u>Mesterséges</u></b>	(0,4 mSv/év)
nukleáris ipar	0,0002 mSv
orvosi célú	0,4 mSv
atomrobbantás	0,01 mSv

### ***A Föld népessége sugárterhelésének főbb forrásai és átlagértéke***

A természetes sugárterhelésünk legnagyobb része - mintegy két-harmada a felszíni kőzetekben, talajokban és az építőanyagokban, bizonyos koncentrációban mindig jelen lévő urán bomlásakor felszabaduló radongáz és egyéb légnemű radioaktív anyagok belégzéséből ered. A radonnak köszönhető sugárdózis annál nagyobb, minél többet tartózkodunk rosszul, avagy nem szellőztetett, illetve földszinti, s netán földalatti helyiségben. Ezért is fontos a huzamos tartózkodásunkra szolgáló helyiség gyakori, nappal egy-két óránként néhány perces, illetve elalvás előtti alapos szellőztetése - lehetőség szerint keresztuzattal.

Élnek a Földön olyan természetes radioaktív anyagokat (főképpen tórium-vegyületeket) bőségesen tartalmazó területeken is emberek, ahol a természetes sugárterhelés átlagértéke a miénknél öt-tízszer magasabb, maximumértéke pedig akár ötvénszer is nagyobb lehet. Ilyen "magas háttérsugárzású" területek ismeretesek a brazil tengerparton, Indiában (Kerala államban), Iránban (Ramsar vidékén), továbbá Franciaországban, Madagaszkáron és Nigériában. Jóllehet, évtizedek óta széles körű orvosi, laboratóriumi és epidemiológiai (orvos-statisztikai) vizsgálatokat végeznek a fenti területeken élő több tízezer fős népességcsoportokban, ez ideig körükben semmilyen sugárhatásnak tulajdonítható egészségkárosodást vagy kóros elváltozást nem észleltek.

A múlt század legvége óta a természetes sugárzáson felül az emberiséget mesterséges (az ember által létrehozott) forrásokból származó sugárterhelés is éri. A mesterséges sugárzások között elsőként az 1895-ben Wilhelm Konrad Röntgen által leírt, majd róla elnevezett röntgensugárzás vált ismertté, amelynek hasznosítása - főleg az orvostudományban - világszerte rohamléptekkel terjedt el. A röntgensugárzás a népesség mesterséges eredetű átlagos sugárterhelésének mind a mai napig messze a legnagyobb részét okozza.

	<b>személy*Sv</b>
Orvosi besugárzásból	2.000.000
Atomrobbantások leülepedő hulladékából	50.000
Világító számlapú óráktól	2.000
Nukleáris ipar foglalkoztatási	5.000
Nukleáris ipar lakossági	1.000

### ***A Föld népességének kollektív (összesített sugárterhelése) mesterséges forrásokból***

Mindamellet a röntgenvizsgálattól megriadni és attól elzárkózni nem indokolt. A röntgensugárzás orvosi alkalmazása felbecsülhetetlen és teljességgel pótolhatatlan információt ad

a már kialakult betegségekről, avagy a még csak kialakulóban lévő kóros állapotokról. Így az orvosi célú sugárterhelésből származó esetleges kár (egészségkárosodás) eltöri azon haszon mellett, amelyet a röntgenvizsgálatok jelentenek a betegségek megelőzésében és a megfelelő gyógykezelés megválasztásában.

A mesterséges forrásokból származó összes sugárterhelésünk (mind a Föld, mind hazánk egy lakosára számítva) kevesebb a természetes eredetű évenkénti sugárdózisunk 20 %-ánál. Ennek a legjelentősebb összetevője a sugárforrások orvosi alkalmazása, amelyek révén évente átlagosan 0,4 mSv sugárterhelést kapunk.

A korábbi katonai célú kísérleti atomrobbantások és a nukleáris ipar, így az atomerőművi kibocsátások hatására is éri sugárzás a népet. Ennek mértéke azonban elenyészően kicsi, kevesebb a természetes sugárterhelésünk fél százalékánál.

A Föld népességének mesterséges eredetű összesített sugárterheléséből az orvosi célú besugárzások mintegy 97 %-ot okoznak. Bármennyire is hihetetlennek tűnik (világszerte végzett mérések és számítások szerint), az atomenergetikai ipartól származó kollektív lakossági sugárterhelés - beleértve a csernobili reaktorbalesetből eredő sugárdózist is! -, kisebb, mint a Föld lakosságának világító számlapú óráktól származó sugárterhelése! S ezen utóbbi dózis csupán 2,5-szer kisebb a világ nukleáris energiatermelésének tulajdonítható kollektív foglalkozási sugárterhelésnél (az uránbányászok, az urándúsító üzemek és az atomerőművi dolgozók együttes munkahelyi sugárdózisánál). (A kollektív dózis valamely konkrét sugárforrástól eredő, egy adott embercsoportra számított sugárterhelés. Ezt a csoport létszámának és az adott létesítménytől származó, egy főre jutó átlagos sugárterhelésnek az összeszorozása útján kapjuk. Mértékegysége a személy\*Sv).

A mérési adatok nem támasztják alá az atomerőművek iránti túlzott félelmet és ellenszenvet. Különösen érvényes ez egy olyan egyéb energiaforrásokban szűkölködő országra, mint hazánk, ahol a paksi atomerőmű a villamos energiatermelésünk közel felét szolgáltatja, mérhető vagy kimutatható lakossági többlet-sugárterhelés nélkül! Amíg hazánk lakossága a csernobili reaktorbaleset miatt egy év alatt annyi sugárterhelést kapott, mint az éves természetes sugárdózis egy hónapra eső része, addig - a kereken tíz éves üzemelési tapasztalat alapján - a paksi atomerőmű révén a környező lakosságot évente legfeljebb 2 órára jutó természetes sugárdózisnak megfelelő többlet-sugárterhelés éri! Ez a többlet olyannyira kevés (viszonyítva az év 8760 órája alatt elképzelhetetlen természetes sugárterheléshez), hogy ettől semmiféle egészségkárosodás nem léphet fel, sőt el sem képzelhető.

Igaz, az atomreaktorok balesete során már lényegesen nagyobb a veszély, hiszen már halálos következményekkel járó reaktorkatasztrófa is volt példa.

(Dr. Turai István: Környezeti sugáregészségügyi ismeretek című munkája alapján)

**1. Milyen adatok támasztják alá, hogy a természetes sugárzás nem jelent veszélyt az emberek egészségére?**

**2. Egészítsd ki a mondatot!**

Látható, hogy a földkérgi eredetű belső sugárterhelés ..... szor nagyobb a kozmikus eredetű belső sugárdózisnál, mely csupán a ..... része a kozmikus külső dózisunknak.

**3. Rövid válasz:** Mi az alapvető oka, hogy néhányszor nagyobb a kozmikus sugárzástól származó sugárdózis a magas hegyek lakói körében, mint a tengerszinten élő embereknél?

**4. Rövid válasz:** A Föld népessége természetes forrásokból (kozmosz és földkérgi sugárzásból) évente átlagosan 2,4 mSv sugárterhelést kap. Ebből mennyi származik a belső, mennyi külső forrásokból? Ezeknek hányad része földkérgi eredetű?

Külső forrásból.....mSv

Belső forrásból.....mSv

Földkérgi eredetű.....mSv

**5. Mi az egyik alapvető oka annak, hogy hazánk vagy a nyugati országok lakosainak nagyobb (3-4 mSv) a természetes sugárterhelése, mint a trópusi országokban élőknek?**

**6. Írj legalább két okot, ami miatt a téli radon-koncentráció kétszerese lehet a tavaszinak, sokszorosa a nyárinak!**

**7. Mi történne (a legnagyobb valószínűséggel) egy emberrel, ha egy éven keresztül 50 mSv sugárterhelésnek tennék ki? Válaszod indokold!**

**8. A röntgenképeken a tüdő képe viszonylag világosnak, a csontoké sötétebb színűnek látszik. Miért?**

**9. Melyik az a röntgenvizsgálati eljárás, amellyel rétegről-rétegre haladva (mintegy „felszeletelve”) nagyon részletesen lehet ábrázolni a vizsgált szerv szerkezetét, a benne lévő eltéréseket?**

**10. Az izotópdiaosztikában használt  $^{123}\text{I}$  és  $^{125}\text{I}$  izotópoknak az atommagjában hány proton és hány neutron található?**

**11. Melyik elektromágneses sugárzás az alábbiak közül?**

A. alfa

B. béta

C. röntgen

**12. Mít értünk a radioaktív izotópok aktivitása alatt?**

A. a bomlásra képes atomok számát

B. az időegység alatti bomlások számát

C. a bomlások száma osztva azzal az idővel, ami alatt az izotóp teljesen elbomlik.

**13 – 22. Szövegkiegészítés**

A ..... 13.....(szerv neve) betegségek kezelésre felhasznált  $^{131}\text{I}$ -jód ..... 14..... sugárzó (neutronok egyike protonná alakul) és ..... 15..... sugárzó izotóp. A jód rendszáma 53. Ez azt jelenti, hogy a  $^{131}\text{I}$ -es jód izotóp... 16..... neutront és... 17..... protont tartalmaz. Fizikai felezési ideje 8,04 nap. Vagyis 4 nap múlva az eredeti mennyiség..... 18..... része marad meg. A...14.... sugárzás maximális energiája 0,61 MeV, átlagos energiája 0,192 MeV, átlagos szöveti áthatoló képessége 0,8mm. A... 15..... sugárzás domináns energiája 364 KeV. A kezelés

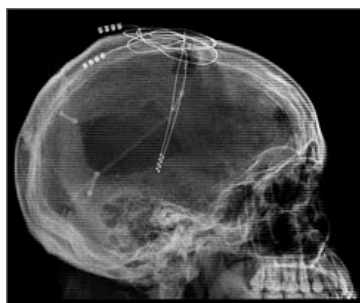
$^{131}\text{I}$ -Na-jodid kapszula vagy folyadék szájon át történő beadásából áll, rendelkezésre állnak intravénás injekciók is. A felszívódott jód a ..... 13..... aktív transzporttal veszi fel a véráramból. A jód a sejtekbe a jódpumpa, a  $\text{Na}^+/\text{I}^-$  szimporter juttatja be. A jód sejten a

belül organifikálódik, beépül a ..... 19..... aminosavba, ezáltal a .....13..... Hormonjainak...20, 21..... alkotórészévé válik. A pajzsmirigybe jutott terápiás adagú <sup>131</sup>I-izotóp sugárzása gátolja a .....13.....sejtek oszlását, az elnyelt dózistól függően a sejtek elhalását is előidézheti. A sugárhatás célpontja a sejtben döntően a .....22.....molekula, amelyben különböző, csak részben helyreállítható károsodások keletkeznek. A mechanizmus egyrészt a ..... 22..... direkt ionizációja, másrészt a sugárzás hatására a sejtben szabad gyökök szabadulnak fel, amelyek az alapvető biológiai molekulákat károsítják. Egy a jódfelvételre képes sejtbe bejutott radiojód... 14... sugárzásának hatótávolsága elegendő ahhoz, hogy mintegy „keresztútba” vegye a közvetlen szomszédságban azokat a sejteket is, amelyek nem dúsítják a jódot.

