



OFI



TERMÉSZETTUDOMÁNY



Csorba F. László – Dr. Both Mária – Kerpen Gábor

Természettudomány

Segédlet a szakgimnáziumi komplex
természettudomány tantárgyhoz

Tananyagfejlesztők

Csorba F. László

Dr. Both Mária

Kerpen Gábor

Szerkesztő

Demeter László

Fotó

©123RF, ©Cultiris Kulturális Képügynökség, ©Gettyimages, ©iStockphoto, ©Thinkstock, ©Csorba F. László,

©Shutterstock, ©Pixabay, MTI Fotó: Czeglédi Zsolt

Látvány- és tipográfiai terv, grafika

Schultheisz Hermina, ©Csorba F. László, ©Papp György (36. oldal)

© Eszterházy Károly Egyetem, 2018

ISBN 978-963-436-040-7

Eszterházy Károly Egyetem

3300 Eger, Eszterházy tér 1.

Tel.: (+36-1) 460-1873

Fax: (+36-1) 460-1822

E-mail: kiado@ofi.hu

A kiadásért felel: dr. Liptai Kálmán rektor

Raktári szám: FI-511010908

Műszakiiroda-vezető: Horváth Zoltán Ákos

Műszaki szerkesztő: Kóródiné Csukás Márta

Nyomdai előkészítés: Széll Ildikó

Terjedelem: 16,48 (A/5) ív

Tömeg: 325 gramm

1. kiadás, 2018

Fejlesszünk együtt!	6
MOZGÁS, ERŐ, ENERGIA	8
1. Tudásunk forrásai	8
2. A mozgás	10
3. A lendület	12
4. Az erő	14
5. Kölcsönhatások	16
6. Az energia	18
7. A teljesítmény	20
8. Rezgés és hullám	22
9. A fény	24
10. A fény mint hullám	26
A „GÉP FOROG”	28
11. Gázok	28
12. Folyadékok	30
13. Áramlás	32
14. Ég és Föld	34
15. Tájékozódás a térben	36
16. Változások a légkörben	38
17. Táj és ember	40
18. Testünk mozgása	42
19. Vérkeringés	44
A SZERVEZET	46
20. Arányok és vegyületek	46
21. Atomcsoportok	48
22. Rendeződés	50
23. Molekulaóriások	52
24. Állandóság és változás	54
25. Anyag és energia	56
26. Anyagcsere	58
27. Szabályozás	60
28. Idegrendszer	62
29. Védettség	64
30. Viselkedés	66

AZ ANYAG SZERKEZETE	68
31. Részecske és hullám	68
32. Vonzás és taszítás	70
33. Az atommag összetétele	72
34. Atommagok kettéválása, egyesülése	74
35. Atomi fizika a mindennapokban	76
36. Áramló elektronok a mindennapokban	78
ÖRÖKLŐDÉS	80
37. A rejtett terv	80
38. Állandóság és változékonyság (az öröklődés)	82
39. Mennyiség és minőség	84
40. Az öröklődés molekulái	86
41. Lehetőség és elköteleződés	88
42. Én és te	90
43. Férfiak és nők	92
44. Az életút kezdete és vége	94
KIBONTAKOZÁS	96
45. A Naprendszer fölfedezése	96
46. A világegyetem	98
47. A geológia kibontakozása	100
48. A lemeztektonika	102
49. Biológiai evolúció	104
50. A Föld fejlődése	106
51. Kihalások és újrakezdések	108
52. Megjelenik az ember	110
53. A Föld átfarmálása	112
EGYÜTTÉLÉS	114
54. Ökológia: együttéléstan	114
55. Kölcsönhatások	116
56. Társas viselkedések	118
57. Gaia, az élő bolygó	120
58. Energiaforrásaink	122
59. A fogyasztói létformától az egészségesig ...	124
60. A túlélés lehetőségei	126

Fejlesszünk együtt!

Felhívás a kiadvány használóihoz

Tisztelt Pedagógusok! Kedves Diákok!

A természettudományokat a középiskolában hagyományosan tantárgyakra bontva tanítják és tanulják. Ennek előnye, hogy világos fogalmi kereteket ad a gondolkodáshoz, a szakmai ismeretek rendszerezéséhez. A tudományágak azonban segítik is egymást. Tárgyuk, a természet egységes, ezért az ezt leíró fogalmak is összekapcsolódnak, hálózattá szerveződnek. A valóságos problémák összetettek (komplexek), megoldásukhoz többnyire szükség van a sokféle tudás értő egyeztetésére, integrációjára is. Az éghajlatváltozás folyamatának megértéséhez például éppúgy szükségesek földrajzi, biológiai, fizikai és kémiai ismeretek, mint az ökológiai összefüggések vagy az evolúció értelmezéséhez.

Ez a könyv 60 fejezetben tömör áttekintést ad a természettudományok főbb területeiről, utalva azok összefüggéseire is. Célja nem az, hogy bármelyik területen érettségi szintű tudást nyújtson, hanem az, hogy távlatot adjon a később elmélyítendő közismereti és szakmai tantárgyi ismereteknek. Az egyes ismeretkörök gyakorlására a munkafüzet kapcsolódó feladatai szolgálnak, de sok érdekes anyagot találhatunk elektronikus formában is.

Az 1–10. fejezetek a mozgásról és a testek kölcsönhatásairól szólnak. A 11–13. fejezetekben az anyagi halmazok jellemzőiről olvashatunk, a továbbiakban (14–19.) azt vizsgáljuk, hogy melyek a térbeli és időbeli tájékozódás támpontjai, és a tárgyalt fizikai hatások hogyan érvényesülnek a Föld egészében és az emberi szervezetben belül. A 20–30. fejezetek az egyre összetettebb anyagi rendszerek szerveződésével foglalkoznak előbb az élettelen világban, majd az élőlényeken belül. A 31–36. fejezet az ellenkező irányba: a mind kisebb részecskék világába kalauzol el. A 37–44. fejezetek az élőlényeket fenntartó és az életutunkat formáló információról szólnak, beleértve a fajfenntartást és az egyedfejlődést is. A 45–53. fejezetek már nem az egyedi, hanem az egyed feletti szintek kibontakozásával, evolúciójával foglalkoznak, az ezt követő fejezetek pedig az „evolúció színpadáról”, az ökológiáról szólnak, melynek fontos része környezetünk és saját testünk egészsége is.

Az integrált természettudományi ismeretszerzés és képességfejlesztés előnyei mellett kihívást is jelent tanár és diák, fejlesztő és felhasználó számára. Hazai és külföldi előzményei ellenére járatlan úton indulunk ezzel a tanulási móddal.

Ezért javasoljuk a tanár kollégáknak, hogy segédletünket használva a tanév folyamán osszák meg a fejlesztőkkel tapasztalataikat, a diákoknak pedig, hogy küldjék meg számunkra az ötleteiket. Így a visszajelzések és az innovatív elképzelések alapján egyre rutinosabbá válhatunk mi mindannyian az újszerű tanulásban, és eljuthatunk a minket körülvevő élő és élettelen természet jobb megértéséhez.

Ehhez kívánunk jó munkát és sikeres együttműködést
a kiadvány fejlesztőit!

„Valamikor réges-régen, amikor az ember teste még nem forrott eggyé, hanem valamennyi testrésznek megvolt a saját véleménye, méltatlankodni kezdett valahány, hogy övé a gond, a munka és a fáradtság, amivel mindent megszerez a gyomornak, az pedig ott középen mit sem tesz, csak élvezi a gyönyörűségeket, amiket a többi nyújt neki. Összeesküdtek hát, hogy a kéz nem viszi az ételt a szájhoz, a száj nem fogadja el, amit adnak neki, a fogak pedig nem rágják meg. Haragjukban éhséggel akarván megzabolázni a gyomrot, azzal együtt az egész testet teljes sorvadásra juttatták a tagok. Csak ekkor értették meg, hogy a gyomor sem jelentéktelen szolgálatot teljesít, és legalább annyira táplálja a többi tagot, mint amennyire őt táplálják ...

Ekként vont párhuzamot (Agrippa) a test belső lázadása és az atyák ellen föltámadott népharag között, s ezzel megváltoztatta az emberek hangulatát.”

Livius: A város alapításától (részlet)



Mozgás, erő, energia

1. Tudásunk forrásai

„Nem a sokat tudó a bölcs, hanem az, aki tudja, mitévő legyen” – írta Hésziodosz görög filozófus több mint kétezer évvel ezelőtt. Ma is érvényes kérdések, hogy ismereteink honnan származnak, biztosak-e, és mire alkalmasak. Erről szólnak a következő fejezetek.



Orvos és beteg

- 1 **Megfigyelést vagy kísérletet látunk?**
*Milyen feltevés helyességét ellenőrizheti az orvos?
Milyen szerepe lehet ebben a helyzetben a párbeszédnek?*



Csírázó bab

Kísérlet

- 2 **Nedves földbe vagy vattára helyezve a babszemek kicsíráznak.** Vajon a fény hatására? Vagy inkább a hőmérséklet a fontos? Esetleg mindkettő szükséges? Keressünk választ kísérlettel!

- 3 **A képen egy molekula modelljét láthatod.** Lapozz a 47. oldalra!
*Melyik molekula ez?
Mit mértek meg a kutatók a modell megalkotásakor?*



Kérdések a természethez

A természetben rend uralkodik. Ennek törvényeit gondolkodásunkkal és tapasztalatok útján ismerhetjük meg. A gondolkodó ember kérdéseket fogalmaz meg, tapasztalatait pedig a természet válaszaiként értelmezi.

Megfigyelésekkel a formák rendje, jelenségek egyidejűsége vagy egymásra következése állapítható meg. Megfigyelhetem például, hogy a hópelyhek mindig hatszög alakúak (forma), vagy azt, hogy a Vénusz mindig napnyugta után és napfelkelte előtt pillantható meg (egymásra következés).

A kísérlet során a kísérletező szándékosan változtatja a körülményeket, mert kíváncsi a jelenségek **okaira** (miért éppen ez történik?) vagy **következményeire** (mi történik, ha...?). A kísérletező a feltételezett okok közül egyet vagy néhányat tervszerűen változtat. Figyeli a változtatás hatását. **Így vizsgálja, hogy elképzelése, sejtése összhangban van-e a tapasztalatokkal.** A kísérlet segíthet abban is, hogy eldöntsük: két lehetséges magyarázat közül melyiket fogadjuk el.

Lapozz a könyvben a 3., 9., 12. és 30. fejezetekhez! Egyszerű megfigyelést vagy kísérletet látsz? Mire volt kíváncsi a kutató ezekben a példákban?

Kölcsönösség, átélés, párbeszéd útján többnyire más emberekkel kerülhetünk kapcsolatba. Ekkor nemcsak kölcsönösen megismerjük, hanem alakítjuk is egymást. A másik ember ekkor társunk is a megismerésben.

Hogyan ábrázolhatjuk tapasztalatainkat?

A **rajz**, a **fénykép**, a **rajzok sorozata** vagy a **videofelvétel** a térbeli elrendezést és az időbeli változásokat szemléltetheti. A szöveges leírás kevésbé szemléletes, de alkalmas a pontos adatrögzítésre. **Mérés** útján arányokat, viszonyokat jellemzőnk számok segítségével. Mérési eredményeinket – az áttekinthetőség kedvéért – **táblázatba** foglalhatjuk, vagy **grafikon** segítségével szemléletesebbé tehetjük. **Makett** segítségével nagyon kicsi vagy nagy tárgyak kézzelfogható mását alkotjuk meg. Gyakran alkalmazunk **modelleket** is. Ezek a valóság elvont, lényegét kiemelő ábrázolásai. Segítségükkel gyakran jelezhetők előre vagy tervezhetők események. A valóságos süteményt például leírhatjuk egy recepttel, az időjárás változásait egy számítógépes programmal. Az élő embert helyettesíthetjük egy bábuval (ha divattervezők vagyunk) vagy szövettenyésztetel (ha gyógyszerek hatását vizsgáljuk). A modellek, leírások tehát nem azonosak a valósággal. Hasznos segédeszközök, de érvényességi körük mindig korlátozott.

Az okok keresése

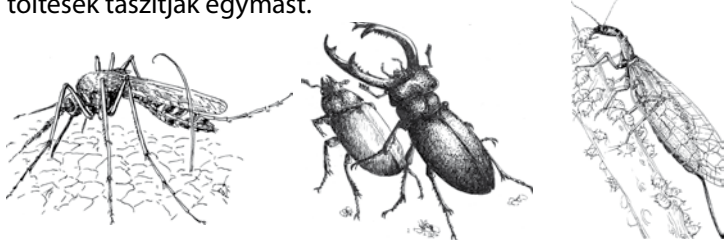
A magyarázat a vizsgált jelenséget létrehozó okok felismerése és megfogalmazása. Arisztotelész, az ókori gondolkodó az okok (feltételek) négy típusát különböztette meg. Ezek az **anyagi ok** (miből áll?), a **formai ok** (milyen a szerkezete, fölépítése?), a **ható ok** (mi hozta létre?) és a **cél ok** (mi a feladata, célja?). A szavak jelentése azóta változott, de Arisztotelész gondolatmenetének lényege ma is érvényes.

Anyagnak nevezhetjük a testek vagy rendszerek építőegységeit. A háznak például a téglák az anyaga, az írásnak a betű, az élőlénynek a sejt. **Forma** az a szerkezet, amellyé ezek az egységek összeállnak, például a téglákból lehet fal vagy sétatűt, a betűkből tragédia vagy komédia, a sejtekből zsiráf vagy kutya. A **ható ok** hoz létre egy tárgyat vagy eseményt. Például a kőműves munkája hozza létre a téglákból a falat, az inzulinhormon szintjének növekedése okozza a vércukorszint csökkenését (lásd a 61. oldalon).

Célja csak értelmes, gondolkodó személynek lehet, feladata (szerepe, funkciója) viszont bárminek, ami egy összetett, működő rendszer része. A szem feladata például a látás, a digitális kijelző funkciója lehet az értékek mutatása a vérnyomásmérő készülékben.

Szabály és törvény

Két vagy több természeti jelenség rendszeres együttes előfordulását **szabályként** fogalmazhatjuk meg. Például: ősszel mindig lehullanak a nyárfalevelek. A szabály érvényes lehet akkor is, ha nem tudjuk az okát. Ha a szabályt általános érvényű, ellenőrzött, és a tudományos közösség által is elfogadott magyarázat támasztja alá, az a **természeti törvény** rangjára emelkedik. Ilyenre példa, hogy az ellentétes töltések vonzzák, az azonos töltések taszítják egymást.



Miért hasznos az okok, szabályok és törvények ismerete?

Tudásunk segítségével megérthetjük a múltat, emiatt biztonságosan élhetünk a jelenben, és sokszor előre jelezhetjük vagy alakíthatjuk a jövőt is. Mindez vonatkozhat szűkebb-tágabb közösségünkre és saját magunkra is.

Összegzés

A természettudomány a jelenségek magyarázatával segíti helyzetünk megértését és döntéseink megalapozását. Magyarázataink helyességét tervszerű megfigyelésekkel, kísérletekkel, mérésekkel ellenőrizhetjük. A magyarázat vonatkozhat a felépítésre, a működésre vagy a funkcióra. Gyakran lényegkiemelő modellek formájában írható le. Sok megfigyelt szabály közös, általános érvényű magyarázata a természeti törvény.



Anyagi ok



Formai ok



Ható ok



Cél ok

4 Beszéljétek meg!

Egy kérdésre gyakran többféle helyes választ is adhatunk. Milyen arisztotelészi okokra példák az alábbiak?

– Miért szakadt le a híd? Azért, mert a betonba az előírtnál kevesebb cementet keverték.

– Miért esik jégeső? Azért, mert a fölmelegedett levegő nagyon gyorsan emelkedett a felső, hideg légrétegbe.

– Miért sír ez a gyerek?

A) Azért, hogy vegyék föl.

B) Azért, mert elesett.

– Miért ver gyorsabban a szívünk futás közben?

A) Azért, hogy több oxigént juttasson az izmainknak.

B) Azért, mert ilyenkor az idegrendszer gyakoribb összehúzódásra készíti.

5 Figyeld meg a rovarokat ábrázoló rajzokat! Milyen szabályok érvényesek rájuk?

Találsz-e további közös jellemzőket?

Próbálj olyan képet rajzolni, amely mindhárom faj közös jellemzőit mutatja!

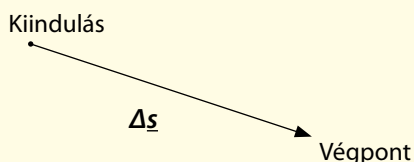
2. A mozgás

Vajon el tudod-e képzelni, hogy miközben itt ülsz, a Föld területén körben mozogsz, sőt a Nap körül eközben irdatlan sebességgel keringsz? Vizsgáljuk meg ezeket a mozgásokat!

- 1 Vitassátok meg a következő kérdéseket!
Hány adatot kell megadni ahhoz, hogy valaminek a helyét pontosan meg tudjuk határozni?
Lehetséges-e olyan világ, ahol ennél kevesebb is elég?

- 2 Lehetséges-e, hogy valaki azt mondja rólad, hogy állsz, másvalaki pedig ezzel egy időben azt, hogy 60 km/óra sebességgel mozogsz – és mindkettejüknek igaza van? Lehet-e, hogy egy tárgy egyszerre áll és körpályán mozog?

- 3 Mondjatok példát a következő esetekre!
Egy test egy adott nézőpontból állónak látszik, és egy másik nézőpontból 50 km/órás sebességgel mozog.
Egy adott viszonyítási pontból nézve a körben mozgó tárgy egy másiktól nézve áll.



Egy mennyiség változását az elé írt Δ (ejtsd: delta) jellel jelöljük.
Egy mennyiség vektorjellegét aláhúzással jelöljük.
Elmozdulás: a helyváltoztatás vektora.
Jele: $\underline{\Delta s}$
Az elmozdulás alapegysége: méter (m)

1 m = 10 dm = 100 cm = 1000 mm
1 km = 1000 m

- 4 Mondj példát arra, hogy valaki sokat megy és mégis nulla hosszúságú az elmozdulása!

A hely

Ha valakivel közölni akarsz, hogy hol vagy, akkor olyan adatot kell megadnod, amelyet ő biztosan ismer. Például, ha van egy közös barátotok és mindketten tudjátok, hogy hol lakik, akkor elég annyit mondanod, hogy Jockóknál vagyok és máris tudja, hogy hol keressen. De ha nem ismeri a lakását, akkor ez nyilván nem elég. Meg kell mondanod, hogy melyik településen, melyik utcában lakik, melyik házban, melyik emeleten –, ha épp emeleten – és mi az ajtó száma. Ez elég sok adat.

Mivel általában a földfelszínen mozogunk, ezért egy hely meghatározásához elegendő két adat is: gondold arra, hogy a GPS is két számot mutat. De ha egy repülő helyzetét kellene megadnod, akkor azt is meg kell mondanod, hogy milyen magasan van az adott földi hely fölött – ez már a harmadik adat.

A mozgás

A második és harmadik feladathoz tartozó kérdésekre adott válaszokból láthatod, hogy a mozgás függ a megfigyelőtől.

A mozgás viszonylagos, más szóval relatív.

Terünk háromdimenziós, ezért minden egyes pont helyzetének megadásához három egymástól független adatra (koordinátára) van szükség. Ehhez általában a Descartes-féle derékszögű koordináta-rendszert használjuk.

A kiindulási helytől a végpontba mutató vektor hossza és iránya szemlélteti az elmozdulást. Jele: $\underline{\Delta s}$ (ejtsd: delta s). Mértékegysége a méter (jele: m).

A mozgás jellemzése

A mozgást jellemzi az a **pálya**, amelyen a test mozog. Ez lehet egyenes, például a leejtett tárgy függőlegesen esik, vagy görbe, mint például az elhajított tárgy útja. Ha a pálya körbeér, akkor lehetséges, hogy a mozgó test hosszú utat tett meg, mégis van két olyan időpont, amikor ugyanott van, vagyis elmozdulása nulla. Ehhez nem is kell görbe vonalú pálya.

A görbe vonalú pályák közül figyelmet érdemel a körpálya, amelynek sugara meghatározó a mozgás szempontjából. Az elhajított tárgyak pályája parabola, ilyen alakú a ferdén kilövő vízsugár is. A bolygók pályája pedig ellipszis.

Sebesség

A mozgást **gyorsasága** és **iránya**, vagyis a **sebesség** is jellemzi. A sebesség lehet állandó vagy változó. Állandó a sebesség, ha iránya és nagysága változatlan. Változik a sebesség, ha nagysága változik, például az autó sebessége fékezésnél. Változik a sebesség akkor is, ha csak az iránya változik, például kanyarodáskor.

A sebesség képlete $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$. Mivel a sebességnek iránya is van, ezért vektormennyiség, jele $\underline{v}$, alapmértékegysége: $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ (ejtsd: méter per szekundum, vagy méter per másodperc). Állandó a sebesség, ha iránya és nagysága is változatlan.

Az állandó sebességű mozgás mindig ugyanolyan irányú, vagyis **egyenes vonalú**, valamint állandó gyorsaságú, azaz **egyenletes**. Legegyszerűbb az ilyen mozgásnál meghatározni a sebességet, azonban nyilván a legtöbb mozgás nem ilyen egyszerű.

Mivel általában a testek nem egyenletesen mozognak, esetleg sebességük pillanatról pillanatra változik, ezért a mozgásukat a hosszabb időhöz tartozó mennyiség is jellemezheti, az **átlagsebesség**.

Gyorsulás

Ha egy autó egyenes pályán gyorsulva mozog, akkor időegység alatt egyre nagyobb és nagyobb utat tesz meg. Lassuláskor éppen fordítva, időegységek alatt egyre kisebb utakat tesz meg az autó. A baleseti helyszínelők részben a fékútból következtetnek arra, hogy mekkora sebességről kezdett fékezni az autó.

A gyorsulás a sebességváltozás és az eléréséhez szükséges idő hányadosa, azaz $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, mértékegysége: $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, iránya megegyezik a sebességváltozás irányával.

Az alábbi táblázat egy álló helyzetből induló, gyorsuló autó adatait tartalmazza.

	1. mp végén	2. mp végén	3. mp végén	4. mp végén	5. mp végén
sebesség (v)	$2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
megtett út (s)	1 m	4 m	9 m	16 m	25 m

Speciális gyorsuló mozgás a **szabadesés**, az elejtett test mozgása. Amennyiben egyéb hatások elhanyagolhatók, akkor a gravitációs gyorsulás Magyarországon $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, vagyis másodpercenként $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ -mal növekszik az eső test sebessége.

Ha nem lenne a levegő miatti légellenállás, akkor minden azonos magasságból elejtett test egyszerre érne földet.

Érdekesség

A Nap körül $105\,000 \text{ km/h}$ és $109\,000 \text{ km/h}$ közötti sebességgel keringünk (a Földdel együtt) attól függően, hogy a Föld napközeli vagy naptávoli van éppen, azaz az ellipszis alakú pályán közelebb vagy távolabb van-e éppen a Naphoz.

A sebességet célszerű egyéb mértékegységben is mérni: a csiga sebességét $\frac{\text{cm}}{\text{min}}$ -ben, az autót $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ -ban, a hangét $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ -ban, a fényét $\frac{\text{km}}{\text{s}}$ -ban.

A sebesség néhány mértékegysége közti átváltás:

$$1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \quad 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Például a $60 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebesség azt jelenti, hogy a test 1 óra alatt 60 km utat tenne meg, ha ugyanakkora sebességgel mozogna.



Az óriáskerék minden egyes pontja körmozgást végez, vagyis sebességének iránya változik

5 Másold le a táblázatot, és töltsd ki az üres helyeket!

(v)	sebesség-változás (Δv)	gyorsulás (a)
1. mp-ben		
2. mp-ben		
3. mp-ben		
4. mp-ben		
5. mp-ben		

6 Hány km/h a sebessége egy 1 perce szabadon eső testnek?

3. A lendület

Az előző leckében megismertük a hely és a mozgás jellemzőit. Ebben a leckében továbblépünk, és egy – a mozgó testre jellemző – új mennyiség után már az azonos sebességgel mozgó testek jellemzői között is különbséget tudunk tenni, amellyel egy új törvényt fedezünk fel.



Képzeld el egy elefántot és egy embert! Mindkettő azonos sebességgel halad.

1 Melyik képvisel több mozgásmennyiséget? Miért?

Ha egy kamion és egy személyautó ugyanolyan sebességgel megy, akkor is úgy látjuk, hogy az egyik sokkal több mozgásmennyiséget képvisel. Ez nyilvánvalóvá is válik, ha a frontális ütközésük eredményét elképzeljük.

Ez valódi fizikai mennyiség.

Neve: **lendület**. A lendületet nemcsak a test sebessége határozza meg, hanem egy másik, a testre jellemző mennyiség is: a tehetetlen tömeg (jele: m). A tömege nagyobb az elefántnak, mint az embernek, nagyobb a kamionnak, mint a személyautónak, nagyobb a focilabdának, mint a pingponglabdának.



Azonos sebességű testek esetén annak a testnek nagyobb a lendülete, amelynek a tömege nagyobb. Azonos tömegű testek esetén pedig annak nagyobb a lendülete, amelynek a sebessége nagyobb.

A lendület a tehetetlen tömeg és a sebesség szorzata, jelekkel: $l = m \cdot v$.

A lendület is vektormennyiség, iránya megegyezik a sebesség irányával.

A tömeg alapegysége: kilogramm (kg).
Egyéb egységei: gramm (g), dekagramm (dkg).
Egyéb, Magyarországon is használt mértékegységek: mázsa = 100 kg, tonna = 1000 kg.

A lendületmegmaradás törvénye

Általános természeti törvény, hogy egy test lendületét belső hatások (erők) nem tudják megváltoztatni.

„Végül: felállok egy arasznyi vasra,
S mágnest dobok föl, mégpedig
magasra. A mágnes röppen és mint
egy bolond:

A vonzott vas rögtön utánaront.
S addig vetem föl mágnes-darabom,
Amíg elérem holdam vagy napom.”

Rostand: Cyrano de Bergerac

A lendületmegmaradás törvényének következménye, hogy ha nincs külső hatás (külső erő nem hat, vagy a külső erők összege nulla), akkor a test megtartja egyenes vonalú, állandó sebességű mozgását vagy nyugalmi állapotát. Ezért **a nyugalmi állapot vagy az egyenes vonalú egyenletes mozgás fenntartásához nincs szükség külső hatásra**. Azonban annak megváltoztatásához igen. Ezt mindenki tudja, aki jégen el akar indulni, vagy meg akar állni gyalog, biciklivel vagy autóval, de ezzel később, a súrlódásnál foglalkozunk majd.

A lendületmegmaradás törvénye akkor is igaz, ha legalább két vagy több test együtteséről, több testből álló rendszerről van szó.

Zárt rendszer esetén **a lendületek összege, vagyis a rendszer lendülete állandó marad mindaddig, amíg a több testből álló rendszerre vonatkozó külső hatások összege nulla**. Ellenkező esetben a lendületek összege nem állandó.

- 2 A leírtak alapján igazold, hogy
- senki nem tudja felemelni magát a hajánál fogva;
 - nem valósulhat meg holdutazás Edmond Rostand: Cyrano de Bergerac című művében leírt módon!

- 3 Egy 4 kg tömegű test 40 m/s sebességgel közelít egy 100 kg tömegű, 4 m/s sebességgel mozgó testhez. Összeütköznek és együtt mennek tovább. Mekkora lesz a közös sebességük?

A lendületmegmaradás törvényének érvényesülése jelentkezik a **rakétameghajtás elvénél** is.

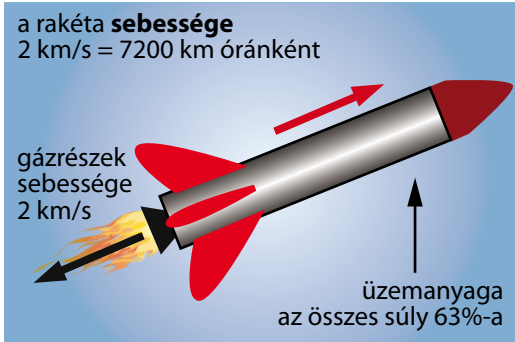
Amíg a rakéta az indítótoronyban áll, addig összes lendülete nulla. A beindításnál a rakétát lefelé elhagyó anyag lendülete lefelé irányul, ezért – a lendületmegmaradás törvénye szerint, mivel az összes lendület nulla – a rakétatestnek felfelé irányuló lendülete lesz, amellyel az felfelé indul. Hasonló módszerrel lehet az űrben az űrállomás körüli mozgásokat előidézni.

A lendületmegmaradás jelenségével találkozunk a csónakból való kiszállásnál is. Nagyon nehéz kis csónakból kiszállni egy tavon, mert amíg a vízben voltunk, addig a lendületek összege nulla volt, és ahogy a part felé elrugaskodtunk, úgy a csónak a víz felé indul, a még rajta lévő hátsó lábunkkal együtt. Így marad ugyanis a csónak–ember rendszer lendülete továbbra is nulla.

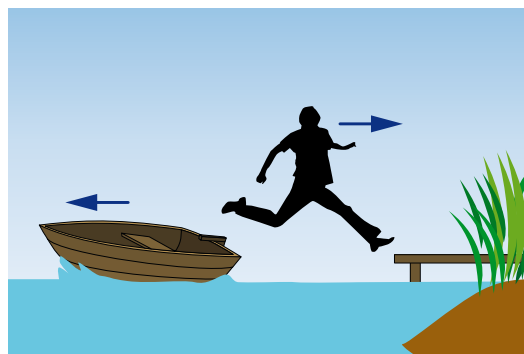
Vitassátok meg, hogy a táblázatban felsoroltak közül mihez kell nagyobb – azonos ideig tartó – külső hatás!

Változás	Külső hatás időtartama	Melyik esetben kell nagyobb külső hatás?	
Sebesség azonos növelése/ csökkenése	azonos	elefánt esetében	ló esetében
Álló helyzetből azonos sebességre való felgyorsítás	azonos	kézilabda esetében	medicinlabda esetében
Egy labda sebességének	azonos	megduplázásához	megháromszorozásához

A lendületmegmaradás látványos megnyilvánulása, amikor teljesen középen (centrálisan) ütköző biliárdgolyók esetén az ütköző golyó megáll, az addig álló másik golyó azonos sebességgel elindul.



- 4 Miért könnyű csónakot indítani? Miért könnyű hajóból kiszállni?



- 5 Egy 30 kg tömegű csónakból, amely a part mellett áll, 2 km/h sebességgel kiugrik egy 70 kg-os ember. Mekkora sebességgel indul el a csónak?



Összegzés

A mozgások jellemzésére használjuk a lendületet is, amely a sebesség és a tömeg szorzata. A lendületmegmaradás törvénye értelmében egy test lendülete csak külső erő hatására változik meg, és zárt rendszerben a lendületek összege állandó.

4. Az erő

A lendületről, illetve annak megváltoztatásáról szóló előző leckében sokszor hivatkoztunk a külső hatásra. Most ezt nézzük meg alaposabban.



Sir Isaac Newton (ejtsd: nyúton), angol fizikus, matematikus, csillagász, filozófus és alkimista; a történelem egyik kiemelkedő tudósa. Korszakalkotó műve a Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica (A természetfilozófia matematikai alapelvei, 1687), melyben leírta az egyetemes tömegvonzás törvényét, valamint megalapozta a klasszikus mechanika tudományát. Ő volt az első, aki rendszerszerűen bizonyította, hogy az égitestek és a Földön lévő tárgyak mozgását ugyanazon természeti törvények határozzák meg.

A külső hatás a lendület megváltozását okozza, ezért nyilván köze van a tehetetlen tömeghez (m) és a sebességváltozáshoz (Δv), amennyiben a hatás közben a tömeg nem változik. Ezzel együtt a gyorsuláshoz (a) is.

Erőhatás: egy testnek egy másik testre kifejtett olyan hatása, amely megváltoztathatja annak mozgásállapotát vagy alakját.

Newton II. törvénye, a dinamika alaptörvénye:
erő = tömeg · gyorsulás (jelekkel: $F = m \cdot a$).

A test mozgását a tömeg és a sebesség jellemzi. A törvény ezért a lendület (lásd előző lecke) alkalmazásával így is megfogalmazható: **Egy pontszerű test lendületének megváltozása egyenesen arányos és azonos irányú a testre ható erővel (jele: F) és az erőhatás idejével.**



Az erő mértékegységét az összefüggés felfedezőjéről, Newtonról nevezték el. Az erő is vektormennyiség. Az erő és az általa okozott gyorsulás iránya megegyezik.

Az egyenes vonalú pályán mozgó test sebességének megváltoztatásához is szükséges erő.

1 Számold ki, mekkora erőre van szükség ahhoz, hogy a sebességed egy perc alatt 1 km/h-val növekedjen! (Ügyelj a mértékegységek használatára!) Gondolkozz! Honnan származhat ez az erő?



A görbe vonalú mozgás oka

Egy testre ható erő (vagy erők összege, eredője) hatására létrejövő gyorsulás egyenesen arányos az erővel, és azzal azonos irányú.

A kalapácsvető által megpörgetett kalapács sebességének iránya mindig a körpályához „simul” (érintőirányú). Ez nyilvánvalóvá válik, ahogy a sportoló elengedi a kötelet. Az erő, amivel a kötel hat a „kalapácsra”, a kalapácsvető felé mutat – a golyó arra gyorsul. Egy test akkor mozog körpályán (állandó nagyságú sebességgel), ha a rá ható erők összege a kör közepe felé mutat (elnevezése: centripetális erő).

Ha ezt tovább gondolod, akkor azt is kitalálhatod, hogy a kanyarodáshoz van-e szükség külső erőre. Kétszer nagyobb sebességnél négyszer, háromszor nagyobb sebességnél kilencszer nagyobb erőre van szükség a kanyarodáshoz. Kisebb sugarú körön való mozgáshoz nagyobb erőre van szükség, mint nagyobb sugarú körön. Ha az út nem elég jó, vagy a sebesség túl nagy a kör sugarához vagy az „útviszonyokhoz” képest, akkor a jármű kisodródik.

Gondolkozzatok el azon, hogy mi tartja a Holdat a Föld körüli, illetve a Földet a Nap körüli pályán!



2 Mit jelenthetnek itt az „útviszonyok”?

Erők egymás ellen

Világunk egyik alaptörvénye, hogy a hatások párosan lépnek fel. Ha az egyik test erővel hat egy másikra, akkor a másik ugyanakkora, de ellenkező irányú erővel hat vissza rá. Ez **Newton III. törvénye**, vagy másképp: a **hatás-ellenhatás törvénye**.

Speciális, ám mindennapi erők

A **súly** az az **erő**, amellyel egy test a felfüggesztést húzza, vagy az alátámasztást nyomja. A súly tehát nem tömeg, hanem erő ($G = m \cdot g$, ahol m a test tömege és g a gravitációs gyorsulás). Például egy 1 kilogrammos tömeg súlya a Földön kb. 10 N (10 Newton), de a Holdon csak 1/6-a, a Nap felületén pedig 28-szorosa lenne a Föld felszínén mért súlyának, mert a g nehézségi gyorsulás ennyire különböző az említett égitestek felszínén.

Kanyarodásnál az autót a súrlódási erő, vagyis az autó és az út között ható erő tartja az úton. Ha ez túl kicsi, a kocsi kisodródik. Gondolj bele, mi történne akkor, ha az autóval a jégen akkora sebességgel kanyarodnánk, mint az utakon! Ne próbáld ki!

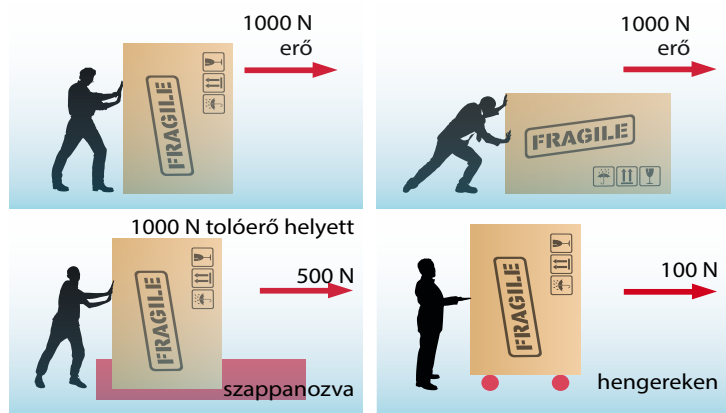
De mi is az a súrlódás? A súrlódás akkor lép fel, amikor két felület egymáson elmozdul vagy megpróbál elmozdulni. A tapasztalatok szerint egy szekrényt elindítani nehezebb, mint aztán folyamatosan csúsztatni, vagyis ugyanolyan felületek esetén a **tapadási súrlódási erő nagyobb**, mint a **csúszási súrlódási erő**.

Ha görgőt tennénk a szekrény alá, és azon görgetnénk a talajon, akkor sokkal kisebb erőt kellene kifejtenünk, vagyis a **gördülési súrlódás kisebb**, mint a **csúszási súrlódás**.

Azonos felületek és testek között:

gördülési súrlódás < csúszási súrlódás < tapadási súrlódás.

A súrlódási erő a két felületet összenyomó erőtl is függ. Érdekes, hogy a súrlódási erő általában nem függ az érintkező felületek nagyságától.



Az ábra a csúszási, a tapadási és a gördülési súrlódás különböző mértékét mutatja.



3 Elemezzétek a hatás-ellenhatás törvényét a hajánál fogva történő felemelés esetén! Milyen erő hat a hajra, a kézre, a fejbőrre?

Próbáld ki!

Guggolj egy személymérlegen, majd hirtelen állj fel! Változik-e a mért „súlyod”? Állásból guggolj le a mérlegen! Most változott-e?

Engedj el egy rugós erőmérőre felfüggesztett testet óvatosan, és nézd, hogy közben változik-e az erőmérő jelzése!

4 Gondolkozzatok és döntéseket indokoljátok! Melyik állítás igaz?

- Egy testnek mindig van tömege, de nem biztos, hogy van súlya.
- Egy testnek mindig van súlya, de nem mindig van tömege.

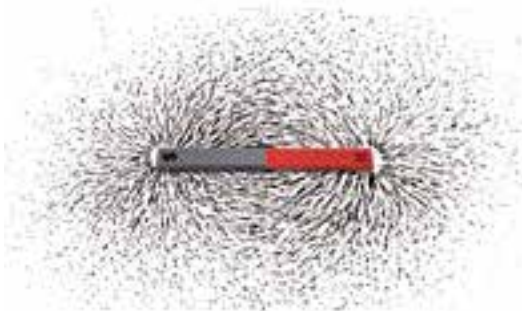
5 Miért nehezebb egy tele szekrényt csúsztatni, mint egy üreset? Mikor előnyös és mikor hátrányos a súrlódás? Mitől függ a súrlódás? Hogyan lehet megváltoztatni a két felület közötti súrlódást?

Összegzés

Ebből a leckéből megismerhetted a mozgás megváltoztatásának okát – az erőt, a mindennapokban megjelenő speciális formáját, valamint azt is, hogy az erők párosával lépnek fel.

5. Kölcsönhatások

Megtanultuk, hogy az erők két test között mindig párosan lépnek fel (erő-ellenerő). Úgy tűnhetett, hogy az erő hatásához mindig szükséges a két test közvetlen érintkezése.



Mágneses mező

Két mágnes vagy vonzza vagy taszítja egymást. Ez a kétféle mágneses pólussal magyarázható. Az azonos pólusok taszítják, a különbözők vonzzák egymást.

A mágneses pólusok hagyományos elnevezése: északi és déli pólus.

A mágnes mágneses mezőt hoz létre maga körül. Ezt „láthatóvá” is tehetjük a rúd-mágnesre helyezett papírlapra szórt vasreszeléssel, ahogy a képen is látható. Az apró kis vasdarabkák kicsiny mágnesekké alakulnak át, az É–D-i pólusaikkal egymás felé fordulva összekapcsolódnak, és megmutatják a mező szerkezetét. Azokon a helyeken, ahol erősebb a mágneses hatás, ott a vasreszelék is sűrűbben helyezkedik el. Az így kapott vonalakat mágneses erővonalaknak nevezzük. A mágnesen belül is létezik a mágneses mező.



A Föld körül is létezik ilyen mágneses mező, amely a Föld mágnesességének következménye. A földmágnesesség bizonyítéka az iránytű – kis mágneses dipólus – észak–déli irányba fordulása.

A mágnesesség tulajdonságai

A mágneses pólusok nem választhatók szét, a mágnes mindig két pólusú (dipólus);

a pólusok távolságának növekedésével gyorsan csökken a köztük ható erő (a távolság négyzetével fordítottan arányos).

Az elektromos mező

Mindennapjaink során gyakran tapasztaljuk egy, a mágnesestől eltérő „távolbahatás” jelenlétét. Műszalat tartalmazó pulóvert vagy más ruhadarabot magunkról levéve, az hozzátapad ahhoz a ruhához, amelyről lehúztuk. Ha műanyag fésűvel hosszasan fésülünk hosszú haját, akkor azt láthatjuk, hogy a fésű vonzza a hajszálakat. A jelenség oka az elektromosság.

A jelenségek – vonzás, taszítás – leírhatók kétféle elektromos töltéssel a pozitív és a negatív töltéssel.

Az elemi negatív töltés hordozója az elektron. Jele: e^- .

A mágneses pólustól eltérően az elektromos töltések szétválaszthatók. Az elektromos jelenségeket éppen a szétválasztott töltések okozzák. Elektromosan semleges az a tárgy, amelyen ugyanannyi a pozitív, mint a negatív töltés. Ha a negatív töltések többségben vannak, akkor a tárgy negatív elektromos töltésű, és fordítva. Az azonos töltésű testek taszítják, a különbözőek vonzzák egymást.



Szikrakisülés, a villám is az

A távolbahatás oka ebben az esetben az, hogy az elektromosan töltött testet elektromos erőter (elektromos mező) veszi körül, amelynek erősségét és irányát a tér minden pontjában a térerősséggel jellemezzük. Az ábra azt mutatja, hogy az elektromos mezőt is „láthatóvá” lehet tenni.

Az elektromos mező forrása a töltés. Jele Q , mértékegysége: coulomb.

Az elektromos mező két pontja között a feszültség jellemzi az elektromos teret.

A statikus elektromosság alaptulajdonságai

Bizonyos anyagok – akár milyen halmazállapotúak – egymáson való elmozdulását, néha érintkezését is a töltések átvándorlása követi. Ezáltal mindkét felület elektromossá válik. Köztük elektromos mező alakul ki. Ebben az elektromos mezőben több ezer, több tízezer vagy akár több millió voltos feszültség jöhet létre, amely szikrakisülést okozhat. A villám is ilyen szikrakisülés. A töltések felhalmozódását a földelés akadályozhatja meg.

Tömegvonzás

A Föld akkor is vonzza a tárgyat, ha nem érintkezik velük közvetlenül. Ez a távolhatás a tömegvonzás megnyilvánulása.

Minden tömeggel rendelkező test vonz minden más, tömeggel rendelkező testet. Ez a **tömegvonzás**, vagy más néven **gravitáció**. Ez az a hatás, amely miatt a Föld vonzza az almát, az alma a Földet. A Föld téged, te a Földet. Az az erő, ami miatt az elengedett tárgyak leesnek, ugyanaz, mint ami miatt a bolygók a Nap körül keringenek, a Hold a Föld körül, és ami az árapály jelenségét okozza.

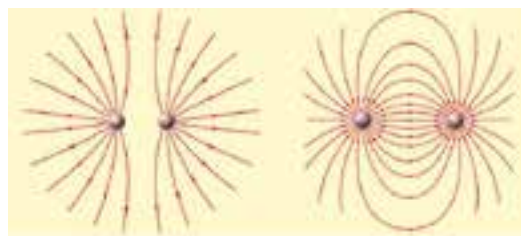
A gravitáció húsz nagyságrenddel kisebb, mint az elektromos hatás.

Az általános tömegvonzás törvénye: bármely két test, anyagi részecske kölcsönösen vonzóerőt fejt ki egymásra, amely erő nagysága pontszerű testek esetében egyenesen arányos a két test tömegével, és fordítottan arányos a köztük levő távolság négyzetével.

$$\text{Képlettel: } F = \frac{f \cdot m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

$$\text{A gravitációs állandó értéke: } f = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}.$$

- 1 A Föld tömege: $5,9736 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.
A Hold tömege: $7,347673 \cdot 10^{22} \text{ kg}$.
Mekkora erővel vonzzák egymást, ha távolságuk egy adott pillanatban 384 467 km?



Azonos elektromos töltésű testek közötti erővonalak Azonos elektromos töltésű testek közötti erővonalak

1 C (coulomb) az a töltés, amely egy ugyanekkora töltésre 1 m távolságból – vákuumban – $9 \cdot 10^9 \text{ N}$ erővel hat.

Coulomb-törvény: $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$, ahol Q_1 és

Q_2 a két töltés, r a távolságuk és k értéke $9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$.

A statikus elektromosság tulajdonságai:

- kétféle elektromos töltés van (pozitív, negatív), és ezek szétválaszthatók,
- az azonosak taszítják, a különbözőek vonzzák egymást,
- az elektromos töltések távolságával gyorsan csökken az ereje (a távolság négyzetével fordítottan arányos),
- az elektromos töltések közti hatás a töltések nagyságával egyenesen arányos.

A mágneses, az elektromos és a gravitációs hatások leglényegesebb hasonlósága, hogy az ereje az okozójától mért távolsággal gyorsan csökken.

Légyenlegesebb különbsége: a gravitáció csak vonzani tud (tömegvonzás), míg a másik kettő taszítani is.

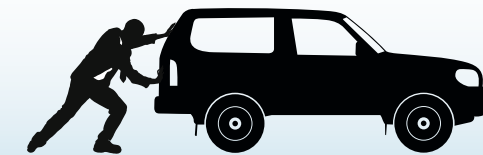
- 2 Ha a Föld által az almára kifejtett erő ugyanakkora, mint az alma által kifejtett erő a Földre, akkor miért mindig csak azt látjuk, hogy az alma esik a Földre, és nem a Föld az almára?

Összegzés

Láthatjuk, hogy két testnek nem kell érintkeznie ahhoz, hogy erővel hassanak egymásra. Aki felfedezi, hogy mi a lényegi azonosság a mágnesség, a tömegvonzás és az anyag legkisebb részecskéi között ható erők között – erről majd jövőre tanulsz – és le tudja matematikailag írni, biztosan számíthat egy Nobel-díjra.

6. Az energia

Mi a munka? Valaminek a felemelése? Elvitele egyik helyről a másikra? Felgyorsítása, lelassítása, elindítása, megállítása? Felmelegítése, lehűtése? Munka-e a tanulás vagy a felejtés? Ebben a fejezetben ezeknek a kérdéseknek egy részére választ kaphatsz.



1 Mondjatok még néhány példát!

2 Számítsátok ki, mennyi munkát végeztek, amikor felmásztok egy 5 m magas kötélen, vagy felmentek a harmadik emeletre, mondjuk 12 m magasra.

1 J (joule) munkát végzünk, ha 1 N (newton) erőt fejtünk ki 1 m úton;
10 joule munkát végzünk, ha 10 N erőt fejtünk ki egy méter úton, vagy
ha egy 20 kg tömegű testet állásból 1 m/s (3,6 km/h) sebességre gyorsítunk.

Elég fáradsz, amikor egy szekrényt tolsz egyik helyről a másikra. Ennek oka, hogy a szekrényt álló helyzetből el kell indítani és ehhez erőt kell kifejteni. A mozgását akadályozó súrlódást le kell győzni, hogy ne álljon meg a szekrény idő előtt. Itt a munka két típusa jelenik meg:

- a **sebesség változását okozó gyorsítási munka**, valamint
- a **mozgást fenntartó munka**.

Az első nyilvánvalóan szoros kapcsolatban van a szekrény tömegével és a sebességváltozással. Kétszer akkora sebességváltozáshoz négyszer, háromszoros sebességváltozáshoz kilencszer több munkát kell végezni. Kétszer nagyobb tömeg gyorsításához kétszeres munka szükséges.

A második esetben a **munka** egyenesen arányos a toláshoz szükséges erő nagyságával és annak az útnak a hosszával, amelyet a szekrény megtett.

Ha valamit felemelünk (harmadik eset), akkor az utóbbihoz hasonlóan végzünk munkát, hiszen a test súlyának megfelelő erőt kell kifejtenünk emelés közben.

Mindhárom példa visszavezethető ugyanarra az alaptípusra: **fizikai értelemben munkavégzés történik akkor, ha egy test erő hatására elmozdul.**

A munka az erőből és a hosszúságból származtatott skaláris fizikai mennyiség.

Jele: W (az angol 'work' szóból).

A munkavégzés egyenlő az erő elmozdulás irányába eső részének és az elmozdulás nagyságának a szorzatával: $W = F \cdot s$.
A munka mértékegysége: joule (J) (ejtsd: dzsúl).

A gyorsítási munkát a $W_{gy} = \frac{m \cdot v^2}{2}$ képlet írja le.

Az emelési munka a test súlyától ($m \cdot g$) és az emelési magasságtól (h) függ.

Emelési munka: $W_e = m \cdot g \cdot h$ (tömeg · nehézségi gyorsulás · emelési magasság).

Ha például tartunk valamit, akkor az előzőek szerint nem végzünk munkát. De akkor miért fáradunk el ebben? Ez a szervezetünk felépítésénél és energiafelhasználásánál kiderül. Persze addig is gondolkodhatsz rajta!

Lényeges megfigyelés, hogy a munka arra a folyamatra jellemző, amely során egy test, vagy több testből álló rendszer eljut az egyik állapotból egy másikba. Munkavégzéssel nemcsak elmozdítani, gyorsítani, felemelni lehet, hanem például felmelegíteni is. Ez történik például akkor, ha – mint az ősidőben – két fadarab összedörzsölésével addig melegítjük azokat, amíg tüzet fognak. Ezzel kiléptünk a mechanika (a mozgások) köréből, és áttérünk a hőtanra.

Energia

A mechanikai energia egy állapotra jellemző mennyiség. Olyan állapotjelző, amelyet munkavégzéssel meg lehet változtatni, illetve amelynek megváltozása munkavégzést okoz.

A világ egyik alaptörvénye, hogy egy olyan rendszerben, amelyet külső hatás nem ér, vagy a külső hatások eredője nulla (zárt rendszer), az energiák összege állandó: sem több, sem kevesebb nem lesz. Ez az energiamegmaradás tétele az úgynevezett zárt rendszerekre.

Az energia (jele: E) mértékegysége azonos a munka mértékegységével (joule), és a rá jellemző összefüggések hasonlóak a munkára vonatkozókéval. Ugyanis a munka az energia egyik megjelenési formája. Az energiát munkavégzéssel vagy hő közlésével lehet megváltoztatni.

A mozgásból származó energiát mozgási energiának nevez-

zük, és a test tömegétől és sebességétől függ: $E_m = \frac{m \cdot v^2}{2}$.

A test helyzetéből adódó energia a helyzeti energia, a test súlyától ($m \cdot g$) és attól a magasságtól (h) függ, ahol a test elhelyezkedik: $E_h = m \cdot g \cdot h$.

A gyorsítási munka a mozgási energiát, az emelési munka a helyzeti energiát változtatja meg. Általában is igaz, hogy energia nem keletkezik a „semmiből”, és nem is válik „semmivé”.

Ha például egy testet leejtünk, helyzeti energiája csökken.

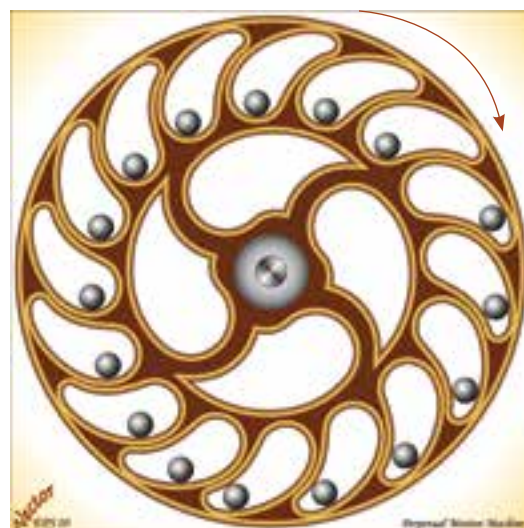
Hová lesz? Átalakul mozgási energiává, hiszen egyre gyorsabban mozog lefelé. Ha ez a test egy rugalmas labda, akkor földetérés után visszapattan, újra nő a helyzeti energiája, viszont csökken a mozgási energiája, hiszen egyre lassabban emelkedik.

Vajon miért nem csinálja ezt a végtelenségig? Ha egy gyurmát leejtünk valamilyen magasról, az a földön marad: sem mozgási, sem helyzeti energiája nincs.

Mégsem igaz, hogy az energia nem tűnhet el? Az energiamegmaradás tétele lehetővé tenné, hogy a gyurma visszanyerje energiáját, és felemelkedjen az eredeti magasságra, mégsem történik ez meg.

Vajon miért? Ütközéskor, kis mértékben ugyan, de a testek felmelegsznek, továbbá az ütközéskor a bekövetkező alakváltozáshoz is energia kell, illetve a levegővel való súrlódás, légellenállás is lassít, így a mozgási energiát csökkenti.

A pattogó labda helyzeti és mozgási energiájának egy része, majd lassacskán teljes egésze hővé alakul. Ezért sem létezik örökmozgó.



„Örökmozgó” terve

Az íves falú rekeszekben nehéz golyók vannak. A jobb oldalon lévő golyók az ív mentén kigurulnak a kerék peremére. Mire a golyó a kerék aljára ér, nagy lesz a lendülete. Átkerülve a bal oldalra, a lendületben lévő golyó bekerül a tengelyhez, és innen nem tud kigurulni, hiszen le kellene küzdenie az íves választófal domborulatát. A jobb oldali golyók nagyobb nyomatéka a kereket a nyíl irányában fogja forgatni. Ha jó kenőanyagot használunk, a forgás egyre gyorsabb lesz! Mit szólsz ehhez?



A vizes pályán visszapattanó labda mozgási energiája egy részét látványosan átadja a környezetének

Összegzés

Megismerhetted, hogy mi a kapcsolat a munka és az energia között. Megtudhattad, hogy bár sokan elég sok időt eltöltöttek ezzel, neked mégsem érdemes az örökmozgó feltalálásán fáradoznod, hiszen ez lehetetlen.

7. A teljesítmény

Az előző fejezetben megtárgyaltuk az energiát és a munkát. Azt mindenki tudja, hogy nem mindegy, a munkát ki mennyi idő alatt végzi el. Aki rövidebb idő alatt, arra azt mondják, hogy nagyobb a teljesítménye. Ez a fizikában is pontosan így van.

Néhány jellemző teljesítmény:

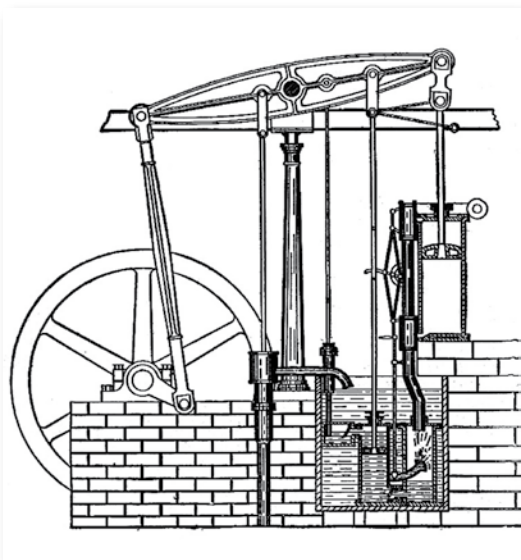
ember	60 – 100 W
ló	300 – 400 W
személyautó motorja	40 – 200 kW
teherautó motorja	100 – 400 kW
mozdony	2 – 10 MW
repülőgép motorja	10 – 80 MW
villamos erőmű	100 – 2000 MW

1 Nézd meg a villanyszámlátokon, mennyit fizettek 1 kWh energiáért!

2 Számoljátok ki, hány kW a teljesítménye a 200 LE teljesítményű motornak!

3 Hasonlítsd össze a háztartásban előforduló elektromos eszközök teljesítményét: vasaló, hűtőgép, mosógép, tv, mobiltelefon!

Gondold végig, melyiket mennyi ideig használjátok, így melyikkel mennyi energiát fogyasztotok! Mire használjátok a legtöbb és mire a legkevesebb energiát?



A James Watt által kifejlesztett gőzgép metszeti rajza

A gépek működését, az autók minőségét, a sportteljesítményt és egyáltalán bármely munkát nemcsak az jellemez, hogy mennyi a munkavégzés, hanem az is, hogy mennyi idő alatt történik a munkavégzés. Ha ugyanazt a munkát rövidebb idő alatt tudja valaki elvégezni, akkor a teljesítménye nagyobb, mint ha hosszabb idő alatt. Ez nyilvánvaló, például a sportban. De ugyanígy tudható az autóknál is – a nagyobb teljesítményű jobban gyorsul.

Teljesítmény

A munka és az elvégzéséhez szükséges idő hányadosával értelmezett mennyiség a teljesítmény.

A teljesítmény fogalma segítségével másféle energiaegységet is használnak a gyakorlatban.

A teljesítmény (jele: P) a munkavégzés (W) és az ahhoz szükséges idő (t) hányadosa.

$$\text{Képlettel: } P = \frac{W}{t}.$$

Egy kilowatt teljesítményű gép egy órán keresztül működésével felhasznált energia az 1 kilowattóra, vagy röviden 1 kWh.

Mértékegysége: watt. (James Watt után nevezték el.)

1 kW = 1000 watt

1 MW = 1000 · 1000 watt

1 watt teljesítmény jelentése:

1 joule munka egy másodperc alatt.

1 watt a teljesítmény, ha egy 10 dkg tömegű testet felemelünk 1 másodperc alatt 1 méter magasra.

Ha egy 60 kg tömegű ember 10 m magasra megy egy perc alatt, akkor a teljesítménye:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = 60 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{10 \text{ m}}{60 \text{ s}} = 98,1 \text{ W (watt)}$$

A **lóerő (LE)** a teljesítmény korábbi mértékegysége. Elsősorban az autópárházban használták belső égésű motorok teljesítményének mérésére. Magyarországon a 735,5 wattnak megfelelő lóerő volt használatos.

A gőzgépek teljesítményét mérték először lóerőben. A lóerő a nevet onnan kapta, hogy körülbelül megfelel annak a teljesítménynek, amelyet egy ló hosszabb időn keresztül ki tud fejteni.

Egy ló csúcsteljesítménye 15 LE körül van.

A lóerő 1980 óta nem hivatalos mértékegység.

Hatásfok

A munkavégzés hatékonyságát a hatásfok jellemzi. A hatásfok a hasznos munka és a befektetett munka hányadosa. A hatásfok két munka hányadosa, ezért nincs mértékegysége.

Általános tapasztalat szerint **nem hozható létre** olyan periodikusan működő gép, amelynek 100%-nál nagyobb a hatásfoka. Pedig egy ilyen gép roppant hasznos lenne. Elég lenne megépítenünk, aztán folyamatosan működtetni, közben pedig több energiát termelne, mint amennyi a saját működtetéséhez szükséges. Ezt az energiát felhasználhatnánk valamilyen egyéb hasznos célra.

Egyszerű gépek

Biztosan használtál már a munkád megkönnyítését szolgáló nem gépszerű eszközöket. Talán nem is sejtetted, hogy egyszerű géppel dolgoztál. Az egyszerű gép olyan elrendezésű mechanikai szerkezet, amely megkönnyíti a munkát. Az ember számára fizikailag könnyebbé teszi az erő kifejtését az erő irányának megváltoztatásával az **egykarú emelő** és az **állócsiga**.

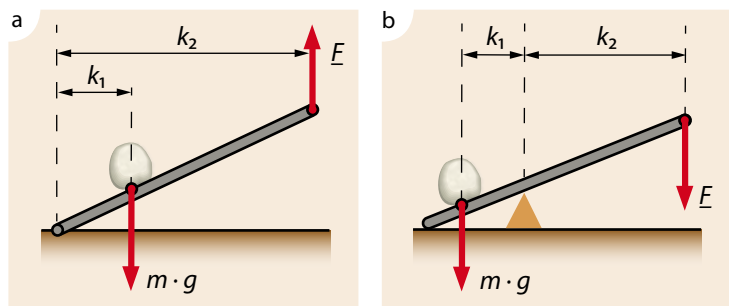
A szükséges erő nagyságát csökkenti a kétkarú emelő – ilyen az olló és a fogó is. A mozgócsiga, a lejtő, az ék, a csavar (felgöngyöltetett lejtő) is az egyszerű gépek közé tartozik. Biztos, hogy használtál már ilyeneket!

Egyik eszköznél sem végzünk kevesebb munkát, mert a kisebb erőt hosszabb úton kell kifejtünk ahhoz, hogy a szükséges hatást elérjük. Emlékeztetőül: a munka az elmozdulás és az elmozdulás irányába eső erő szorzata. Ha a súrlódást is figyelembe vesszük, akkor még nagyobb is a munkavégzés.

A kétkarú emelő esetén az erőkar – az alátámasztás és az erő hatásvonalára közti távolság –, valamint a teherkar – az alátámasztás és a teher hatásvonalára közti távolság – meghatározó.

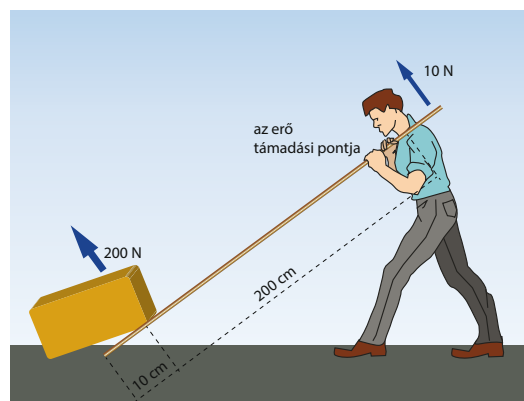
erő · erőkar = teher · teherkar.

A szükséges erő annyiad része a tehernek, mint a teherkar az erőkar.

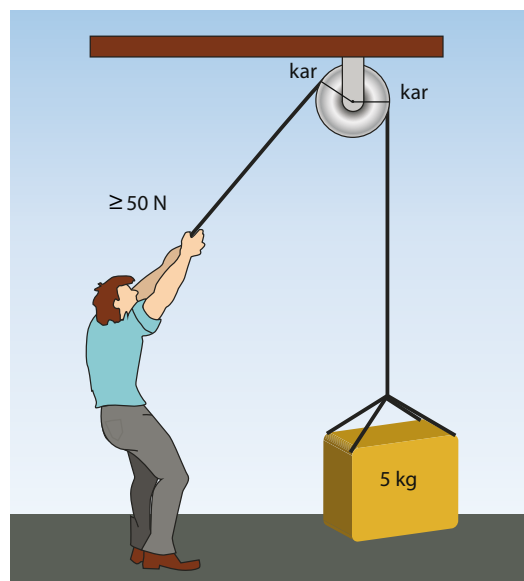


Egykarú (a) és kétkarú (b) emelő, k_1 teherkar, k_2 erőkar

$$k_1 \cdot m \cdot g = k_2 \cdot F$$



Egykarú emelő



Az állócsiga úgy könnyíti meg a munkát, hogy nem felfelé kell emelni a csomagot, hanem lefelé húzni

4 Lapozz a 18. fejezethez! Miben hasonlít karunk működése a b) képen látható emelőhöz? Miben különbözik attól?

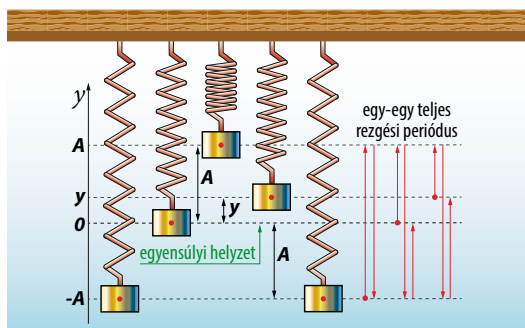
5 Hány kg tömeggel lehet kiegyensúlyozni 1 kg tömegű testet, ha a két kar aránya 1:100?

Összegzés

Megtudhattad, hogy a teljesítmény milyen fontos a mindennapokban. Megértetted, hogy egy adott cél elérésénél az erő kifejtés lehet kisebb, mintha más megoldást választanál, de a végzett munka, illetve a felhasznált energia ugyanakkora – fizikai értelemben.

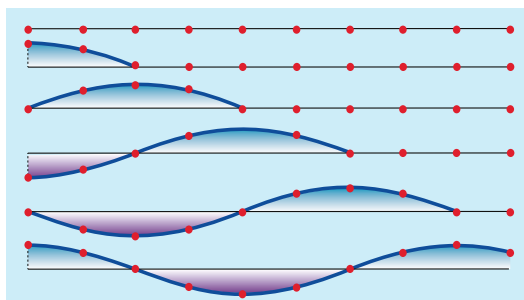
8. Rezgés és hullám

Vajon miben hasonlít a vízbe dobott kő által keltett hullám, a stadionban a nézők hullámozása, a megrázott kótél mozgása, és a hang?



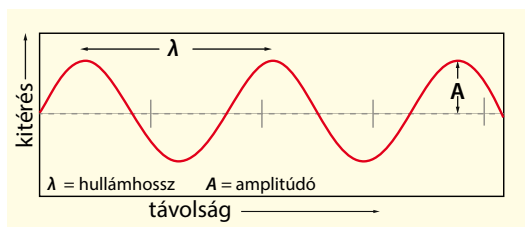
1 Tegyél néhány megfigyelést!

- Milyen irányban terjed a hullám, miközben a kótél végét függőlegesen mozgatod?
- Elmozdulnak-e a kótél részei a hullám irányában?
- Van-e valamilyen ismétlődés a hullámban?
- Hogyan változik ez az ismétlődés, ha gyorsabban mozgatod a kótét?
- Milyen gyorsan terjed a hullám?



Hullámkeletkezés

2 Gondolkozzatok azon, hogy miben hasonlít ez a jelenség a vízhullámhoz!



3 Hogyan lehetne megmérni a nézők által keltett hullám terjedési sebességét? Mit jelent ebben az esetben a hullámhossz?

Rezgőmozgás

Ha egy rugóhoz rögzített testet kitérítünk nyugalmi helyzetéből, a test a két szélső helyzet között periodikus mozgásba kezd. **Ez a mozgás a rezgőmozgás egyik alapesete.**

Rezgésnek nevezünk minden olyan mozgást, amely két szélső pont között periodikusan ismétlődik.

Jellemzője a **periódusidő**, amely egy teljes rezgés ideje, illetve az **amplitúdó**, amely a rezgés legnagyobb kitérése, azaz az egyensúlyi helyzettől való legnagyobb távolság. Rezgőmozgást végez például a gitárhúr, vagy a dobhártyád, miközben a hangot érzed.

Amikor a kótél végét függőlegesen mozgatod, akkor tapasztalhatod, hogy a távolabb levő kótélrész is mozgásba lendül. A rezgés tovaterjedése rugalmas közegben a **hullámmozgás**.

Mechanikai hullámnak nevezzük azt a jelenséget, amikor egy anyagban az anyag részecskéinek rezgésállapota továbbterjed. A mechanikai hullám terjedéséhez szükség van valamilyen anyagra (légüres térben nem terjed).

Az **azonos módon mozgó részek távolsága** (két szomszédos hullámhegy csúcsainak távolsága) állandó, ez a **hullámhossz**. **Jele: λ** (lambda), mivel hosszúság, ezért **mértékegysége: méter**. A **rezgésidő** az egy periódus (hullámhossz) megtételéhez szükséges idő (T).

A hullámnak van **terjedési sebessége**. **Jele: c .**

A hullám esetén is igaz, hogy a sebesség az elmozdulás és az idő hányadosa: $c = \frac{\lambda}{T}$.

Ha gyorsabban mozgatod a kótél végét, a teljes rezgés ideje – vagyis a **rezgésidő** – kisebb, akkor a hullámhossz is kisebb.

A **frekvencia** (f) azt mutatja meg, hogy hány rezgés történik egy másodperc alatt. Ezt a fogalmat gyakran hallod és használod, például a rádiócsatorna beállításánál, a mobiltelefon jellemzésénél, vagy a számítógép processzorával kapcsolatban.

A frekvencia mértékegysége: hertz (Hz).

A part közelében, a sekély vízben a vízhullám feltorlódik, kitérése (amplitúdója) megnő, ezért előnti a partot. Olyan sebességgel éri el a partot, amellyel a hullám a vízben terjed. Megfigyelheted ezt kicsiben, amikor azt látod, hogy a hullám a part közelében nagyobb. Vannak olyan hullámok is, amelyeknél a rezgés iránya és a hullám terjedési iránya egybeesik. Ezt egy laza rugó hosszanti megütésekor figyelheted meg legjobban. Ekkor sűrűsödési és ritkulási helyeket látsz. Ilyen hullám alakulhat ki a közlekedésben is.

Amikor a stadionban a nézők hullámozásba kezdenek, akkor ülőhelyükről felállnak, majd leülnek. Ez a mozgás terjed tovább, ahogy a szomszéd széken ülő ugyanezt teszi. Vagyis ebben az esetben ez a változás terjed tovább, és hullámnak látszik.

De mi köze ennek a hanghoz? Vajon mi a hang?

Ha bekopogtatsz egy ajtón, akkor az ajtó részecskéi rezgésbe kezdenek, megváltoztatják a levegő nyomását. Ezt a rezgést átveszi a levegő, és a rezgés terjed a szobában ülő füléig. A hang a nagyobb és kisebb nyomású helyek periodikus változása. A halláshoz ugyanúgy szükséges egy membrán, a dobhártya.

Vigyázz az épségére, ezért ne terheld túl, mert ha átszakad, vagy kitágul, esetleg rugalmatlanná válik, megsüketülsz!

A hang is olyan hullám, amelynél a rezgés és a terjedés iránya egybeesik.

A hang hallhatósága függ a hang erősségétől – ezt az amplitúdó határozza meg –, a hang rezgésszámától, azaz a frekvenciájától és nyilván a hallgató érzékelőképességétől. A magasabb rezgésszámú hangot magas hangnak, az alacsony rezgésszámú (kisebb frekvenciájú) hangot mély hangnak észleljük.

Az átlagos ember a 16–16 000 Hz közti rezgésszámú hangokat hallja meg, a kiválóan halló a valamivel magasabb frekvenciájúakat is. A beszéd frekvenciája általában 80 és 1000 Hz között van.

4 Gyűjts adatot minél többféle állat hallásáról, vagyis arról, hogy milyen hangokat hall például a kutya, a denevér, a delfin és a sas! Melyik a legjobban és a legrosszabbul halló állat?

5 Mi mindenre használják ezek az állatok a „különleges” hallásukat?

A hullámok különös tulajdonságai

Ha két biliárdgolyó egymással ütközik, akkor megváltoztatják egymás mozgását, de nem mennek át egymáson. Ha egy kötélen két végéről indítasz egy-egy hullámot, akkor egész mást tapasztalhatsz: „ütközésük” során erősíthetők, vagy gyengíthetők, esetleg ki is omlhatnak egymást – mintha megszűnnének –, aztán haladnak tovább, mintha mi sem történt volna.

Ezt a jelenséget szokás **interferenciának** nevezni.

Az interferencia testekkel nem fordulhat elő.

Ha egy sörétes puskával egy falon levő lyukra lövünk úgy, hogy a sörétek nagyjából a falra merőlegesen érkeznek, akkor nyilvánvaló, hogy a falon túl a lyuk mögött csak egy szűk sávban lehetnek sörétek. Ha hullámot indítunk egy lyuk felé, akkor az megjelenik ott is, ahol nem várnánk, az árnyéktérben. És nem azért, mert a falon is átmegy, hanem mert a lyuk után mintegy „szétterül”. Leginkább akkor látszik ez a jelenség, ha a hullám hullámhossza és a lyuk mérete hasonló. A jelenséget **elhajlásnak** nevezik. Ez történik például abban az esetben is, ha egy házfal eltakar előled egy szirénázó autót. Hallod a szirénát, pedig az autót nem látod.

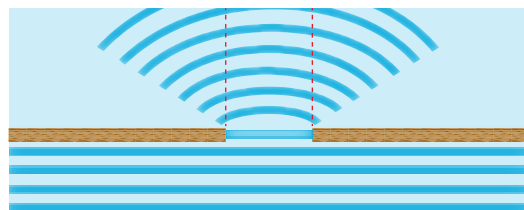
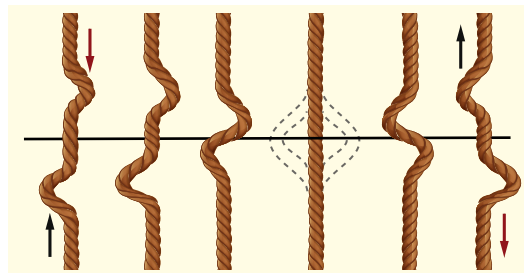
Összegzés

A hullámmal kapcsolatban egy olyan fizikai jelenséggel ismerkedtünk meg, amely körülvesz bennünket a mindennapokban, és amelynek jellemzői eltérnek a testekétől. Ez még sok fejtörést fog okozni néhány leckével később.



A hang néhány jellemző terjedési sebessége különböző anyagokban:

anyag	hangsebesség
levegő	$340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
víz	$1500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
vas	$5100 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
fa (fenyő)	$5200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$



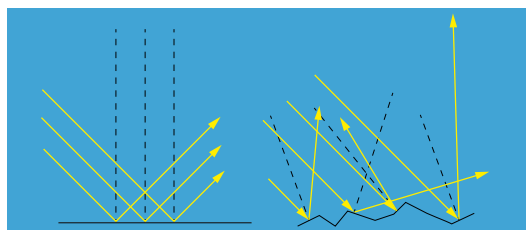
A hullám megjelenik az árnyéktérben

9. A fény

Ebben a fejezetben arra keressük a választ, hogy milyen utakon halad a fény, ha nincs előtte akadály, illetve ha van, és milyen előnyünk származik mindebből.

Egy teljesen sötét szobában egy fekete macska gyakorlatilag láthatatlan. Miért?

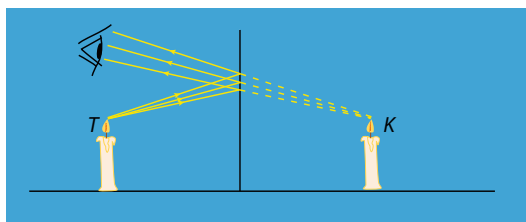
- 1 Most már tudod, hogy miért láthatatlan a macska?



tükör fal



Fénytörés egy pohár vízben és tükröződés az asztalon



itt van a gyertya tükör itt látom a gyertyát

- 2 Vajon legalább milyen magasnak kell lennie a tükörnek, hogy lásd benne magad? És ha távolabb helyezed?



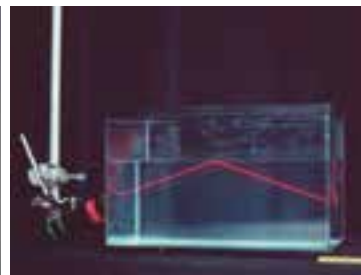
Valamit akkor látunk, ha fényt bocsát ki, mint a Nap, csillagok, a világító lámpa – ezek az **elsődleges fényforrások**; vagy akkor, ha fényt ver vissza, mint a Hold, a bolygók, különböző tárgyak – ezek a **másodlagos fényforrások**. Ez utóbbiaknak nincs saját fényük. A kibocsátott fény egyenes vonalban terjed, amíg akadályba nem ütközik. Ha egy felületet elér a sugár, akkor háromféle dolog történhet vele: visszaverődik, vagy megtörik, vagy elnyelődik.