## 5. rész: Miért különlegesek az idegsejtek?

### Sebészeti áttörés: agyi pacemaker

„A mély agyi stimuláció során beültetnek az agy egyik területébe egy huzalt, elektródokkal a hegyén. A vezeték egy kis neurostimulátor egységhez csatlakozik, ami olyan, mint egy pacemaker. Ez az egység küldi az elektromos impulzusokat az agyba. Az impulzusok pedig blokkolják az elektromos jeleket, amik a Parkinson-kór tüneteit kiváltják.”



<http://drinfo.hu>

Tekintsd meg az ábrát, amely a kiindulási állapotot mutatja, majd oldd meg a feladatokat!

Nézz utána, hogy szól Raoult-törvénye!

1. Ha különböző koncentrációjú oldatokat egy olyan hártya választja el, ami az oldószerre áteresztő, de az oldott anyagra nem, akkor egyensúlyi állapotban a következő igaz:

I.	II.
$8 K^+$	
$8 Cl^-$	$H_2O$
$H_2O$	

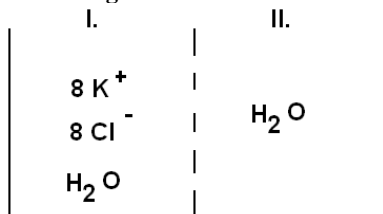
- A. Az I. oldat koncentrációjú nő, a II. oldat koncentrációja csökken
- B. Az I. oldat koncentrációjú csökken, a II. oldat koncentrációja nő
- C. Az I. oldat koncentrációjú csökken, a II. edényben a vízszint csökken
- D. Mindkét oldat koncentrációja változatlan marad

2. Mi biztosította az anyagok mozgását az egyensúlyi állapotból?

- A. Kémiai potenciál
- B. Diffúzió
- C. Elektromos potenciál
- D. Vízgőznyomás
- E. Ekkor már nem mozognak



3. Tekintsd meg az ábrát, amely a kiindulási állapotot mutatja, majd oldd meg a feladatokat! Ha különböző koncentrációjú oldatokat egy olyan hártya választja el, ami az oldószerre és az oldott anyagra is áteresztő, akkor egyensúlyi állapotban a következő igaz:



- A. Az I. edényrészben 8 K<sup>+</sup>, a II. edényrészben 8 Cl<sup>-</sup> lesz
- B. Az I. edényrészben 4 K<sup>+</sup> és 8 Cl<sup>-</sup>, a II. edényrészben 4 K<sup>+</sup> lesz
- C. Az I. edényrészben 4 K<sup>+</sup> és 4 Cl<sup>-</sup>, a II. edényrészben 4 K<sup>+</sup> és 4 Cl<sup>-</sup> lesz
- D. Az I. edényrészben 8 K<sup>+</sup> és 4 Cl<sup>-</sup>, a II. edényrészben 4 Cl<sup>-</sup> lesz

4. Jelöljük a káliumion koncentrációját X-szel, a kloridion koncentrációját pedig Y-nal! Egyensúlyi állapotban igaz, hogy

- A. X + Y az I. edényben = X + Y a II. edényben
- B. X + Y az I. edényben > X + Y az II. edényben
- C. X \* Y az I. edényben = X \* Y az II. edényben
- D. X \* Y az I. edényben > X \* Y az II. edényben
- E. X \* Y az I. edényben < X \* Y az II. edényben

A koncentrációkülönbségek kiegyenlítődése során a különböző töltéssel rendelkező ionok átlépési sebessége egy adott hártyán keresztül különböző lehet. Ez a végső egyensúly kialakulását nem befolyásolja, azonban átmenetileg elektromos potenciál különbség kialakulásához vezethet. Ennek lényege, hogy ha például a pozitív ion a mozgékonyabb, akkor a membránon előresietve pozitív töltésű réteget hoz létre, amely gyorsítja a lassabban diffundáló negatív ionok mozgását, és hátráltatja további pozitív ionok átlépését.

5. Mi biztosította az anyagok mozgását a kiindulási állapotból?

- A. Kémiai potenciál
- B. Diffúzió
- C. Elektromos potenciál
- D. Vízgőznyomás

6. Mi biztosította az anyagok mozgását az egyensúlyi állapotban?

- A. Kémiai potenciál
- B. Hőmozgás
- C. Elektromos potenciál (az ellentétes töltések vonzásából eredő hajtóerő)
- D. Vízgőznyomás
- E. Ekkor már nem mozognak

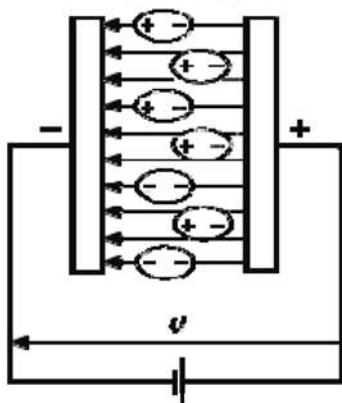
**A sejthártya fizikai szempontból kondenzátorként viselkedik.** Az elektromos töltés tárolására készített technikai eszközöket kondenzátornak (régies nevén „sűrítő”-nek) nevezzük. A kapacitás a kondenzátor legfontosabb jellemzője. Minden test alkalmas töltések befogadására, tárolására; ezt nevezzük idegen szóval kapacitásnak,  $C$ -vel jelöljük (capacitor). A kapacitás definíció szerint: a kondenzátorban felhalmozódott töltések és az ezek által létrehozott feszültség hányadosa, vagyis:

$$C = \frac{Q}{U}$$

ahol  $U$  a feszültség Volt-ban,  $Q$  a töltés Coulomb-ban,  $C$  a kapacitás Farad-ban megadva.

### A villamos kondenzátor működése

A kondenzátor két vezető lapból és a kettő közötti szigetelő rétegből áll. A kondenzátorban lévő vezetőket fegyverzeteknek hívjuk. Ha egyenáramú áramforrásra kapcsoljuk a kondenzátort, akkor egy rövid ideig töltőáram folyik rajta. A két lap villamos töltést kap. Ha megszakítjuk a kapcsolatot az áramforrással, akkor a töltést eltárolja a kondenzátor. Minél nagyobb egy kondenzátor kapacitása, annál több villamos töltést tud tárolni azonos feszültségnél. A kapacitás mértékegysége a „Farad” (F),  $1 \text{ F} = 1 \text{ As/V}$ . Ha összekapcsolunk egy feltöltött kondenzátort egy fogyasztóval, akkor töltéskiegyenlítődés zajlik le. Addig folyik villamos áram a fogyasztón keresztül, amíg kiegyenlítődik a kondenzátor két fegyverzetén a töltés. Egy szigetelőanyag dielektromos állandója azt adja meg, hogy hányszor lesz nagyobb a kondenzátor kapacitása, ha levegő helyett az adott anyagot használjuk szigetelőként.



7.

A sejtmembrán kapacitása lényegében megegyezik egy foszfolipid kettősrétegből álló mesterséges membránéval, értéke körülbelül  $1 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ . Tekintsünk  $1 \mu^2$ -nyi felületet és számoljuk ki, hogy egy ekkora felületű membránon hány darab pozitív ion átlépése hoz létre  $90 \text{ mV}$  feszültségkülönbséget.

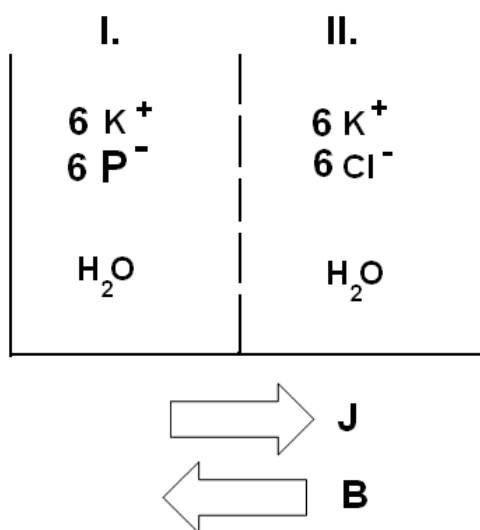
**Egy  $1 \mu^2$ -nyi sejtmembránon tehát mintegy ... ion átlépése  $90 \text{ mV}$  feszültségkülönbséget okoz, ha mozgásukat nem követi az ellenkező töltésű ion azonos irányú mozgása.**

- A.  $6 \cdot 10^{23}$
- B.  $100 \cdot 6 \cdot 10^{23}$
- C. 55 000 vagyis közel 50 000
- D. 1 millió
- E. 96 500 vagyis közel 100 000

Eltérő mozgékonyágú ionok egy adott hártján való átdiffundálásakor átmenetileg elektromos potenciál alakul ki. Az eltérő mozgékonyág szélső esetben azt is jelentheti,

hogyan az egyik ion nem tud átlépni a membránon. Ilyenkor alakul ki a Donnan egyensúly, vagy Donnan megoszlás. A jelenség azért fontos, mert a sejtek belseje nagy, a membránon át nem diffundáló negatív ionokat (fehérjék, nukleinsavak) tartalmaz, és ezért korábban feltételezték, hogy a Donnan egyensúly lehet a nyugalmi potenciál létrejöttének magyarázata.

Tekintsd meg az ábrát, amely a kiindulási állapotot mutatja be! A P betű jelölje a sejt belsejében lévő fehérjéket és nukleinsavakat, melyek nem képesek átjutni a sejthártyán. A kiindulási állapotból olyan egyensúlyi állapot alakul ki, melyben mindkét diffúzibilis ion elektrokémiai potenciálja azonos a két oldalon és érvényesül az elektroneutralitás elve – vagyis kation és anionkoncentrációk összege mindkét oldalon azonos lesz. Emellett mindkét oldalon megegyezik a membránon átlépésre képes ionok koncentrációjának szorzata is.



**8. Tekintsük a kiindulási állapotot – ahol az egyes ionokra vonatkozó hajtóerőkre vagyunk kíváncsiak. A J vagy B betűkkel jelölt irányokat kell a kifejezések után írnod!**

A klorid ionokra vonatkozó kémiai potenciál gradiens iránya ...

A kálium ionok mozgási iránya a kialakuló elektromos potenciál hatására ...

**9. Az egyensúlyi állapotra igaz:**

- A. Az I. edényrészben  $9 K^+$  és  $3 Cl^-$ , a II. edényrészben  $3 K^+$  és  $3 Cl^-$  lesz
- B. Az I. edényrészben  $3 K^+$  és  $3 Cl^-$ , a II. edényrészben  $9 K^+$  és  $9 P^-$  lesz
- C. Az I. edényrészben  $8 K^+$  és  $2 Cl^-$ , a II. edényrészben  $4 K^+$  és  $4 Cl^-$  lesz
- D. Ugyanezek a koncentrációk maradnak

## 10. Mindezekből következően, melyik egyenlet helyes ( A vagy B )?

(A kapcsos zárójelek az adott ion koncentrációját jelentik az I. vagy a II. edényrészben.)

A. 
$$\frac{[K^+]_I}{[K^+]_{II}} = \frac{[Cl^-]_I}{[Cl^-]_{II}}$$

B. 
$$\frac{[K^+]_I}{[K^+]_{II}} = \frac{[Cl^-]_{II}}{[Cl^-]_I}$$

## 11. Szövegkiegészítés:

Ha az oldatot olyan hártya választja el, amely a negatív töltésű fehérje vagy nukleinsav ionok ( $P^-$ ) számára nem átjárható, akkor a ( $P^-$ ) oldalon a mozgékony kationok ... a mozgékony anionok pedig ... koncentrációban vannak jelen, mint a ( $P^-$ ) mentes oldalon.

## 12. Melyik állítás igaz?

A.  $[K^+]_{II} = [Cl^-]_I + [P^-]_I$

B.  $[K^+]_I = [Cl^-]_I * [P^-]_I$

C.  $[K^+]_I = [Cl^-]_I + [P^-]_I$

D.  $[K^+]_I = [Cl^-]_I + [Cl^-]_I$

Nemcsak az ionok eltérő mozgékonyasága miatt kialakuló potenciálkülönbség befolyásolja azonban az ionok vándorlását. Külső forrásból származó elektromos feszültséggel is befolyásolni lehet az ionmozgást. Ha az például „A” oldalon egy pozitív ion magasabb koncentrációban van jelen, mint a „B” oldalon, akkor kémiai potenciálja magasabb, és ezért a membránon át a „B” oldalra fog diffundálni. Ha azonban az oldatokba helyezett elektródokkal az „A” oldalt negatívvá tesszük a „B”-hez képest, akkor a pozitív ionok elektromos potenciálja a „B” oldalon lesz magasabb az „A”-hoz képest. Megfelelő nagyságú elektromos potenciálkülönbséget létrehozva, a pozitív ionok netto átlépése megszűnik, mivel az ellenkező irányba mutató kémiai és elektromos gradiensek hatása kiegyenlíti egymást. Ionok féligáteresztő hártján keresztül kialakuló diffúziójának vizsgálatakor tehát önmagában sem a kémiai, sem az elektromos potenciálok nem elegendőek a spontán létrejövő ionmozgás meghatározására. A kémiai és elektromos potenciált együttesen kell figyelembevenni. Ennek jellemzésére vezették be az **elektrokémiai potenciál** fogalmát.

Az elektrokémiai potenciál egyenlete:

$$\mu = \mu^o + RT \ln c + zFE$$

ahol  $\mu^o$  a standard körülmények között létrejövő elektrokémiai potenciál,  $R$  az egyetemes gázállandó,  $T$  az abszolút hőmérséklet,  $c$  a moláris koncentráció,  $z$  az ion töltésszáma,  $F$  a Faraday állandó és  $E$  az elektromos feszültség.

Az elektrokémiai potenciál egyenlete segítségével meghatározható, hogy milyen elektromos feszültség alkalmazása esetén lesz az adott ion nyugalmi állapotban, vagyis mikor fogja a kémiai és az elektromos gradiens hatása kiegyenlíteni egymást. Ilyenkor az adott ion elektrokémiai potenciálja a két térrészben azonos:

$$\mu_A = \mu_B, \quad \text{azaz} \quad \mu^o + RT \ln c_A + zFE_A = \mu^o + RT \ln c_B + zFE_B$$

ebből

$$E_A - E_B = - \frac{RT}{zF} * \ln \frac{c_A}{c_B}$$

Egyértékű pozitív ionokra számolva, és áttérve tizes alapú logaritmusra, a hőmérsékletet pedig 20,0 °C-nak tekintve, a következő egyszerűbb képletet kapjuk:

$$E_A - E_B = -58 \cdot \lg \frac{C_A}{C_B} \text{ mV}$$

Ez az összefüggés a Nernst-egyenlet, amely alapvető fontosságú az ingerlékeny sejtek nyugalmi és akciós potenciáljával kapcsolatos számítások szempontjából. Segítségével minden ionra nézve meghatározható az egyensúlyi potenciál, Ez az a feszültségérték, amely mellett az adott ion egyensúlyban vagy nyugalmi állapotban van a membrán két oldalán, annak ellenére, hogy koncentrációja különböző a sejtben belül és kívül.

**Tekintsd meg az alábbi táblázatot, amely egy tintahal óriásaxonjának az adatait mutatják. A nyugalmi membránpotenciál értéke  $E_m = -62 \text{ mV}$ . A negatív előjel (-) azt mutatja, hogy a sejt belseje negatív a külső környezettel szemben.**

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>ion</b>	Na <sup>+</sup> (mmol/l)	K <sup>+</sup> (mmol/l)	Ca <sup>++</sup> (mmol/l)	Cl <sup>-</sup> (mmol/l)	Proteinát <sup>-</sup> (mmol/l)
<b>Sejten belül</b>	20	345	0.0001	61	143
<b>Sejten kívül</b>	455	72	2.5	540	0.1

### 13. Melyik igaz az alábbiak közül

- A. A K<sup>+</sup> kémiai potenciálja sejtben belül nagyobb, mint kívül
- B. A K<sup>+</sup> kémiai potenciálja sejtben belül kisebb, mint kívül
- C. A Na<sup>+</sup> kémiai potenciálja sejtben belül nagyobb, mint kívül
- D. A Na<sup>+</sup> kémiai potenciálja sejtben belül kisebb, mint kívül
- E. A Cl<sup>-</sup> kémiai potenciálja sejtben belül nagyobb, mint kívül

A kísérleti eredmények a tintahal óriásaxon esetében is igazolták, hogy a membrán nem átjárható (nem permeábilis) a fehérjékre (P<sup>-</sup>), de a különböző ionokra is eltérő mértékben permeábilis. A hidratált K<sup>+</sup> és Cl<sup>-</sup> kb. 0,4 nm átmérőjű, a hidratált Na<sup>+</sup> kb. 0,5 nm átmérőjű. Sok szövetben éppen ezért a K<sup>+</sup> és Cl<sup>-</sup> permeabilitása közel azonos nagyságrendű, míg a Na<sup>+</sup> permeabilitása 1/100 része a K<sup>+</sup>-hoz viszonyítva.

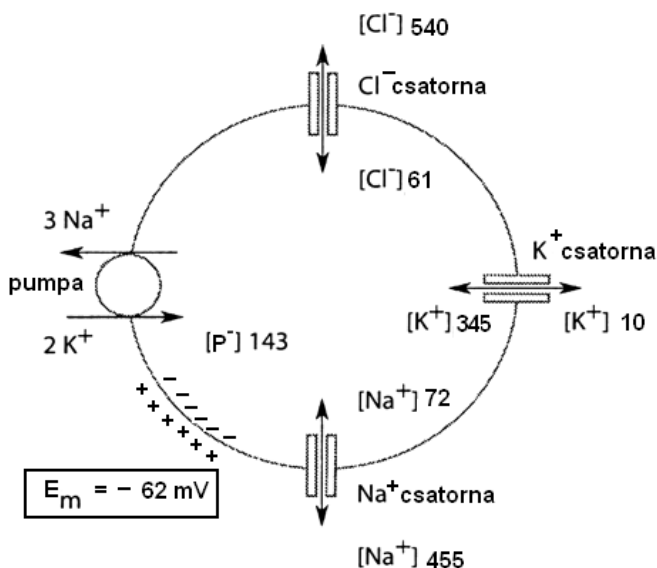
A Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pumpa a sejtthártyában elhelyezkedő fehérje, a mi 3 Na<sup>+</sup> pumpál ki a sejtéből, miközben 2 K<sup>+</sup> juttat a sejtbe (lásd ábra).

### 14. Miért nagyobb átmérőjű a hidratált Na<sup>+</sup>, mint a hidratált K<sup>+</sup>?

- A. mert a Na<sup>+</sup> több protonnal rendelkezik, mint a K<sup>+</sup>
- B. mert a Na<sup>+</sup> a 3. periódusban található, a K<sup>+</sup> pedig a 4.-ben
- C. mert a K<sup>+</sup> az első főcsoportba tartozik a Na<sup>+</sup> pedig a másodikban
- D. mert a Na<sup>+</sup>-nak nagyobb az atomtömege, mint a K<sup>+</sup>-nak.
- E. mert a Na<sup>+</sup> körül nagyobb a térerősség, így a polarizáló képessége nagyobb.