Fényvisszaverődés

Visszaverődésnél a beeső és a visszavert fénysugár és a beesési merőleges azonos síkban vannak, és a beesési szög nagysága megegyezik a visszaverődési szög nagyságával. Visszaverődésnél, amennyiben a felület sima, akkor bizonyos körülmények között látható a tükörkép, amennyiben azonban nem sima, akkor a fény szóródik, és nem keletkezik tükörkép. Ezért nem tükröz a fal.



Fénytörés és fényvisszaverődés levegő–plexi határán



Teljes visszaverődés

Síktükörről való visszaverődés esetén mindent a saját méretének megfelelően látunk a tükörben. A keletkezett kép mindig a tükör mögött van (úgy látjuk, mintha ott lenne), nem lehet ernyőre vetíteni. A kép látszólagos. A tárggyal azonos állású.

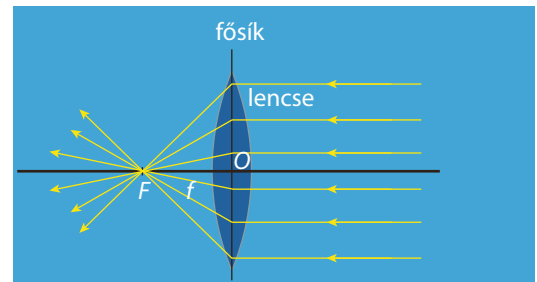
Egy képet **látszólagos képnek** hívunk, ha róla szétartó sugarak érkeznék a szemünkbe. Egy képet valódi **képnek hívunk**, ha összetartó sugarak alkotják, ekkor ernyőn felfogható.

Sok érdekességet tapasztalhatunk, ha a tükört meggömbítjük. A parabolaantenna is lényegében **homorú tükör**, amely a nagyon messziről érkező sugarakat egy pontba, a fókuszba (F) gyűjti. Homorú tükört legtöbbször akkor alkalmazunk, ha valamit közről nézve szeretnénk nagyban látni. A borotválkozó-, illetve kozmetikai tükör ilyen.

Ha megfordítjuk a fénysugarak menetét és a fókuszba helyezzünk egy fényforrást, akkor a tükör párhuzamos fénysugarat állít elő. Ez a reflektor. **Domború tükört** akkor használunk, ha nagy teret szeretnénk belátni, amely nem előttünk van. Ezért használjuk ezt a visszapillantó tükörben. Itt a tárgyak mérete és a távolsága jóval kisebb a valóságosnál.

Fénytörés

Ha a fény optikailag ritkább közegből sűrűbbe lép, vagy fordítva, akkor sebessége megváltozik, ezért a fény megtörik. Fénytörésen alapul pl. a nagyító, a mikroszkóp, a diavetítő, a fényképezőgép működése, továbbá a látásunk is. Ezekben az eszközökben található fénytörő eszközt **lencsének** nevezzük – a domború lencse alakja miatt. A nagyító esetén a tárgy és a kép a lencse ugyanazon oldalán van, a diavetítés esetén különböző oldalon.



Domború lencse

Az üvegből, műanyagból készült **domború lencse** levegőben a fókuszba (F) gyűjti össze a párhuzamos sugarakat, ezért gyűjtőlencsének is szokás nevezni.

A **homorú lencse** a párhuzamosan érkező fénysugarakat szétszórja, ezért szórólencsének szokás hívni.

A lencse nemcsak a látható fényt gyűjti a fókuszpontba, hanem a vele együtt érkező hősugarakat is.

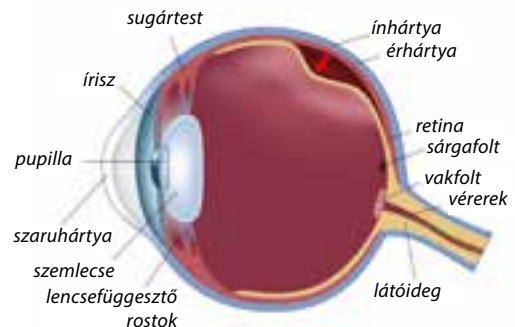
A következő részben kiderül, hogy fizikai értelemben semmi-
ben nem különböznek.

A szem

A szem szerkezete fizikai értelemben különböző fénytörő anyagok együttese. Minden alkotórésze nélkülözhetetlen, de egyik legfontosabb alkotórésze a szemlencse.

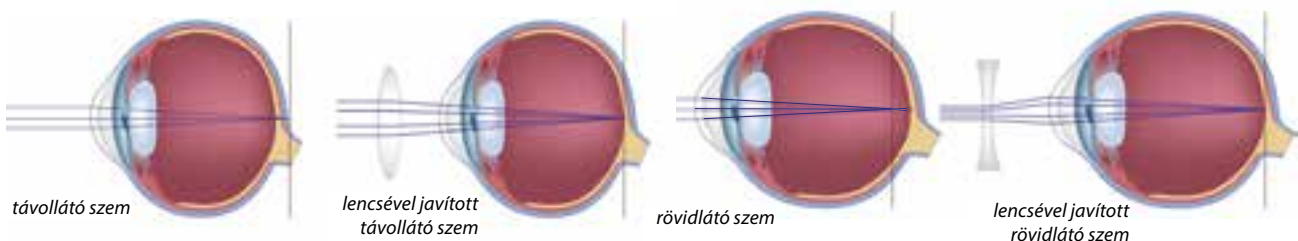
Rövidlátás (miópia): a szemgolyó túl hosszú, a párhuzamos fénysugarak (a sugárizom nyugalmi helyzetében) a retina előtt metszik egymást, így távoli pontok életlenek. A közeli pontok képe éles. Javítása szórólencsével történik.

Távollátás (hiperópia): a szemgolyó túl rövid, a közeli tárgyakról érkező párhuzamos fénysugarak a sugárizom nyugalmi helyzetében a retina mögött metszik egymást. A közeli tárgypont képe életlen. Javítása gyűjtőlencsével történik. A gyermekkori távollátás a szemgolyó növekedésével megszűnhet.



A szem felépítése

A szemizmok nem megfelelő működése is okozhatja ezeket a problémákat.

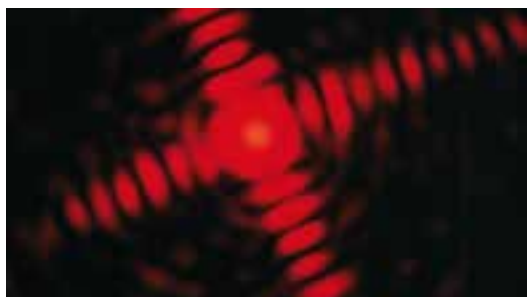
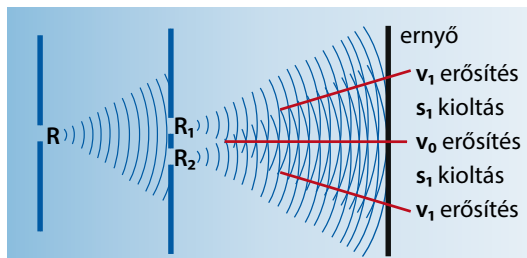


Összegzés

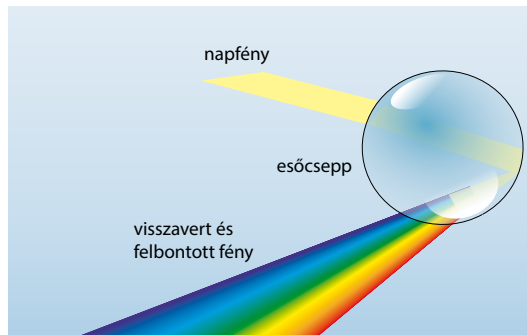
A nagyító esetén a tárgy és a kép a lencse ugyanazon oldalán van, a diavetítés esetén különböző oldalon. A képet látszólagosnak nevezzük, ha szemmel látjuk, de ernyőn nem tudjuk felfogni; és valódinak, ha ernyőn felfogható.

10. A fény mint hullám

Az előző fejezetben megtudtad, hogy mi történik a fénnel, ha valami kibocsátja vagy visszaveri, és mi történik vele, ha visszaverődik vagy megtörik. Most megnézzük, hogy miért színes a világ.



A rácson (egymás melletti rések sorozatán) áthaladó fény pontosan úgy viselkedik, mint a hullám. Bizonyos pontokon fényerősödés, más pontokon teljes kioltás látszik.



Kettős fénytörés a vízcseppben, így alakul ki a szivárvány

Színek a monitoron

Black and white: egy képpontnak két állapota van, fekete és fehér. Egy képpont állapotának rögzítése 1 bitet igényel.

16 Color: 16 megadott színe lehet egy képpontnak, 4 biten tárolja az információt.

Grayscale: egy képpont a szürke 256 árnyalatával rendelkezhet, 8 biten tárolja az információt.

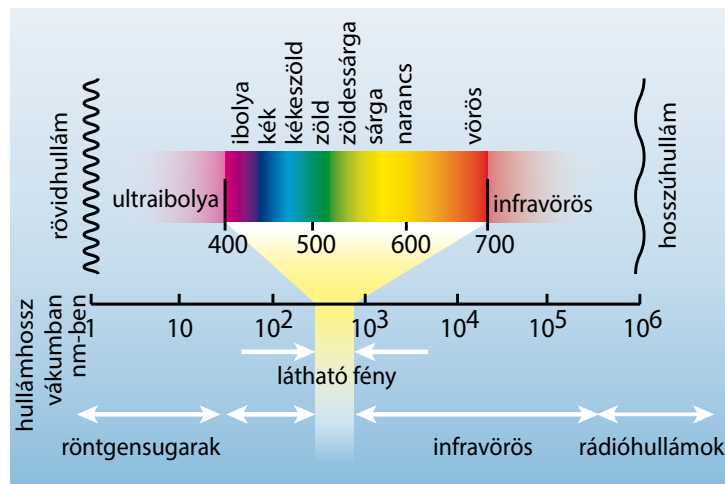
256 Color: 256 megadott színe lehet egy képpontnak, 8 biten tárolja az információt. (Web-lapok képeihez ajánlott szintartomány)

1 bit: 1 információegység

Ehhez először megvizsgáljuk, hogy a fény hullám, vagy inkább részecskék áramlása, miközben egyik helyről a másikra eljut. Emlékeztetőül: a különbség az, hogy a tárgyak nem tudnak elhajlani, miközben egy résen/rácson áthaladnak, a hullám igen (felső ábra).

A bal oldali két ábrán látható, hogy a rácson (egymás melletti rések sorozatán) áthaladó fény pontosan úgy viselkedik, mint a hullám. Bizonyos pontokon fényerősödés, más pontokon teljes kioltás látszik.

Vagyis a fény hullámként terjed. Ha a fény hullám, akkor van hullámhossza és frekvenciája. A látható fény hullámhossza 380 és 780 nanométer között van. A 700 nanométerhez úgy jutsz el, ha a millimétert 10 000 részre osztod, és ebből veszel hetet.



A fény színét a hullámhossza (és így a frekvenciája is) határozza meg. A fehér fényben, mint keverékben meglévő eltérő hosszúságú hullámok eltérő módon törnek meg az üvegen. A prizmán belül a fehér fény színeire bomlik, majd kilépésnél újra megtörik, ennek következtében az ernyőn, ahol megfigyeljük, egy teljes színskála látható.

A hullámhossza miatt legkevésbé a piros, majd a sárga, a zöld, a kék, és leginkább az ibolya szín törik meg. A szivárvány is a fehér fény törésén alapul. Az esőcseppben a belépő fehér fény megtörik, színeire bomlik, majd kilépnek a fénysugarak. Mindig a piros van felül. A fény olyan hullámfajta, amelynek keletkezéséről jövőre olvashatsz, és amellyel azonos többek között a mikrohullám és a rádióhullám.

Tárgyak színe

A fekete a fény teljes hiánya. A fekete „színű” test nem bocsát ki fényt, minden fényt elnyel, semmit nem ver vissza. A teljesen fekete tárgyat csak azért látod messziről, mert eltakarja a háttér. Jövőre a csillagászat kapcsán olvasol majd ilyen égitestről is.

Az **átlátszatlan tárgyak** színe attól függ, hogy a rájuk eső fényből milyen színeket és milyen arányban nyelnek el, illetve vernek vissza. A tárgy színét a visszavert színek keveréke adja. Mi a visszavert színek keverékét látjuk, ami természetesen függ a megvilágító fény összetételétől is.

A **fehér tárgyak** minden színű fényt visszavernek, ezért például zöld fényvel megvilágítva zöldnek, pirossal megvilágítva pirosnak látszanak. A **zöld tárgy** fehér és zöld fényben zöld. Vörös fényvel megvilágítva fekete. A levelek zöld színét például az okozza, hogy a bennük található klorofill a Nap színekéből a vörös színt nyeli el, a többi fény eredőjeként pedig a kiegészítő zöldet kapjuk. Ősszel, amikor a klorofill elbomlik, a levélben található többi színanyag „értékesül”, így a levél az általuk meghatározott színeket veheti fel. A klorofilltól eltérő szerkezetű festékek több különböző hullámhosszú fényt is elnyelhetnek, így a visszavert fény is más hullámhosszú összetevőkből áll.

Fontos alapfogalom a **komplementer (kiegészítő) színek** rendszere. Ezek a **színkörben** egymással szemben helyezkednek el. Összekeverve kioltják egymást, semleges fehérét **adnak** a színérzékelés szerint. Egymás mellé helyezve viszont kölcsönösen fokozzák egymás telítettségét, így élénk kontrasztot képeznek. Diszharmonikusnak általában azokat a színeket érezzük, amelyeknek közös tulajdonságaik vannak, például az élénk rózsaszín és a gesztenyebarna – mindkettő a vörös származéka. Egy diszharmonikus színt használhatunk egy másik kiemelésére, de nagy felületen inkább ütik egymást.

Színkeverés

Színkeveréskor két vagy több színből egy keverék színt kapunk. A színkeverésnek két fő fajtája van.

Összeadó (additív) színkeverésnél a kiindulási színek fényenergiái összegződnek. Ilyen például a több vetítőtől egy ernyőre vetítés; színes televízió; pörgettyű a gyors időbeni váltás miatt. Az összeadó színkeverésnél a keverék szín mindig világosabb, mint a kiinduló színek bármelyike. A három alapszín összeadásából keletkezik a fehér szín.

Kivonó (szubtraktív) színkeverés úgy valósul meg, hogy a fénysugár útjába több színszűrőt teszünk, amelyek különböző színeket vonnak ki a fehér színből. A kivonó színkeverés előfordulásai: festékek keverése, festékek egymásra nyomása, színkivonat-készítés, színes fénykép, négy színnyomás. A kivonó színkeverésnél a keverék szín mindig sötétebb, mint a kiinduló színek bármelyike. Fehér fényből háromzónás szűrővel állítható elő a fekete.

A fény eredetéről jövőre beszélünk.

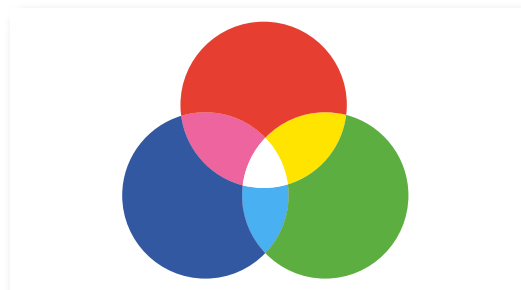
Összegzés

A leckéből megtudhattad, hogy a látható fény hullámtermészetű. Ugyanilyen jellegű, de a látható fénytől eltérő hullámhosszú hullám okoz meleget, barnít le, ilyenről szól a rádió és sőt a mikrohullámú sütő. Megtanulhattad a színek keletkezését.

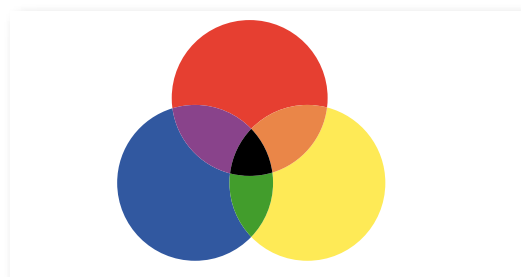
- 1 Nézz utána! Miért látjuk pirosnak a mikuláspapírt? Miért látjuk fehérnek a falat, miért nem látszik egy sötét szobában a fekete macska, miért kék az ég, miért vörös a naplemente?



A képen egy színkör látható, három elsődleges színe a sárga, a piros és a kék



Összeadó (additív) színkeverés
Alapszínei: a kék, a zöld és a vörös. A másodlagos színei: kék + zöld = cián (zöldeskék); kék + vörös = bíbor; vörös + zöld = sárga.



Kivonó (szubsztaktív) színkeverés (pl. festékkeverés)

A „Gép forog”

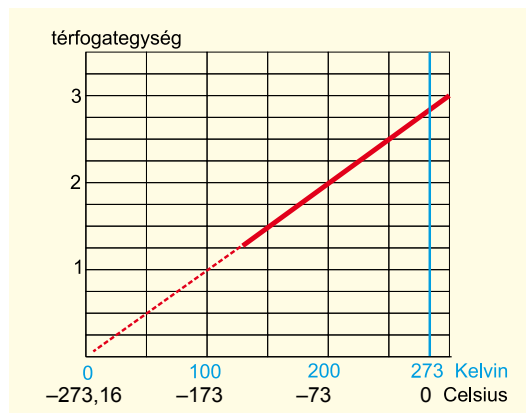
11. Gázok

Mindennapi életünkben anyagok vesznek körül bennünket, amelyeket általában látunk, megtapinthatunk. A levegő azonban, amelyre alapvető szükségünk van, láthatatlan. A 18. században kísérleti úton bizonyították, hogy a levegőt többféle gáz alkotja.

- 1 Lapozz a 25. fejezethez! Hogyan bizonyítja az ott leírt kísérlet, hogy a levegő többféle gáz elegye?



Gay-Lussac vállalkozó kedvű fizikus társával a hőgömbömben. Emelkedés közben méri a légnyomást és a hőmérsékletet. Egy madarat is magukkal vittek, és megfigyelték viselkedését.



Egységnyi mennyiségű gáz térfogata különböző hőmérsékleten. A szaggatott vonal jelzi, hogy így viselkedne a gáz, ha erős hűtés közben nem cseppfolyósodna. A fizikában többnyire a Kelvin-skálát használják. Ezen a skálán a 0°C értéke $273,16\text{ K}$ (kelvin). A 0 K (abszolút nulla fok) pedig $-273,16^\circ\text{C}$. Ennél alacsonyabb hőmérséklet nem létezik, sőt az abszolút 0 fokot is csak megközelíteni tudjuk. Gondolkozz rajta, hogy vajon miért!

Golyómodell: a gázok hőmérséklete

Ha egy kellemetlen szagú gázt tartalmazó edényt kinyitunk, a szag hamarosan betölti az egész szobát. A jelenséget legegyszerűbben a golyómodellel magyarázhatjuk. Eszerint a gázt alkotó részecskék, mint apró golyók szabadon elmozdulhatnak egymáshoz képest, mivel az ütközéseket leszámítva nincsenek egymással kölcsönhatásban, és nagyon távol vannak egymástól.

Tapasztalatból tudjuk, hogy a levegőnek – mint minden gáznak – van hőmérséklete. A **hőmérséklet** (jele: T) a testek hőállapotát leíró fizikai mennyiség. A hőmérsékletet **Daniel Bernoulli** svájci fizikus a 18. században a részecskék mozgásának sebességével hozta összefüggésbe. Minél melegebb a gáz, részecskéi annál nagyobb sebességgel száguldoznak véletlenszerűen. A hőmérséklet számszerű értékét hőmérővel mérhetjük meg. A Föld nagy részén a Celsius-skálát használják. A Celsius-skála alappontjai: a jég olvadáspontja (0°C) és a víz forráspontja (100°C).

Hőmérséklet, nyomás, térfogat

A lőfegyverek és a szivattyúk elterjedése irányította a figyelmet a gázok nyomására. A golyómodell szerint a száguldozó gázcsepcskék ütközéseik miatt erőt fejtenek ki a falra (vagy bármely más testre). Ez okozza a gáz nyomását (jele: p). A nyomás általában annak jellemzője, hogy egy adott erő mennyire nyom egy adott felületet, vagyis az erő (F) és a felület (A) hányadosa. **Jelekkel: $p = F/A$, mértékegysége: pascal (jele: Pa).**

A feszesre fújt gumiabroncs a tűző napon megfeszül, és a nagy nyomás miatt meg is repedhet. Állandó térfogatú gázmennyiség hőmérsékletének és nyomásának kapcsolatát Gay-Lussac (ejtsd: gé lüssák) francia fizikus vizsgálta. **Állandó térfogat mellett a gáz nyomása és kelvinben mért hőmérséklete egyenesen arányos, vagyis hányadosuk állandó. Ez Gay-Lussac (második) törvénye.**

Egy gázmennyiség harmadik jellemzője a **térfogata** (jele: V), mely akkora, mint az általa kitölthető tér (például az edényé, amibe be van zárva). Amikor állandó nyomáson növeljük a hőmérsékletet (közelítőleg ilyen a gyengén felfújt lufi esete, ha kiteszük a napra), ahogy melegszik, egyre nagyobb lesz a térfogata. **Állandó nyomás mellett a gáz térfogata és kelvinben mért hőmérséklete egyenesen arányos, vagyis hányadosuk állandó. Ez Gay-Lussac első törvénye.**

- 2 Gyűjts példát a környezetedből
- állandó térfogat mellett nyomás- és hőmérséklet-változásra,
 - állandó nyomás mellett térfogat- és hőmérséklet-változásra!

Ha állandó hőmérsékleten változtatjuk lassan a térfogatot, érezzük, ahogy a hengerben lévő gáz térfogatának csökkenésével egyre nehezebb összenyomni, vagyis a bezárt levegő nyomása egyre nagyobb lesz. Ez következik be, ha befogjuk a biciklipumpa fúvókáját, és lassan nyomjuk befelé a dugattyút.

Állandó hőmérsékleten a gázok térfogata és a nyomása fordítottan arányos, vagyis szorzatuk állandó. Ez Boyle és Mariotte (angol, illetve francia fizikusok) törvénye.

A három gáztörvény egyesíthető. Az **egyesített gáztörvény** megadja a kapcsolatot egy adott mennyiségű gáz állapotjelzői között, két különböző állapotban. Eszerint

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}, \text{ ahol } p \text{ a gáz nyomása, } V \text{ a térfogata, } T \text{ pedig}$$

az abszolút hőmérséklete.

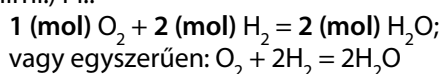
A fenti összefüggések csak akkor igazak, ha a gáz anyagmennyisége állandó – azaz nem szökhet ki az edényből, és nem is ereszünk bele több gázt.

Az anyagmennyiség

A golyómodell szerint – adott hőmérsékleten és nyomáson – a gázok térfogata a bennük található részecskék számával arányos. Erre a megállapításra az olasz Amadeo Avogadro jutott először (1811), ezért **Avogadro-törvénynek** is nevezik. Ezzel lehetővé vált, hogy mérhessük és megadhatjuk az **anyagmennyiséget**, azaz a rendszert alkotó elemi egységeknek a számát. Ennek mértékegysége a **mól**, jele a mol (rövid o-val).

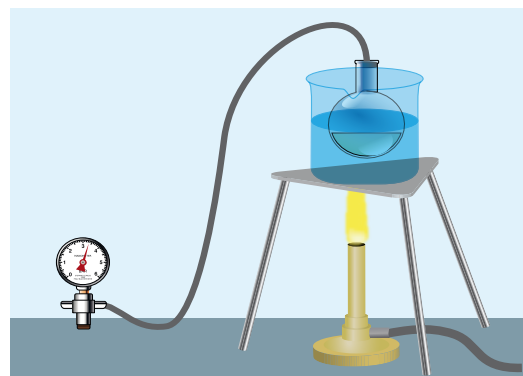
A gázok golyómodellje azonban egyszerűsítéseken alapul. Elhanyagolja a részecskék közti vonzóerőt, és nem veszi figyelembe anyagi minőségüket sem. Valójában a részecskék kisebb-nagyobb mértékben mindig vonzzák egymást. Ezért egy bizonyos hőmérséklet alatt minden gáz **cseppfolyósodik**. Az sem mindig igaz, hogy a különböző gázok részecskéi közbömbösek lennének egymás iránt. Sokszor heves kémiai reakció zajlik le köztük. Így például hidrogén és oxigén elegyből (durranógáz) vízgőz keletkezik.

A kémikusok megmérték a reagáló gázok térfogatainak arányát. Azt találták, hogy 1 térfogategységnyi tiszta oxigéngáz mindig 2 térfogategységnyi hidrogéngázzal reagál. Avogadro fölismerése szerint ez annyit jelent, hogy a reagáló részecskék száma is 1:2, tehát 1 mólnyi oxigéngáz mindig 2 mólnyi hidrogénnel vegyül. A molarányokat fejezik ki a kémiai egyenletekben a vegyületek jele elé írt számok. (Az 1-et nem szokták kiírni.) Pl.:

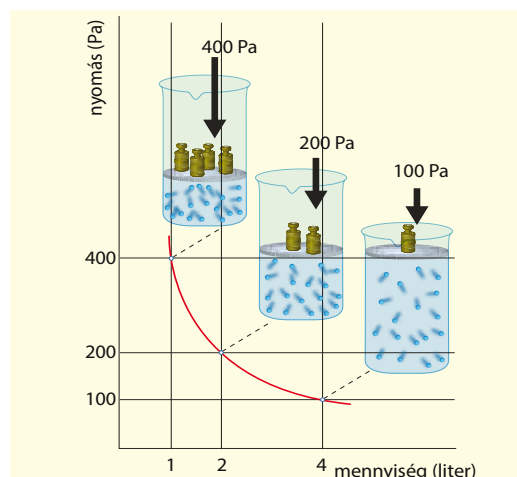


Összegzés

A legegyszerűbb szerkezetű anyaggal, a gázzal ismerkedtünk meg ebben a leckében. Láthattuk, hogy sokféle változáson mehet át, de minden változás szabályszerűen játszódik le, és ennek következtében a gáz jellemzői nem változhatnak véletlenszerűen.



Gázok nyomásának állandó térfogat mellett hőmérsékletfüggését vizsgáló kísérleti berendezés



Adott gázmennyiség állandó hőmérsékleten – a nyomásának és a térfogatának szorzata állandó marad

Megegyezés szerint 1 mol annyi részecskét jelent, amennyi darab atom van 12 gramm tiszta ^{12}C -ben (a szén 12-es izotópjában). Ez elképzelhetetlenül – de mérhetően – nagy szám, $6 \cdot 10^{23}$ darab. Kémiai táblázatokban a moláris atomtömeget (azaz egy mol anyag tömegét) szokták megadni.

Ha azt akarjuk kifejezni, hogy adott térfogategységben milyen anyagmennyiség van jelen, akkor a molaritást vagy mólkonzentrációt adhatjuk meg. Mértékegysége mol/dm^3 . Nem azonos ezzel a sűrűség, mely a tömeg és a térfogat hányadosa. Jele: ρ (ejtsd: ró).

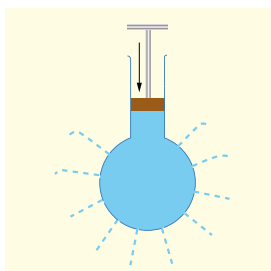
Jellekkel: $\rho = \frac{m}{V}$. Mértékegysége: $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

12. Folyadékok

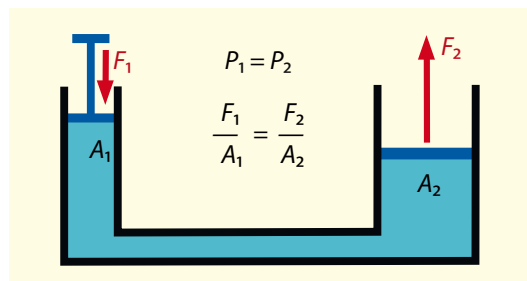
A folyadékok nagyon sok formában vannak jelen életünkben. Az élőlények nagy része víz, a vér áramlása tartja fenn az ember szervezetét, a tengerek, óceánok, folyók a legváltozatosabb életformák fenntartói. Ezért érdemes alaposan vizsgálnunk őket.



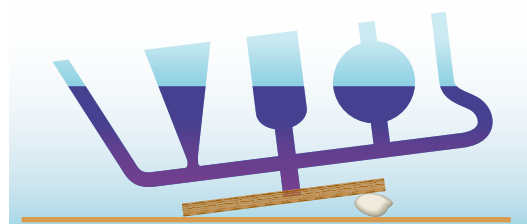
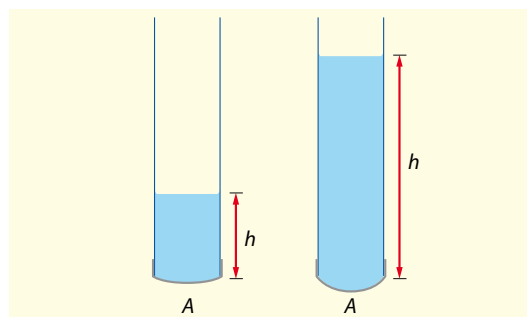
A folyadék részecskéi között nagyobb az összetartó erő, mint a gázokéi között



Pascal féle „vízi buzogány”, melyből a külső nyomás hatására minden irányban azonos sebességgel áramlik ki a víz.



Hidraulikus emelő működése



A folyadékot alkotó részecskéket sokkal nagyobb erők tartják együtt, mint a gázokét. Bár könnyen elmozdulnak egymáshoz képest, nem szívesen szakadnak el egymástól. Hasonló jelenséget tapasztalhatsz, ha megvizsgálod a csapból kifolyó vízszugarat. Ha a csapot lassan zárod, akkor azt látod, hogy egész vékonyná válik a vízszugár, és már majdnem elzáród a csapot, amikor megszakad.

A folyadékok fontos tulajdonsága, hogy gyakorlatilag összenyomhatatlanok.

Ennek oka, hogy részecskéi szorosan illeszkednek egymáshoz, köztük a távolság és a ki nem töltött tér nagyon kicsi.

Általában igaz, hogy **zárt térben lévő folyadékban vagy gázban a külső erő okozta nyomás minden irányban gyengítetlenül terjed.** Ezt mondja ki Pascal törvénye.

Hidraulikus emelő

Pascal törvényének elvén működik például a hidraulikus tartogonca. A hidraulikus gépekkel erő kifejtésünk nagyságát megsokszorozhatjuk. A hidraulikus fékeknél is ezt a jelenséget használjuk.

Amennyiben az A_2 emelési felület lényegesen nagyobb, mint a nyomási oldalon lévő A_1 felület, akkor az F_2 erő is lényegesen nagyobb lesz, mint F_1 . Más szavakkal: a kis felületen kis erővel létrehozott nyomás a nagy felületen nagy erőt jelent.

Hidrosztatikai nyomás

A folyadékot nyomja saját súlya, ezért súlyánál fogva nyomás alakul ki benne, amely szintén terjed a belsejében és szintén minden irányban hat. Nyugvó folyadék esetén ez a hidrosztatikai nyomás.

A hidrosztatikai nyomásnak a folyadékoszlop magasságától, illetve a folyadék mélységétől való függését mutatja az ábra.

A hidrosztatikai nyomás: (p_h) egyenesen arányos a folyadékoszlop magasságával (h) és a folyadék sűrűségével (ρ_f). Fontos, hogy csak akkor létezik, ha a folyadéknak van súlya, vagyis például súlytalanság esetén nincs.

Közlekedőedény

Az egymással összeköttetésben lévő, felül nyitott edények rendszerét, amelyben a folyadék szabadon áramolhat, **közlekedőedénynek** nevezzük. Közlekedőedényekben a nyugvó, egynemű folyadék minden ágban egyenlő magasságban van, feltéve, hogy az edény szárai nem túl szűkek. „Ezen az elven működnek a vízszintjelzők, a szökőkutak és a repülőgépek dőlésmérői is.” A hidrosztatikai nyomás miatt, a közlekedő edények elve alapján a test alsó felére nagyobb erő hat, mint a felső lapjára.

A testre a folyadékban levő nyomás miatt ható erők eredője (összege) – ha a test nem merül teljesen a folyadék alá – fel-felé mutat. Ennek az eredő erőnek az elnevezése: **felhajtóerő**.

A felhajtóerő nagysága megegyezik a test által kiszorított folyadék súlyával. (Ez Arkhimédész törvénye.)

$$F_{\text{felhajtó}} = \rho_{\text{folyadék}} \cdot g \cdot V_{\text{bemerülő}}$$

Az úszás, lebegés, merülés jelensége tehát ugyanarra vezethető vissza. Ha a test súlya nagyobb a felhajtóerőnél, akkor elmerül, ha egyenlő vele, akkor lebeg. Fizikailag ez azt jelenti, hogy ha a **test sűrűsége nagyobb a folyadékénál, akkor elmerül, ha egyenlő vele, akkor lebeg, ha kisebb, akkor úszik**. Az úszóhólyag megnagyobbítása vagy kisebbítése által a hal teste megváltoztathatja sűrűségét, s minden mechanikai úszómozgás nélkül mélyebbre süllyedhet, vagy felemelkedhet a vízben.

Barométer

A levegő nyomását is a hidrosztatikai nyomás segítségével sikerült Torricelli olasz tudósnek kimutatnia (1643).

Torricelli egy hosszú üvegcsövet higannyal töltött meg, majd szájával lefelé fordítva higannyal töltött tálba állította. Azt tapasztalta, hogy a higanyoszlop lesüllyed, amíg körülbelül 760 mm-es nem lesz. A higanyoszlop fölött pedig valami „üresség” (vákuum) maradt. Mai tudásunk szerint a higanyoszlop fölötti „ürességet” valójában igen ritka higanygőz tölti meg.

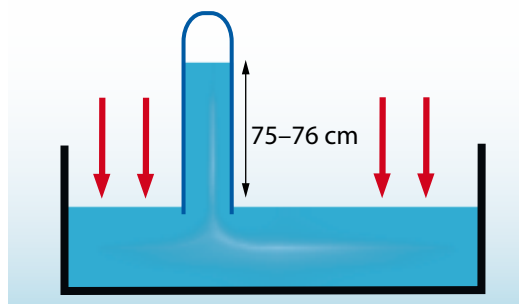


Légnyomásmérés

Pascal unokatestvére 1648-ban egy Torricelli-féle higanyos barométerrel megméri a légnyomást egy 1464 méter magas hegyen. Az érték jóval alacsonyabb lett annál, amit Pascal ugyanekkor Párizsban mért.



Folyadékban úszó, lebegő, elmerülő testek



Torricelli tapasztalatát Blaise Pascal francia természettudós magyarázta meg. Eszerint a higanyfelületre nehezedő légoszlop súlyából származó nyomás, a légnyomás tart egyensúlyt a higanyoszlop súlyával. Ha ez igaz, akkor elég megváltoztatni ezt a súlyt, és megváltozik a higanyoszlop magassága is. Pascal javaslatára egy időben mérték meg a higanyoszlop magasságát Párizsban és egy magas hegyen. A hegyen kisebb volt a higanyoszlop magassága, hiszen itt kisebb súlyú légoszlop tartott vele egyensúlyt. A higanyos barométer segítségével így következtetni tudunk a légnyomásból a tengerszint feletti magasságra.

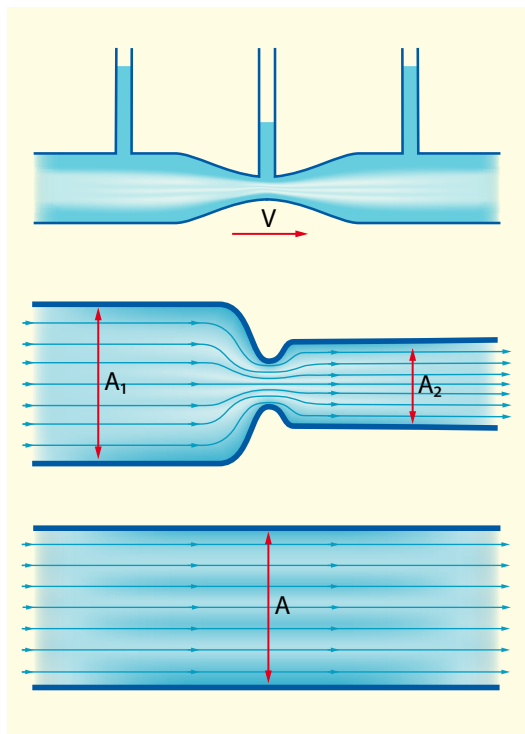
1 A higanyoszlop magasságát azonban nemcsak a tengerszint feletti magasság befolyásolja. Mi még? A válaszadásban segít a 16. fejezet!

Összegzés

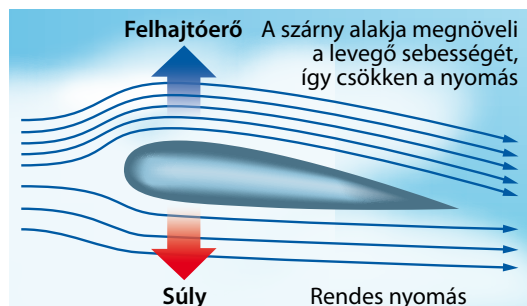
Ebben a leckében olyan mindennapos jelenségek magyarázatát találtuk meg, mint az úszás, merülés. Megadtuk a fizikai magyarázatát annak is, hogy miért és hogyan működnek a hidraulikus eszközök, amelyekkel a mindennapokban találkozhatunk. Láthattuk, hogy mindez a folyadék részecskéi közötti kölcsönhatásra és a folyadék szerkezetére vezethető vissza.