### 15. Milyen következménnyel járna, ha a pumpa nem cserélné a K<sup>+</sup>-t és a Na<sup>+</sup>-t?

- A. A sejt belsejében nem lenne K<sup>+</sup>
- B. A sejt külső terében nem lenne Na<sup>+</sup>
- C. A sejt belsejében csökkenne az ionok koncentrációja
- D. A sejtben belüli terében



Koncentrációk mmol/liter mértékegységekben

16. Mennyi a  $\text{Na}^+$  egyensúlyi potenciálja (E) ?

- A. 96 mV
- B. + 66 mV
- C. 55 mV
- D. + 46 mV
- E. 89 mV

17. Mekkora a  $\text{Na}^+$ -ra vonatkozó elektrokémiai potenciálkülönbség  $z^*(E_m - E)$  ?

- A. +27 mV
- B. 108 mV
- C. + 7 mV
- D. 59 mV
- E. + 58 mV

18. Számíts ki a  $\text{K}^+$ -ra és a  $\text{Cl}^-$ -ra vonatkozóan is az egyensúlyi potenciálokat és az elektrokémiai potenciálkülönbségeket! A 16. és a 17. feladatban megadott értékek közül válassz!

- $\text{K}^+$ :
- $\text{Cl}^-$ :

Nyilvánvaló, hogy egy idő után a pumpa az összes  $\text{Na}^+$ -t kipumpálná ha nem térne vissza állandóan a  $\text{Na}^+$ -ion a sejtbe. Kiderült, hogy vannak a sejtben olyan ioncsatornák, amelyek állandóan kismértékben nyitva vannak (*szivárgási csatorna*) és a káliumionokat kiengedő csatornák nagyobb átteresztőképességűek, mint a nátriumionokat beengedők. Vannak olyan csatornák is, melyek, akkor nyílnak meg, ha egy kémia anyag (ligand) az ioncsatornához kapcsolt receptorhoz (jelfelfogó) kötődik (*ligandfüggő ioncsatornák*) illetve vannak olyan ioncsatornák, amelyek meghatározott feszültségértékeknél nyílnak meg és eresztik át az ionokat (*feszültségfüggő ioncsatornák*).

**19. A fentiek alapján melyik ion játszik kiemelkedő szerepet a nyugalmi potenciál kialakításában?**

- A.  $\text{Na}^+$
- B.  $\text{K}^+$
- C.  $\text{Cl}^-$

**20.**

A nyugalmi potenciál szinte minden élő sejtre jellemző, de megváltozni csak kevés sejt típusban képes pl. idegsejtekben, izomsejtekben, érzékhámsejtekben. Mindazok a hatások, amelyek a nyugalmi membránpotenciál értékét csökkentik, serkentő hatásúak.

**Egészítsd ki táblázat utolsó oszlopát: írd be, hogy adott kémiai anyag serkent vagy gátol.**

A kémiai anyag neve	A receptor neve	Szerv neve	Milyen ioncsatornát aktivál (közvetlenül vagy közvetve)?	Serkent vagy gátol?
Acetilcolin	muszkarinos	szív	$\text{K}^+$	
Acetilcolin	nikotinos	vázizomzat	$\text{Na}^+$	
GABA	$\text{GABA}_A$	agy	$\text{Cl}^-$	

Az is kiderült, hogy az egyes receptorokhoz sejten kívül kapcsolódó jelátvivő anyagok (pl. adrenalin, dopamin) nem közvetlenül az ioncsatornán keresztül fejtik ki a hatásukat, hanem a receptorhoz való kötődés azt eredményezi, hogy a receptor aktivált állapota révén aktivál más molekulákat, de már a sejten belül. Tehát a receptorok a sejthez kívülről érkező jelmolekulákat érzékelve a sejten belül különböző jeltovábbító utakat aktiválnak, és a sejtet válaszra készítetik. Egy ilyen sejten belüli jeltovábbító molekulák lehet az ún. G fehérjék vagy G proteinek. Az elnevezésük az ATP molekula felépítéséhez hasonló felépítésű GTP-re utalnak. A dopamin dopamin-receptorokhoz kapcsolódva fejtik ki hatását, melyből több típust különböztetünk meg. A D1 típusú dopamin receptorok G proteinen keresztül fejtik ki a hatásukat. Az egyik legfőbb szerepük, hogy egy másodlagos hírvivő, a cAMP aktivitását szabályozzák. A cAMP pedig enzimeken keresztül közvetíti a hatást. A különféle dopamin receptorokat szoros kapcsolatba hozták pl. a csecsemőkori kötődéssel, felnőttkori és gyermekkori temperamentummal, hiperaktivitással, Alzheimer-kórral, Parkinson-kórral, skizofréniával, drogfüggőséggel, alkoholizmussal.

A G proteineken kívül ma már sok más sejten belüli jeltovábbító molekulát ismerünk. Vannak olyan receptorfehérjék, amelyek enzimaktivitással rendelkeznek aszerint, hogy kapcsolódik hozzájuk foszfátcsoport vagy sem. Tehát itt a jelátvivő anyag kapcsolódása a receptorhoz (kívülről) elősegíti, hogy foszfátcsoport kapcsolódjon a receptor fehérjéhez (sejten belül) és így aktiválódjon. Az inzulin hatása is így közvetítődik.

## Parkinson-betegség

A Parkinson-betegség elsősorban idős korban kialakuló, lassan előrehaladó degeneratív idegrendszeri betegség. A betegség hátterében számos genetikai és környezeti tényezőt azonosítottak. A betegség alapja az automatikus mozgásokat szabályozó motoros rendszer zavara: a középagyú fekete magból (substantia nigra) kiinduló és a lencsemagban (striatum része) végződő pályarendszerben az egyik fő ingerületátvivő anyag, a dopamin mennyisége csökken a substantia nigra sejtjeinek pusztulása miatt, ez vezet a mozgásszabályozás zavarához.

A Parkinson kór fő tünetei: izommerevség (**rigor**), mozgások meglassulás (**hipokinezis**) és nyugalomban jelentkező remegés (**tremor**). Kísérő tünetek: mimika csökkenése, nyálcsorgás, szaglás csökkenése, írás megromlása (mikrográfia), gondolkodás meglassulása (bradifrenia).

A dopamin átfőmálja a viselkedés szabályozásáért felelős kulcsfontosságú agyi áramköröket. A Parkinson-kór és a drogfüggőség homlokegyenest ellenkező megbetegedések, annak ellenére, hogy mindkettő függ az agyi dopaminszinttől. A Parkinson-kóros betegekben nincsen elég, a drogfüggők pedig túl sokat kapnak belőle. Bár régóta ismert a dopamin szerepe ezekben a betegségekben, a hatásmechanizmust eddig rejtély övezte.

*„Két agyi áramkör segít eldönteniünk, hogy tegyünk-e lépéseket óhajaink irányába, vagy sem. Például azt, hogy egy nyári éjszakán felkeljünk-e a kanapéről, hogy lehajtsunk egy hatos csomag jéghideg sörért a partra, vagy inkább henyéljünk tovább a kanapén.”*

Az egyik áramkör egy „stop” kör, ami megállít minket abban, hogy a szándékunk irányába cselekedjünk, míg a másik egy „indulj” kör, ami épp a cselekvésre ösztönöz. Ezek az ingerületi körök a striátum-ban (egy agyidegmagban) helyezkednek el, ahol a gondolatok cselekvéssé konvertálódnak. A kutatók elektromosan aktiválták a kérgi rostokat, hogy a mozgásparancsokat stimulálva megemeljék a természetes dopaminszintet. Azonban ami ezután következett, az mindenkit meglepett. Az „indulj” áramkörhöz kapcsolódó agykérgi szinapszis (ingerületátvitel) erősebb és nyomatékosabb lett. Ezzel egy időben a „stop” áramkörben gyengült a kérgi ingerületátvitel.

*„Ez lehet a függőség magyarázata” – gondolták. „A kábítószerrel által felszabaddított dopamin abnormális mértékben erősíti az agykérgi szinapszisokat, melyek a striátum „indulj” áramkörébe vezetnek, míg egyidejűleg gyengülnek a „stop” áramkörök. Mivel ez az esemény a drogbevitelhez kapcsolódik, kialakul egy kontrollálhatatlan motiváció és felkészítő magatartás a drog irányába. Egy egészséges agyban kiegyensúlyozottak a motiváló készletések és a szándékos leállítások” – állította Surmeier. „A kutatások alapján, nem csak a megerősödött agyi áramkörök választják ki a cselekvőszándékot - az emelkedett dopaminszintnek megfelelően -, hanem a meggyengült „stop” áramkörök is hozzájárulnak ehhez.”*

A kísérlet második szakaszában a kutatók olyan állatkísérletes modellt használtak, amelyben az emberi Parkinson-kórnak megfelelően elpusztultak a dopaminerg neuronok. Később megnézték, hogy mi történik az agykérgi cselekvés ösztönzésre. Az eredmény: a „stop” áramkörök megerősödtek, míg az „indulj” áramkörök” gyengültek.

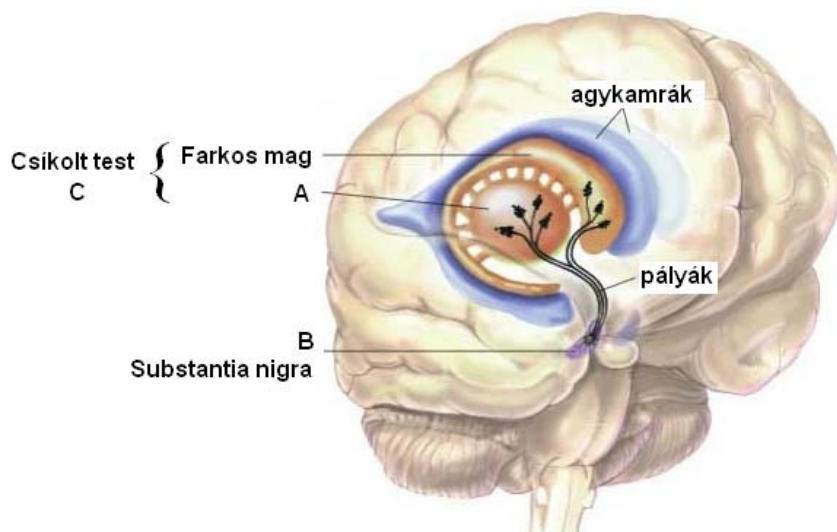
*„A tanulmány magyarázatot ad arra, hogy miért nehéz a Parkinson-kóros betegeknek az olyan mindennapos cselekvések elvégzése, mit például egy pohár víz elvétele az asztalról, ha éppen megszomjaztak” – magyarázza a kutató. Surmeier egy autó analógiájával példázta a jelenséget. „A tanulmányunk világosan rámutat, hogy a Parkinson-kórosok mozgásindítás képzetlensége nem egy passzív folyamat, mintha egy autóból elfogyyna a benzín. Inkább azt mondhatnánk, hogy az autó azért nem mozdul, mert a lábunk rátapadt a fékre. A dopa-*



min normális esetben segít szabályozni a fék és gázpedálra lépést. Segít megtanulni, hogy amikor pirosat látunk a kereszteződésben lefékezzünk, míg ha zöld van, lelépjünk a fékpedálról és gázt adjunk. A Parkinson-kóros betegek, akik elvesztették a dopamintermelő idegsejtjeiket, örökre a fékhez ragadtak.” Az agyi áramkörök alapjainak jobb megértése új terápiás célkitűzésekre ösztönzi a kutatókat. Főként, hogy mennyiben szabályozhatók ezek az agyi megbetegedések, beleértve más, dopaminhoz kapcsolt kóros állapotokat, például skizofréniát, Tourette szindrómát (ismétlődő, akaratlan mozgások jellemzik), vagy disztóniát (izomtónus zavart).