13. Áramlás

Az előző részekben a gázokról és a nyugvó folyadékokról olvashattál. Ebben a fejezetben arról lesz szó, mi történik, ha a folyadékok vagy gázok mozgásban vannak, áramlanak.



Áramló folyadék oldalnyomásának vizsgálata



A repülőgép szárnyának alakja és irányítottága (gömbült felső felület, lefelé döntött szárnyhelyzet) következtében a szárny fölötti levegő gyorsabban halad, és így alacsonyabb nyomású (a Bernoulli-törvény következtében)



A Bernoulli-törvény

Megfigyelhetted, hogy a vízcsapból kifolyó vízszugár elvékonyodik, de nem alakulnak ki nagyméretű cseppek. Ebből több következtetésre lehet jutni. Egyrészt arra, hogy a vízszugár nem könnyen szakad el, vagyis a részecskéi közötti összetartó erő nagy. A vízszugár felső részén a víz sebessége nyilván kisebb, mint az alsón. A gyorsabb víznek az oldalirányú nyomása kisebb. Ez ugyanígy igaz gázok esetén is.

A jelenséget felfedezőjéről, **Daniel Bernoulliról** nevezték el.

A Bernoulli-törvény kimondja, hogy ha az áramló folyadék vagy gáz sebessége nő, akkor nyomása lecsökken.

A folyadék összenyomhatatlan, ezért ha szűkebb keresztmetszetű térben kell végigmennie, akkor magától nem sűrűsödik össze. Ez csak úgy lehetséges, ha közben felgyorsul. A folyadék sebességének és a cső keresztmetszetének szorzata állandó.

Például: a folyó vize is felgyorsul, ha a meder összeshűkül. Megfigyelhető, hogy a síkságra leérő, lelassuló folyók medre kiszélesedik.

Mivel az erekben áramló vér folyadék, ezért a két jelenség (a nyomás- és sebességváltozás) együttes alkalmazása lehetőséget biztosít például arra, hogy nyomásméréssel következtessünk az ér állapotára.

Párhuzamosan haladó hajók nem mehetnek túl közel egymáshoz, mert a köztük levő víz hozzájuk képest áramlik. Ezért a hajók között a hajókra ható oldalnyomás kisebb, mint a kívülről a hajóra ható. Ez az utóbbi egymáshoz taszítaná a hajókat. A levegővel ugyanez a helyzet: ezért veszélyes, ha gyorsan haladó autó húz el a kerékpáros mellett. A jelenség jól megfigyelhető, ha két egymás mellett tartott papírlap közé fújunk.

Repülés

A szárny alakja miatt a szárny felett gyorsabban áramlik a szárnyhoz képest a levegő, mint alatta, ezért a szárnyra kifejtett nyomása kisebb. Vagyis a levegő alulról nagyobb erővel hat a szárnyra felfelé, mint felülről lefelé.

Amennyiben a két erő különbsége nagyobb, mint a gép súlya, akkor a gép megemelkedik. Ehhez kell az elegendően nagy sebesség. Ezért marad fenn a repülő, ha elég gyors, és esik le, ha lassú. A szárny állásától függően különböző örvénylések is befolyásolhatják a repülést.

Örvények

Az áramló folyadékba vagy gázba helyezett test mögött örvények jelennek meg. Ilyen örvénnyel találkozatsz hidak pillérei mögött.

Az örvények kialakulását a test áramvonalasításával lehet csökkenteni. Az autó kevesebb üzemanyagot fogyaszt azonos sebesség mellett, ha az alakja csökkenti az örvényképződést.

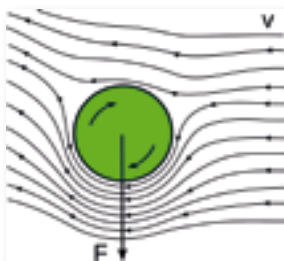
A ciklon egy speciális légörvény, amelyről a földrajz tárgyban hallasz. A fizikai lényege, hogy az áramló levegőben a nyomáskülönbség okozza a jelenség beindulását, amely hosszú ideig önfenntartó.



Porlasztó és csavart labda

A függőleges, folyadékba merülő cső alján, a csövön kívüli folyadék miatt hidrosztatikai nyomás, valamint a szabad terület miatt légnyomás jelenik meg, amely azonos nagyságú a cső feletti levegőével, ezért nem mozdul a csőben levő folyadék. Amennyiben a cső felett elfújunk, a levegő sebessége nagyobb lesz, mint korábban. Ennek következtében nyomása csökken. A felülről lefelé ható nyomás csökkenése miatt az alsó nyomás a csőben levő folyadékot – benzint, parfüm – felfelé nyomja.

Magnus-hatás, avagy hogyan kell a labdát csavarni



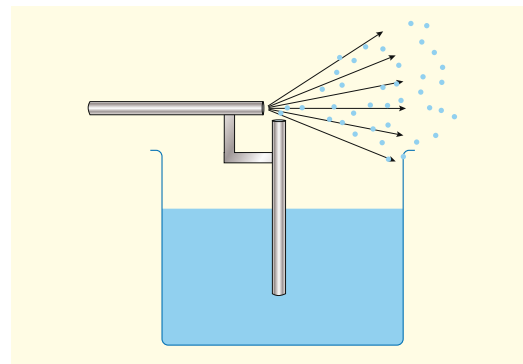
- 2 A forgó labda egyik oldalán nagyobb a levegőhöz képesti sebessége, ezért itt kisebb a nyomás, ezért erre csavarodik. Hol kell megrúgni a labdát, hogy balra csavarodjon?

- 1 Számold át! Hány km/h-s a tornádókban áramló szél legnagyobb sebessége? Mi magyarázza, hogy háztetőket, autókat is képes fölemelni?

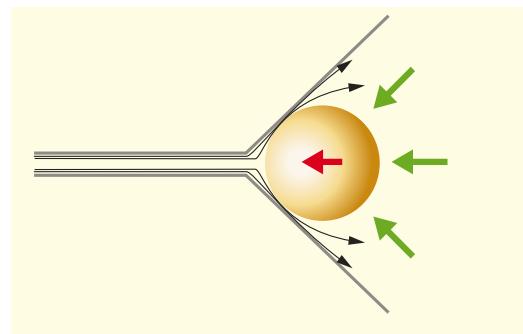
Tornádó

A tornádó örvénylő légoszlop, amely általában zivatarfelhőhöz kapcsolódik, abból alányúlva kapcsolatba kerül a felszínnel, és ott károkat képes okozni.

Az örvényben a levegő 20–140 m/s-os sebességgel áramlik. A tornádók belsejében a drasztikusan csökkenő légnyomás hatására a vízgőz kicsapódik, ami létrehozza a jellegzetes formáját – távolról gyakran ék vagy keskeny kötél alakú, a felhő felé kiszélesedő – felhőkép-ződményt.



Porlasztó



- 3 Magyarázzátok meg, mi lehet az oka a következő jelenségnek! Minél nagyobb erővel akarjuk kifújni a pingponglabdát a tölcserből, annál inkább bennmarad.

Összegzés

A leckében – felhasználva az előzőt, valamint a gázokról tanultakat – olyan jelenségek között találtunk összefüggést, mint az örvény gázban vagy folyadékban, a vérnyomásmérés, a labda csavarása, a porlasztó, a parfümszóró, a repülés fizikája. Gondoltad volna, hogy ezek azonos okokra vezethetők vissza?

14. Ég és Föld

A kíváncsi görögök csillagászati és földrajzi érdeklődése a térben és időben való tájékozódás igényéből fakadt. Ismereteiket filozófiai és geometriai tudásuk birtokában világképpé formálták, melyben a mozdulatlan Földet helyezték a világ közepébe.



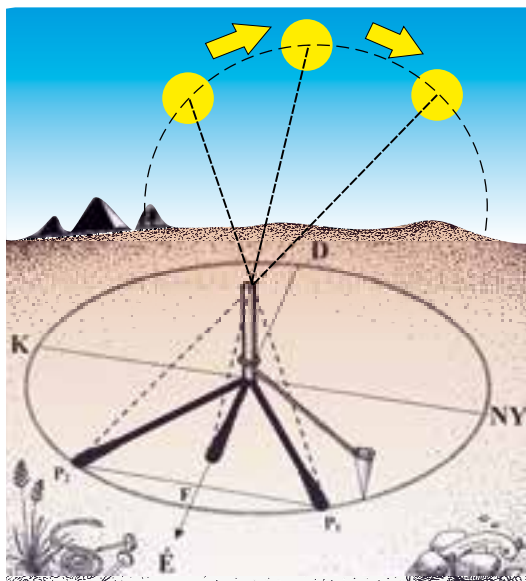
A mozdulatlan Föld a világ közepén

A görög hajósok tapasztalataik alapján következtettek a **Föld gömb** alakjára. A szárazföldhöz közeledve hajójukról először a hegycsúcsokat pillantották meg, a kikötőkben várakozók pedig a közeledő hajó árbocát. Nyílt tengeren éjszaka a csillagok segítségével tájékozódtak. Úgy találták, hogy a csillagok egymáshoz viszonyított helyzete nem változik, ám ha nagy távolságot tettek meg, a látóhatár fölött új csillagok jelentek meg, míg mások eltűntek. Úgy vélték, ez azért lehetséges, mert hajójuk helyzetétől függően a Földet körülvevő csillagos éggömbnek más-más részletét látják.

Megfigyelték azt is, hogy az éggömb éjszakánként elfordul egy, a csillagok között kitüntetett, mozdulatlan csillag, a **Sarkcsillag** körül. A Sarkcsillag és földi szemlélője közötti képzeletbeli vonal lett az éggömb forgástengelye, mely északi irányba mutat. A Sarkcsillag derült éjszakákon a biztos térbeli tájékozódás irányát mutatta.

A csillagképek 24 óra alatt közelítőleg kört írnak le a fejünk fölött. Ezt tette láthatóvá az a fénykép, amelyet hosszú (több órán át tartó) expozíciós idővel készítettek. Minden fénycsík egy csillag nyoma.

- 1 Mit jelöl az „É” betű? Mennyi időn át készülhetett a felvétel?
Lehet-e olyan fényképet készíteni, amelyen a csillagok a teljes kört (360°-ot) megtennék?



Az égi óra

Az ókori népek egyik csillagászati eszköze a **gnómon** (tudós pálca) volt, mai nevén napóra. A vízszintes felszínre merőleges bot árnyékával követi a Nap járását, szabályosan, időről-időre visszatérően (ciklikusan) változtatva irányát és hosszát. Az ókoriak e szabályos változás figyelmes és türelmes nyomon követésével az időt egységekre, részekre bontották.

A Nap az égbolton a **látóhatár** (horizont) felett körív mentén mozog. Legmagasabban égi pályáján **délben** van, a bot árnyéka ekkor a legrövidebb. A két delelés között eltelt időtartamot nevezték el **napnak**. Rájöttek, hogy a Nap déli árnyékának hossza évszakonként változik, nyáron rövidebb, télen hosszabb. Az **év** hosszát a két legrövidebb déli árnyék mérésének időpontja között eltelt idő adta.

Az égtájakat ma is könnyen megállapíthatjuk a „tudós pálca” segítségével.

A vízszintes talajba függőlegesen letűzött bot legrövidebb árnyéka mutatja az északi irányt. A pálca körül valamelyik délelőtti órában a P_1 pontban húzott kört egy délutáni P_2 pontban ismét érinteni fogja az árnyék. A P_1P_2 távolság felezőpontja (F) és a bot közötti egyenes észak-déli irányú.

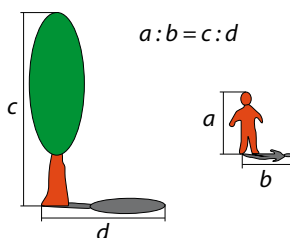
Mindez az északi mérsékelt övezetben igaz.

Éggömb és földgömb

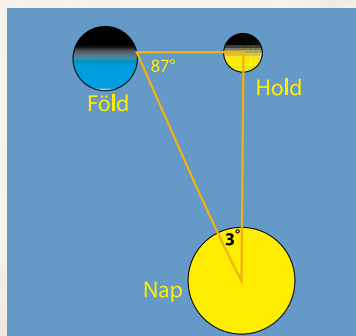
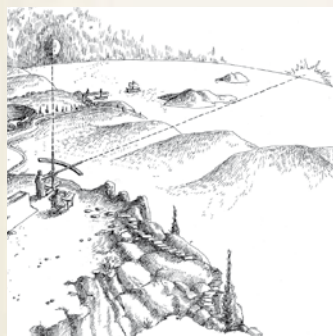
A leleményes ókori hajósok útleírásai arról tanúskodnak, hogy jártak olyan vidéken a Földnek, ahol a Nap nem bukott a látóhatár alá éjszaka sem. Mégsem utazási élményeik, hanem geometriai gondolkodásuk alapján számították ki a nevezetes földgömbi köröket. Ebben Thalész járhatott élen, aki az **éggömböt**, (amelyen a csillagképeket jelölték) vízszintes és függőleges vonalak hálójával részekre osztotta. E gömbi vonalakat vetítették a **földgömbre**, a Föld kicsinyített mására. A földgömb nevezetes köreit a Nap (éggömbi) éves járásának ismeretében jelölték ki. Vízszintes felszínén a Nap az év során délben csak a téritők között delel 90°-os szögben, a sarkkörökön túl pedig az év során legalább egyszer nem nyugszik le. E nevezetes szélességi körök egyben az **éghajlati övezetek** határai is, mivel az éghajlat egyik legmeghatározóbb eleme a napsugárzás.

Távol, és mégis közel

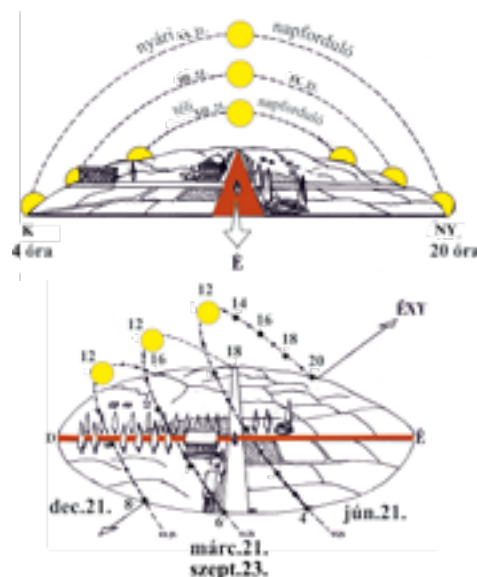
Valószínűleg az ókori görögök ismerték fel azt, hogy a mértan (geometria) segítségével akkor is feltérképezhetők a távolságok és arányok, ha nem minden test érhető el közvetlenül. A **háromszögelés** módszere az arányosság elvén alapul.



Az ókori tudósok a háromszögelés geometriai módszerét kiterjesztették a Föld egészére is. Egy Alexandriában élő csillagász (**Eratoszthenész**) így mérte meg a Föld átmérőjét – anélkül, hogy Alexandriából kimozdult volna. **Arisztarkhosz** a Hold és a Nap a Földtől számított távolságának arányát mérte meg egy hatalmas szögmérővel.



Arisztarkhosz mérése és a mérés elve



2 A rajz a Nap látható pályáját mutatja a mérsékelt övezet egy földrajzi helyéről szemlélve.

Hány órán át látható ezen a helyen a Nap az év leghosszabb napján az ábra szerint?

Hogyan változik a délben látható Nap helyzete december 21-től június 21-ig, majd onnan a következő december 21-ig?

Mikor kel pontosan keleten a Nap?

3 Gondoljátok végig az ábrák alapján! Melyik napszakban végezte a mérést a tudós?

Melyik holdfázis idején?

Miből gondolta, hogy a „Napból nézve” a Föld és a Hold 3°-os szöget zárnak be?

Arisztarkhosz módszere hibátlan, de szögmérése pontatlan volt.

A valóságos érték nem 87°, hanem 89° 50' (a szögperc a fok 1/60-ad része).

Távolabb vagy közelebb van a Nap, mint Arisztarkhosz vélte?

Összegzés

A ciklikusan változó csillagászati jelenségek az időbeli tájékozódás alapját jelentették. Napóra segítségével a napszakok és évszakok csillagászati hossza és az égtájak iránya is megállapítható. A Föld-középpontú világkép szerint a Föld tengelye a világ tengelye is. A görög csillagászok az éggömb mintájára készítették el a földgömböt. A Nap járása alapján osztották nevezetes körök mentén a ma is használt részekre, melyek egyúttal az éghajlati övezetek határait is kijelölték.

15. Tájékozódás a térben

A Föld alakjának, méretének, felszínének térképezése az ókortól napjainkig sokat változott, a kor világnézetétől és technikai színvonalától függően. A Földről alkotott képünk határait sokáig a valós földrajzi horizont adta. Az űrkutatás, a műholdfelvételek segítségével a Föld egészét külső szemlélőként tanulmányozhatjuk.



Ptolemaiosz



Kopernikusz

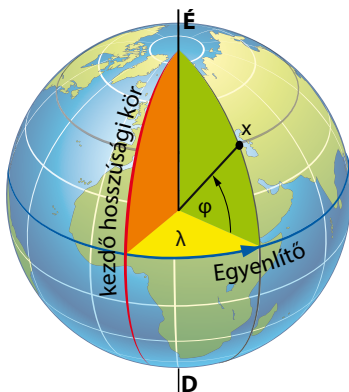
Ptolemaiosz görög csillagász kezében a földgömb, amelynek felületén a fokhálózat körei és a nappálya útja (ekliptika) látható. Mellette Kopernikusz lengyel csillagász mögött a feszület és a Nap-középpontú világnézet makettje.

A Föld-középpontú (geocentrikus) világnézetről a Nap-középpontúra (heliocentrikus) való áttérés nem ment egyik pillanatról a másikra.

1 A két rajz közül melyik ábrázolja a Nap-középpontú, és melyik a Föld-középpontú világleírást?

Miért hihetőbb a Nap-középpontú?

Mi az a valóságos jelenség, amit a rajz magyaráz, és mi az, amit nem?



2 A földrajzi szélesség egy hely távolsága az Egyenlítőtől fokban mérve. (φ)

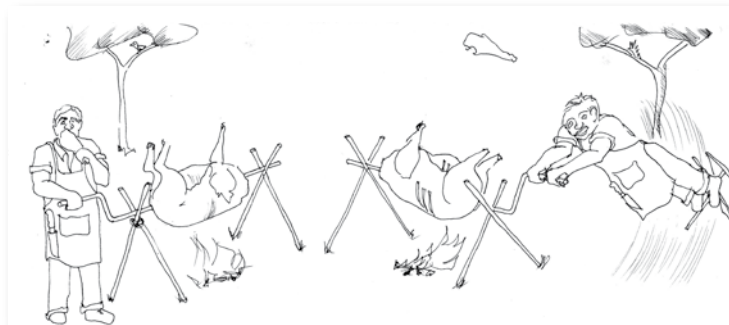
A földrajzi hosszúság a kezdő 0. délkörtől mért távolság fokban mérve. (λ)

Nap-középpontú világnézet

Az ókori világnézet szerint a mozdulatlan Föld a világ középpontja (Ptolemaiosz), és körülötte keringenek az égitestek. A mozdulatlan gömb alakú Föld tengelye egyben a világ tengelye is.

A 16. században a lengyel csillagász, Kopernikusz felismerte, hogy akkor is a tapasztalatokkal egyező eredményt kapunk, ha azt tételezzük fel, hogy a Nap mozdulatlan, és a Föld a többi bolygóval együtt körülötte kering, miközben forog a saját tengelye körül. Ez a **Nap-középpontú modell** (világnézet) lényege. A Nap-középpontú modellben 1 nap alatt fordul meg a Föld a tengelye körül, egy év pedig ahhoz szükséges, hogy a Föld egyszer megkerülje a Napot.

Kopernikusz elméletét igazolták, amikor megmérték, hogy a Nap sok ezerszer nagyobb a Földnél. A modern fizika a Nap-középpontú modell elfogadása után bontakozott ki. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a Nap helyzete különleges volna. Az őt körülvevő bolygókkal – a Naprendszerrel – együtt egy sokkal nagyobb csillagcsoport, a Galaxis része. E sokmillió csillagot láthatunk oldalirányból az éjszakai égbolton a Tejút halvány foltjaként.



A földgömb körei

A görögök készítették az első csillagászati méréseken alapuló **térképet**, mely a földfelszín általuk megismert részét síkban, kicsinyítve és felülnézetben ábrázolta. A térkép alapját a földgömb **fokhálózata** alkotta. Ennek függőleges vonalai a **hosszúsági körök**. A földgömböt képzeletben átszúrták azzal a tengellyel, mely körül az éggömb forog. E tengely dőléspontjai jelölik ki az Északi- és a Déli-sarkpontokat. A hosszúsági körök a földgömb felszínén ezeket kötik össze. E vonalakat délköröknek is hívják, mert a Nap ezek minden pontján egyszerre delel. A hosszúsági körökre merőlegesek a **szélességi körök**, amelyek közül leghosszabb az Egyenlítő. A szélességi körök egymással párhuzamosak, a sarkok felé rövidülnek. A Föld felszínén bármely pont helye egyértelműen meghatározható az Egyenlítőtől, illetve egy kiválasztott hosszúsági körtől (Greenwich) való távolságával. Athén például az északi szélesség 38°-án és a Greenwich-től keletre eső hosszúság 23°-án fekszik.

Időzónák

A földrajzi felfedezések a térbeli (földi léptékű) tájékozódásban, a földrajzi helymeghatározásban fordulatot hoztak. Az ókori ismereteket alkalmazva az északi féltekén a hajók helyének földrajzi szélességét a Sarkcsillag láthatár feletti magassága adta. A földrajzi hosszúság meghatározásához ismerni kellett a hajó kelet–nyugat irányú elmozdulását. Tudták, hogy a Föld egy nap alatt fordul meg tengelye körül, 4 percenként 1° -ot fordul.

A hajósoknak az indulási és aktuális helyük közötti időkülönbséget kellett ismerniük. Egy skót ácsmester (J. Harrison) által tökéletesített rugós óra tette megbízhatóvá a navigációt, és segítette az egyre pontosabb térképek elkészítését. A rugós órák mutatói egyenletesen járnak és egy képzeletbeli, egyenletes sebességgel mozgó Nap mozgásidejét mérik.

A hosszúsági körök közötti közlekedés tette szükségessé, hogy a Földet 24 darab 15° széles időzónára osszák fel. Az egyes időzónák között egy-egy óra az időkülönbség, zónán belül a zóna közepének helyi idejét használják.

A Föld újrafelfedezése a világűrből

Mai világunkban a földrajzi szélesség és hosszúság segítségével történő helymeghatározás lényegesen könnyebb és gyorsabb lett. A mai szakemberek is a görögök háromszögelés geometriai módszerét alkalmazzák, de nem a földfelszínről, hanem a Föld körül keringő műholdak útján. A **Globális Helymeghatározó Rendszer** (GPS) adatait kézi műholdas vevőkészülékkel lehet érzékelni.

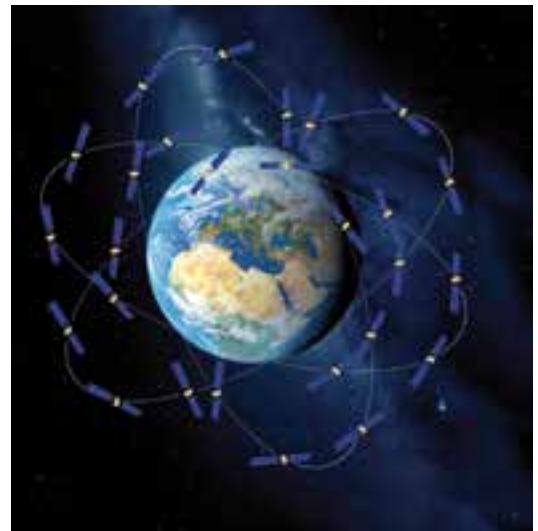
Az útikönyvek, turistatérképek ma már feltüntetik ezeket az adatokat. A hajók, repülők, autók vagy gyalogos turisták két állomás jeleinek összehasonlításával tudják nyomon követni előrehaladásukat egy ismert kiindulóponttól. Ma már 10 méteres pontossággal mérő navigációs műholdakat használnak, a nagy pontosságú távolságméréshez a lézersugaras műszerek terjedtek el. Az űrkutatás, a műholdfelvételek segítségével a Föld egészét külső szemlélőként tanulmányozhatjuk.

A számítógépes adatkezelés tette lehetővé, hogy a térképkészítők a fizikai távolságon kívül mást is ábrázolhassanak. Ekkor a térkép egy számunkra érdekes társadalmi vagy természeti jelenség adatokkal jellemezhető sajátosságát mutatja.

A **szaktérképek** létfontosságú eszközei a geológusnak, meteorológusnak, építésznek, de a történésznek is. Ma már lehetséges olyan adatokból is térképet készíteni, melyek korábban nem tartoztak a természettudományok tárgykörébe.

Az első időzóna középvonalán, az angliai Greenwich-ben (ejtsd: grínics) mért idő a világidő (GMT = Greenwich Main Time). Magyarország az első keleti zónában van, tehát amikor Greenwich-ben dél van, akkor nálunk 13 óra. A 24. időzóna közepén húzták meg a dátumválasztó vonalat, melynek két oldalán 24 óra viszonylagos időkülönbség van.

3 Számold ki! Tokió a +9-es, Debrecen a +1-es időzónában fekszik. Hány órákor kell Debrecenből telefonálni, hogy tokiói barátaink este 8-kor vegyék fel a telefont?



A GPS rendszer működése

4 Minden állomás egy rá jellemző – akár 5 km hullámhosszúságú – rádióhullámot bocsát ki. A GPS rendszer sok műhold távolságadatainak összevetésével adja meg valamely hely földrajzi koordinátáit. Figyeld meg! A rajz alapján hány műhold szolgáltat adatokat?

Összegzés

A Föld- és Nap-középpontú világképek alapján a nappalok és az évszakok váltakozása egyformán jól magyarázható. Kopernikusz azzal, hogy a Földet „kimozdította” központi helyéről, fontos szemléletváltozást hozott. Számos görög csillagászati módszer elvét ma is alkalmazzák a térképkészítésben, helymeghatározásban.

A jól megválasztott (tematikus) szaktérképekkel kapcsolatokat tudunk feltárni a vizsgált társadalmi és természeti jelenségek között.

16. Változások a légkörben

A légkör (atmoszféra) a Földet körülvevő gázburok, alsó rétege (troposzféra) az időjárás színtere. Védi a földi életet: kiszűri például a Nap ultraibolya sugárzásának élőlényekre ártalmas részét, és meleget biztosít az üvegházhatás révén. A Nap elektromágneses sugárzása a Föld légkörében és a felszínén zajló fizikai, kémiai és biológiai folyamatok energiaforrása.



Az őselemek természetes helyei
Arisztotelész szerint (diákrajz)

Meteorológia

A meteorológia az egyik legrégebbi földtudomány. A légkör fizikai változásait kutatja, melyek mindannyiunk hétköznapi életét befolyásolják. Az elnevezés Arisztotelész, ókori bölcsele egyik könyvének címe volt. Szerinte a változások fő oka a Naptól áramló energia. Ez körforgást tart fenn, például elpárologtatja és magasba emeli a vizet, amely lecsapódva folyókat táplál. Ha egyensúlyi helyzet alakulhatna ki, akkor az „őselemek” szabályos rétegekben vennék körbe a Földet, amint ezt a diákrajz mutatja.

- 1 Nézz utána! Melyik négy „őselemről” írt Arisztotelész? Mai foglalkozásunk szerint az anyag mely tulajdonsága alapján rendezte el ezeket?

- 2 Válasszátok ki az alábbi jelenségek közül azokat, melyeket a Nap okoz!

- a) viharfelhők keletkeznek
- b) a növények növekednek
- c) a tengereken dagályhullám vonul végig
- d) a szelek szélkerekeket hajtanak
- e) a benzin égése adja az autók mozgási energiáját
- f) földrengések, vulkánkitörések

Gondold végig!

A harmat és a dér szélcsendes időben válik ki a levegőből. Miért? Milyen hőmérsékleten?

- 3 Számold ki! Ha 100 m^3 30°C -os, vízgőzzel telített levegő fölemelkedik és 0°C -ra hűl le, mennyi csapadék hullhat belőle?

$^\circ\text{C}$	-10	0	5	10	15	20	30
vízgőz ($\frac{\text{g}}{\text{m}^3}$)	2	5	7	9	13	17	30

A telített levegő vízgőztartalma különböző hőmérsékleteken

Az időjárás

Az időjárást a levegő fizikai állapotának változásai alakítják. Az **időjárás elemei**: a napsugárzás, a hőmérséklet, a légnyomás, a szél, a levegő vízgőztartalma és a csapadék. Mérésük a 17. századtól vált lehetővé a **hőmérő**, a **barométer** és a **páratartalom-mérő** segítségével. Rendszeres mérések kezdetben csillagvizsgálókban történt, ma nemzetközi megfigyelőhálózat és műholdak adatai segítik az adatok értelmezését és az előrejelzést.

A Nap melegíti a földfelszínt, az pedig a fölötté levő levegőt. A környezeténél melegebb levegő sűrűsége csökken, ezért felemelkedik. A helyébe tóduló levegőt **szélként** érzékeljük. Helyi szelek alakulhatnak ki a tó, a tenger és a szárazföld eltérő mértékű felmelegedése miatt (parti szél), vagy a városok és környezetük között.

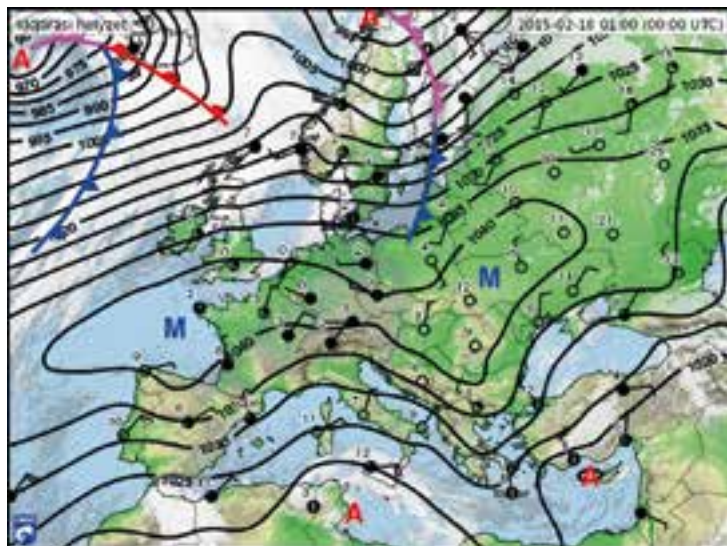
Amikor a felszálló levegő lehűlve eléri harmatpontját, **csapadék** képződhet (eső, hó).

A mérések igazolták, hogy minél melegebb a levegő, annál több vízpárárt képes magába fogadni. Lehűléskor egy bizonyos hőfok alatt a levegő telítetté válik, és a vízgőz egy része kicsapódik. Ez a **harmatpont**. A harmatpont alatt indulhat meg a csapadékképződés.

Az egész Földre kiterjedő meteorológiai hálózat adatait elemezve ismerték fel a légkör nagy szélrendszeit, melyeket a sarki és egyenlítői területek közötti nagy hőmérsékletkülönbség tart mozgásban.

Hazánk időjárása

Magyarország időjárásában a ciklonoknak és az anticiklonoknak minden évszakban meghatározó szerepük van. A **ciklonok** olyan légörvények, melyekben a hideg és a meleg levegő **frontok** mentén, keskeny zónában érintkezik, majd keveredik egymással. Az északi félteke műholdfelvételein arról ismerhetők fel, hogy felhőzetük az óramutató járásával ellentétes irányban, spirálisan mozog.



Európa időjárástérképe 2015. február 18-án
(Forrás: OMSZ, met.hu)

Belsejünkben a levegő feláramlik, ezért ott alacsony légnyomás alakul ki. A meteorológiai térképen a ciklonokban kis háromszögek jelölik a **hidegfrontot**: azt a területet, ahol az örvénylő mozgás hatására a melegebb légtömeg helyére hidegebb érkezik. Kis félkörök jelzik a **melegfront** helyét, itt a meleg levegő hódít teret a hideg rovására. A hidegfront vonulását általában zápor, zivatar követi, a melegfrontot csendes esők kísérik. Mivel a ciklonban a hideg levegő gyorsabban mozog, utoléri a meleg levegőt, először a ciklon belsejében, később attól távolabb is. Ahol a hideg- és a melegfront találkozik (a front záródik), az időjárás igen változékony. Az időjárási frontok hatással vannak közérzetünkre, egészségi állapotunkra, mindezzel az orvosmeteorológia foglalkozik.

Az **anticiklonban** ellentétes irányú a légáramlás, ezért az anticiklonok tartós, száraz időjárást okoznak. Mindkét légköri jelenség nyugatról kelet felé sodródik a mérsékelt övezetben a nyugatias irányú szelek szárnyán.

Összegzés

A levegő fizikai állapotát az időjárásalemelek kölcsönhatása alakítja. Az időjárástérképek egy adott helyen és adott pillanatban fennálló időjárási helyzetet mutatnak be. Az időjárástérképek sorozata kirajzolja a légtömegek mozgásának irányát és a várható meteorológiai helyzetet. A csapadék a földi édesvízkészlet forrása.

- 4 Olvass az időjárástérképről!
Melyek voltak a legmagasabb és a legalacsonyabb légnyomástérkékek?
Hol alakult ki ciklon és anticiklon?
- 5 Nézz utána! Keresd fel az **Országos Meteorológiai Szolgálat** honlapját! Miről tájékoztatnak az orvosmeteorológiai adatok, a városi légszennyezettség adatai, a veszélyjelzések?

-  **Izobárvonal:** az azonos légnyomású területeket összekötő vonal
-  **Szélirány**
- A** **Alacsony légnyomású központ, ciklon:** az izobárértékek a központ felé csökkennek
- M** **Magas légnyomású központ, anticiklon:** az izobárértékek a központ felé növekednek
-  **Hidegfront**
-  **Melegfront**

A fehér szín a felhőzetet mutatja, a számok a lég-hőmérséklet adatai (°C).

- 6 Nézz utána! Lehet-e az időjárást mestersegesen megváltoztatni, például felhőt létrehozni?



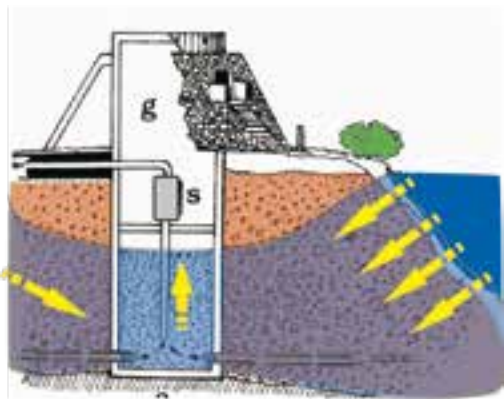
Kompakt automata meteorológiai állomás.
Milyen műszereket ismersz fel rajta?

17. Táj és ember

A víz bolygónkon folyamatos átalakulásban, mozgásban van. A Föld felszínének több mint hetven százalékát borítja, de ebből az ember számára fogyasztható édesvíz alig három százalékot tesz ki. Az édesvíz jelentős része a sarkvidékek jégtakarójában és a magashegységek gleccsereiben található, ezért nem érhető el számunkra. A hozzáférhető édesvízkészlet 98%-a a felszín alatt rejtőzik.



Parti füzes és csápos kutak a Duna partján
Ivóvizet régen ásott kutakból nyertek, vizük szennyezett volt, aszályos években ki is száradhattak. Ma hazánkban 4 millió ember ivóvizét adják a parti szűrős kutak.



Parti szűrős csápos kút felépítése:

g = gépház, s = szivattyú

A kutak folyamatos vízutánpótlását a folyómederben áramló víz biztosítja. A víz a folyó által lerakott hordalék rétegeken (agyag, homok, kavics) átszűrődve (fizikai, kémiai és mikroorganizmusok révén biológiai úton) szennyeződéseitől megtisztul. A kutakat a vízmű védőterületén hozzák létre.



A Hévízi-tó

Vízforrásaink

A Kárpát-medence felszín alatti vizeiből nyerjük az **ivóvizet**, az öntözővizet, az oly népszerű palackozott ásványvizeket és a gyógyhatású termálvizeket is. Magyarországon az első artézi kút Zsigmondy Vilmos bányamérnök fúratta 1878-ban. A 970 méter mély kút ma is üzemel Budapesten a Városligetben.

A lehulló csapadék egy részét a növénytakaró (lombsátor, moharéteg, avar) felveszi, másik része közvetlenül a felszíni vizek útján lefolyik. Mi történik azzal a vízzel, mely beszívárog a talajon keresztül a kőzetek repedéseibe, pórusaiba?

A **felszín alatti vizeket** – a felszíniekhez hasonlóan – a gravitáció tartja mozgásban, a víz a magasabb területek felől az alacsonyabb helyek felé igyekszik. Azonban a víz mozgását a felszín alatt nemcsak a táj domborzata (völgyek, medencék, vízválasztó gerincek), hanem a mélyben fekvő **kőzetek vízáteresztő-képessége** is befolyásolja. A homok, kavics igen jó, az agyag rossz vízáteresztő-képességű kőzet.