Forrás:

<http://esciencenews.com/articles/2008/08/08/unlockin-g.mystery.why.dopamine.freezes.parkinsons.patients>



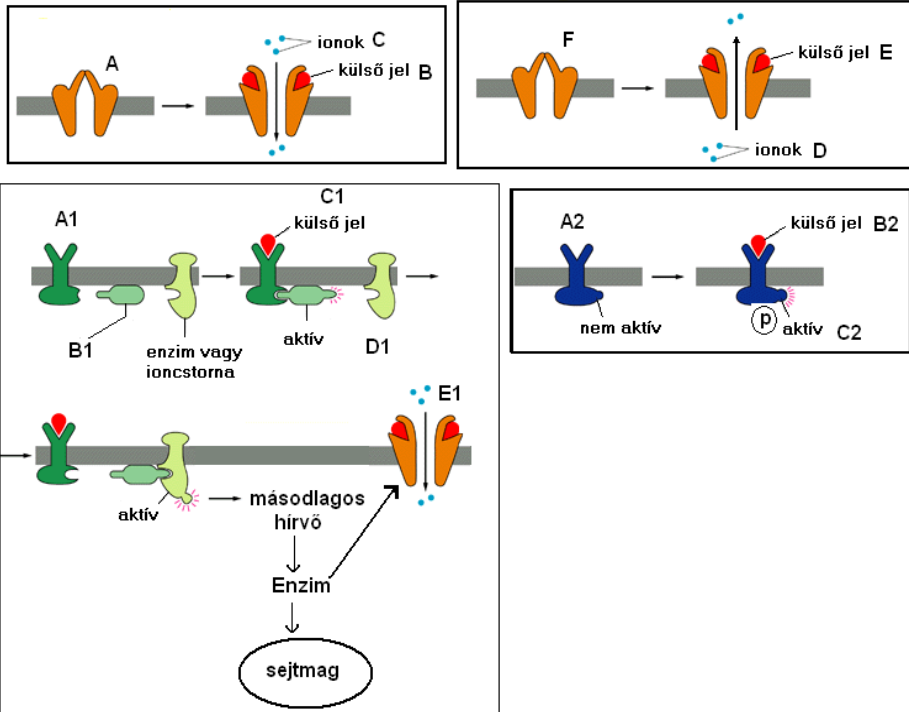
21. Mely agyterületet jelölik a betűk (A, B, C) ?

A: ...

B: ...

C: ...

Tekintsd meg ábrákat, majd egészítsd ki a táblázatot!

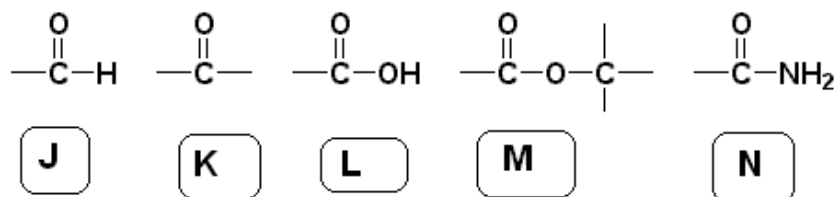
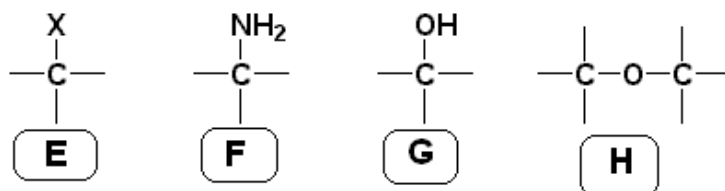
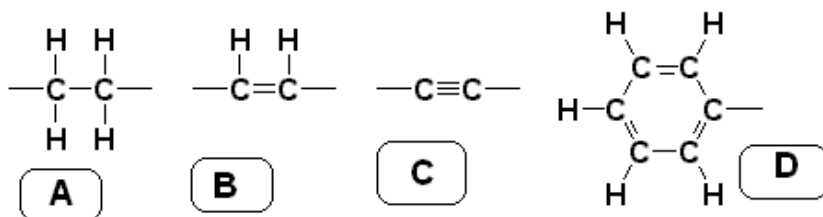


Feladat		Jele az ábrán
22.	GABA receptor r	
23.	Muszkarinós acetilkolin receptor	
24.	Dopamin	
25.	G protein	
26.	Nikotinos acetilkolin receptor	
27.	Acetil-kolin	
28.	inzulin	
29.	$K^+$	
30.	$Cl^-$	
31.	D1 Dopamin receptor	
32.	$Na^+$	
33.	Inzulin receptor	
34.	Foszfátcsoportokkal aktivált enzimreceptor	
35.	GABA	
36.	$Na^+$ vagy $Ca^{2+}$ ion	

## 6. rész: Biokémia, burgonya, cukorbetegség

### I. A biokémia alapjai

A funkciós csoport az atomok egy molekulán belüli olyan csoportja, amely az adott molekula jellemző kémiai reakcióiért felelős. **Párosítsd a funkciós csoportok, molekularészletek betűjeleit a meghatározásokkal! Egy meghatározás mellé több betű is írható.**



Meghatározás	Betűjel
1. A fehérjék peptidkötéseinek kialakításában vesz részt	
2. A természetben, számos esetben észterekben savakhoz kötve (pl. gyümölcészterek, zsírok) fordul elő.	
3. Egy észterkötés pl. a foszfatidokban	
4. A NAD <sup>+</sup> piridingyűrűjének egyik C atomjához kapcsolódó csoport	
5. Bázisos tulajdonságot ad a vegyületnek. az aminosavak dekarboxileződése során jönnek létre. A szervezetben jelátvivő anyagként működő szerotonin és hisztamin funkciós csoportja is.	
6. Reakcióképességük viszonylag kicsi, innen származik a paraffin nevük (parum affinis = kis reakcióképesség). Erősen poláros oldószerek (pl. víz) azért nem oldják, mert az oldószermolekulák asszociációja olyan erős, hogy halmazrendszerükbe a csak kismértékben polározódó ilyen típusú vegyületek nem tudnak behatolni. Nagy mennyiségben állnak rendelkezésre a természetben, a földgázban és kőolajban	
7. Egy vegyértékű gyök; képlete (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ).	
8. Az oxigénatom tetraédes vegyértékelektronpár elrendeződése miatt nem befolyásolja jelentősen a molekula alakját. A C-O kötés ugyan poláros, de a molekula a kapcsolódó szénhidrogéncsoportok miatt gyakorlatilag apoláris. A glükóz és a fruktóz összekapcsolódása is ezzel a kötéssel történik a szacharóz molekulában.	
9. Formilcsoport. Az oxocsoportnál ezek a vegyületek erősen polárisak, mert a π-kötés elektronjait magához vonzza nagyrészt az oxigénatom. Ez határozza meg a fizikai tulajdonságokat is: kisebb szénatomszámnál elegyednek vízzel nagyobbaknál vízoldhatatlanok. Viszonylag erős redukálószer, amit a kimutatásuknál kihasználhatunk (Fehling reakció, ezüsttükör-próba).	
10. Viszonylag reakcióképes vegyületek, ami azzal is magyarázható, hogy a funkciós csoport elektronvonzó hatása miatt lazítja a vele szomszédos szénatomhoz kapcsolódó hidrogénatomot vagy hidrogénatomokat. Ez a funkciós csoport hidroxilcsoportot is tartalmaz, ezért hidrogénkötéseket tudnak kialakítani. A funkciós csoport hidrofil, poláris jellege érvényesül inkább alacsony (<8) szénatomszámú vegyületeinél ezért ezek vízben jól oldódnak.	
11. Ez a kötés a funkciós csoportokon belül kialakult delokalizált elektronrendszer miatt merev. Zsírok és alkoholok kondenzációjával jön létre.	
12. Az alkil-halogenidekben található, szén-halogén kötés, erősen poláris, ezért ezek a vegyületek általában reaktív molekulák, és nukleofil szubsztitúciós reakcióik is könnyen végbemennek.	
13. Telítetlen szénhidrogének	
14. Éhezéskor vagy cukorbetegség esetén a sejtek zsíroxidációs folyamatainak eredményeként keletkeznek az ezt a funkciós csoportot tartalmazó vegyületek. A gyümölcscukor egyik funkciós csoportja.	
15. Glükóz részlete is lehetne	
16. A fenilalanin részlete is lehetne	
17. A dezoxiribóz részlete is lehetne	
18. Az ATP részlete is lehetne	
19. A foszfatidok részlete is lehetne	
20. A tesztoszteron részlete is lehetne	

## II. A burgonya

A krumpli nem volt mindig édes és ehető, a növény Dél-Amerikában termő ősei még sütés és főzés után is megőrizték kissé keserű ízüket, és csak az éjszakai fagy hatására lettek egy kicsit édeskések. Az Andokban elterjedt fajta a rövid, a chilei pedig a hosszú nappalokhoz alkalmazkodott. Egyes kutatók szerint Európába elsőként az andoki burgonya érkezett meg, amely 200 év alatt adaptálódott a hosszú nappalokhoz. Mások szerint viszont a modern háziásított burgonya őse a chilei variánsból származik, mert az ottani termesztési körülmények nagyon hasonlítottak az európaire. Azt azonban egész mostanáig nem vették figyelembe, hogy a krumpli történetében Amerika és Európa között nagyon komoly szerepet játszottak a Kanári-szigetek, hiszen egy 1597-es leírás szerint Közép- és Dél-Amerika után először itt jelent meg a krumplitermesztés. A szakértők szerint a szigeteken az andoki variánst honosíthatták meg, ám erre mostanáig nem találtak genetikai bizonyítékot. David Spooner, a Wisconsini Egyetem kutatója és az Egyesült Államok Mezőgazdasági minisztériumának szakértője ezért úgy döntött, hogy megpróbálkozik az ottani krumpli vizsgálatával. A genetikai minta alapvetően az andoki ősökre utal, nyomokban azonban a chilei rokon is megtalálható benne. Ebből pedig az derül ki, hogy a szigeten különböző időpontokban mind a két fajta megjelent, és az európai növény ezek keveredéséből alakulhatott ki. A további vizsgálatokkal a krumpli teljes történetét szeretnék megismerni, amely a szakértők szerint utat mutathat a krumpli további nemesítése felé is. Az eredményeket a Crop Science legújabb számában tették közzé. Régészeti leletek szerint Dél-Amerikában több mint hétezer évvel ezelőtt már fogyasztották az étkezési burgonyát, ami - a spanyol hódítók által összerabolt arany, ezüst és drágakő szerény útítársaként - az 1570-es években került Nyugat-Európába, majd jutott később kalandos utakon Magyarországra. Elsőként bizalmatlanul fogadták, főként, hogy sokan a mérgező levelét és termését fogyasztották el. A krumpli népszerűsítésében jelentős szerepet játszott Antoine Augustine Parmentier, a francia király gyógyszerésze, aki XVI. Lajos megnyerésével biztosította a burgonya sikerét. Hazai karrierje a 18. század végén vette kezdetét, amikor II. József adókedvezménnyel támogatta a burgonya termesztését. Az új növényt kezdetben földi körtének, vagy földi almának is nevezték, a krumpli szó pedig a német névből (Grundbirne) származik. C-vitaminból 80-100 mg/100 g-ot tartalmaz, amely a tárolás során 60 mg/100 g-ra csökken. Néhány esetben gyökerével együtt tárolják a krumplit.

Forrás: <http://www.mult-kor.hu/cikk.php?article=17483>

**1. Egyszerű választás:** A burgonya melyik részét (szervét) fogyasztjuk?

- A. A gyökerét
- B. A föld alatti szárát
- C. A föld feletti szárát
- D. A levelét
- E. A termését

**2. Egyszerű választás:** Az alábbiak közül melyik tényező utal a burgonya eredeti hazájára?

- A. A burgonya tartalék tápanyaga a keményítő
- B. A burgonya virágzási ideje
- C. Chilei fogyasztási szokások
- D. Az európai fogyasztási szokások
- E. A Kanári-szigeteken a 16. században már termesztették

**3. Rövid válasz:** Miről szólhatott David Spooner Science újságban közölt cikke? Fogalmazd meg röviden!

**4. Rövid válasz:** Egyes botanikusok (növényekkel fogalalkozó kutatók) szerint nem helyes ha azt mondjuk, hogy krumplit, paradicsomot, karfiolt eszünk. Vajon mire gondolhatnak, miért nem helyes a kifejezés?

**5. Számolás:** A felnőtt ember napi C vitaminszükséglete 200 mg. Mennyi (hány g) krumpli fogyasztása fedezné a napi C vitaminszükségletét Magyarországon, februárban, egy felnőtt embernek?

**6. Rövid válasz:** Ha egy  $100\text{ cm}^3$  térfogatú krumplidarabot  $200\text{ cm}^3$  vizet tartalmazó hengerbe tennénk (a vízben teljesen elmerülne), azt várnánk, hogy a vízszint a  $300\text{ cm}^3$ -t mutató jelre emelkedik, mégsem ezt tapasztaljuk, hanem kisebb értéket! Fogalmazzon meg olyan kémia vagy biológiai okot, amely magyarázhatja a tapasztaltakat!

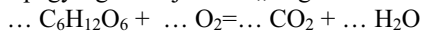
**7. Egyszerű választás:** Tétélezzük fel a krumplit  $100\text{ cm}^3$  térfogatú kockának! Ha szájjüregünkben megrágjuk ezt a krumplit, mi igaz az alábbiak közül?

- A. A krumpli össztérfogata nő
- B. A krumpli összfelülete nő
- C. A krumplidarabok élhosszúsága biztosan nő
- D. A krumplidarabok térfogata nő
- E. A krumplidarabok száma csökken

**8. Összetett választás:** A sokáig rágott pirított (sült) krumplit édesnek érezzük. Mi következhet ebből az alábbiak közül?

- A. A krumpliban alapegységként szőlőcukor van
- B. A krumpli tartalmaz szénhidrátokat
- C. A krumplinak magas a fehérjetartalma
- D. A krumpli tartalmaz növényi olajokat is

**9. A krumpli alapegységei a sejtekben „elégnek”. Rendezd az alábbi egyenletet!**



**10. Rövid válasz: II.** József adókedvezményrel támogatta a burgonya termesztését, mostanában viszont egyre nő az étkezési burgonya ára. Hogyan kapcsolható össze ez a tény azzal, hogy az átlaghőmérséklet növekszik a Földön?

### III. Cukorbetegség

A **cukorbetegség, diabetes mellitus** vagy rövidítve **diabétesz** a szőlőcukor (glükóz) feldolgozási zavara, melynek oka a hasnyálmirigy által termelt inzulin nevű hormon hiánya, vagy a szervezet inzulinnal szembeni érzéketlensége (inzulinrezisztencia, relatív inzulinhiány) vagy mindkettő. Az abszolút vagy relatív inzulinhiány következtében, mivel a sejtek inzulin hiányában nem képesek a glükóz felvételére, a vércukorszint megemelkedik, és ez okozza a betegség fő tüneteit. A *diabetes mellitus* magyarul „mézédes átfolyás”-t jelent a görög "διαβήτης" = „átmenet, átfolyás” és a latin „mellitus” = „mézédes” szavak összetételéből) a szervezet anyagcseréjének krónikus megbetegedése. Az elnevezés az egyik főtünetre, a cukor vizelettel való fokozott kiválasztására és a megemelkedett vizeletmennyiségre utal. A középkorban a vizelet megkóstolása jelentette a diagnózist.

Forrás: wikipedia.hu

**Tanulmányozd az alábbi adatokat, majd válaszolj a kérdésekre!**

Az evés után eltelt idő	Glükóz (mg / dl) * a vérben	Glükóz (mg /dl) * a vérben
	<b>A személy</b>	<b>B személy</b>
0.5	100	180
1	110	200
1.5	125	225
2	115	230
2.5	110	225
3	105	215
3,5	100	200
4	90	190

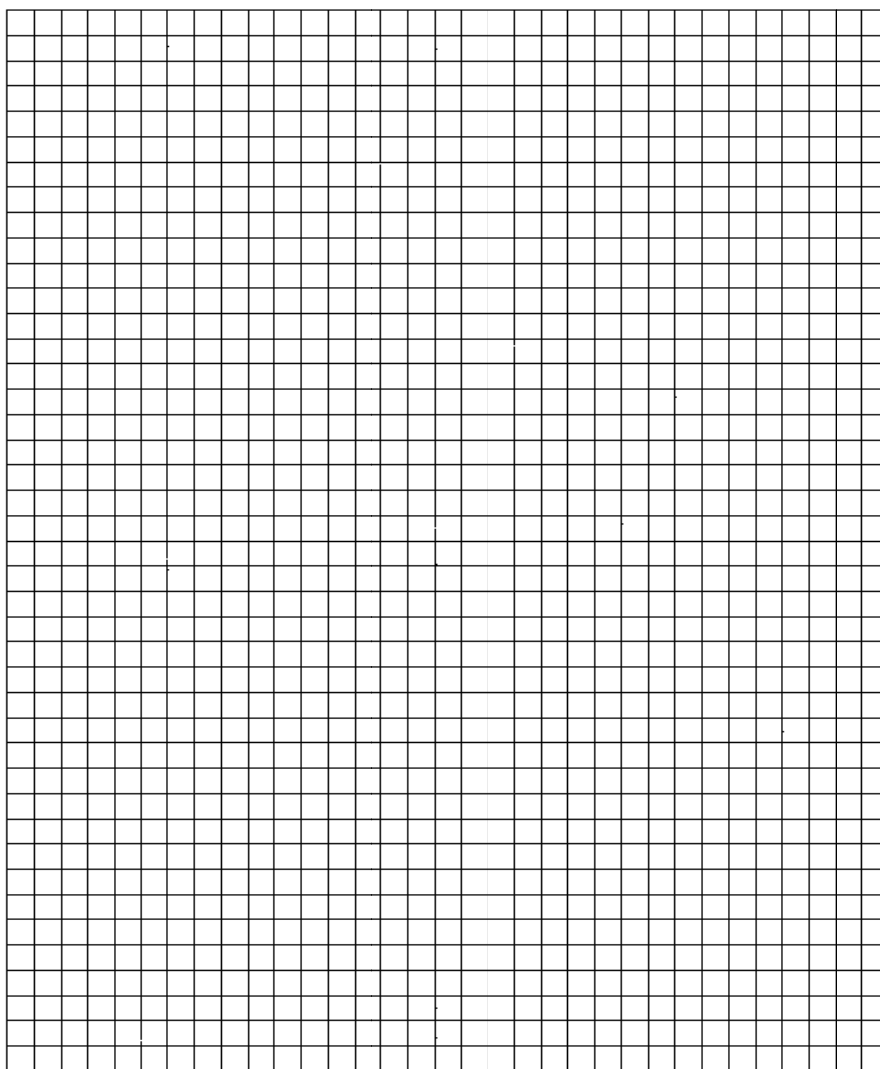
\*Valószínűleg olvastál már olyan dokumentumokat, amikor a vércukor szintet **mmol/l** mértékegységben adták meg, vagy ahol **mg/dl**-ben. A konvertáláshoz az adott értéket meg kell szorozni (vagy osztani) 18-cal. (Pl. a 7 mmol/l megfelel 126 mg/dl-nek).