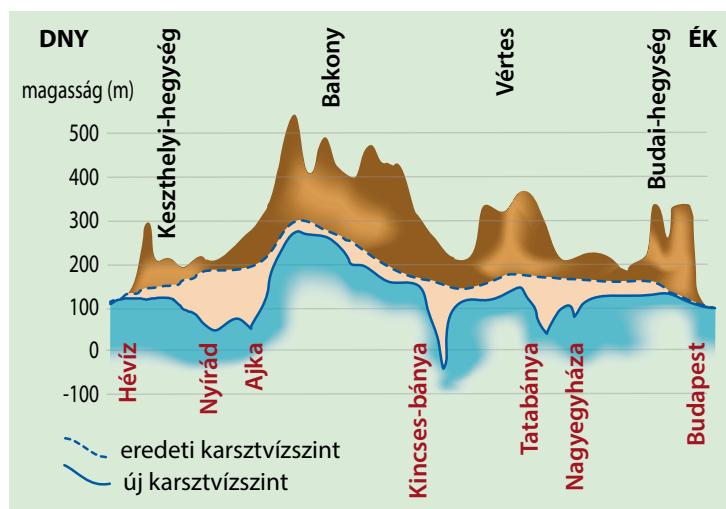
Földtörténeti léptékben a felszín alatt áramló vizek a kőzetekkel kölcsönhatásba lépve azokból anyagokat oldhatnak ki. Így alakul ki a **gyógyvizek** oldott sótartalma. A felszín alatti vizek a földhő szállításában is részt vehetnek. A leszivárgott vízrészecskék pár napot vagy akár több millió évet is eltölthetnek a mélyben, míg újra a felszínre kerülnek.

A felszín alatti és feletti vizek kapcsolatban, kölcsönhatásban vannak egymással. Száraz éghajlatú területeken, ahol a **talajvíz** szintje mélyen a felszín alatt húzódik, általában a felszíni vizek táplálják a felszín alattiakat. Nagy esőzés vagy hirtelen hóolvadás után fellépő árhullám idején a vízáramlás iránya megfordulhat.

A felszín alatti vizek táplálhatnak forrásokat, tavakat (pl. hőforrások, Hévízi-tó), folyóvizeket. A Duna Budapesten a Budai-hegység karsztvizeinek is befogadója. A mészkőhegységek repedéshálózatába bekerült csapadékvíz szén-dioxiddal dúsított, oldó hatásáról a **karsztjelenségek** tanúskodnak. A lehulló vagy olvadó csapadékvizekből származó **karsztvíz** hideg forrásokat táplál a Bükk-hegységben. Régen a budai Rózsadomb lábánál, a nagy mélységből fakadó források vizével a leghidegebb teleken is malmok kerekét tudták hajtani.

A Hévízi-tó a Föld legnagyobb, természetes eredetű, gyógyhatású melegvízű tava. 38 méter mélységből feltörő hőforrás táplálja, melynek vízhozama olyan nagy, hogy a tó vize háromnaponként kicserélődik. Vizének hőmérséklete télen is 23-25 °C. Vize radont, kationokat, kálium-, nátrium-, ammóniumion, anionokat klorid-, bromid-, szulfát-, szulfid-, hidrogénkarbonát-ion, oldott oxigént, szabad szén-savat tartalmaz.

A ma is virágzó fürdőkultúráját, a gyógyterápiák kialakítását Festetics György szorgalmazta a 18. század végén.



Folyóink múltja és jelene

Régészeti és néprajzi kutatások tárták fel, hogy az Árpád-kor óta az alföldi folyók mentén a természet és a gazdálkodó ember között – a maitól nagyon különböző – együttműködés volt. A folyókat nem kényszerítették gátak közé, az **árhullám** levonulásának elébe mentek. Természetes körülmények között a folyó hordalékával elsáncolja magát, partjain töltésszerű dombot épít (övezet). Az előrelátó ember nem hagyta a folyóra, hogy árvíz idején hol és mikor szakítja át a maga építette gátat. Az **ártéri gazdálkodás** részeként az övezeteket átvágták (fokok), elvezető árkokat, csatornákat ástak. Az árhullám közeledtekor, ahogy a vízszint emelkedett, a fokokat kinyitották és az ártérre kiveztették az árvizet. Az árhullámok levonulása után a vizet csak lassan engedték vissza, az ártereken nyüzsögtek a halak. Az iszappal feltöltődő területeken gyümölcsösöket telepítettek, a nyáron is üde réteken állatokat legeltettek. A települések az **árvízmentes magaslatokon** épültek. A folyó mozgási energiáját hajómalmokkal hasznosították.

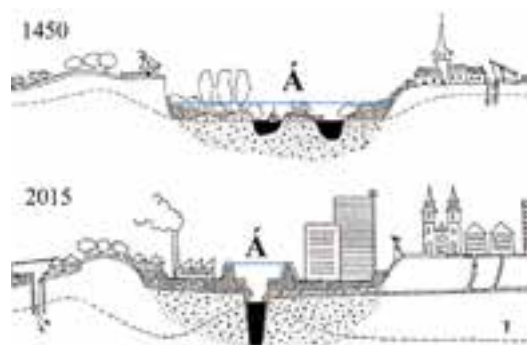
A 18–19. század vízrendezési munkálatai fölszámolták az ártéri gazdálkodást.

- 2 Nézz utána! Ki volt Vásárhelyi Pál? Mikor élt? Miben emlékeztet a most megvalósuló Vásárhelyi-terv a fokos gazdálkodásra? Miben tér el attól? Miért nem egyszerű feladat ma egy szükségtározó létesítése? Miért nem elegendő az árvízvédelemhez a gátak állandó magasítása? (Segít az ábra. A szaggatott vonalak az árvizek szintjét jelölik.)

Összegzés

Magyarország ivóvízszükségletét nagyrészt a felszín alatti vizek biztosítják. Ezek szennyezése és túlzott kitermelése súlyos környezeti és egészségügyi kockázatokkal jár. Feladatunk a szennyezőforrások felszámolása (csatornázás) mellett a vízkivétel és -utánpótlás egyensúlyának fenntartása. Az árvízvédelemben a Kárpátok erdőszélességének megőrzése és az árhullámok vízének a hagyományos gazdálkodás tapasztalataira épülő felhasználása egyaránt fontos.

A Dunántúli-középhegységben a szén- és bauxitbányászat miatt évtizedeken át víztermeléssel csökkentették a karsztvízszintet. Számos forrás kiapadt. A karsztvízszint csökkenése a budai termálforrásokat és a Hévízi-tavat is veszélyeztette, a Tapolcai-tavasbarlang kiszáradt. 1990-ben hagytak fel a bányászattal. Így a barlang ma már ismét látogatható csónakkal.

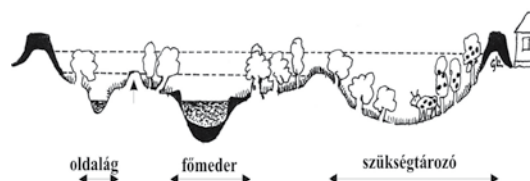


Egy folyó környezetének változása középkortól napjainkig

- 1 Miért mélyült a folyómeder? Milyen problémákat vet föl a városok csatornázottsága? Mit jelent az ábrán az Á és a T betű?

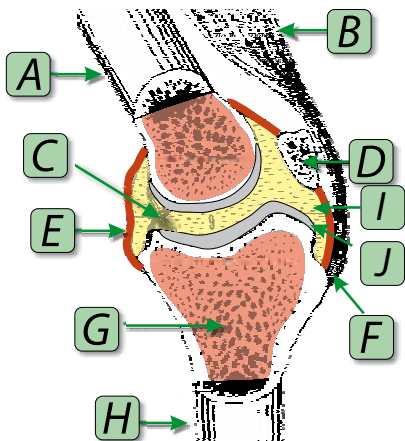


Vásárhelyi Pál szobra Szarvason



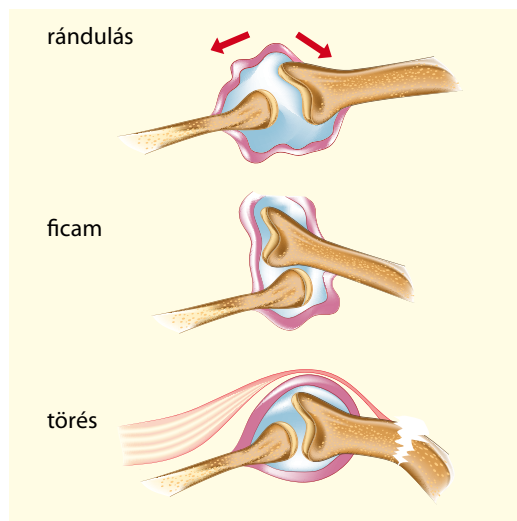
18. Testünk mozgása

Talán **Leonardo da Vinci** itáliai művész és tudós ábrázolta először az emberi szervezetet úgy, mint egy bonyolult gépezetet. Minden gépre jellemző részeinek összehangolt rendje. Így van ez az emberi szervezet esetében is. Az élőlények szilárd vázában azonban a tengelyek körül csak meghatározott mértékű és irányú elmozdulások történhetnek. A vázrendszer mozgékony kapcsolatai az ízületek, melyek az emelő elvén működnek.



A térdízület felépítése

combsont: A, sípcsont: H, térdkalács: D, feszítőizom: B, ízületi nedv: I, ízületi tok: E, ín: F, ízületi szalag: C, vörös csontvelő: G, üvegporc: J



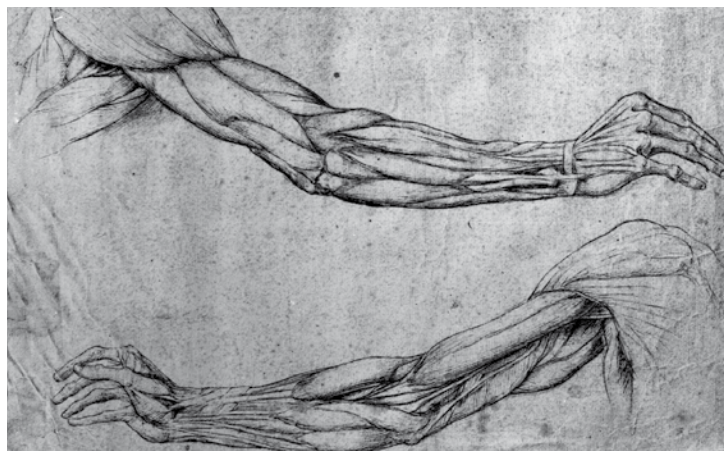
Sérülések

Csontok és izmok

A **vázizmok** nagy része **inak** segítségével ered az egyik csonton és tapad egy másikon. Az eredés és a tapadás helye a csonton is látszik: minél nagyobb az izom, annál nagyobb tapadási felületre van szüksége. Ezért a csontok arányai és felszíni nyúlványai elárulják a szervezetben betöltött szerepüket is.

Egyetlen csonthoz többnyire sok izom kapcsolódik, melyek egymáshoz hasonló vagy ellentétes hatásúak. Jellemzően ellentétes hatásúak a végtagok **hajlító-** és **feszítőizmai**. Finom és gyors mozgás az összes izom összejátékából jön létre.

Az ízületek hirtelen terhelésekor fellépő rándulás pihentetéssel, borogatással gyógyítható. A súlyosabb ficam vagy a törés viszont feltétlenül orvosi kezelést igényel.



Részlet Leonardo da Vinci naplójából. Da Vinci a kor legkiválóbb művésze volt. Miért segítette elő biológiai tudása rajzai tökéletességét?

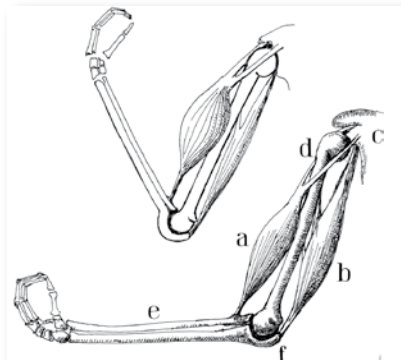
- 1 Figyeljétek meg az ábrán a rándulás és a ficam különbségét! Mi történik az ízületi tokkal és ízesülési felszínekkel a két esetben? Melyik esetben szükséges az orvosi segítség?

- 2 Figyeld meg az emberi kar működését mutató rajzot!

Melyik betű jelöli a forgástengelyt?

Egykarú vagy kétkarú emelőként működik a karunk?

A kar mozgztatásában egymással ellentétes hatású hajlító- és feszítőizmok vesznek részt. Melyik betű a hajlító-, melyik a feszítőizom jele?



A légzés modellje (Donders-modell)

Sejtjeinkben oxidáció zajlik, a szükséges oxigént a légzés **jutatja a tüdőből a vérbe, majd a vérből a sejtekbe**. A hatékony légzés előfeltétele a **légcsere**: az oxigéndús levegő beszívása a tüdőbe és az elhasznált levegő eltávolítása onnét.

A levegő áramlását az élő szervezetben a **légnyomáskülönbség** okozza. Levegő akkor áramlik ki a tüdőből, ha az ott uralkodó nyomás nagyobb a légköri nyomásnál. **Belégzés** pedig akkor indulhat meg, ha a tüdőben uralkodó nyomás a légköri alá csökken. A nyomásváltozások oka a tüdő térfogatváltozása.

A tüdőnek nincs saját izomzata. A mellhártya segítségével a mellkashoz tapad, annak mozgásait követi. Légzőizom ezért minden olyan izom, mely a mellkas térfogatát megváltoztatja. Legfontosabb a mellkast és a hasüreget elválasztó rekeszizom. A légcsere módját a „lufi-moddellel” szemléltethetjük (hivatalos neve készítője nyomán: Donders-modell).

A levegő útja

Belégzéskor a levegő az **orrnyláson, orrüregben, garaton** át jut be a szervezetünkbe. Itt páradús lesz és fölmelegszik. Az orrüreg és a légcsövet borító hámréteg csillói pedig kisodorják a baktériumok és porszemek jó részét. Ha valami szennyező anyag mégis bekerül a tüdőbe, védekező reflexet: **köhögést** vált ki. Ekkor zárt gégefedő mellett a hasizmok erőteljes összehúzódása miatt a tüdőben nagy légnyomás alakul ki. Mikor a gégefedő nyílik, az összepréselt levegő hirtelen kitódul a nyíláson, és kisodorja a szennyeződést.

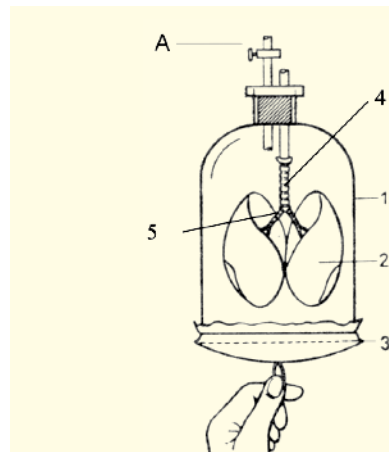
Az alsó légutak kezdete a **gége**. Ez a szerv a táplálék és a levegő keveredését akadályozza meg, és a zöngés hangok képzését teszi lehetővé.

A légutak a **légőhólyagocskákban** végződnek. Ezek felülete a legérzékenyebb a károsító hatásokra, például a fertőzésekre és a dohányfüstre.



Kempelen Farkas magyar feltaláló volt az első, aki a gége felépítését tanulmányozva az emberi beszéd utánzására képes gépezetet szerkesztett. Tökéletesítette a gőzgépet, vízemelő gépet tervezett a pozsonyi és a budai várba. Írt verseket, drámákat és zeneműveket is.

3 Gondold végig! Melyik szám jelöli a lufi-modellben a légcsövet, a tüdőt, a rekeszizmot és a mellhártya két lemeze közötti teret? Miért kell zárni az „A” jelű csapot?



4 Vizsgáld meg!

Mérjétek meg saját percnkénti légzésszámotokat! Mérjétek meg könnyű terhelés (10 guggolás) és erősebb fizikai terhelés (futás) után is! Ábrázoljátok az adatokat! Függ-e a változás mértéke attól, hogy valaki sportol-e rendszeresen vagy nem? Miért?



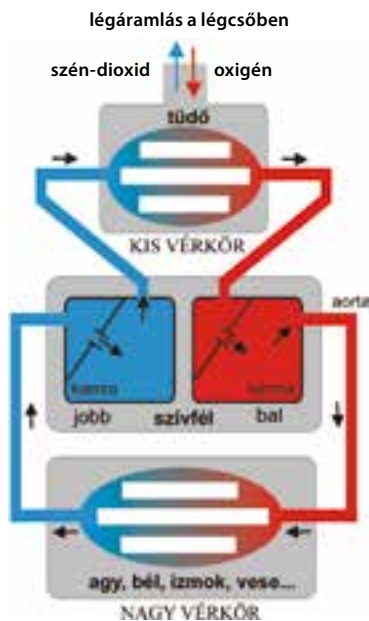
Kempelen beszélőgépének rekonstrukciója a „Világraszóló magyarok” kiállításon

Összegzés

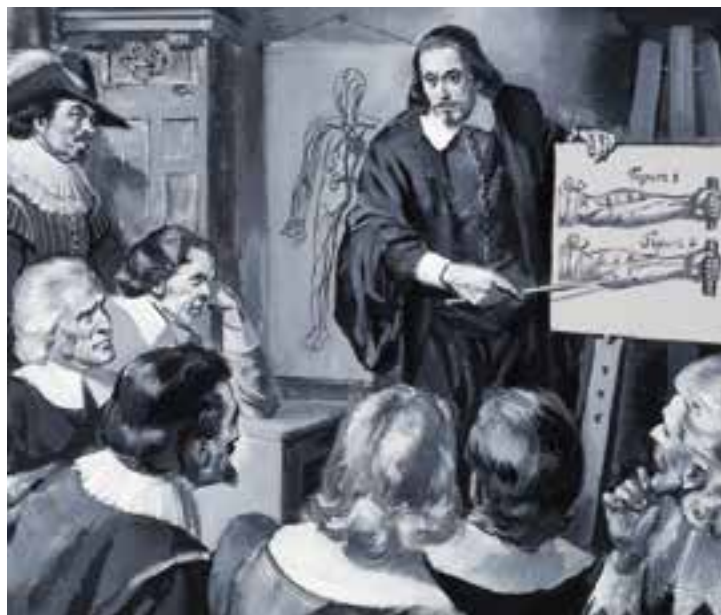
Csontjaink és izmaink mozgása az emelők elvén alapul. Belégzés során a légzőmozgások következtében a mellkas térfogata nő, ezért benne a nyomás csökken. A kilégzést a mellkas térfogatcsökkenése okozza. A légáramlás által keltett rezgések magyarázzák a hangképzést.

19. Vérkeringés

Az ókorban úgy vélték, hogy az erekben oda-vissza áramlik a vér. A 17. században egy angol orvos, **W. Harvey** ismerte föl, hogy a vénákban lévő **billentyűk** csak egyirányú (a szívbe vezető) áramlást tesznek lehetővé, ezért a vér áramlása **körkörös**.



Az emberi szervezet vérkörei: piros színnel az oxigén-gazdag (artériás), kék színnel a szén-dioxidban gazdag (vénás) vért jelöltük. Az ellipszisek a szervekben szerteágazó hajszálérhálózat jelei.



William Harvey bemutatja felfedezését

Az elszorított vérkeringésű karon a vér a billentyűknél feltorlódott, bizonyítva, hogy a billentyűk csak egy irányba: a szív felé engedik át a vért.

A vérkörök

A keringés központja a szív. **A vér a vérerekben, a nyirokfolyadék a szövetekben és a nyirokereken kering.** A szívből kivezető vérerek a **verőerek (artériák)**, a szívbe vezetőek a **gyűjtőerek vagy visszerek (vénák)**. Szervezetünkben két vérkör működik: a test egészét ellátó **nagy vérkör**, és a szívet a tüdővel összekötő **kis vérkör**.

A nagy vérkör artériáiban oxigéndús (artériás), vénáiban pedig oxigénszegény (vénás) vér áramlik.

Az artériákat és a vénákat összekötő **hajszálereket** Harvey sejtése alapján az olasz **Malpighi** pillantotta meg mikroszkópjában. Faluk igen vékony, a rajtuk levő parányi nyílásokon át akadálytalanul jut a vérből a sejtekbe az oxigén és a tápanyagok, befelé pedig a szén-dioxid és a salakanyagok. Fontos szerepük van a hőszabályozásban is: melegben bőrünk kipirul, hajszálerei vérrel telítődnek, ami segíti a fölösleges hő leadását.

Szívverés, pulzus és vérnyomás

A szívet egy válaszfal, a szívövény jobb és bal szívfélre osztja. Erre merőlegesen a vitorlás billentyűk választják el a pitvarokat és kamrákat. A kamrákból kiinduló artériák falában vannak a félhold alakú (más néven zsebes) billentyűk. **A billentyűk a szívben is egyirányúvá teszik az áramlást.** Becsapódásuk okozza a szívhangokat. A szív működését önmaga vezérli egy ritmusadó

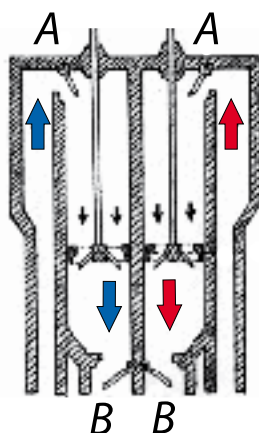


A vizsgált személy karját a gépben levő csőbe helyezte. A cső belsejében a gép növelte a nyomást, ezért rövid időre leállt a véráramlás a kar artériáiban. Az erekben az áramlás akkor állt helyre, amikor a csőben a nyomás egy bizonyos érték alá csökkent.

- 1 Ez a berendezés a keringési rendszer három fontos jellemzőjét mérte meg. Melyeket? Milyen mértékegységben? Egészséges (normál) értékek ezek?

központ (a szinuszcsozó) segítségével, de az igényeknek megfelelően a szívverések szaporasága gyorsulhat. A tartós stressz hatására kialakuló **szívritmuszavart** súlyos esetben beépített mesterséges ritmusadóval (pacemaker) orvosolják.

A rugalmas falú artériák falán tapintható a **pulzus**, a kamrák összehúzódásának nyomáshulláma. Ugyanitt mérhető a **vérnyomás** is. Két értéke a kamra összehúzódásakor mérhető magasabb (szisztolés) nyomás, és a kamra ernyedő állapotakor mérhető (diasztolés) nyomás. Átlagos értéke: 120/80 Hgmm (higanymilliméter).



Veszélyes következmények

Az érfalak rugalmassága segíti a szív megfelelő munkáját. Ha az érfal rugalmatlanná válik, a szívnek több munkát kell végeznie és nagyobb nyomást biztosítania. A kialakuló magas vérnyomás nemcsak a szívnek megterhelő, hanem a beszűkült ereknek is. Ez az állapot gyakran bekövetkezik a kevés mozgás, a zsíros ételek és a dohányzás hatására: ezek a betegség **kockázati tényezői** (rizikófaktorai).

A szívizomzat vérellátását a **koszorúerek** (koronáriák) biztosítják. Ezek szűkülete oxigénhiányt, ismétlődő, múló szív táji fájdalmat okoz. Az érszűkület fokozza annak a veszélyét, hogy rög keletkezzék – **trombózis** –, vagy egy máshol keletkezett rög a szűkült szakaszon megakadjon (**embólia**).

Ha az így kieső szívizomterület elhal, **szívinfarktus** keletkezik. Az infarktus hosszan tartó, erős fájdalommal jár(hat), verejtékezés, vérnyomásesés kíséri, értágítók nem hatnak rá. Mivel hazánkban vezető halál, fontos az azonnali felismerése és kórházi kezelése.

Összegzés

Ereinkben két vérkörben, körkörösén áramlik a vér. Egyirányúságát a szív és a vénák billentyűi biztosítják. Az áramlás energiáját a szívizom munkája mellett az artériák falának rugalmassága adja. A vér és a szövetek közti anyagcsere a hajszálerek vékony falán át zajlik. Az erek falának rugalmasságát és épségét fenntartó életmód segít az egészség megőrzésében.

2 Gondoljátok végig!

Mire alkalmas a szív makettje és mire a szív dugattyús modellje? Van-e az alábbi állítások közül olyan, amelyik mindkettőre igaz, vagy egyikre sem érvényes?

- Segítségével be lehet mutatni a szív működésének szakaszait.
- Színei megegyeznek a valódi szív színeivel.
- Arányaiban megfelel a valódi szív arányainak.
- Mutatja a szívbillentyűket.

Balra: A maketten bepillantunk az egyik szívfél belsőjébe. A fehér nyilak a vér áramlási irányát mutatják. Hasonlítsd össze a makettet a vérkört ábrázoló sematikus rajzzal! Melyik szívfelet mutatja a makett? Mi az, amit nem ábrázol a vérkört mutatató rajz?

Jobbra: A szív működés dugattyús modellje.

Ezt a modellt egy diák rajzolta. A szív izmainak és billentyűinek működését szemlélteti.

Az A jel a vitorlás, a B jel a zsebes billentyűt jelöli.

3 Mérd meg!

Jobb kezed középső ujjait helyezd bal csuklódon a hüvelykujj folytatásában a csontos alapon húzódó verőérre! Enyhe nyomással tapintsd ki az ér lüktetését, majd számold meg, hány lüktetést tapasztalsz 1 perc alatt! Minek az értékét mérted ezzel? Mérésedet legalább háromszor ismételd meg, és jegyezd fel a mérési eredményeidet! Ezután átlagold! Miért lehetnek különbözők az értékek?

4 Gondold végig!

A trombózis veszélyét vérrögoldó szerekkel lehet csökkenteni. Ilyen anyagot kapnak a műtéten átesettek is. Mit gondolsz, miért? A vérrögoldónak azonban kockázata is van. Mi lehet ez?

20. Arányok és vegyületek

Az ókori görög filozófus és matematikus, **Püthagorasz**, a zenei hangzást tanulmányozva ismerte fel, hogy a természetben **törvények** uralkodnak, melyek a **számok arányaival** kifejezhetők. Így például egy oktávval magasabb hangot akkor hallunk, ha a megpendített húr hosszát megfelezzük. A megfelelő arányú hangokat össze-csengőnek, **harmonikusnak** találjuk, a „jó” arányok megváltoztatása feszültséget kelt. Püthagorasz tanítványai közt szobrászok, építészek és orvosok is voltak. A művészek a testek arányaiban keresték a szépséget, az orvosok pedig úgy gondolták, hogy a testnedvek megfelelő aránya okozza az egészséget, az arányok megbomlása pedig a betegség jele (például kiszáradás vagy az epe túlermelődése).



Püthagorasz felismerése: a megpendített húr hossza és a keletkező hang magassága összefügg



Részlet az athéni Akropoliszból
Az emberi test arányai adtak példát az ókori görög építészeknek és szobrászoknak is

Mintapélda:

200 g 20 m/m%-os ecetsav-oldathoz 200 g vizet öntünk. Hány m/m%-os lesz az oldat?

Megoldás:

Az ecetsav-oldatban 40 g ecetsav volt. A hígítás után 400 g oldatban lesz ugyanennyi. 400 g oldatban 40 g ecetsav, 100 g oldatban 10 g ecetsav. Az oldat 10 m/m%-os lett.

- 1 Leonardo „mikrokozmosznak”, azaz „kicsi kozmosznak” nevezte az emberi testet. Vajon miért?

Egy római mondás így szól: „Ép testben ép lélek.”
Egyetértetek-e a tartalmával?

Keress képet olyan személyről, akit kedvesnek, vonzónak találasz! Meg tudod fogalmazni, hogy miért?

Változó arányok

A leves sózható, az alkohol hígítható. Ősi tapasztalat, hogy bizonyos anyagok tág határok között sokféle arányban keverhetők. Ezek a keverékek, amire példák az oldatok vagy ötvözetek. Az oldat (pl. sós víz) és a benne oldott anyag (a só) arányát, kifejezhetjük például a **tömegszázalékkal** [(m/m%): hány gramm oldott anyag van 100 g oldatban], vagy **anyagmennyiség-koncentrációként** (hány mol oldott anyag van 1 dm³ oldatban).

A mindennapi életben is gyakori feladat valamely oldat hígítása a szükséges mértékig.

Az anyagok arányának pontos megadása jelentős például az építőiparban (kötőanyagok, ötvözetek), az orvostudományban (gyógyszerek) vagy a konyhaművészetben (receptek).

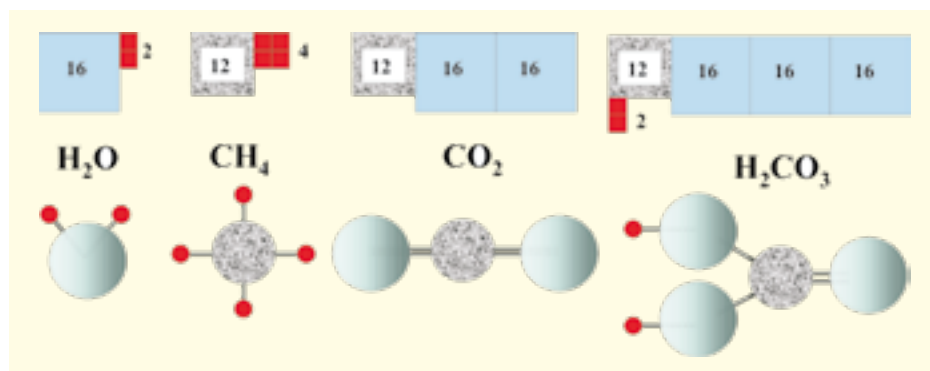
Állandó arányok: a kémia „lelke” és az atomok

A keverékekből megfelelő fizikai módszerrel (például lepárlással) elkülöníthetők összetevőik, az elemek vagy vegyületek.

A vegyületek különböző kémiai elemekből állnak. A vegyületek összetételének mind pontosabb elemzése azt mutatta, hogy ezekben az alkotóelemek **tömegeinek aránya rögzített**, nem változtatható tetszés szerint. A vegyületet alkotó atomok **számarányát az összegképlet** fejezi ki.

Az összegképletben a jobb alsó sarokba írt kis egész számok mutatják az arányokat (az 1-est nem szokták kiírni), pl. H₂O, egyszerűbben: H₂O. Ugyanazok az elemek többféle vegyületet is alkothatnak, pl. CH₄ (metán), C₂H₆ (etán), ezekre külön-külön érvényes az állandó tömegarány.

Ezt a törvényt John Dalton angol kémikus úgy magyarázta, hogy a vegyületeket adott számú és jellemző tömegű részecske tartós kapcsolata, kötése hozza létre.



John Dalton angol kémikus

Dalton, tömegarányok, összegképlet

Ugyanazon vegyületek tömegarányai (fent), összegképletei (középen) és gömbös szemléltető modellje (lent). A kék gömbök az oxigén, a pirosak a hidrogén, a szürkék a szénatomok jelei.

- 2 A táblázat hét vegyület nevét, összegképletét és alkotóelemeinek relatív atomtömegeit mutatja. Töltsd ki a hiányzó cellákat az első két sor megadott értékeinek mintájára!

Név	Molekulatömeg	Oxigén tömege	Szén tömege	Hidrogén tömege	Összegképlet
víz	18	16	–	2	H ₂ O
metán	16	–	12	4	CH ₄
szén-dioxid		2 · 16	12	–	CO ₂
szénsav		3 · 16	12	2	H ₂ CO ₃
etán	30			6	C ₂ H ₆
propán	44			8	C ₃ H ₈
aceton		16	3 · 12	6	

Molekulák: arány és szerkezet

A vegyületeknek két típusa van. Az egyikben az alkotóelemek elektromosan töltött részecskék: ionok. A másikban erős kémiai kötésekkel kapcsolódó, különálló részecskéket: molekulákat találunk. A molekulák tulajdonságait nemcsak összetételük, hanem szerkezetük, alakjuk is meghatározza. A molekulák **összegképlete** megmutatja annak összetételét: a kapcsolódó atomok fajtáját és számát. Az atomok molekulán belüli kapcsolódási rendjét a **szerkezeti képlet** mutatja meg. A szerkezeti képletben a molekulán belüli kapcsolatokat (kovalens kötés) a vegyjeleket összekötő kis vonalakkal jelölik.



Két azonos összegképletű (C₃H₈O), de különböző szerkezetű molekula. Sötét gömb jelzi a szén-, piros az oxigén-, sárga a hidrogénatomokat. A bal oldali egy vízzel elegyedő alkohol, a jobb oldali egy vízzel nem elegyedő, illékony éter.

Összegzés

Ez a fejezet az arányokról, az anyag szerkezetéről szólt. A keverékekben az alkotók aránya sokféle lehet, ezt számszerűen a tömeg%-kal vagy anyagmennyiség-koncentrációval jellemezhetjük. Egy adott vegyületben az alkotóelemek aránya nem változhat, ezt az arányt tömören az összegképlet fejezi ki. A vegyületek egyik fajtájában, a molekulákban a tulajdonság az atomok kapcsolódási rendjétől is függ. Ezt a szerkezeti képlet szemlélteti.

21. Atomcsoportok

A szerves vegyületek gyakran nagyszámú atomból állnak. Ezek pusztán felsorolása éppoly keveset árul el a molekula tulajdonságairól, mint ha egy mozaikképről csak annyit tudnánk, hogy milyen színű mozaikkockákból hány darab alkotja. A legfontosabb a szerkezet: az alkotórészek egymáshoz viszonyított helyzete.



Vízlepergető esőkabát

A víztaszító anyagok, például a viaszok nem poláris molekulákból állnak.

– Mely élőlények hogyan használják fel ezen tulajdonságukat?

– Milyen ipari folyamatban hasznosítja a víztaszító anyagokat az ember?



Törölközés

A törölköző anyagát adó pamut rengeteg poláris atomcsoportot tartalmaz, melyekhez jól kötődik a víz.

– Milyen más, vizet jól kötő, nedvszívó anyagot ismersz? Hasznosítjuk ezt a tulajdonságát, vagy igyekszünk megakadályozni a vízfelvételt?



Jean Dumas 19. századi francia vegyész javasolta, hogy a bonyolult molekulát bontsuk képzeletben atomcsoportokra. Ezek közt vannak olyan molekularészek (funkciós csoportok), melyek jellegzetes fizikai és kémiai tulajdonságokat okoznak, bármely molekulában jelenjenek is meg. Éppen ennek alapján lehet felismerni őket, majd összerakni belőlük a molekulát.

„Szeretet és gyűlölet”

Az anyagok tulajdonságai közül sok a molekulák között ható **vonzóerő** nagyságától is függ. Ha ez jelentős, nehéz elválasztani egymástól a molekulákat. Ezért az ilyen anyagoknak **magas a forráspontjuk, megolvasztásuk és párologtatásuk sok energiát igényel, lehetnek viszkózusak (sűrűn folyók).**

A vonzóerő a semleges, töltés nélküli molekulák közt kicsi. Az ilyen molekulákat pólus nélküli, más szóval **nem poláris (apoláris)** molekuláknak nevezik. Ilyenek például az azonos atomokból álló molekulák (pl. N_2 , O_2). A bonyolultabb molekulákat nem polárisra teszik azok az atomcsoportok, melyek csak szénből és hidrogénből állnak. Ilyeneket tartalmaznak a szénhidrogének (pl. a benzin), a festékek, lakkok, gyanták, viaszok és zsírok alkotórészei.

Ha a molekulában más elemekkel például oxigénatom kapcsolódik, ez kissé maga felé húzza a másik elem elektronjait, így az oxigén körül negatív, a molekula másik részén pedig pozitív töltéstöbblet alakul ki. A molekula kétpólusúvá, **poláris** válik. A poláris molekulák ellentétes töltései vonzzák egymást, ezért köztük a vonzóerő jóval nagyobb, mint a nem poláris molekulák között. Poláris molekula például a víz (H_2O) és az ecetsav (CH_3COOH). A poláris molekulákból álló anyagok polárisokban, a nem polárisok pedig nem polárisokban oldódnak jól: **„hasonlót szereti”** (a tőle különbözőt pedig nem). Hasonlóan polárisra tehet egy molekulát a nitrogén, fluor, klór, bróm vagy jódnak jelenléte is.

	víz	benzin	olaj	ecet
víz	+	–	–	+
benzin	–	+	+	–
olaj	–	+	+	–
ecet	+	–	–	+

Anyagok oldhatósági táblázata. Zölddel jelöltük a poláris, sárgával a nem poláris anyagokat. + jel az oldódást, – jel pedig az elkülönülést mutatja.

1 Mitől függ, hogy mit mivel tudunk tartósan elegyíteni?

2 Tervezzétek meg a kísérlet sorozatot, mellyel a sejtéseket igazolhatjuk! (Valamely anyag önmagával mindig elegyedik, azt tehát nem kell ellenőriznünk.)

Hányféle folyadékot kell előkészítenünk?

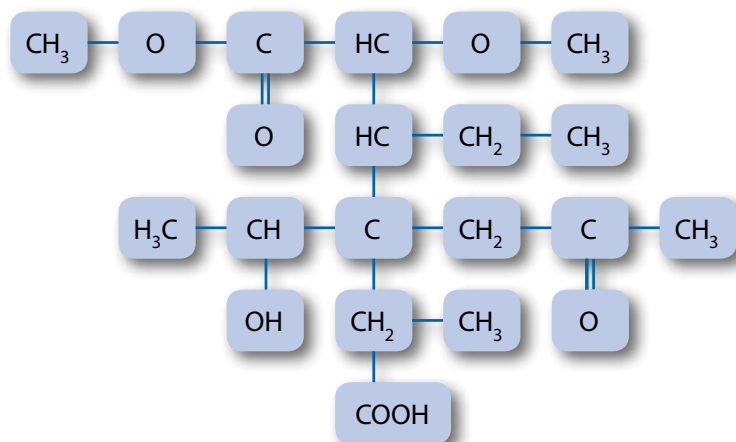
Hány kémcsőre van szükség, ha minden anyag elegyedését szeretnénk minden másikkal (de csak egyszer) kipróbálni?

Ha két folyadék nem elegyedik egymással, mitől függ az, hogy melyik lesz a kémcső alján, melyik a tetején? Hogyan tudnánk erről meggyőződni?

Segítség: a poláris anyagokat például kálium-permanganáttal vagy réz-szulfáttal megszínezhethetjük.