- 1. Mi a független változó? Válaszodat indokold!**
- 2. Mi a függő változó? Válaszodat indokold!**
- 3. Ha a táblázat adatait grafikusán ábrázolnád, milyen címet adnál a grafikonnak? Válaszodat indokold!**
- 4. Melyik ember a cukorbeteg (A vagy B)?**
- 5. Melyek azok az adatok, melyek alátámasztják a feltevéseidet?**

**6. Ha megnéznénk az evés után 6 órával a B személy vércukorszintjét, mi a valószínű várható érték? Miért?**

**7. Ábrázold a két személy vércukoradatait!**

Cím: \_\_\_\_\_

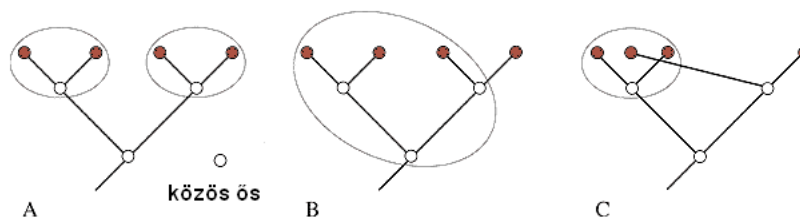


**8. Milyen következtéseket tudsz levonni a grafikonok alapján? Írj legalább kettőt!**



## 7. rész: Rendszertan

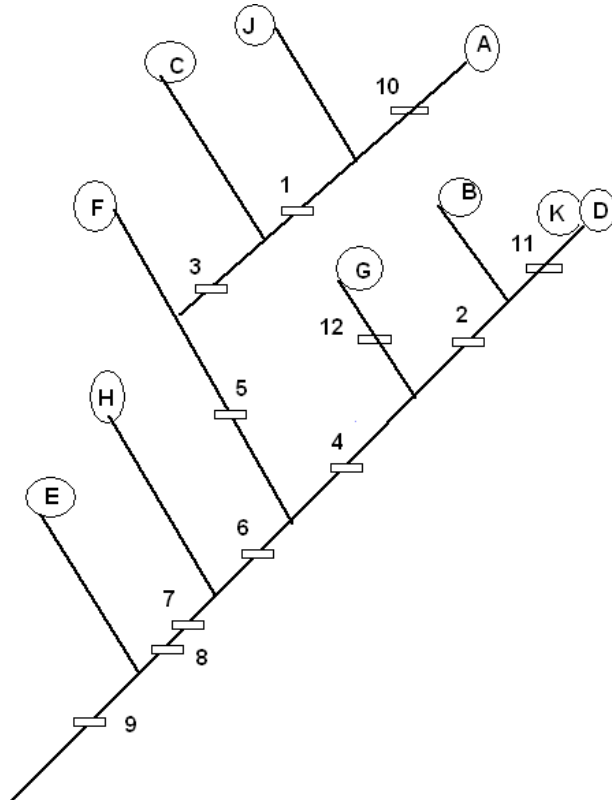
A biológiai rendszertanban **monofiletikus csoportnak** nevezzük az egy közös rendszertani őstől származó élőlények összességét (vagyis az őst és összes leszármazottját együttesen). Ha egy élőlénycsoport több ősrre vezethető vissza, akkor **polifiletikus csoportnak** nevezük, tehát a csoport tagjainak hasonló tulajdonságai egymástól teljesen függetlenül jöttek létre. Ha a csoport tagjai visszavezethetők egy közös ősrre, viszont a csoport maga nem tartalmazza annak a bizonyos legközelebbi közös ősnak az összes leszármazottját, akkor **parafiletikus csoportról** beszélünk.



**Párosítsd az ábrákat a meghatározásokkal!**

1. Polifiletikus csoport
2. Monofiletikus csoport
3. Parafiletikus csoport
4. A hüllők (*Reptilia*) a madarak (*Aves*) nélkül
5. Melegvérű (azaz állandó testhőmérsékletű) állatok: madarak és emlősök
6. A hüllők (*Reptilia*) a madarakkal (*Aves*)
7. Az állkapocs nélküliek (*Agnatha*) az állkapocsosok (*Gnathostomata*) nélkül
8. Röpkepes gerincesek: madarak és denevérek
9. A kétszikűek (*Dicotyledonae*) az egyszikűek (*Monocotyledonae*) nélkül
10. A csontos halak (*Osteichthyes*) a négy lábúak (*Tetrapoda*) nélkül
11. Fotoszintézisre képes élőlények: növények és egyes baktériumok

Párosítsd az ábra számait és betűit a meghatározásokkal!

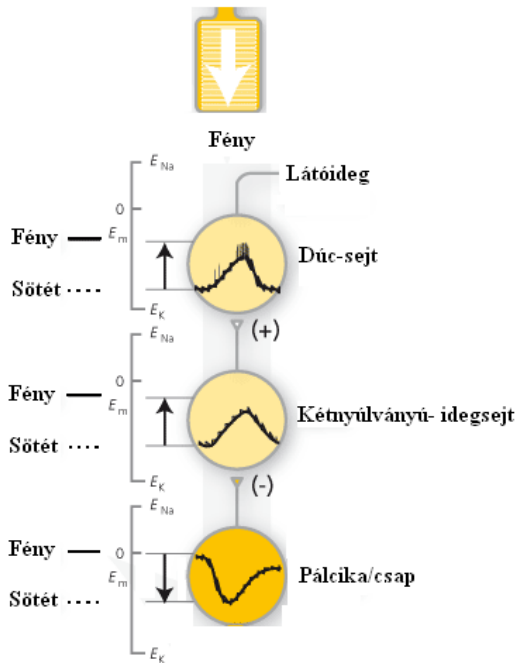


Meghatározások 1			Meghatározások 2
Szelvényesség			Tüskésbőrűek
Kétoldali szimmetria			Laposférgek
Többsejtűség			Emlősök
A bélcsíra összájnyílásából fejlődik ki a valódi szájnyílás			Csalánozók
Nem a bélcsíra összájnyílásából fejlődik ki a valódi szájnyílás			Puhatestűek
Szimmetrikus testszerveződés			Szivacsok
Spirális barázdálódás			Halak
Álsugaras szimmetria			Szivacsok
Gerincoszlop			Ízeltlábúak
Vedlés			Zsákállatok
Sugaras barázdálódás			
Kopoltyúrések			

## 8. rész: Vegyes feladatok

1. Az emberi retina. Tekintsd meg az alábbi ábrát! Valamelyik felirat hibás, mert így nem összefüggő az ábrával! Válaszd ki melyik felirat hibás az alábbiak közül!

- A. Az ábrán rosszul szerepel a fény iránya
- B. Az ábrán feltüntetett sejtek nem ebben a sorrendben követik egymást
- C. A Fény és Sötét feliratok nem minden esetben szerepelnek a megfelelő helyen
- D. A kör melletti nyilak iránya egyik esetben nem megfelelő
- E. A körben látható görbék közül egynek nem megfelelő a lefutása



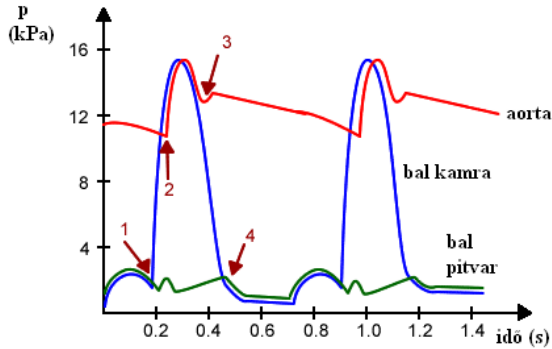
2. Az alábbiak közül melyik fehérje megváltozott vérplazma szintje utal általában vashiányos vérszegénységre?

- A. Transzferrin
- B. Mioglobin
- C. Hemoglobin
- D. Citokróm-a
- E. B<sub>12</sub> vitamin

3. Melyik ion egyensúlyi potenciálja megközelítőleg +135 mV, ha a nyugalmi membránpotenciál értéke -90 mV?

3. feladat	A	B	C	D	E
ion	Na <sup>+</sup> (mmol/l)	K <sup>+</sup> (mmol/l)	Ca <sup>++</sup> (mmol/l)	Cl <sup>-</sup> (mmol/l)	Proteinát- (mmol/l)
Sejten belül	20	150	0.0001	0.1	76
Sejten kívül	145	4	2.5	76	0.1

4. Mennyi vért továbbít 1 perc alatt ez a szív, ha a pulzustérfogat 70 ml?

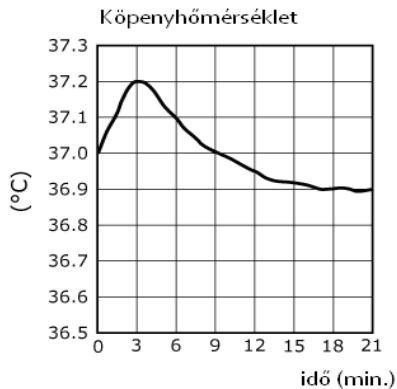


- A. kb. 3 liter
- B. kb. 5 liter
- C. kb. 6 liter
- D. kb.10 liter
- E. kb. 12 liter

5. A következőket tudjuk: 1 g fehérje égéshője 22 kJ, a szervezetünkben történő égés kapcsán felszabaduló hőmennyiség 17 kJ. Hol kell keresni a különbséget?

- A. a vizeletben
- B. a zsírszövetben
- C. a gyomorban
- D. a vékonybélben
- E. a vastagbélben

6. Mi történhetett az alábbi ábra alapján?



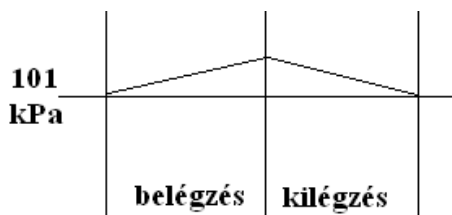
- A. egy embert 15 °C-ra tettek
- B. egy embert 40 °C-ra tettek
- C. egy fürge gyíkot 15 °C-ra tettek
- D. egy fürge gyíkot 40 °C-ra tettek

7. Melyik tüdő félre jut leginkább a félrenyelt falat: a jobb vagy baloldalra? Válaszod indokold!

8. Egy fiatal fiú elhatározza, hogy a bűvárszipkáját 3,2 méteresre növeli, hogy 3 méterrel a vízfelszín alatt tudja figyelni a tenger élővilágát. Milyen problémára hívnád fel a figyelmét a légzés szempontjából?