Néhány jellemző atomcsoport

A jobb oldali ábra néhány jellemző atomcsoport szerkezetét, nevét és tulajdonságait mutatja. Egyetlen molekulán belül lehetnek ellentétes tulajdonságú atomcsoportok is. Ekkor a két csoport aránya és helyzete is fontos. Az etanolmolekulában például a nem poláris csoport rövid, ezért az etanol jól oldódik vízben, sőt a poláris és az apoláris csoport együttes jelenléte és összemérhető mérete miatt kettős oldékonyságú, azaz apoláris anyagokat, például gyantát, festéket is jól old. A butanolban a nem poláris csoport hosszabb, ez a vegyület alig oldódik vízben.



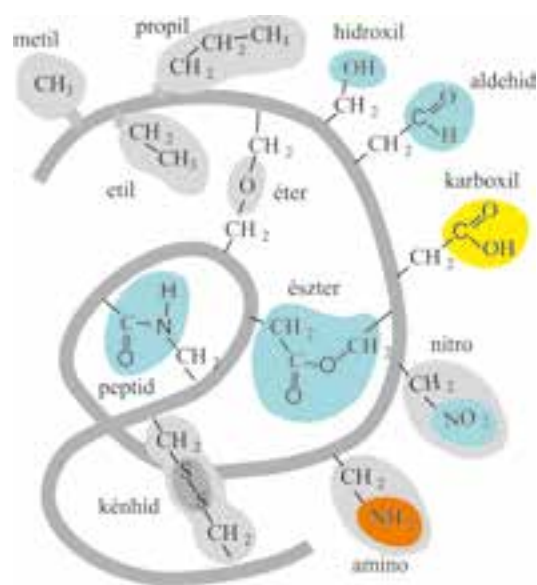
3 Keressetek ebben a molekulában minél több atomcsoportot a mellette lévő ábra segítségével! Írjátok le a füzetetekbe a neveket! Egy-egy csoport – pl. a metil – többször is szerepelhet.

Milyen atomokból áll? (Összetétel)

Mely atomokból mennyi kapcsolódik össze molekulává? (Összegképlet)

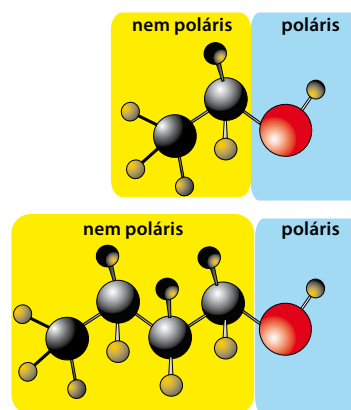
Milyen rend szerint kapcsolódnak ezek az atomok? (Szerkezeti képlet)

Milyen a molekula térbeli formája? (Térszerkezet)



Egy képzeletbeli molekula rajza

A szürkével jelölt részeket nem polárisak, a színesek polárisak. A polárisak közt a kék színűek semlegesek, a sárga savassá, a barna lúgos kémhatásúvá teszi a molekula oldatát. A szürke vonal a molekula „gerincét” alkotja, természetesen atomokból áll, amit az egyszerűség kedvéért most nem tüntettünk fel.



Etanol (fent), butanol (lent)

Összegzés

A molekulák szerkezetéből következnek tulajdonságaik. A poláris (elektromos töltésmegosztást létrehozó) atomok vagy atomcsoportok erős, a nem polárisak (apolárisak) gyengébb kötőerőt tartanak fent a molekulák között.

22. Rendeződés

A szilárd anyagok egy része szabad szemmel is jól látható kristályokból áll. Mikroszkóppal vagy más műszerrel gyakran még a látszólag nem kristályos testekben is kimutathatók szabályosan rendeződő egységek. A dán Niels Stensen (Steno) a 17. században felismerte, hogy ezek azonos felépítésű elemi cellákból állnak, melyek rácspontjain találhatók az anyagot alkotó részecskék. A kérdés már csak az volt, hogy mik ezek?



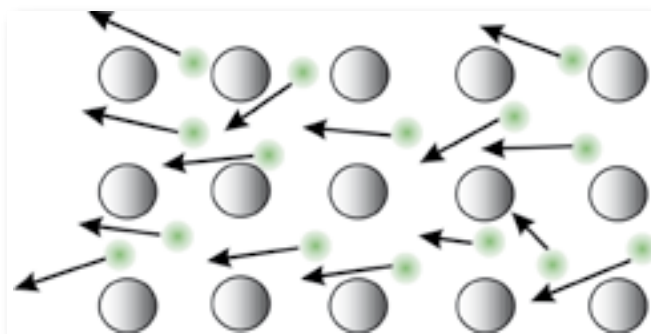
A világ legnagyobb gipszkristályai ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) Mexikóban, a Kristálybarlangban, 290 méterrel a felszín alatt

Fémek, ionok, molekulák

Az elektromos áram felfedezése új eszközt adott a kutatók kezébe. Ha egy anyag vezeti az áramot, bizonyos, hogy elektromosan töltött részecskék vannak benne, melyek képesek elmozdulni az elektromos térben.

A szilárd anyagok közül ilyenek a **fémek**, melyekben **negatív töltésű részecskék – elektronok – mozdulnak el az elektromos tér hatására**. A rácspontokon pedig **pozitív töltésű részecskék (atómtörzsek)** rezegnek, melyek összes töltése megegyezik az elektronokéval, így a **fémrács** kifelé semleges marad.

A kősó (NaCl) szilárd állapotban nem vezeti az áramot, oldata, a sós víz vagy az olvasztott só viszont igen. A **szilárd sók rácspontjain ellentétes töltésű ionok vannak**, a pozitívok a **kationok** (pl. Na^+ , nátriumion), a negatívok pedig az **anionok**



Fémrács modellje

A nagy körök a pozitív töltésű részecskéket (atómtörzseket), a kis zöld körök az elektromos vezetésben részt vevő (helyhez nem kötött) elektronokat jelképezik. A fémionok helyhez kötöttek, az elektronok viszont elektromos tér hatására könnyen elmozdulhatnak.



Ionrács modellje

A negatív töltésű kloridionokat pozitív töltésű nátriumionok veszik körül – és viszont. Szilárd állapotban az ionok nem képesek elmozdulni, a zölddel jelölt kloridionokban az elektronok helyhez kötöttek: a kristály nem vezeti az áramot.

1 Mi tartja össze a sókristályt? Miért tanúsít ellenállást a külső nyomással szemben?

2 Mi a kalcium-szulfát és a kalcium-foszfát képlete?

3 Az alumínium Al^{3+} töltésű ionként szerepel ionos vegyületeiben. Mi az alumínium-klorid, az alumínium-szulfát és az alumínium-foszfát képlete?

(pl. Cl^- , kloridion). Az ionok a szilárd ionrácsban helyhez kötöttek (ezért szigetel a só), olvadátkban vagy oldatban viszont el tudnak mozdulni az ellentétes töltésű fémelemez (elektróda) irányába (ezért vezet a sós víz).

Az ionok töltésének nagyságát a jobb felső sarokba írt szám, a töltés jellegét a negatív vagy pozitív előjel mutatja: pl. Na^+ ; Ca^{2+} (kalciumion) és F^- (fluoridion), SO_4^{2-} (szulfátion), PO_4^{3-} (foszfátion). Az **ionrácsos** vegyületek képlete az **ionok arányát** adja meg. Összességében ugyanannyi negatív töltés van benne, mint ahány pozitív. Pl. NaCl ; CaCl_2 ; Na_2SO_4 ; Na_3PO_4 .

A harmadik rács típus részecskéi semleges töltésűek. Ezek kristályai sem szilárdan, sem megolvasztva nem vezetnek áramot. Ide tartoznak a **molekularácsos** (pl. kristálycukor) és **atomrácsos** anyagok (pl. gyémánt).

Sünök és kristályok

A kristályban ható vonzó- és taszítóerők összjátékát érzékelteti a 19. századi német bölcseleő példázata.

„A sündisznók társasága egy hideg téli napon szorosan összebújt, hogy egymás melegével védekezzenek a megfagyás ellen. De hamarosan érezték egymás tüskéjét, ami szerte is terelte őket. Amikor a melegedés szüksége újból összebújtatta őket, ismétlődött a másik baj, úgyhogy a két rossz közt hánykódtak, míg rá nem jöttek, hogy van egy közepes távolság, amelynek betartásával legjobban meg tudnak egymás közelében lenni. Így hajtja a társas élet szüksége [...] az embereket egymáshoz, de sok kellemetlen tulajdonságuk ismét szétzavarja őket. A végül is kitapasztalt közepes távolság, amely mellett az együttlét lehetséges: az udvariasság és a finom modor.”

Arthur Schopenhauer

Hogyan lesz rend a kaósból?

A **felületaktív anyagok** – **mosószerek** – olyan molekulák, melyekben nagyméretű apoláris, és kicsiny, erősen poláris (vagy ionos) atomcsoport is van. Az ilyen molekulák vagy a vízfelszínen képeznek **rendezett hárttyát** (akár habokban is), vagy micellákat képeznek [lásd a b) ábrán], vagy az apoláris anyagot veszik körbe és így vízoldhatóvá teszik azt (mosószerek)]. Hasonló szerkezetű az epe és azok a molekulák, melyek a sejteket határoló hárttyát (membránt) alkotják.

5 Egészítsétek ki szóban a szöveget az apoláris vagy poláris kifejezések közül a megfelelővel!

- A szilárd felületre (ruhára, kézre) zsír és olaj tapad, abban korom és más részecskék oldódhatnak. Az ilyen szennyeződést nem oldja a víz.
- A szappanmolekulák láncai könnyen oldódnak a szennyeződésben, ez azonban önmagában még nem elég a leváláshoz.
- Apró cseppek (úgynevezett micellák) válnak le a felszínről, bennük a szennyeződéssel.
- A szappanmolekulák minden oldalról körülveszik a szennyeződéssel teli cseppeket, oly módon, hogy feji részük a víz felé fordul. Az így létrejött micellák már könnyen lemoshatók.



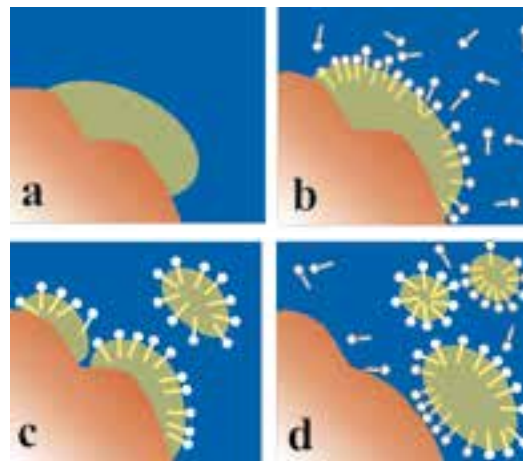
4 Beszéljétek meg!

Mi az, ami (Schopenhauer példázata szerint) összebújásra készíti a sündisznókat? Miért tartanak távolságot egymástól?

Mi az, ami a történet szerint egymáshoz vonzza az embereket?

Mi az, ami eltávolítja őket egymástól?

Valóban létezik ilyen „közepes távolság” az emberek között?



Szappanmolekulák rendeződése mosás során

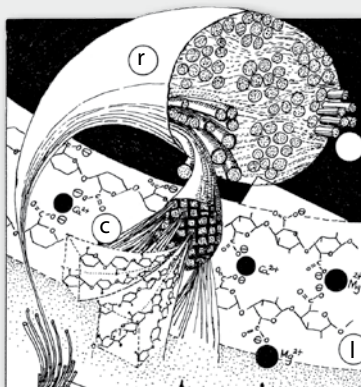
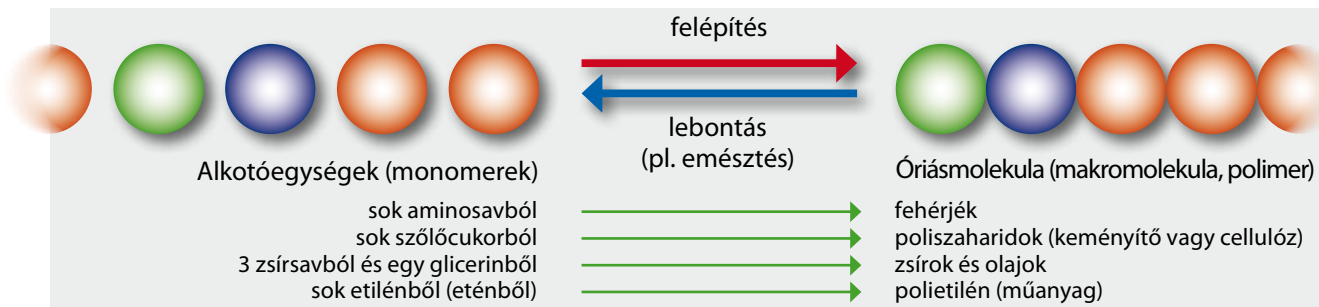
A barna szín a szennyezett test, zöld a vízben nem oldódó szennyeződés. A pálcikák gömb alakú feje jelöli a szappan poláris (vízoldható), másik vége pedig a nem poláris részét.

Összegzés

A kristályos anyagokat szabályos belső rend jellemzi. Az ionrácsos anyagok (sók) kristályának rácspontjain pozitív és negatív töltésű ionok rezegnek. A fémek rácspontjain a fémionokat könnyen mozgó elektronok veszik körül (áramvezetés). A molekularácsok rácspontjain semleges részecskék – molekulák – vannak. A rácsszerkezetet vonzó- és taszítóerők kölcsönhatása tartja össze. Molekulák rendezett csoportjai létrejöhetnek határfelületeken is (mosószerek, habok).

23. Molekulaóriások

Amikor az élőlények felépítik testüket, kis alapegységeket kapcsolnak össze nagy molekulává (szintézis). Amikor emésztenek, akkor a nagy molekulákat alkotóegységeikre bontják. Óriásmolekulák alkotják izmainkat, bőrünket, táplálékaink, ruháink és használati eszközeink egy részét is.



Cellulóz (c) és az abból felépülő rostok (r) – a sejtfa részei (A háttérben egy másik növényi óriásmolekula, a lignin (l) részlete)



Növényi sejtek és az abból felépülő szövet mikroszkópi képe (Hooke eredeti rajza)



Mamutfenyő
A törzs szilárdságát a szöveteit és sejtjeit alkotó cellulózrostok adják.



1 Nézz utána! Mi a hasonlóság a liszt nagy részét adó keményítő és a cellulóz között? Mi okozza a különbséget?

2 Beszéljétek meg! Nézzetek körül az osztályban, otthon vagy egy orvosi rendelőben! Mi készült műanyagból? Helyettesíthetők-e természetes eredetű anyagokkal?

A leggyakoribb szerves anyagok

Robert Hooke angol természettudós 1665-ben megjelent művében mikroszkóp segítségével tett felfedezései között lerajzolta a parafa kamrácskáit (celluláit) is.

Mai tudásunk szerint ezek a parafa elhalt **sejtjeinek** sejtfa-lai voltak. Ezeket nagyrészt a **cellulóz**, a leggyakoribb szerves óriásmolekula építi fel. A cellulózt csak gombák és egyesjtűek képesek alkotóegységeikké: **szőlőcukorra** bontani. Szőlőcukorból viszont másféle óriásmolekulák is felépíthetők. Leggyakoribb közülük a **keményítő**, a lisztes magvú növények és a burgonya tartalék tápanyaga, ezeket szénhidrátoknak nevezzük.

Jobb, mint a valódi?

Óriásmolekulák a mesterségesen előállított **műanyagok** is, például a csomagolóanyagként használt **polietilén**. A tartósság a műanyagok előnye és hátránya is. Többségüket nem, vagy csak lassan képesek lebontani az élőlények, így mára szeméthegek vesznek körül minket. Ezek elégetése is veszélyes, mert ekkor gyakran mérgező gázok szabadulnak föl. A megoldás a lebomló műanyagok, az újrahasznosítás a természetes anyagok elterjedése lehet.

Személyre szabott molekulák

A testünket alkotó **fehérjék** felépítése és térszerkezete határozza meg a fehérje tulajdonságait, például a hajszál alakját. Nagy szakítószilárdságú fehérjefonalak alkotják inainkat (kollagén). Izmainkban fehérjefonalak csúsznak el egymáson, az izmok összehúzódását okozva. Bizonyos fehérjéink **enzim** sajátosságuk, katalizátorként hatnak, adott kémiai reakciókat gyorsítanak fel. Ilyenek például az emésztőnedvek enzimeji. A fehérjék térszerkezete és biológiai szerepe összefügg. Ez fajoként, sőt egyedenként is különbözhet egymástól. Más fehérjéi vannak az „A”, mint a „B” vércsoportú embernek, különböznek a kék és a barna szemű emberek szivárványhártyájában működő enzimek is. **Immunrendszerünk** saját fehérjéink szerkezetét ismeri és elfogadja, más élőlények (például baktériumok) más szerkezetű molekuláit viszont megtámadja és megsemmisíti. Az idegen és a saját megkülönböztetése és a sikeres önvédelem az egészség egyik feltétele.

3 Gondold át!

Immunrendszerünk felismeri a baktériumok idegen fehérjét és küzd is ellenük. Nem küzd viszont a különféle sült hússok szintén idegen fehérjei ellen. Mi a különbség oka?

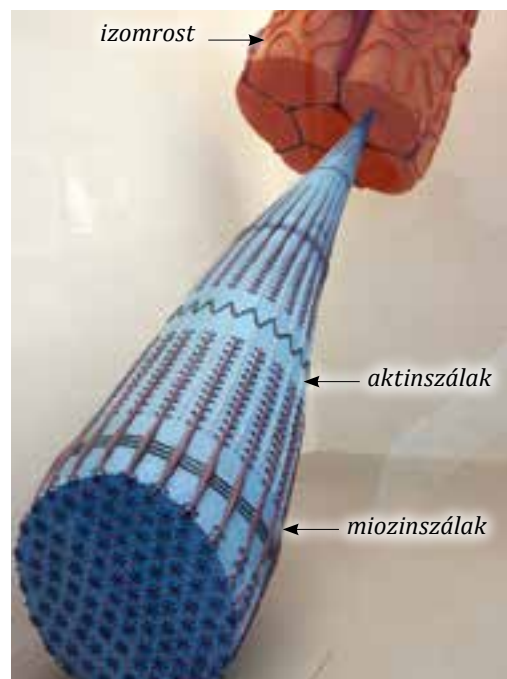
Érzékeny molekulák

Az óriásmolekulák, különösen a fehérjék magas hőmérsékleten könnyen széttekerednek, és a korábban önálló láncok egymáshoz kapcsolódnak. **Ekkor a fehérje kicsapódik, egyúttal elveszti működőképességét.** Az eredeti térszerkezet többnyire nem állítható helyre, a kicsapódás visszafordíthatatlan. A kicsapódás lehet cél is, például a főzés és sütés során ennek hatására válnak könnyebben emészthetővé a táplálékok. Kicsapódást erős savak vagy lúgok és nehézfémek sói is okozhatnak. Ilyenek például a higany és az ólom vegyületei. Ezek **mérgek**. Mérgezőek azok az anyagok is, amelyek a fehérjékhez kötődnek, leszorítva onnan az életfontosságú természetes anyagokat. Ilyen például a **szén-monoxid (CO)**, mely nem engedi, hogy az oxigén a vérben szállítómolekulájához, a hemoglobinhoz kapcsolódjon.



Göndör haj

A haj szerkezetét adó fehérjefonalak személyenként különbözhetnek, éppúgy, mint a hajszálakba beépülő színanyagok. A térszerkezet azonban mesterségesen – például hő hatására – átalakítható, és az új szerkezet tartósan rögzülhet.



Izomrost felépítése

A vastag miozinszálak (a maketten sötétbarna fonalak) izommunka során egymás felé húzzák a vékony (világos) aktinszálakat, így a teljes izom hossza megrövidül.

Összegzés

Ebben a fejezetben találkoztunk néhány óriásmolekulával: a sejtfalet és növényi tartószerkezeteket felépítő cellulózzal, a tápanyagként hasznosuló keményítővel, a sokcélú műanyagokkal, néhány fehérjetípussal, mint amilyenek az enzimek, izmaink alkotói. Megtanultuk azt is, hogy a fehérjék szerkezete fontos és külső hatásokra könnyen sérül, megváltozik.

24. Állandóság és változás

Nem csak helyváltoztató mozgásnak lehet sebessége. Beszélhetünk a minőségi változások gyorsaságáról is (például ki mennyi idő alatt barnul le a napon), vagy lelki folyamatok időigényéről (pl. ki milyen gyorsan reagál egy helyzetben).



„Ugyanazokba a folyamatokba lépünk és mégsem ugyanazokba lépünk: vagyunk is meg nem is vagyunk” – írta az ókori görög filozófus, Hérakleitosz.

2 Állítsátok sorba az alábbi folyamatokat sebességük szerint, a leglassabbal kezdve!

- a) Földgáz égése a gáztűzhely lángjában.
- b) Földgáz keletkezése hideg, iszapos tófenéken.
- c) Földgáz keletkezése langyos, iszapos tófenéken.
- d) Földgáz égése bányarobbanás során.

3 Mi az oka annak, hogy a b) és a c) folyamat sebessége különböző?

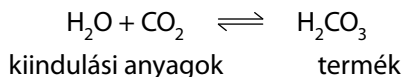
4 Mi a fő oka annak, hogy az a) és a d) folyamat sebessége különböző? Mikor következhetne be a bányarobbanáshoz hasonló tragédia lakásunkban? Hogyan véd ez ellen a gáztűzhely?

1 Értelmezzétek a mondást!

- Miért nem lehet kétszer ugyanabba a folyóba lépni? Van-e valami hasonlóság saját életünk és a folyóvíz között?
- „Vagyunk is” – mely tulajdonságaink változhatnak életünk során, és melyek nem?
- Van-e olyan, ami megváltozhatna, de te nem szeretnéd, hogy megváltozzon?
- Tudsz-e olyat, ami változatlan marad, de jó lenne, ha megváltozna?

Dinamikus egyensúly

A minőségi változások hátterében többnyire **kémiai folyamatok** (reakciók) állnak. Ezeket **egyenletekkel** jelöljük. Az egyenletekben megállapodás szerint a bal oldalon a kiindulási anyagokat, jobb oldalon a létrejött termékeket tüntetjük fel, megadva azok mennyiségét is. A szénsavas ásványvizes palackban például a szén-dioxid és a víz egyesül szénsavvá:



A kémiai reakciók sebességét az **időegység alatti koncentrációváltozással** lehet mérni. Tekintsünk egy jól lezárt ásványvíz-tartalmú palackot, amelyet állandó hőmérsékleten tartunk.

A reakció feltétele a részecskék hatékony ütközése, mely szerkezetük átrendeződéséhez vezet. Ezért minél nagyobb a reagáló anyagok koncentrációja, annál gyorsabban megy végbe a folyamat. Az átalakulás kezdő pillanatától (az egyesülés megkezdésétől) a palackban a kiindulási anyagok mennyisége (és emiatt a koncentrációja is) fokozatosan csökken, ezért az egyesülési reakció sebessége is csökkeni fog. A folyamat eközben az ellenkező irányba is megindul, hiszen a keletkezett szénsavmolekulák azonnal bomlani kezdenek, ezt jelzi a kettős nyíl. Ahogy a szénsav koncentrációja nő, a bomlás sebessége is nő.

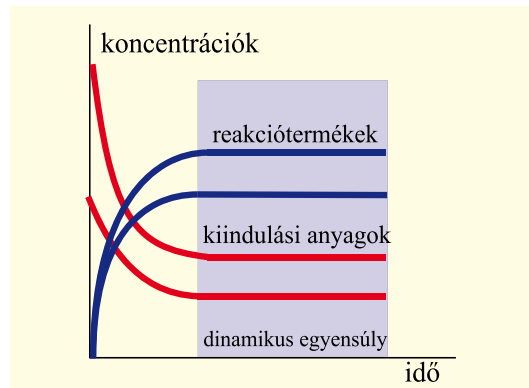
Egy idő után azonossá válik keletkezés és a visszaalakulás sebessége: ekkor beáll a dinamikus egyensúly. Az anyagok koncentrációi az egyensúly beállta után már nem változnak meg, hiszen ugyanannyi szénsav keletkezik, mint amennyi elbomlik.



Égés



Robbanás



Koncentrációk változása a reakciók során (többféle kiindulási anyag és termék esetén)

Gyors és lassú folyamatok

A reakciók sebessége függ a hőmérséklettől (10 °C hőmérséklet-emelés általában 2-4-szeresére emeli az átalakulás gyorsaságát). A folyamatok egy része **energiaigényes**. Ezek a kívülről fölvetett energiával arányos gyorsasággal mennek végbe (pl. a cukor annál gyorsabban karamellizálódik, minél magasabb hőmérsékleten melegítjük). Az **energiatermelő folyamatok** gyorsan, akár robbanásszerűen is végbemehetnek (lángok, gázrobbanás). Sok folyamat beindításához **aktiválási energia** szükséges. Ekkor a részecskék egy részét olyan sebességre gyorsítjuk, ami elegendő a reakció beindulásához, az pedig energiatermelő esetben a továbbiakban már önfenntartóvá válhat. (Akár egy gyufaláng energiája is elegendő a gyertya meggyújtásához.) Ha az időegység alatt keletkező hő több, mint amennyit a rendszer a környezetének kisugározni képes, robbanás következhet be, ha a folyamat nagy térfogatváltozással jár. Ez a hirtelen kiterjedő gázok nyomáshulláma miatt romboló hatású lehet. Sajátos „stacionárius állapot” a láng: ekkor a reagáló gázok csak egy keskeny reakciózónában találkoznak egymással, s mivel utánpótlásuk folytonos, a lángnyelv nagyjából egy helyben marad.

Segít, de nem fogy el: a katalizátor

A **katalizátorok** olyan anyagok, amelyek gyorsítják a reakciókat, mert csökkentik azok aktiválási energiáját. Néhányuk rövid ideig megköti felszínén a reagáló vegyületeket. Ezzel helyi koncentrációnövekedést okoz, és a kötések átrendezésével megkönnyíti az átalakulást. A katalizátorok zárt rendszerben nem tudják megváltoztatni az egyensúlyt, de az egyensúlynak nincs értéke, csak azt érik el, hogy az egyensúly hamarabb álljon be.

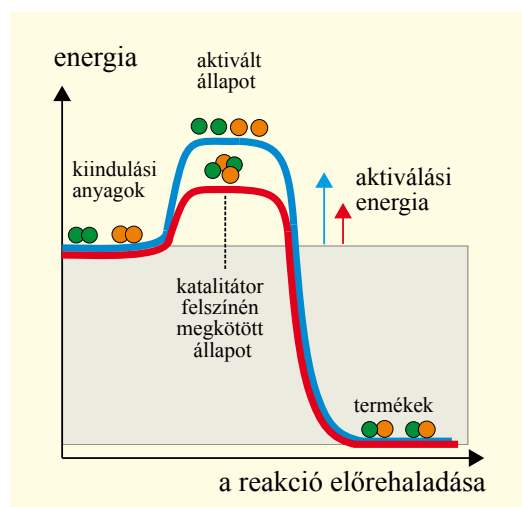
Az élőlényekben lévő, **anyagcserét szabályozó katalizátorok az enzimek**. Működésüknek köszönhetjük például az emésztést, az izomműködést, az idegi aktivitás belső rendjét.

Az élőlények különös belső rendje

Nyílt rendszereken anyag és energia áramlik át. Ilyen például egy melegített húsleves, egy égő gyertya, vagy egy élőlény. A be- és kilépő anyagok miatt ilyen rendszerekben nem áll be dinamikus egyensúly. Ha az anyag- és energiautánpótlás folytonos, bonyolult reakciósorok és reakciókörök alakulhatnak ki. Ilyen például a húsleves ízanyagainak képződése a főzés során, vagy az emberi életműködések, például a szív ritmikus összehúzódása, a táplálkozás és a kiválasztás folyamatai.

Összegzés

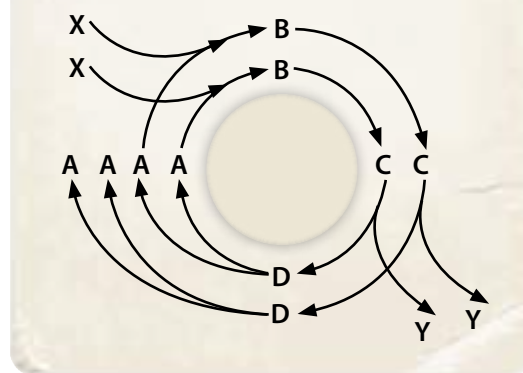
A kémiai reakciók sebességét az anyagi minőségen kívül az anyagok koncentrációja és a hőmérséklet is befolyásolja. A katalizátorok anélkül gyorsítják a folyamatot, hogy mennyiségük csökkenne. Elszigetelt rendszerekben az oda- és visszaalakulások sebessége egy idő után azonossá válik: kialakul a dinamikus egyensúly. Nyílt rendszerekben, folyamatos anyag- és energia-utánpótlás esetén bonyolult körfolyamatok indulhatnak meg (élőlények, földi anyagáramlás).



Aktiválási energia katalizátorral és anélkül

Önszokszorozó reakciókör vázlata

Gánti Tibor elmélete szerint önszokszorozó reakciókörök összekapcsolásával magyarázhatjuk a legegyszerűbb élőlények életműködéseit (kemoton-elmélet). Az „X” a tápláléknak megfelelő nagyenergiájú molekula, az „Y” a kiválasztott bomlástermék. Az „A”, „B” „C” és „D” az élőlény testének anyagait jelzi.

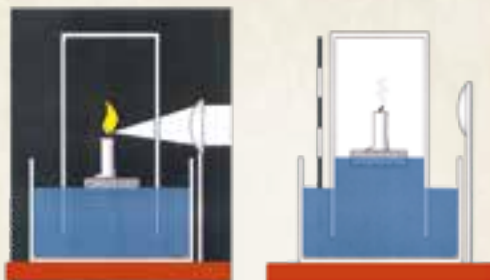


5 Ez a kémiai reakciókör nem élőlény, de az élőlények néhány tulajdonságát már mutatja. Melyeket?

25. Anyag és energia

Táplálkozásra az állatoknak és növényeknek is szükségük van, ezt régóta tudta a vadászó és gazdálkodó ember. Az anyagcsere láthatatlan oldalát, a gázok cseréjét azonban csak a 18. században ismerték föl.

Priestley első kísérletében a gyertyát parafadugóra rögzítette, mely lúgos oldaton úszott. A lúg elnyelte a keletkező szén-dioxidot. A gyertyát domború lencse segítségével gyújtotta meg.



Priestley második kísérletében a lezárt búra alá – anélkül, hogy a búraba friss levegő mehett volna – a gyertya helyett egy friss mentaágat tett (amit előzőleg egy pohár vízbe állított), és azt várta, hogy a növény ebben a „rossz” levegőben el fog pusztulni. Ehelyett a növény tovább élt. Két hónap múlva Priestley egy egeret ugyanezen búra alá, és az eger is életben maradt.



- 2 Figyeld meg! Hogyan változott a vízszint az első kísérlet végére? Mit tudhatunk meg ebből a levegő összetételéről? Miért lencsével gyújtotta meg a gyertyát? Mi volt a szerepe a második kísérletben a növénynek? Mi történt, ha az edényt sötétbe helyezte?

Priestley kísérlete

Joseph Priestley (ejtsd: prisztli) angol tudós egy kísérletében üvegbúrával borított le egy gyertyát, mely kialudt. Ha élő egeret tett a búra alá: a szerencsétlen állat elpusztult. Harmadik kísérletében egy napfényre tett vízimenta növény levegőjét vezette a hengerbe: ekkor az eger életben maradt.

Priestley kísérleteit a 18. század végén **Lavoisier** (ejtsd: lávoázijé) francia kémikus magyarázta meg. A gyertya **égése** és az eger **légzése** egyaránt **oxidáció**: szerves anyag reakciója a levegő oxigénjével, melynek során szén-dioxid és vízgőz keletkezik. A légzés befejező szakasza a **biológiai oxidáció**. A növény **fotoszintézise** ezzel ellentétes folyamat: **redukció**, melynek során szén-dioxidból szerves anyag keletkezik a nap energiájának felhasználásával. A két folyamat kiegészíti egymást, a növényvilágnak és az állatoknak tehát szükségük van egymásra, mert az anyagáramlás körkörös.

Erdei séta

Amit Priestley kísérlete a laboratóriumban megmutatott, az a természetben változatos formában tárul elénk. A zöld növények szerves anyagokból építik fel testüket, **autotrófok**. Az állatok, a gombák (és a szabad szemmel nem látható baktériumok nagyobb része is) a növények szerves anyagából élnek, és a növények által termelt oxigént hasznosítják. Ezek az élőlények **heterotrófok**.

A heterotróf élőlények közül a **növényevők** közvetlenül a növényekből nyerik táplálékukat, a **ragadozók** és **rovarevők** más állatokat fogyasztanak, az **élősködők** (paraziták) a gazdaszervezetük készleteit csapolják meg, a **korhadékbontók** pedig már elpusztult élőlények szerves maradványait bontják le.

- 1 Autotróf görögül „önmagát tápláló”, heterotróf pedig „más által táplált” (hetero = más, különböző, trofeo = táplálni, görögül). Mi a két kifejezés magyarázata?



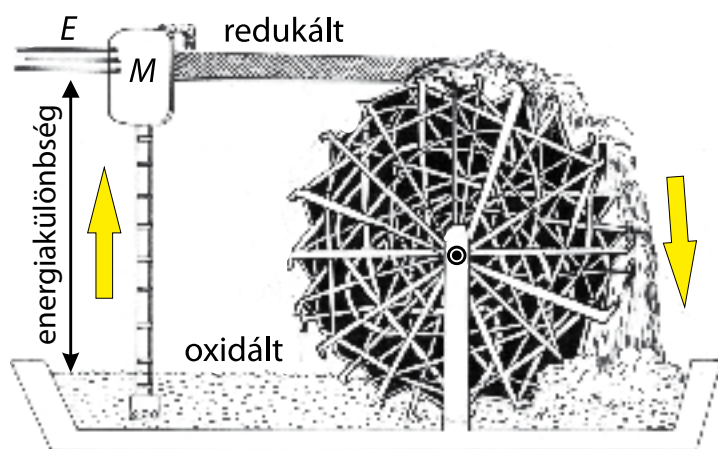
- 3 Felismered ezeket az élőlényeket? Mi a közös bennük? Milyen csoportba sorolhatók táplálkozásuk szerint?

Körforgás

A Föld anyagainak körforgásában fontos szerepet töltenek be az élőlények. A szerves anyagokat termelők a zöld növények és egyes baktériumok. Ők újítják meg a légkör oxigéntartalmát is. A heterotróf élőlények változatos csoportja (állatok, gombák, sokféle baktérium) pedig fogyasztóként a létrehozott szerves anyagot és oxigént használítja.

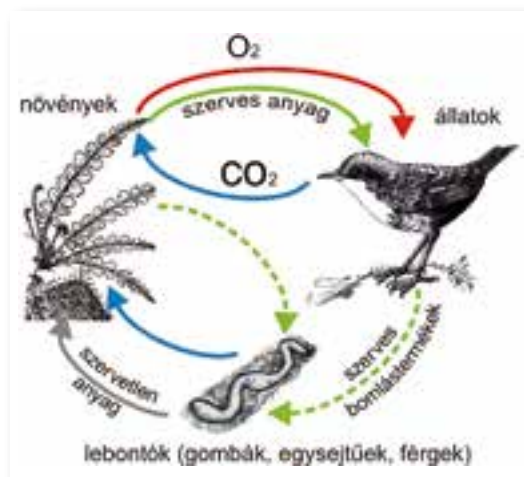
Bennünk élnek

Az anyag- és energiaáramlás változatos formái kapcsolják össze az élőlényeket. Erre saját szervezetünkön belül is találhatunk példát. Beleinkben sokféle baktérium és gomba él. Ezek mind az általunk fölvelt táplálék maradványait bontják le. Némelyik vitaminokat termel, jelenléte hasznos. Mások betegségeket okoznak. A gyomorfekélyes emberek többségének gyomrából például kimutattak egy igen ellenálló baktériumfajt (*Helicobacter pylori*), mely a gyomorfekély egyik **kockázati tényezője** (rizikófaktor). Előfordul, hogy a fertőző baktériumok ellen gombákból kivont gyógyszereket, **antibiotikumokat** kell használnunk. Ezek megritkítják beleink hasznos baktériumait is. A következmény az anyagcserezavarok mellett a bélben élő gombák és az ellenálló baktériumok elszaporodása lehet. Antibiotikumokat csak a legszükségesebb esetben – és mindig az orvosi előírás szerint – alkalmazzunk.



Az élet kerek

A kép a felépítő és lebontó anyagcsere-folyamatok energiaviszonyait ábrázolja egy vízikerek példájával. A kereket a lezúduló víz energiája (E) forgatja. A sárga nyilak az élőlények lebontó és felépítő folyamatait jelzik.



Anyagok körforgása a természetben

4 A képen látható vízirigó nem növényevő: apró halakat és rovarokat fogyaszt. Hogyan kerül a növényi szerves anyag a vízirigó testébe?

5 Miért okozhatja az antibiotikumok tartós fogyasztása a beleinkben élő gombák elszaporodását? Nézz utána! Az első antibiotikum a penicillin volt. Ki és hogyan fedezte föl a hatását? Miért kell folyamatosan új antibiotikumok után kutatni?