9. Az alábbi diagram egy élőlény tüdejében végbemenő nyomásváltozásokat mutatja. Melyikét?

- A. fűrge gyík
- B. gyepi béka
- C. kardszárnyú delfin
- D. kiskócsag
- E. indiai elefánt



10. Tekintse meg az alábbi táblázatot és válassza ki melyik állat jellemzőit tartalmazza!

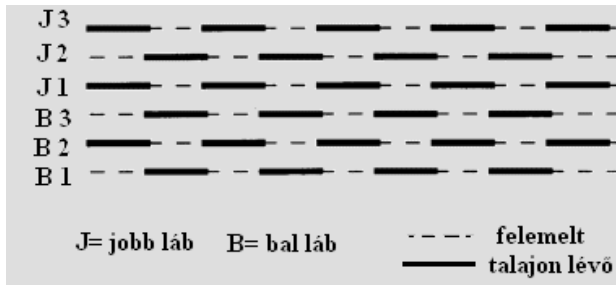
Hajszáler	Ereiben oxigénkötő fém-tartalmú fehérje	Kitin az élőlényben	Héj- vagy csápmirigy	Belső váz
nincs	van	van	nincs	nincs

- A. éti csiga
- B. havasi cincér
- C. közönséges földigiliszta
- D. folyami rák
- E. közönséges tintahal

11. Melyik élőlény esetében nem játszanak szerepet a bordaközi izmok a légzési folyamatában?

- A. mocsári teknős
- B. fűrge gyík
- C. balkáni gerle
- D. erdei pinty
- E. üregi nyúl

12. Az alábbi diagram egy rovar mozgásmintázatát mutatja be. Milyen következtetést vonhatunk le az ábra alapján?



- A. Mindig egy lábát emeli, egyik oldalon a páratlan számúakat a másik oldalon a párosakat, majd fordítva
- B. Három lábát rakja le egyszerre és mind a három tolja
- C. Három lábát rakja le egyszerre és mind a három húzza
- D. Három lábát rakja le egyszerre, egy húzza, egy tolja, egy pedig tengelyként működik
- E. Felváltva rakja le a lábait és nincs olyan pillanat, amikor minden lába a talajon van

**13. Melyik élőlénynek legnagyobb a fajlagos N vesztesége a húgysavval?**

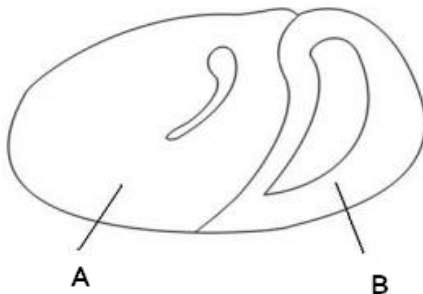
- A. Nyest
- B. Macskacápa
- C. Lazac
- D. Ezüstsirály
- E. Ember

**14. Miért csökken a vérnyomás a nagyvérkörben folyamatosan, még az azonos átmérőjű erek mentén is, noha ez a Bernoulli törvényből nem következik?**

Bernoulli törvényében a mechanikai energia-megmaradás törvénye érvényesül:

$p + \rho * g * h + 0,5 * \rho * v^2 = \text{konst.}$  (ahol  $p$  = sztatikai nyomás,  $\rho * g * h$  = hidrosztatikai nyomás,  $0,5 * \rho * v^2$  = dinamikai nyomás).

**15. Az alábbi ábra a zsiráf szívének keresztmetszeti képét mutatja. A szív mely részeit jelöli A és B? Válaszod indokold!**

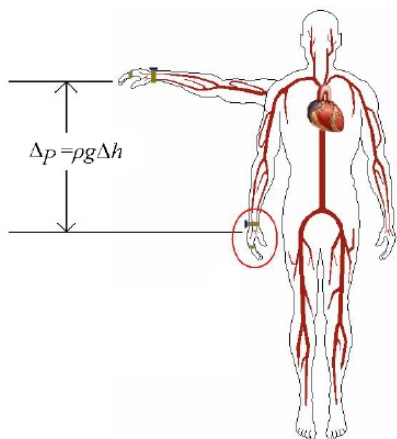


- A: .....
- B: .....

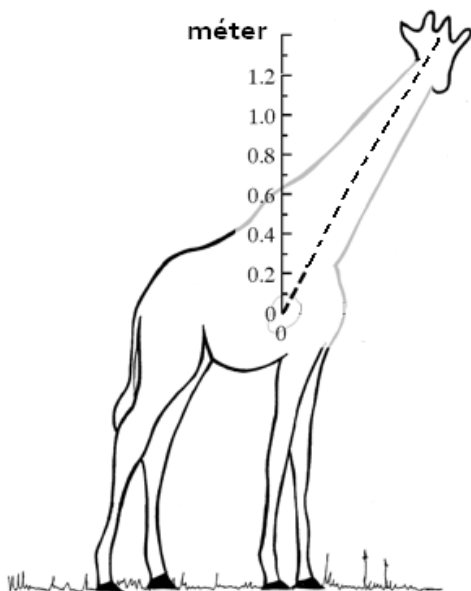
A hidrosztatikai nyomás a lefelé irányuló véráram nyomását növeli, a felfelé irányulóét csökkenti. Ezt a hatást egészséges emberben szabályozási mechanizmusok kompenzálják.

**16. Egy egészséges emberben a hirtelen felállás hatására hány Hgmm-t esne a vérnyomás a fej területén?** Normál (átlagos) vérnyomásérték 120/80 (Hgmm).

(Segítség és adatok: a vér sűrűsége  $1,055 \text{ kg/m}^3$ , gravitációs gyorsulás értéke  $9,81 \text{ m/s}^2$ ,  $\Delta h$  a szív és a szerv távolsága,  $\Delta p$  a hidrosztatikai nyomásváltozás).



**17. Mekkora a vérnyomása ennek a zsiráfnek?**



**18. Mennyi lenne ez az érték, ha a zsiráf lehajol füvet enni?**

**19. A kiszámított helyes érték mellett a zsiráf egyes erei megrepednének. Adj egy hipotézist, hogy ez miért nem történik ez meg. Ellenőrizd szakcikkkel a hipotézisedet!**

Adott egy populáció és tekintünk a következő populációdinamikában használatos egyenletet:

$$N'(t) = r \cdot N(t) \cdot \frac{K - N(t)}{K}$$

Ahol  $N(t)$ : a faj egyedszáma a  $t$  időpillanatban

$N'$ : a növekedési sebesség

$r$ : a populáció növekedési rátája

$K$ : a környezet eltartó képessége

**20. Mít fejez ki az egyenlet jobb oldalán található tört  $(K-N(t)/K)$  ?**

- A. A bevándorolt egyedek számát
- B. A kivándorolt egyedek számát
- C. A környezet eltartó képességének ki nem használt részét
- D. A környezet eltartó képességének növekedését
- E. A környezet eltartó képességének csökkenését

**21. Tekintsünk egy ritka 5 tagú táplálkozási láncot! Az első tag a termelő szervezet, a következő a fogyasztó és a fogyasztó mindig csak a láncszorozatban előzőt fogyasztja.**

**Mekkora tömegű nettó primer produkció (kg/területegység) felel meg a lánc utolsó tag 1 kg-jának?**

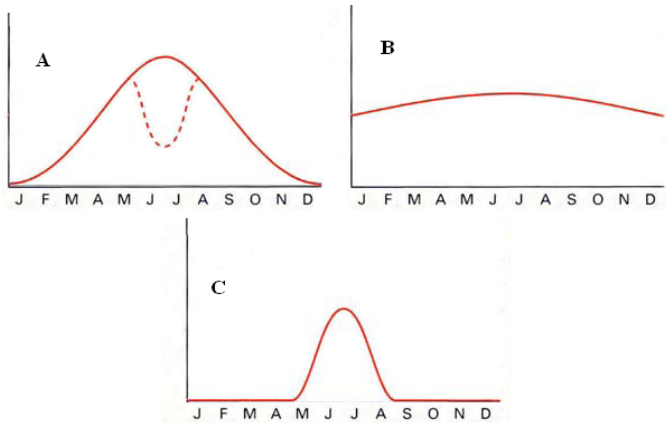
- A. kb. 50 kg
- B. kb 100 kg
- C. kb. 1000 kg
- D. kb.10 tonna
- E. kb. 100 tonna

**22. Feltételezzük, hogy egy populáció exponenciális függvénnyel leírható növekedést mutat. Ha egy populáció létszáma 10 000-ról 20 000-re 1 év alatt növekszik meg, akkor mennyi idő alatt nő meg 20 000-ről 40 000-re?**

- A. 0.5 év
- B. 1 év
- C. 2 év
- D. 4 év
- E. Egyik sem

Tekintse meg az alábbi diagramokat, amelyek egy adott éghajlati övezet adott területének nettó primer produkciójának (kg/területegység) eloszlását mutatja éves szinten.

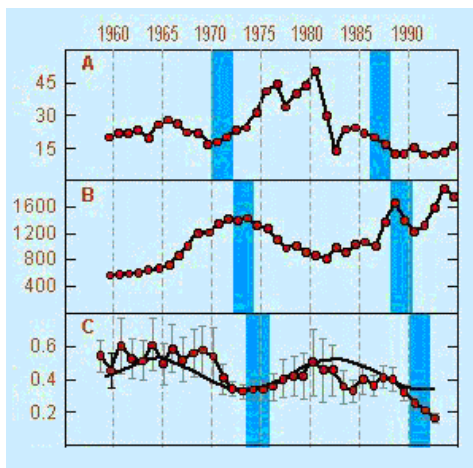




23. Mi mutatja megfelelően az eloszlásokat?

- A. arktikus (A), északi mérsékelt (B), trópusi (C)
- B. arktikus (A), déli mérsékelt (B), trópusi (C)
- C. trópusi (A), arktikus (B), északi mérsékelt (C)
- D. északi mérsékelt (A), trópusi (B), arktikus (C)
- E. déli mérsékelt (A), trópusi (B), arktikus (C)

Egy érdekes tanulmány a Royal szigeten élő szürke farkasok számának (A), jávorszarvasok számának (B) és a növényi produkció (C, balsamfenyő) változását mutatja be.



24. Melyik **nem** következik az grafikonok adataiból?

- A. A jávorszarvasok számának növekedése után csökken a primer produkció
- B. A primer produkció növekedése után nő a jávorszarvasok száma
- C. A farkas állomány növekedését követően csökken a szarvasok száma
- D. A szarvaspopuláció növekedése után nő a farkasok száma
- E. A farkasok számának változása befolyásolja a primer produkció mennyiségét