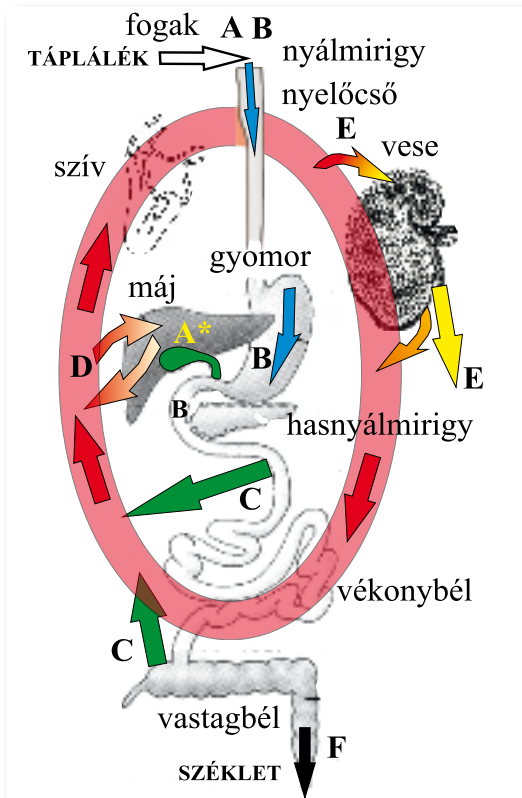
6 Minek felel meg ez az energia a valódi élőlényekben? A modellben a vízikerek forgásához az szükséges, hogy a vizet egy M motor valamilyen külső energiaforrás segítségével ismét a magasba emelje. Melyik reakció ez a motor az élővilágban, és mi a külső energiaforrás? Lehet-e a kerék forgásának energiájával működtetni a szivattyú motorját?

Összegzés

Az élőlények egy része (az állatok, a gombák és sok baktérium) a tápanyagok oxidálásával jut energiához. A zöld növények képesek a napfény energiájának hasznosítására is. A növények oxigéngázt és szerves anyagot hoznak létre, és megkötik a levegő szén-dioxidját (autotrófok). Az állatok ezt a szerves anyagot és oxigéngázt használják fel életműködéseikhez (heterotrófok). Így az életműködések kiegészítik egymást, az anyagáramlás körkörös.

26. Anyagcsere

Az anyagáramlás szervezetünk belsejében is végbemegy. Miképpen működnek együtt szerveink? A folyamatokat a rajz betűjelei mutatják, a nyilak a vér által közvetített anyagáramlás irányát.



Gondold végig!

- 1 Létezhet-e olyan élőlény, amelyik nem választ ki, hanem a táplálékát tökéletesen feldolgozza?

A) **Az aprítás növeli a felületet**, így a tápanyagok hozzáférhetővé válnak az emésztőnedvek számára. Az alapos rágás mellett ezt szolgálja az epe (A*), mely apró cseppekre osztva tartja a zsírokat, olajokat.

B) **Emésztés**. A szerves tápanyagmolekulák kisebb szerves egységekre bontása (hidrolízise). Három emésztőnedv – a nyál, a gyomornedv és a hasnyál – végzi (kék nyilak).

C) **Felszívás**. A megemésztett tápanyag a bélcsatornából a keringési rendszerbe (többnyire közvetlenül a vérbe) jut. Víz és sók is felszívódnak (zöld nyilak).

D) **Szállítás, raktározás, átalakítás**. A felszívott anyagokat a vér szállítja. A vérben áramló anyagok (piros nyilak) főlegét (többek között) a máj raktározza, és később szükség szerint visszajuttatja a vérbe. A máj feladata a mérgezőanyagok (pl. alkohol) lebontása, ártalmatlanítása, és a tápanyagok szükség szerinti átalakítása is. Vannak olyan anyagok – például a vitaminok –, melyeket a máj nem tud előállítani más anyagokból. Ezeket (vagy ezek előanyagait) a táplálékkal kell felvennünk.

Hasznosítás. A tápanyagok hasznosítása minden sejt belsejében zajlik. Vagy testünk felépítésére használjuk az anyagokat (pl. izmosodás, növekedés), vagy biológiai oxidációjuk révén energiát nyerünk.

E) **A kiválasztás** a vérbe került anyagok főlegének eltávolítása, a helyes **arányok fenntartása**. Ha például sok vizet iszunk, a főleg a vizelettel távozik, ha pedig szomjazunk, a vizelet mennyisége csökken. Így vérünk nem hígul fel, de nem is lesz töményebb. Fő kiválasztó szervünk a vese, de anyag távozik a tüdőn át (szén-dioxid) és a verejtéssel is. (A kiválasztást a sárga nyíl jelzi.)

F) **A salakanyagok ürítése** során a táplálék meg nem emésztett része távozik (fekete nyíl).

Olvasd el, gondold végig, beszéljétek meg!

A könyv kezdő oldalán olvasható idézet a latin történetíró, Livius munkájából való. A mesét egy római előkelő, Agrippa mondta el azoknak, akik Rómából kivonulva szakadást okoztak a városban.

- 2 Mi a mese tanulsága az emberi társadalom és az emberi test működésére vonatkozóan?
- 3 Az alábbiakban szervek neveit és életműködéseket sorolunk fel. Írd fel füzetedbe az életműködés mellé annak a szervnek a nevét, amelyik azt végzi! Nem mindegyik szerv nevét kell fölhasználnod!

Szervek: TÜDŐ, MÁJ, MELLKAS, LÉGCSŐ, GÉGE, MEDENCE, NYELŐCSŐ

a) Izmainak munkája a belégzés egyik oka:

b) Ezen át jut be a táplálék a gyomorba:

c) Itt jut be a vérünkbe az oxigéngáz:

Fogalmazd meg a többi szerv feladatát (funkcióját) is! Ki tudjátok-e egészíteni a listát?

Testalkat és lelki béke

A szervezet felépítő és lebontó folyamatai együttesen alakítják ki testünk látható és láthatatlan arányait, a **testalkatot**. Ez részben a táplálkozástól és a mozgástól függ, részben örökletes sajátosság. Örökletes vonásaink elfogadása az elégedett élet egyik lelki feltétele. A testalkat nem mindig egyezik az önmagunkról alkotott ítélettel, a **testképpel**. A túlsúly például főleg a mozgásszegény életmód következménye, lehet és kell is tenni ellene. Az önmagunkról alkotott kép viszont társas kapcsolataink útján, sokszor a reklámok hatására is formálódik. Az a lány, aki mindenáron Barbie babához vagy az a fiú, aki Supermanhez szeretne hasonlítani, gyakran az egészségét és a boldogságát is veszélyezteti.

Mennyiség és minőség

A táplálék szükséges mennyiségét főként energiatartalma és az egyén életmódja, kora szabja meg. A fiatal emberek átlagosan 10 000 kJ energiát igényelnek naponta, a teljes nyugalomban mérhető **alap-energiaszükséglet** 7-8000 kJ. Egyoldalú táplálkozás mellett fennáll a **minőségi éhezés** veszélye: ekkor valamely anyag, pl. vitamin hiányzik a táplálékból.

A táplálék minőségéhez frissessége is hozzátartozik. Mivel ételeink nemcsak nekünk ízlenek, hanem különféle baktériumok és gombák számára is jó táptalajok, állás közben elszaporodnak benne. A rossz szagú, penészfoltos ételek nemcsak undorítóak, de elfogyasztásuk súlyos megbetegedésekhez is vezethet (szalmonellabaktérium, egyes penészgombák). A romlás hűtéssel vagy tartósítószerrel lassítható, ám a leg-egészségesebb mindig a friss étel.

A tartós élelmiszerek (konzervek, húsáruk, italok) gyakran tartalmaznak **tartósítószerkeket**. Ilyen a vízmegkötő hatása miatt tartósítószerként használt konyhasó. Nagyobb mennyisége az embernek is árt (magas vérnyomást okoz). Általában elég belőle annyi, amennyi a táplálékban amúgy is benne van. Túl sok tartósítószer fogyasztása veszélyes lehet. Különösen a **pörkölt, pácolt, nitrítes sókkal (KNO_2) kezelt élelmiszerek** esetén ajánlatos a mértéktartás. A tartós élelmiszerek gyakran tartalmaznak mesterséges színezékeket, ízanyagokat is, melyek vonzóbbá teszik a terméket, de sokszor **allergiakeltők**. Listájukat a terméken kötelező feltüntetni. Egészségesebb ezért friss élelmiszert vagy élelmiszer-alapanyagot venni.

Amit eszel

Táplálékaink többnyire sokféle tápanyagot tartalmaznak. Ezek mennyisége és **aránya** is fontos.

Összegzés

Az emberi szervezet nyílt rendszer: anyag és energia áramlik át rajta. Mindkettő forrása a táplálék. Az emésztés után ennek tápanyagai a vérbe szívódnak fel, így jutnak el a sejtekig. A bomlástermékeket is a vér szállítja a vesékhez. A felépítő és a lebontó folyamatok együttesen alakítják ki testünk látható és láthatatlan arányait.



Táplálékok

naprafogó-,
olívaolaj,
szalonna

tojás
tejtermék
hal, hús

zöldségek
gyümölcsök

pékáru

Tápanyagok

lipidek
(zsír és olaj)

fehérjék

vitaminok és
rostanyagok

keményítő



A táplálékok helyes aránya

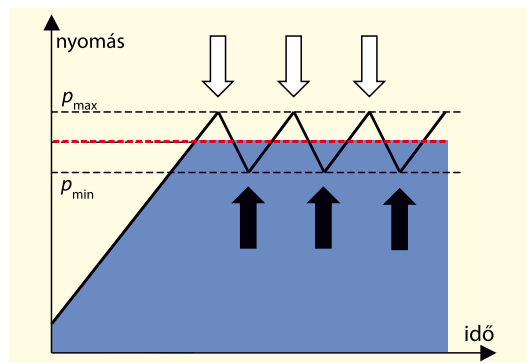
Szénhidrátok. A szénhidrátok energiában gazdagok és többnyire könnyen emészthetők, kivéve a cellulóztartalmú növényi rostokat. Ezek is fontosak a bélműködés serkentése és a méreganyagok megkötése miatt. A túl sok cukor fogszuvasodást és cukorbetegséget okozhat.

Lipidek. Ide tartoznak az állati zsírok és a növényi olajok, a koleszterin és származékai. Energiában gazdag, vízben nem vagy rosszul oldódó, nehezebben emészthető anyagok. Főlősgük növeli az érelmeszesedés kockázatát.

Fehérjék. A húselekt, tejtermékek, tojás mellett vannak növényi eredetű fehérjék is.

27. Szabályozás

A gépek szerkezetük és működésük miatt is hasonlítanak az élőlényekre. A szabályozott működés változó körülmények között is viszonylagos belső állandóságot teremt.



Gép és ember

A gőzgépekben a gőznyomás nem emelkedhet túl magasra (a gép felrobbanna), de nem süllyedhet túl alacsonyra sem (a gép leállna). Ehhez hasonlóan veszélyes a túl magas vagy túl alacsony vérnyomás is az emberi szervezetben.

A kuktafazékban a szelep súlya szabja meg, hogy milyen túlnyomás alakulhat ki a fazék belsejében. A grafikon a nyomásértékek változását mutatja folyamatos melegítés hatására. A fekete nyilak a szelep zárulását, a fehér nyilak a nyitását jelzik. A $p_{\max}$ a kialakuló legnagyobb, a $p_{\min}$ a legkisebb nyomásérték. A kék háttér és a piros vonal az átlagos nyomást jelzi.



Háztartásunkban többféle szabályozót alkalmazhatunk. Például termosztátot és a képen látható kuktafazekat.

A szervezet: szabályozott rendszer

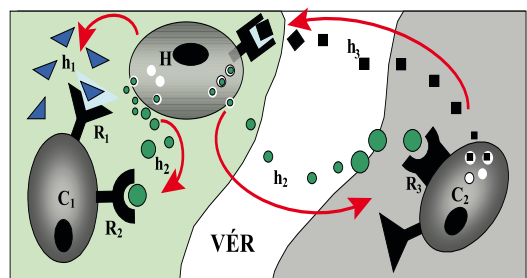
A szabályozott folyamatok fenntartásában **negatív visszacsatolások** játszanak szerepet. Ezek a szervezet által a változásokra adott válaszok, melyek csökkentik a változás mértékét. Például a gőzgépben a megemelkedő nyomás kinyit egy szelepet, mely csökkenti a gőznyomást. Hasonlóképpen a vérnyomás emelkedése kiváltja az érfalak elernyedését, ami a vérnyomás csökkenését okozza.

Gondold végig!

- 1 Mi történik velünk hidegben és melegben? Milyen lesz a bőrünk? Mit teszünk? Hogyan hat ez testhőmérsékletünkre?

A hormonok világa

A szabályozás feltétele a szervezeten belüli **információátvitel**. Legelterjedtebb módja a kémiai üzenetátadás. Ennek során az egyik sejt egy vegyületet – **hormont** – választ ki, mely a keringési rendszer segítségével a szervezet minden más sejtjéhez eljut. A hormon azonban csak azokra a sejtekre tud hatni, melyek felszínén különleges **fogadómolekulák (receptor)** vannak. Ezek felszínéhez úgy illeszkedik a hormon, mint a kulcs a megfelelő zárba.



„Beszélgetés” hormonokkal

A **H** sejt kétféle hormont is termel (háromszögekkel és körökkel jelöltük), ezekkel kétféle sejtre hat. A **C₂** sejt visszajelez egy harmadik fajta hormonnal (négyzetek), amellyel tudatja a **H** sejttel, hogy „vette az üzenetet”. Az **R₁**, **R₂**, **R₃** receptormolekulákat jelöl a sejtek felszínén. Ezek kötik meg a hormonokat. Ezek a sejtek lehetnek egyetlen szerven belül (mint a **H** és a **C₁**), de a szervezet távoli pontjain is (**C₂**).

A hatás lehet serkentő vagy gátló (a hormao görög szó serkentést jelent, mert kezdetben csak serkentő hatású hormonokat ismertek). Gyakori, hogy a célsejt is termel valamilyen hormont, amely visszahat az üzenetet adó sejtre vagy több más sejtre is. Szervezetünk távoli pontjai így kémiai úton „társalognak” egymással.

Cukoranyagcsere

A szőlőcukor minden sejtünk számára fontos, az idegsejteknek pedig egyedüli energiaforrása. A cukrot a vér juttatja a sejtek közelébe, és egy hormon, az **inzulin** gondoskodik arról, hogy be is jusson oda. (Insula latinul szigetet jelent, mert ezt a hormont a hasnyálmirigy szigetszerűen elhelyezkedő sejtjei termelik.) Az inzulin másik hatása a fölös mennyiségű cukor raktározásának elősegítése a májban. Mindkét folyamat a vércukorszint csökkenéséhez vezet. Ha tehát a vércukorszint megnő (például egy sütemény elfogyasztása után), a hasnyálmirigy érzékeli ezt, és fokozza az inzulin termelését. Ennek hatására a vércukorszint hamarosan visszaáll a normális értékre.

Cukorbetegség

Előfordul, hogy valami okból (például a hasnyálmirigy vírusos megbetegedése miatt) az inzulintermelés szabályozatlanná válik, csökken vagy leáll. A vércukorszint ezért megemelkedik, de a cukor nem jut be a sejtekbe. A kialakuló cukorbetegség súlyos tüneteinek oka, hogy az éhező sejtek olyan úton próbálnak energiához jutni, melyben mérgező anyagcseretermékek keletkeznek. Ez a fajta (1. típusú) **cukorbetegség** csak mesterségesen előállított inzulin vérbe juttatásával kezelhető. A kevés mozgás és fokozott szénhidrátfogyasztás következtében kialakulhat a lebontó anyagcsere általános zavara is: hiába van inzulin, nem működik a szabályozás (2. típusú cukorbetegség).

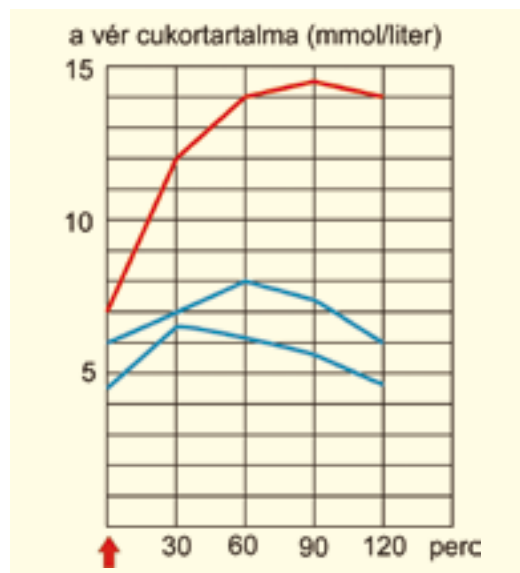
Amikor nem az állandóság a cél

A túléléshez sokszor nem állandó, hanem hirtelen megemelkedő cukorszint szükséges. Ez következik be váratlan **stresszhelyzetben**, amikor a küzdelemhez vagy meneküléshez szükséges sok energiát csak a szokásosnál több cukor biztosíthatja. Az ekkor termelődő **adrenalin**hormon mozgósítja a cukortartalékokat, megemelve a vércukorszintet, mely csak a veszély elmúltával, az inzulin hatására áll vissza nyugalmi értékére.

Hormonok szabják meg testmagasságunkat (növekedési hormon), nemi jellegeinket és fizikai teljesítőképességünket is (nemi hormonok). Hormonszerű anyagok csökkenthetik bennünk a fájdalmat (endorfinok), vagy okozhatnak szorongást, félelemérzést.

Összegzés

Az élőlények belső állandóságát, önazonosságuk megőrzését szabályozott életműködéseik teszik lehetővé. A szabályozás visszacsatolások révén valósul meg, a hormonális és az idegrendszer segítségével. A hormonok a kémiai információátadás eszközei. Feladatuk lehet egy állapot fenntartása, vagy irányított megváltoztatása (vezérlése) is.



A vér cukorszintjének változása cukorbetegekben (piros görbe) és egészséges személyekben (kék görbék). A vizsgálat során a piros nyíljal jelzett időpontban a személy 1g/testsúlykg vízben oldott szőlőcukrot fogyaszt el. Ezután 30 percenként méri a vércukorszintjét.

2 Tanulmányozd a grafikont!

Mi a vércukorszint egészséges tartománya az ábra szerint?

Miért telt el idő a cukorbevitel és a vércukorszint emelkedése között?

Hogyan tudta visszaállítani az egészséges emberek szervezete a vércukorszintet?

90 perc után még a cukorbetegek vércukorszintje is csökken kissé. Hová kerül a cukorfelesleg egy része?

3 Beszéljétek meg!

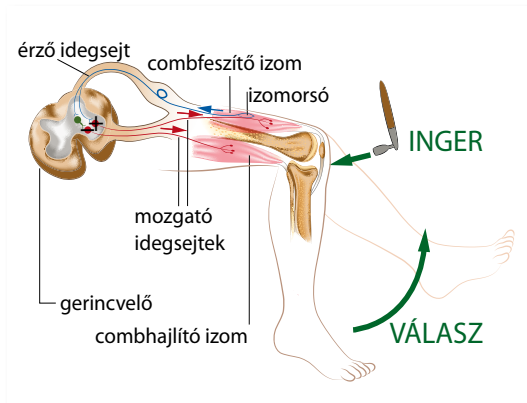
A vércukorszint megemelkedésén kívül milyen más testi tünetei vannak még a váratlan stresszhelyzetnek? Mi történik ilyenkor a pulzussal, a légzésszámmal, a vérnyomással, a pupillamérettel, az emésztéssel?

28. Idegrendszer

Idegrendszerünk biztosítja kapcsolatunkat a külvilággal és szervezetünk belső stabilitását. Idegsejtek és hormonok bonyolult működése útján válaszolunk a környezet ingereire, alkalmazkodunk hozzájuk.



Descartes Krisztina svéd királynő társaságában



A térdreflex működése

Ha a combfesztő izom elernyed, izgalmi állapotba kerül az izomorsó. Állapota átterjed az érzőidegsejtre. A gerincvelőben az érzőidegsejt kettévágódik. Egyik nyúlványa a mozgatóidegsejten keresztül összehúzódnak a combfesztő izmot. Másik nyúlványa a combhajlító izom elernyedését okozza. A kék és a piros nyíl az ingerületi állapot terjedését, a zöld nyíl a tapasztalható válaszreakciót mutatja. A plusz jel a serkentő, a mínusz a gátló hatás szimbóluma.

Reflexek

A 17. században élt francia filozófus, **René Descartes** bonyolult „válaszoló automatának” tartotta az élőlények testét. Szerinte a külvilág hatásai, az ingerek választ, latinul **reflexiót (reflexet)** váltanak ki, például elrántjuk kezünket a forró tárgytól.

A reflex hasonlít ahhoz, ahogy a harangkötél megrántása kiváltja a harang kondulását. Az inger és a válasz közti kapcsolatot az **idegrendszer** teremti meg. Bennünk eközben érzetek keletkeznek, például hőérzet, amelyet **érzelme**k, indulatok kísérhetnek, például fájdalom, meglepetés vagy harag. Az ember kivételes élőlény, mert bennünk az **értelem** nemcsak befolyásolhatja a választ, hanem segítségével aktívan alakíthatjuk is környezetünket.

A 20. század elejére sokféle reflexet ismertek meg, és mikroszkóp segítségével megpillanthatták ezek közvetítőit, az **idegsejteket** is. Az idegek ezen sejtek hosszú nyúlványai, ezek segítségével tartják a kapcsolatot egymással az idegsejtek.

A térdreflex, mely a combfesztő izom elernyedésekor lép működésbe. Hatására az izom kissé megfeszül, így nem csukunk össze járás vagy állás közben.

Érzékeny kapcsolat: idegsejtek beszélgetése

A stressz vagy a nyugalom nemcsak hormonjaink, hanem idegrendszerünk útján is hat. Több kísérlet is bizonyította, hogy maguk az idegsejtek is termelnek hormonokat és hormonokhoz hasonló **ingerületátvivő anyagokat**. Ez utóbbiak a két idegsejt közötti keskeny résben szabadulnak fel, és a jel továbbadásért felelősek. Az üzenetátadás – a hormonokhoz hasonlóan – itt is úgy jön létre, hogy a fogadó sejt hártájában levő molekulák – a receptorok – megkötik az átvivőanyagot, és ennek hatására ingerületi állapotba kerülnek. Számos anyag képes megváltoztatni a receptormolekulák számát vagy működőképességét. Ilyenek az **idegmérgek**, a **koffein**, a **drogok** vagy különféle **gyógyszerek** (pl. nyugtatók). Közös jellemzőjük, hogy befolyásolják az idegrendszer természetes aktivitását. Egyes mérgek az átvivőanyag helyére kötődnek a receptorhoz, de nem válnak le róla, folyamatosan ingerlik, és így a légzőizmok görcsös összehúzódnak okozzák. A drogok hatása változatos, lehetnek például feszültségoldók vagy hallucinációt keltők. Használatuk gyakori következménye a **hozzászokás** (tolerancia: egyre nagyobb adag drog szükséges azonos hatás eléréséhez), mely könnyen **függőség**hez (az önálló döntésképeség

1 Gondold végig!

Orvosi vizsgálat során a térd alatti ínra mért apró ütéssel váltják ki a térdreflexet. Mi célból végezhetik ezt a vizsgálatot?

2 Vitassátok meg!

Egy tömör megfogalmazás szerint a hormonális rendszer: folyékony idegrendszer, az idegrendszer viszont: csöveken át adagolt hormon. Mi e mondás értelme?

elvesztéséhez, gyakran teljes szellemi leépüléshez) vezet. A függővé vált ember önmaga általában nem képes változtatni helyzetén, de lehet segíteni rajta.

Érzékelés

Mind a külvilág, mind saját testünk állapota az érzékelés révén jelenik meg számunkra. Az érzékszervek olyan kapukhoz hasonlíthatók, melyeken át a teljes fizikai környezet meghatározott tartományával léphetünk kapcsolatba. Az emberi fül például csak a 16–16 000 Hertz közti rezgésszámú hanghullámokat érzékeli hangként, a többi légrézgésre „süketek vagyunk”. Az érzékelt világ elemei az **érzékletek**: hangok, ízek, fények, érintések. Ezeket egyidejűleg érezzük, értelmezzük és értékeljük: a fontosakra figyelmet fordítunk, a zavarókat igyekszünk kiküszöbölni, a kellemeseket újra felidézni. E válogató-értékelő folyamatban formálódik belső világunk. Az emberek belső világa – eltérő céljai, értékei és érzelmei miatt – sokféle. Mégis joggal beszélhetünk helyes és zavart érzékelésről. A helyes érzékelés a **külső és belső világ közti összhangot szolgálja**, a zavart érzékelésben ez az összhang sérül vagy felborul.

Egy kifinomult műszer: a szem

A látás **aktív** folyamat. Szemünk ideghártyájára a külvilág fordított állású, kicsinyített képe vetül, ám azt, hogy a külvilág melyik részletéről szeretnénk éles képet kapni, **figyelmünk** irányja dönti el, a szemgolyónkat mozgató izmok segítségével. Szemlencsénk domborulatának változtatásával alkalmazkodunk a változó tárgytávolsághoz, a **pupilla** (szembogár) méretének szűkítésével a fényerő fokozódásához. Ezek öntudatlan, reflexes folyamatok, melyeket érzelmeink is befolyásolhatnak.

A **látvány** nem a szemben, hanem az agykéregben keletkezik. Lényege, hogy megkeressük az összetartozó fénypontokat, azaz értelmet, körvonalat, határt keresünk. Ez többnyire nem tudatos folyamat. Agyunk tévedései, a **látási illúziók** hívják fel a figyelmet arra, hogy akkor is gondolkodunk a világról, ha csak szemlélődünk. Ezt pontosan tudták és ki is fejezték a nagy művészek.

„Olvas, olvas, olvas, szeme fényes ablak,
Melyet egy égő ház lángi ragyogtatnak” – írta Petőfi Sándor.
Mit fejez ki ez a metafora?

Összegzés

Az idegrendszer a külvilággal való kapcsolattartásnak és a belső összhang fenntartásának gyors és hatékony eszköze. Az idegrendszer segítségével a szervezet alkalmazkodhat környezetéhez, de alakíthatja is azt. A környezet ingereire adott legegyszerűbb válaszok a reflexek (pl. térdreflex). Az ingerek többnyire érzeteket is keltenek. Érzékelés során nemcsak befogadjuk a külvilág jeleit, hanem értelmezzük is azokat (pl. alaklátás, dallamok felismerése). Érzelmeink a tapasztalatok jó vagy rossz, kedvező vagy hátrányos jellegéről tudósítanak. Minden idegműködés idegsejtek kapcsolatain alapul. E kapcsolatok viselkedéssel, de kémiai úton is befolyásolhatók. A következmény lehet a döntési szabadság növekedése (tanulás, megértés), de annak szűkülése is (drogok, függőségek).



Mihez hasonlít az idegrendszer emlékezőképessége?

A londoni Természettudományi Múzeum kiállítása hatféle hasonlatot (modellt) is szemléltet.

Az emlékezet hasonlítható egy üres vödörhöz, egy számítógéphez, egy szivacshoz, egy határidőnaplóhoz, egy fényképezőgéphez és egy labirintus-játékhoz is.

Milyen szempontból találók ezek a hasonlatok?

Az emlékezésen kívül milyen más idegi tevékenységet utánoznak ezek modellek?



E. G. Boring: Fiatal-idős nő
Te melyiket látod a képen?
Át tudod-e billenteni a látványt?

29. Védettség

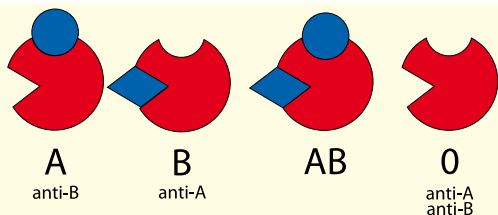
Ősi tapasztalat, hogy aki átesik egy fertőzésen, az a továbbiakban hosszabb-rövidebb időre védettséget – **immunitást** – szerez az adott betegséggel szemben. A középkor végéig a járványos betegségek (pl. himlő, pestis) ellen a fertőzöttek elkülönítésével küzdöttek.



Részlet Semmelweis életéről készült filmből
Vajon milyen fogadalmat tesznek Semmelweis előtt a kórházi ápolónők?

1 Nézz utána!

Hogyan ismerte föl Semmelweis Ignác a gyermekágyi láz okát? Milyen módszert talált a megelőzésére?



Az AB0 vércsoportrendszer alapján elkülöníthető négyféle ember vörösvérsejtjei vázlatosan. A kék kör az „A”, a kék négyszög a „B” antigént (nagy molekulát) jelöli. Alatta: a vér folyékony részében, a vérplazmában keringő ellenanyagok neve.



Falósejt elektromikroszkópos képe

Semmelweis Ignác magyar orvos ismerte fel a 19. században, hogy a szakszerű **fertőtlenítés (higiéné)** megakadályozhatja a betegség továbbadását.

A mikroszkópot a francia biológus, **Louis Pasteur** (ejtsd: Pasztőr) állította az orvostudomány szolgálatába. Pasteur bizonyította, hogy a beteg szervezetben elszaporodó mikrobák (baktériumok vagy gombák) a betegség kórokozói. Kidolgozta a **védőoltásokat** a védettség mesterséges kiváltására. Magukat a betegséget okozó mikrobákat használta fel legyengített formában a betegségek elleni harcban. Az oltóanyag olyan folyamatokat indított el, aminek eredményeként a szervezet az adott kórokozóval szemben egy későbbi fertőzés esetén is védetté vált. Ezt a védettséget **aktív immunitásnak** nevezték el.

Ma a védőoltások egy része kötelező, ez akadályozza meg a kiterjedt járványok létrejöttét.

Saját vagy idegen?

Vérátömlesztéssel többször is próbálkoztak a történelem során. Sokszor sikertelenül: a kapott vér kicsapódott.

Egy osztrák orvos ismerte föl, hogy a kapott vért csak akkor fogadja el az immunrendszer, ha nincs benne a szervezet számára idegen nagymolekula, szakszóval: **antigén**. Ennek alapján különítik el a **vércsoportokat**, melyek közül a két legismertebb az AB0 és az Rh. Mindenki csak a saját vércsoportjával azonos vért kaphat. E tapasztalatok fontos tanulsága volt, hogy az immunrendszer nem azt vizsgálja, hogy a szervezetbe bekerült anyag hasznos-e vagy káros, csak azt: saját-e vagy idegen? Feladata az idegen antigének elleni küzdelem.

Hogyan működik?

Immunrendszerünk központjai a vörös csontvelő és a nyirokcsomók (pl. a csecsemőmirigy, mandulák), nyirokcsomók. Az ezek által termelt nyiroksejtek egy része az idegen antigént kicsapó vagy megjelölő anyagot, **ellenanyagot** juttat a vérplazmába (plazmasejtek, B-sejtek). Más részük elpusztítja a fertőzött és megjelölt sejteket, megjegyzi az antigént (memóriasejtek) és a gyógyulás után leállítja a fölöslegessé vált védekező reakciót (ezek a T-sejtek). Ezt a bonyolult folyamatot kiegészíti egy egyszerűbb védekezés, a **gyulladás**. Ilyen immunválasz figyelhető meg például a bőrfelszín sérülése esetén (pl. tüske törik bele). A vérárvadás mellett pirosodás, duzzanat (ödéma), fájdalom és a sérült felszín melege érezhető. E tüneteket részben maga a szervezet okozza azáltal, hogy igyekszik „helyhez kötni” a bekerült kórokozókat, miközben odavonzza a falósejteket. Ezek bekebelezik a kórokozókat, ám közben gyakran maguk is elpusztulnak. Az elhalt szövetdarabok, kórokozók és falósejtek maradványai alkotják a képződő **gennyet**.

Lélek és test

Az emberek betegségekre való hajlama lelkiállapotuktól is függ. Ez arra utal, hogy **az idegrendszer és az immunrendszer kapcsolatban áll egymással**. Ezt a feltevést **Ivan Petrovics Pavlov** tanítványai kísérletileg is igazolták, amikor kutyákban sikerült feltételes reflexként immunválaszt kiváltani. Az enyhe és ellenőrzött ideig tartó stressz – amilyen például a rendszeres testmozgás vagy a fokozott öröm – serkenti az immunrendszert, növeli a fehérvérsejtek számát. A tartós, feloldatlan stressz viszont hormonok útján gátolja az immunsejtek működését. A feszültségekkel való megküzdés módja eszerint nemcsak lelki, hanem testi egészségünket is befolyásolja.

Tanult tehetetlenség kiváltása patkányokban

Két patkányt a válaszfallal elkülönített ketrec két rekeszébe helyeztek el. A ketrecek padlója közös áramkörre volt kapcsolva, ezen át időnként kellemetlen áramütés érte az állatokat. A bal oldali rekeszben levő patkány egy billentyű megfelelő időben való lenyomásával leállíthatta az áramütést, azaz megtanulhatta ellenőrizni a folyamatot. Bár a két állatot ugyanannyi áramütés érte, a kontrollt megtanuló állat szervezetében nem tapasztaltak lényeges változást, tehetetlenségre kárhozottatott társa viszont elveszítette kezdeményezőképességét, és hamarosan elpusztult. Szervezete a tartós stressz minden következményét mutatta.

Hibás működés

Súlyos zavart okoz, ha a kórokozó magukat az immunsejteket támadja meg. Ilyen betegség a HIV-vírus által okozott **AIDS** (szerzett immunhiányos betegség), mely nemi érintkezés útján vagy fertőzött injekciós tűvel terjed, de a fertőzött anya is átadhatja magzatának.

Gyakori az **allergia**, az immunrendszer túlzott erősségű válasza olyan antigénnel szemben, melyek valójában nem veszélyesek a szervezetre (például virágpor).

Szervátültetéskor kilökődést okozhat az immunreakció, ezért ilyenkor az immunrendszer csillapítása szükséges.

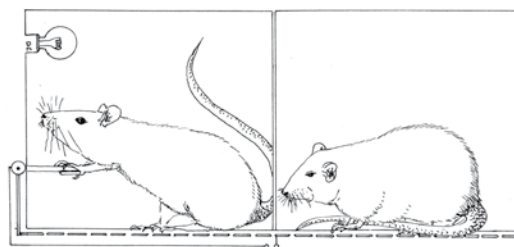
5 Gondold végig!

Nem mindenki betegszik meg azok közül, akik hasonló baktériumfertőzésnek vannak kitéve. Mi okozhatja a különbséget?

2 Gondold végig!

Semmelweis a klórmésszel elpusztította a fertőző baktériumokat. Tartós védettséget adott-e eljárása a betegség ellen?

3 A kórokozók gyakran változtatják felszíni nagymolekuláikat (mutációk). A mutáns baktériumok ellen már nem működik a korábban kialakult védettség. Miért?



4 Beszéljétek meg!

Miben emlékeztet a depressziós ember viselkedése a kísérletben szereplő jobb oldali patkányéra? Szerencsésebb helyzetben vagyunk-e amiatt, hogy gondolkodni tudunk állapotunkról?



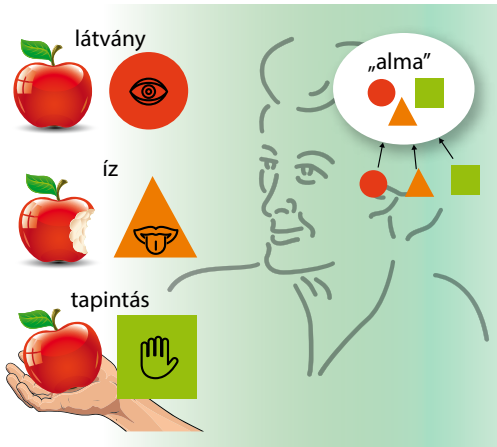
Virágpor-allergia

Összegzés

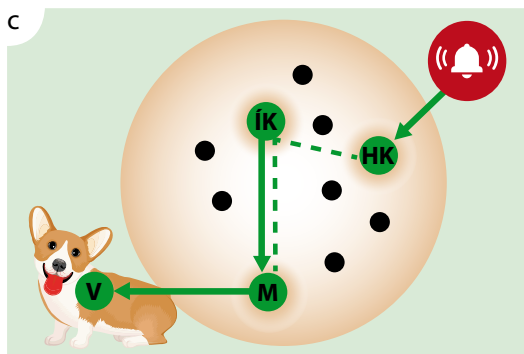
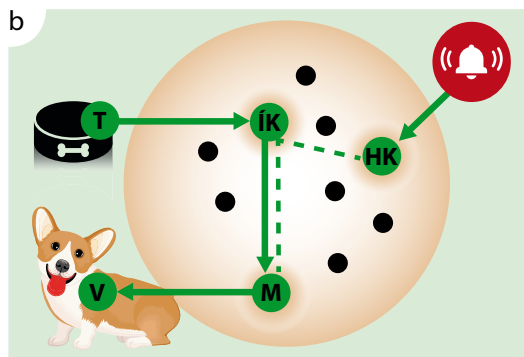
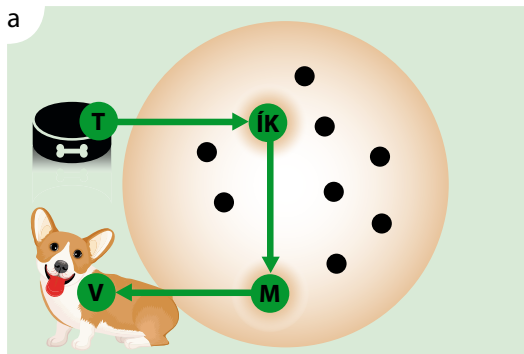
Szervezetünk önállóságának fontos védője az immunrendszer. Minden kémiai idegen sejt vagy molekula (antigén) ellen működésbe lép (baktériumok, idegen vércsoportú vér). Az immunrendszer az idegrendszerrel és a hormonokkal is kapcsolatban áll (stressz és betegségek összefüggése). Az egészséges immunrendszer védetté tesz a már megjegyzett antigénnel szemben (védőoltások), túlműködése (allergia) és hiányos működése viszont betegségekhez vezet.

30. Viselkedés

A legegyszerűbb élőlény is alkalmazkodik környezetéhez, képes tanulni tapasztalataiból. Ez csak úgy lehetséges, ha kialakul benne a külvilág lenyomata, belső képe, amely a tapasztalatok hatására módosulhat is.



Összetett érzet keletkezése



Egy angol filozófus, **John Locke** szerint az alma látványa, íze és tapintása során keletkező érzetek összekapcsolódnak bennünk, mivel gyakran tapasztaltuk ezeket egy időben. (Valahányszor a kisgyermek tapintotta, ízelt és látta az almákat.) Fogalmaink – Locke szerint – érzetek kapcsolatai (asszociációi), a felejtés pedig ezzel ellentétes folyamat: érzetek közti kapcsolat megszűnése (disszociáció).

Beszélgétek meg! Lehet-e a felejtés is tanulás eredménye Locke szerint? Lehet-e hátrányos számunkra, amit megtanultunk? Fontos-e, hogy rövid távú vagy hosszú távú előnyökről, hátrányokról beszélünk?

Társítás

A filozófusok feltételezését **Pavlov** orosz kutató kísérletileg ki is mutatta. Egy eszközzel mérni tudta a kutya által termelt nyál mennyiségét. A jóízű táplálék (húspor) megízlelése mindig kiváltotta a nyáltermelést. Pavlov ezt úgy magyarázta, hogy a kutya agyában levő ízérző központ és nyáleválasztó központ között öröklött kapcsolat van, ennek megnyilvánulását **feltétlen reflexnek** nevezte el.

Pavlov híres kísérletsorozatában mindig csengőszó után kapott enni a kutya, így a korábban közömbös hanginger hamarosan önmagában is kiváltotta a nyáleválasztást. Kapcsolat épült ki a hallóközpont és a nyáleválasztó központ között. Az ilyen tanult kapcsolatok megnyilvánulását **feltételes reflexnek** nevezték el. Pavlov szerint még a legbonyolultabb tanulás is visszavezethető ilyen és ehhez hasonló feltételes reflexekre, állatban, emberben egyaránt.

Pavlovval egy időben az amerikai B. F. Skinner a próba-szerencse típusú (operáns) tanulást tanulmányozta. A kísérleti állatok itt különféle viselkedésekkel próbálkozhattak, ezek némelyikét Skinner jutalmazta, némelyiket pedig büntette. A sikeres viselkedés gyakoribbá, a sikertelen pedig ritkábbá vált. Mindkét tanulási típustól különbözik a belátás. Erre az jellemző, hogy az állat vagy ember tudatában van viselkedése céljának, tehát nem véletlenszerűen próbálkozik.

Gondold végig! Milyen következményekkel jár, ha a csengőszó után többször nem kap táplálékot a kísérleti állat? Mi történik, ha ismét társítjuk a két ingert?

Pavlov kísérletének vázlata: T a táplálékot, V a válaszreakciót (nyáltermelés) jelzi. Az IK az ízérzőközpont, az M a mozgatóközpont, a HK a hallóközpont jele az agyban.

Rögzítés és felidézés: az emlékezet

A tanult ismeretet az **emlékezet** (memória) rögzíti és teszi felidézhetővé. Néha egyetlen esemény hatása is életre szóló (bevésődés). A kislibák például a kikelésüket követő órákban tanulják meg fölismerni az anyjukat, a magzatok pedig már az anyaméhben megjegyzik anyjuk szívének hangját.

Az új ismereteket a rövid távú memória fogadja be. A mérések szerint ennek befogadóképessége kicsi: emberben 7 (± 2) egység. A vizsgált egység lehet betű, szám, szótag, szó, sőt ismert mondás is. Ha a teljesítmény ennél jóval nagyobb – pl. 10-12 szó –, akkor a kísérleti személy kapcsolatot tudott létesíteni 4-5 szó között, s ezeket már mint összetett egységeket jegyezte meg.

A rövid távú memóriától elkülöníthetjük a **tartós (hosszú távú) memóriát**, mely nagyszámú összetett képzet tárolására képes gyakran évekig. A rövid távú memória a tartós emlékezetnek ezen készletéből is „válogathat”. Az emberek közötti gondolkodásbeli különbségek részben arra vezethetők vissza, hogy mennyire összetett elemekből (sémákból) áll a tartósmemória-készletük. A sakkmester és a kezdő sakkozó átlagosan ugyanannyi ideig gondolkodik egy-egy lépés között, a mester azonban jobbakat lép. Ő ugyanis nem egyes lépések, hanem bonyolult **gondolati sémák** között dönt. A lehetőségek tehát már összetett egységekbe rendeződtek a fejében.

Az aranyhórcsög tanulása – részletek egy diák kutatási naplójából

Egyik ismerősömnek aranyhórcsói voltak. Mikor elmentem hozzájuk, mindig megcsodáltam ezeket a kis rágcsálókat. Úgy döntöttem, hogy róluk fogok írni. Kölcsönkértem a hórcsógöket és elkezdtem „szellemi értékük növelését.”

Készítettem fából egy labirintust (80 cm $\times$ 80 cm), amit hordozni lehetett. A kísérlet abból állt, hogy az egyik hórcsógöt betettem a jelzett helyen és megmértem az időt, amíg elért az élelemig, miközben figyeltem és feljegyeztem a viselkedését, amit a következőkben le fogok írni. Harminc menetet csináltam egy nap, két nap kivételével, mert ekkor nyugtalan volt az állat. A megfigyeléseket nyolc napig végeztem.

Amint az összesített grafikonból láthatjuk, ez a hórcsög tanult, méghozzá a próba-szerencse módszerrel.

Voltak olyan esetek, amikor az állat „gondolkozott”. Lehet, hogy ez merész kijelentés, de a tapasztalatok magyarázatára ezt a választ találtam. Ilyen eset például, amikor a hórcsög betér a rossz útra, tesz egy-két lépést, megáll, eszébe jut, hogy ez az út nem vezet célhoz, megfordul és halad tovább a cél felé.

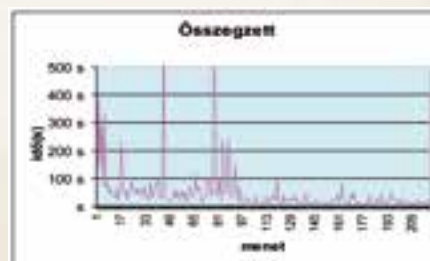
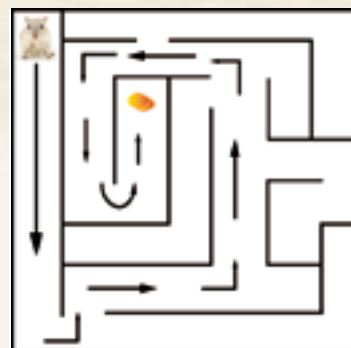
1 Próbáljátok ki!

Egyikőtök mondjon el egy hosszú (pl. száz, egymástól független szóból álló) listát, majd mindenki írja le, mire emlékszik! Ki volt a legügyesebb? Volt-e olyan szó, amelyet sokan megjegyeztek az osztályból? Volt olyan szó, amire senki nem emlékezett? Vajon miért?



Aranyhórcsög

A tanulás jutalma lehet például táplálék.



Összegzés

Viselkedésünkkel alkalmazkodunk környezetünkhöz, de alakíthatjuk is azt. A tapasztalatok hatására változó, alkalmazkodó viselkedés a tanulás eredménye. A tanulás legegyszerűbb formája az egyidejű ingerek összekapcsolása (asszociáció). Bonyolultabb viselkedéses válaszok előfeltétele az emlékezet (memória), mely a már tanult érzetek és ismeretek rögzítésére és felidézésére szolgál.

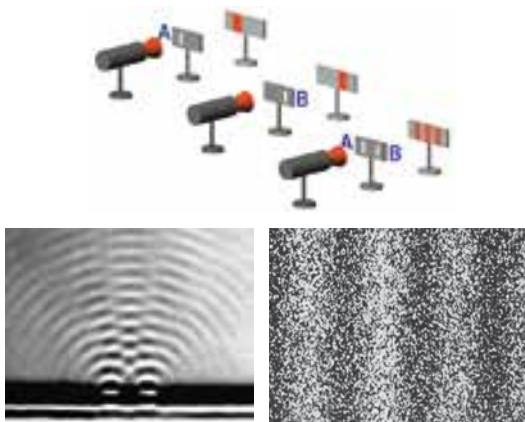
Az anyag szerkezete

31. Részecske és hullám

Korábban megtárgyaltuk, hogy a fény – a látható fény – az úgynevezett elektromágneses hullám egy fajtája. Ebben a fejezetben egy megdöbbentő feltételezéssel találkozol, és képes leszel annak bizonyítására.

- 1 Vizsgáljátok meg a jobb oldali ábrát a hullámhossz és a frekvencia összefüggésének szempontjából!

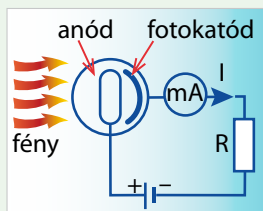
Kísérlet vízzel, fénnel és elektronnal



A hullám terjedési jellemzőinek kapcsolata. A három kép közös tulajdonságra utal. A résen áthaladó víz (bal), fény- és elektronnaláb (jobb) esetén hasonló jelenséget tapasztalunk. Mindhárom esetben a rések között egy különös csíkozatot, az ún. interferencia-mintázatot jelenik meg.

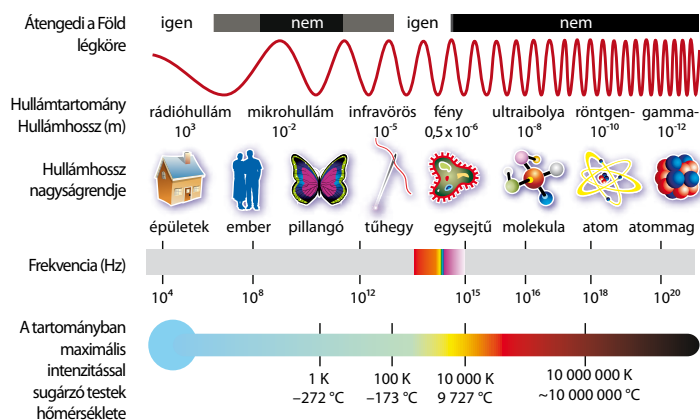
$$\text{terjedési sebesség} = \text{hullámhossz} \cdot \text{frekvencia}$$
$$c = \lambda \cdot f$$

Emlékeztető: Minden olyan elrendezést, amely lehetővé teszi, hogy a fogyasztón (R) keresztül tartóan elektromos áram folyjék, elektromos áramkörnek nevezzük. Ehhez szükséges: feszültségforrás (+|-). Az ábrán az árammérő (○→) mutatja, hogy mérni tudjuk, folyik-e áram a körben. A **fotocella működésének alapja**, hogy fény hatására a fotokatódból elektron lép ki – így záródik az áramkör –, amit az áramerősségmérő (felső kör) jelez, és az R jelű ellenálláson (vagy fogyasztón) áram folyik. Ha nem éri fény a fotocellát, akkor az áram megszűnik.



Az elektromágneses hullámok

Az elektromágneses hullámok közé tartozik a fényen kívül még például a mikrohullám, az infravörös, az ultraibolya hullám, a röntgensugárzás és a – később tárgyalandó – gamma-sugárzás is.



Az elektromágneses sugárzás spektruma

Mindenki tudja, hogy vörösen izzó fémhez nem ajánlatos hozzáérni. A tárgyak hőmérséklete és az általuk hőmérsékletükből adódó kibocsátott sugárzás „színe” – ami a frekvenciájától függ –, vagyis frekvenciája között kapcsolat van. Minél magasabb a hőmérséklete a testnek, annál nagyobb a hőmérsékleti sugárzás frekvenciája (lásd a fenti ábra alsó felét).

Azt is megtárgyaltuk, hogy a részecskék és a hullámok egyik alapvető különbsége, hogy terjedésük közben a hullámok képesek elhajlásra, interferenciára, míg a részecskék mozgásuk közben nem. Az interferencia jelenségének megfigyeléséhez szükséges, hogy a rések távolsága a hullámhossz nagyságrendjébe essen. Fényhullámok esetében például csak legfeljebb néhány mikrométer ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$) nagyságrendű távolságra lehet egymástól a két rés, mivel a fényhullámok hullámhossza $\lambda = 0,4\text{--}0,7$ mikron.

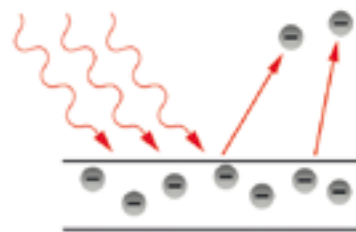
Fénynyomás

A fény – és minden elektromágneses hullám – képes nyomást gyakorolni egy felületre. A fény nyomása – ugyanúgy, mint a gázoké – a falnak adott lendületből származik. A fény nyomását földi körülmények között **Pjotr Nyikolajevics Lebegyev** bizonyította 1901-ben, azonban sokkal szemléletesebben látszik a Naprendszerben. Az üstökös csóvjának a Nappal ellentétes irányba fordulása ennek a bizonyítéka.

Fényelektromos jelenség

Kísérlet: Egy fémlapot fénnel (elektromágneses hullámmal) világítunk meg. Tapasztalható, hogy elektronok léphetnek ki a fémlapról. Vizsgálhatjuk, hogy mitől függ a kilépő elektronok sebessége, energiája, száma.

Azt tapasztaljuk, hogy a kilépő elektronok **energiája** nem a fény erősségétől, hanem színétől, vagyis frekvenciájától függ. A fény erősségétől a kilépő elektronok **száma** függ.



Azt is tapasztaljuk, hogy csak meghatározott frekvenciánál nagyobb frekvenciájú fény hatására lépnek ki az elektronok. Ezt küszöbfrekvenciának nevezzük. Ez a jelenség azzal magyarázható, hogy a fény energiája adagokban „csomagolt”, és egy ilyen adag energiája a fény színétől függ. Az elektron akkor léphet ki, ha a kilépéshez szükséges energiát – kilépési munkát – eléri az energiacsomag energiája. Azt is jelzi a kísérlet, hogy az elektron nem folyamatosan vesz fel a fény energiáját.

A fény csomagját **fotonnak**, a csomag energiáját pedig **energiakvantumnak** nevezzük.

Mi ebben a meglepő?

Meglepetés (1): A fény energiája nem folytonos, hanem adagolt, egy ilyen adag neve: **foton**, és az adag mérete a fény frekvenciájától függ.

Energia = Planck-állandó · frekvencia

Jellekkel: $E = h \cdot f$ ($h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Js)

Meglepetés (2): A fény, amikor kiüt egy elektront, nem úgy viselkedik, mint egy hullám, hanem mint egy golyó, egy részecske.

Meglepetés (3): Az elektron nem tudja a becsapódó fotonok energiáját összegyűjteni, hanem vagy felhasználja a „neki kínáltat”, vagy nem törődik vele.

Magától értetődő kérdés: Ha a fény hullám, miközben terjed, és részecske, amikor becsapódik, akkor lehet, hogy az elektron is olyan részecske, amely hullámként is tud viselkedni – mondjuk, amikor terjed?

A válasz: igen. Az elektron hullámhosszának nagyságrendje 10^{-10} m-nél is nagyságrendekkel kisebb lehet.

Ennek gyakorlati felhasználhatóságú bizonyítéka az elektronmikroszkóp működése. Az elektronmikroszkópot olyan nagyításig tudjuk használni, amelynél 10^{-8} – 10^{-9} méter távolságú pontok elkülöníthetők. Vagyis az elektron is képes terjedés közben egy résen elhajlani, illetve az interferenciára, ahogy ezt az előző oldali képen láttad.

2 Gondolkozz el azon, hogy miért nem látjuk általában ezt a fényadagot! Hogy nézne ki a világunk, ha mindig adagokban látnánk a fényt?!

3 Engedjük szabadon a fantáziánkat! Ha az elektron hullámként terjed, akkor a proton is képes erre? Ha az elektron és a proton is, akkor megfelelő körülmények között az atom is? Ha az atom igen, akkor a molekulák is? Ha a molekulák, akkor a nagyobb méretű testek is? Milyen hullámhossz rendelhető egy részecskéhez, testhez?

De Broglie-hullám

Louis de Broglie francia tudós által leírt alapelv, amely az objektumok hullám- és részecskejellegének kapcsolatát írja le: a **hullámhossz = Planck-állandó/lendület**. Mivel a Planck-állandó nagyon kicsi, azért a tömegekhez rendelt hullámhossz is kicsi, és a mindennapi életünkben észlelt tömeg annak nagyságrendjéhez képest nagyon nagy.

4 Számold ki, mekkora a te de Broglie-hullámhosszod, ha 3,6 km/h sebességgel igyekszel az iskolába! Milyen méretű az az akadály, amit hullámként tapasztalnál? Miért nem látjuk egymást hullámként?

Összegzés

A kis méretű részecskék (fotonok, elektronok) különféle körülmények között hullámként és részecskéként is viselkedhetnek, ami a nagyobb méretű részecskékre, tárgyakra már nem jellemző. Ezeknek az ismereteknek is sok gyakorlati alkalmazása van, például az elektronmikroszkóp vagy a fotocella megalkotása, használata során.

32. Vonzás és taszítás

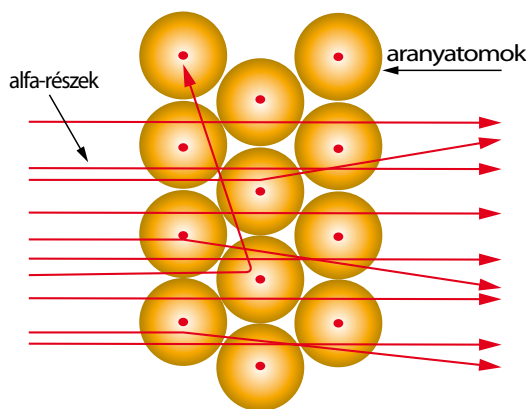
Ebben a fejezetben példát találsz arra, hogy a szemmel nem látható dolgokkal kapcsolatos kísérletek és következtetések alapján tulajdonságaik megjósolhatóak, és a jóslat bizonyítható lehet később.

Nyilvánvaló, hogy ha az atom önmagában semleges, és mondjuk van benne három elektron, akkor ugyanakkora pozitív töltésnek is kell benne lennie. Hogyan helyezkednek el ezek egymáshoz képest, ha az egyforma töltések taszítják, a különbözők pedig vonzzák egymást?

Vajon tudunk valamely anyag atomjaiból aranyatomokat csinálni?

Ha igen, akkor miért nem sikerült évszázadokig, ha nem, miért nem?

Ha nyitott szemmel vizsgálódunk a világban, és jó kérdéseket teszünk fel, akkor a válaszok bizony újabb kérdésekre sarakallnak.



1 Mit jeleznek az egyenesen áthaladó részecskék és azok aránya az összeshez viszonyítva?

Mit jeleznek a kissé eltérőők?

Mire lehet következtetni abból, hogy van, amelyik irányváltása nagymértékű?

A mag (latinul): nukleusz

Ezért az azt alkotó rész elnevezése: nukleon.

„Mint az atom!” – mondjuk néha. De valójában mi az atom?

Az „a-tomosz” görög szó és „oszthatatlan”-t jelent. **Démokritosz** (i. e. 400 körül) szerint az atomok szilárd részecskék. Nem tartalmaznak magukban semmiféle ürességet. Van súlyuk, kiterjedésük. Az atomok különböző alakúak: homorúak, domborúak, és még sok másfélék. Az atomok nem keletkeztek és nem is pusztulnak el soha: örök létezők.

Az azóta eltelt évszázadokban az anyag szerkezetéről sokkal részletesebb képet kaptunk, de az atom „oszthatóságát” csak a 19–20. század fordulója körül fedezték fel, vagyis több mint 2000 évvel később. A vizsgálódást az elektromos jelenségek megfigyelése és leírása váltotta ki.

Azt már korábban megértettük, hogy az anyag legkisebb olyan egysége, amely meghatározza kémiai tulajdonságát, vagyis azonosíthatóvá teszi, az az **atom**.

Az atom részecskékre osztásához vezető első kérdés az volt, hogy ha az anyag általában elektromosan semleges, akkor honnan származik a töltés és van-e legkisebb hordozója.

Van ilyen részecske, amely a negatív töltés hordozója. Elnevezték **elektronnak**. (Neve a görög borostyán szóból ered.)

Megmérték a töltését. Az e töltése: $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C (coulomb)

A pozitív töltés hordozóját (a protont) később tárgyaljuk.

Ernst Rutherford és munkatársai 1911-ben egy kísérletben pozitív töltésű α (alfa) részecskékkal vékony aranylemezt bombáztak.

Az alfa-részecskék becsapódását egy ernyőn figyelték. Azt találták, hogy a részecskék nagy része változatlanul halad tovább, egy kis részük eltérül, nagyon kis hányaduk pedig visszapattan. A kísérlet értelmezése alapján az ábrán látható modell rajzolható meg.

A pozitív részecskék útját vizsgálva válaszolj a bal oldalon olvasható kérdésekre!

Ha mindet megválaszoltad, akkor megtaláltad a **Rutherford-féle atommodellt**. (Ernest Rutherfordot a levont következtése után három évvel lovaggá ütötték, és később Nobel-díjat is kapott.) Rutherford később több tudóstársával együtt vizsgálta a kérdést, az atommag alkotórészeire vonatkozóan felfedezte a **protont**, majd megsejtette a **neutron** létezését. **Rutherford-modell** szerint az atom közepén nagyon kicsi, az atom térfogata tízezred részének megfelelő térben pozitív töltésű rész van. Ezt nevezzük **atommagnak**. Az atommag körül helyezkednek el az elektronok. (A következő leckében ismerjük meg az atommag felépítését.)

Ha az atommagban lévő protonok miatt pozitív töltésű a mag, és a körülötte keringő elektronok pedig negatív töltésűek, akkor felmerül a kérdés, hogy miért nem esnek bele az elektronok az őket vonzó atommagba. A fizikusok kerestek egy hasonló jelenséget, amely során két egymást vonzó anyag annak ellenére sem kerül közelebb egymáshoz, hogy annak semmilyen fizikai akadályja nincs.

A jelenség látszólag hasonló ahhoz, ahogy a Hold kering a Föld körül. Egymást vonzzák, és a Hold mégsem esik bele a Földbe.

Kiegészített Rutherford-atommodell:

Középen a kis méretű, pozitív töltésű atommag. Körülötte keringenek az elektronok. A semleges atomban ugyanannyi elektron van, ahány proton.

A modellel fizikai szempontból két súlyos probléma van:

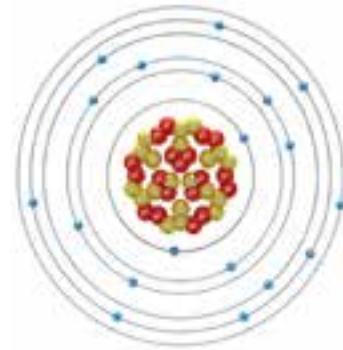
- a keringő elektronok a fizika törvényei szerint sugároznak, így energiájuk csökken, ezért bele kellene esniük a magba,
- nem magyarázza meg a vonalas színeképet (tavaly tanultál róla).

Miután a pályák válogatása nem következik az ismert természeti törvényekből, ezért magyarázatra várt.

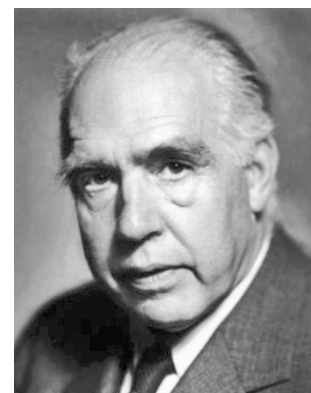
Itt jött a tudósok segítségére a **de Broglie-hullám** létének feltételezése. Csak olyan pályán lehet az elektron, ahol a pálya kerülete az elektron hullámhosszának egészszámszorosa. Ez sem adott teljes magyarázatot a jelenségekre. Az atom elektronburkának vizsgálata még sok munkát ad a tudósoknak.

Niels Bohr átvágta a gordiuszi csomót. **Modellje:**

- Az elektronok csak bizonyos meghatározott pályákon mozoghatnak, ahol nem történik folyamatos energialeadás (ezért nem esnek a magba).
- A lehetséges atompályák sugara egyetlen pozitív egész számmal jellemezhető számsorozatot alkot. Az atom akkor nyel el fotonnal érkező energiacsomagot, ha az éppen egyezik az elektron két megengedett pályájának energiakülönbségével. A gerjesztett elektron visszatérve alapállapotába az energiakülönbségnek megfelelő frekvenciájú fényt bocsát ki, ezért az elektron nem vehet fel és nem adhat le akármekkora energiát.
- Mindezek megmagyarázzák az atom stabilitását, a vonalas színeképet (lásd a Naprendszer felfedezése fejezetben), és azt, hogy az elektron miért csak adagokban képes felvenni és leadni energiát.



A mai napig általában így rajzolunk atomot



Niels Bohr

Összegzés

Az atomok további részekre, úgynevezett elemi részecskékre oszthatók. Ezek egyike a negatív töltésű elektron, amelyik a jóval kisebb méretű, pozitív töltésű atommag körül helyezkedik el. (Rutherford) Meghatározott méretű pályákon lehet, melyek között adott energiájú fotonnal gerjesztve vagy meghatározott energiájú fotont kibocsátva mehet át. (Bohr)

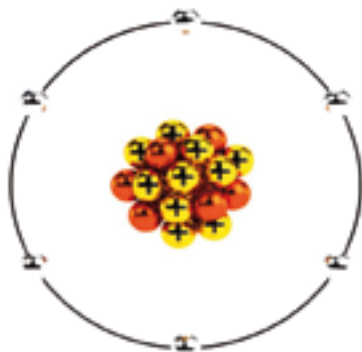
33. Az atommag összetétele

Az előző fejezetben képet kaptál az atomról. Ebben az anyagban még mélyebbre nézünk a szabad szemmel nem látható kicsinységű világba, és ízekre szedjük. Ugyanazt a vizsgálati módszert alkalmazzuk, csak még nagyobb mértékben kiegészítjük az azon alapuló képzelőerővel.

Azt tudjuk, hogy a pozitív töltések taszítják egymást (Coulomb-erő). Azt is tudjuk, hogy a tömegvonzás húsz nagyságrenddel kisebb az elektromos hatásnál, azaz – az atommag töltésének és tömegének ismeretében – nem maradhatna egyben az atommag, az elektromos taszítás azonnal szétvetné. Mégis egyben van.

A neutronok egy része protonok között helyezkedik el, ezzel csökkentve a két proton közötti taszító Coulomb-erőt, de nem szünteti meg, ezért újabb kölcsönhatást kell feltételeznünk.

1 Vajon hogyan maradhat egyben mégis az atommag?



Atommag

2 A periódusos rendszer lenti részlete alapján vizsgál meg az egyes atommagokban a protonok és a neutronok számát! Mit állapíthatsz meg a kis rendszámú atommagok és a nagy rendszámú atommagok összehasonlításával?

5 B 10.81 Bor	6 C 12.01 Szén	7 N 14.01 Nitrogén	8 O 16.00 Oxigén	9 F 18.99 Fluor	10 Ne 20.18 Neon
13 Al 26.98 Alumínium	14 Si 28.09 Szilícium	15 P 30.97 Fosfor	16 S 32.06 Kén	17 Cl 35.45 Klor	18 Ar 39.95 Argon
31 Ga 69.72 Gallium	32 Ge 72.64 Germánium	33 As 74.92 Arsén	34 Se 78.96 Szelen	35 Br 79.90 Brom	36 Kr 83.80 Kripton

Az atommag, avagy

hogyan maradnak együtt azok a részecskék, amelyek nem maradhatnak?

Azt már korábbi ismereteink alapján tudjuk, hogy az atomok magjában (a hidrogén kivételével) protonok és neutronok vannak. A protonok száma az atom rendszáma, amely meghatározza helyét a periódusos rendszerben, a tömegszáma pedig az atom tömege, amely lényegében a protonok és neutronok számának összege.

A neutron létezését a 20. század elején jósolták meg, de létét csak 1932-ben bizonyították.

A protonnak pozitív elektromos töltése van, a neutron elektromosan semleges. Tömegük közel azonos.

Méréssel megállapítható az atommag mérete, tömege és ezáltal sűrűsége is.

Az atommag sűrűsége $2,3 \cdot 10^{17} \text{ kg/m}^3$, lényegében független az atommagot alkotó nukleonok számától, azaz a kis atommag ugyanolyan sűrű, mint a nagy. Ez elképzelhetetlenül nagy sűrűség. Ekkora sűrűség mellett a Föld tömege elérné egy 183 m sugarú gömbben, vagyis a Budapest–London távolság 41 m lenne.

Magerő

Az atommagot összetartó erő – elnevezése: **magerő** – hatására kis térfogaton maradnak a pozitív elektromos töltésű protonok és a semleges töltésű neutronok. Ezzel egy időben nem vonzza közel egymáshoz az anyagban a szomszédos atommagokat. A magerő hatására az atommagok sűrűsége – az alkotórészek (nukleonok) mennyiségétől függetlenül – állandó.

Tehát a **magerő** tulajdonságai a következőkben foglalhatók össze:

- nagysága nagyságrendekkel meghaladja az elektromos taszító erőt, és vonzó hatású;
- hatótávolsága kisebb, mint két atommag távolsága – ha nem így lenne, akkor az egész világon egy atommag lenne;
- proton–proton, neutron–neutron és proton–neutron között egyaránt hat, a részecskék töltésétől függetlenül.

A protonok számának növekedésével az atommag mérete is növekszik. A magerő kis hatótávolsága miatt nem tud vonzást kialakítani két „távoli” proton között. A taszítás – a magerónál nagyobb hatótávolságú Coulomb-erő – meghatározott protonszámot meghaladó atommagok esetén legyőzi a magerő hatását.

Ezért nem lehetséges sok protont tartalmazó stabil atommagot létrehozni. Ez azt jelenti, hogy a különböző stabil atomfajták száma véges.

Tömeghiány, avagy:

lehetséges-e, hogy $1\text{ kg} + 1\text{ kg}$ kevesebb, mint 2 kg ?

Bizony lehetséges, ha nem is ilyen nagy méretekben.

A fluoratom 9 protonból és 10 neutronból áll (természetes izotópja nincs is más), tehát tömegszáma 19. A periódusos rendszerben található relatív atomtömege mégis 18,99. Felvetődik a kérdés: hová tűnt a tömeg?

Az atommagok esetében is definiálhatunk kötési energiát (E_b), amely ahhoz szükséges, hogy az atommagot szabad nukleonokra (neutronokra és protonokra) bontsuk szét. A tömeg és az energia kapcsolatára érvényes az $E = mc^2$ összefüggés. Tehát ezzel magyarázható, hogy mikor a fluor atom magja kialakult, a felszabaduló energia csökkentette a nyugalmi tömeget.

Ha a kötési energiát elosztjuk a magot felépítő nukleonok számával, akkor megkapjuk az egy nukleonra jutó kötési energiát. A magot alkotó részecskék annál stabilabb magot alkotnak, minél nagyobb az egy nukleonra jutó energia, azaz mennél nagyobb energia szabadul fel a mag kialakulásakor nukleononként. (Ez azt is jelenti, hogy a mag összességében alacsonyabb energiaszinten van.) Az egy nukleonra jutó kötési energiát mutatja a grafikon.

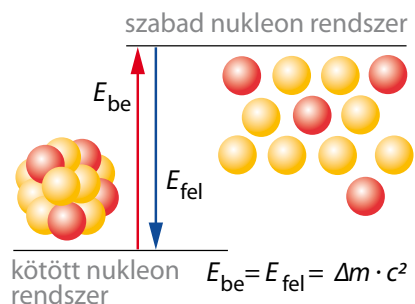
Látható, hogy megfelelő körülmények között a nagy rendszámú (protonszámú) atommagok bomlással kerülhetnek alacsonyabb energiaszintre. Vagyis, bomlásuknál hasadási energia szabadul fel.

A kis atommagok egyesülésénél alacsonyabb energiaszintre kerülhetnek az egyes alkotóelemek, vagyis egyesülésükkel fűzős energia szabadul fel. A görbe legkisebb értéke a vasnál (Fe) van, a fűzős energiafelszabadulás itt megáll. Ezért nevezik ezt a területet „vastónak”.

Radioaktivitás

Egy konkrét protonszámú (rendszámú) atom energiája lényegében a protonok és neutronok arányától függ. Az atommag az energiaminimumra törekszik.

Amennyiben az egy nukleonra jutó kötési energia maximális az adott protonszám mellett, akkor az atommag stabil, amennyiben nem ez áll fenn, akkor megváltozik az atommag összetétele. Ez a jelenség a **radioaktivitás**, ami lehet **természetes és mesterséges**. Fajtái az alfa-, a béta- és a gamma-sugárzás. Az alfa-bomlás esetén két protonból és két neutronból álló csoport (tulajdonképpen egy héliumatommag) lép ki az atommagból és hagyja el az atomot. A kirepülő alfa-rész sebessége rendkívül nagy. A béta-bomlás esetén egy neutron protonná alakul és egy elektron is képződik folyamatban, amely kilép az atommagból. A gamma sugárzásánál az atommag nagy frekvenciájú fotont bocsát ki, ez mindkét fajta bomlást kísérheti.



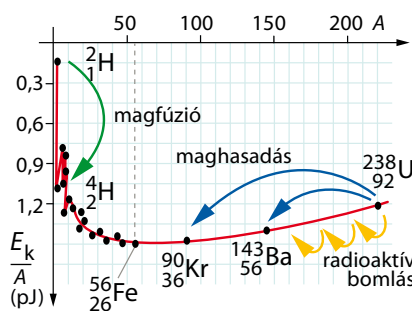
Tömeghiány: Az atommagok tömege mindig kisebb, mint az azt alkotó ugyanannyi különálló („szabad”) proton és neutron, azaz az atommagot alkotó nukleonok össztömege.

EMLÉKEZTETŐ: a fény sebessége:

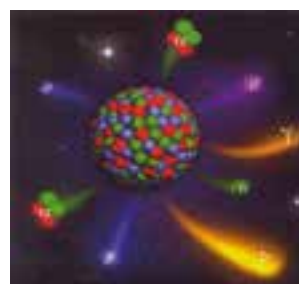
 $300\,000\,000\,(3 \cdot 10^8)\,\text{m/s}$

Ha 1 kg tömeg teljes egészében energiává tudna alakulni, az 90 000 000 000 000 000 ($9 \cdot 10^{16}$) J energia felszabadulását jelentené, ami 25 000 000 000 ($2,5 \cdot 10^{10}$) kWh.

Ez az energia kb. Magyarország összes háztartásának hároméves energiafogyasztásával egyenlő.



Egy nukleonra jutó kötési energia különböző
protonszámú atomokban



Radioaktivitás

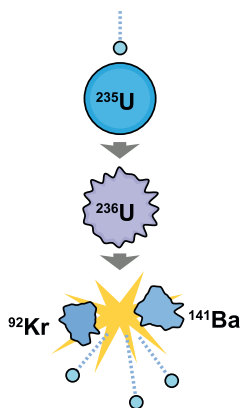
Összegzés

Az atommagot az elektromos kölcsönhatásnál erősebb, de kisebb hatótávolságú magerők tartják össze. Ez nagy energiaszabadulással jár, ami már mérhető tömegcsökkenést okoz. Ezt fejezi ki a kötési energia.

Az elemek radioaktív bomlásuk miatt csak meghatározott proton- és neutronszámú atommagok stabilak. Az ettől kissé eltérő összetételű atommagok radioaktívak, elemi részecskéket és energiát kibocsátva stabil atommagokká alakulnak.

34. Atommagok kettéválása, egyesülése

Ebben a fejezetben az – előzőekben szerzett – ismereteink alapján felfedezzük a láncreakciót, és képet kapunk annak ellenőrzött és ellenőrizetlen felhasználásáról.



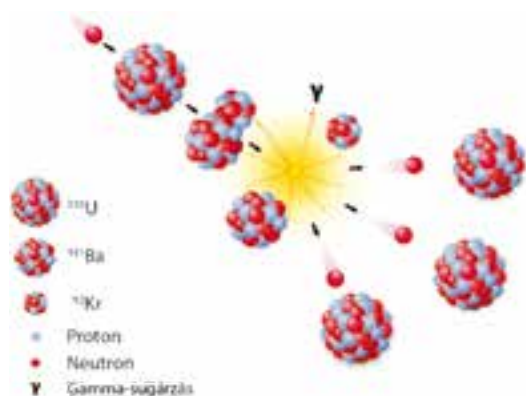
Uránatommag hasadásakor 3 szabad neutron keletkezik

1 Beszéljétek meg, hogy protont vagy neutront próbálnátok-e bejuttatni az atommagba! Indokoljátok meg döntéseteket!

2 Nézd meg, hogy mennyi a báriumatommagban és a kriptonban a protonok és a neutronok száma!

A Ba megjelenése után miért épp kripton kezdtek keresni a tudósok?

Vizsgáld meg a folyamatban a neutronok számát! Mit fedezel fel?



A maghasadás láncreakciója neutronokkal

Maghasadás

Az előzőekben tárgyaltuk és elemeztük, hogy az atommag lehetőség szerint olyan állapotváltozásokon megy át, amelyek az energiáját csökkentik. Azt is láttuk, hogy ez az energia alapvetően a protonok és a neutronok arányától függ. A folyamatban vagy kis stabil héliumatommag lép ki a nagy atommagból, vagy neutron (negatív béta-bomlás esetén) alakul át. Ez volt a radioaktivitás alfa-, illetve béta-bomlásnak elnevezett módja.

Mi történne, ha egy stabil atommagot mesterségesen „megráznánk”, azaz mesterségesen megváltoztatnánk a protonok és neutronok arányát. A kétfajta nukleon új aránya miatt az atommag kikerül egyensúlyi állapotából, instabillá válik.

A tudósok egy kísérletben 235-ös tömegszámú uránatomoknak ütköztettek neutronokat. A becsapódó neutronokkal kapcsolatban azt várták, hogy az uránmagok elnyelik azokat, és 92 protonból és 144 neutronból álló sugárzó uránmagokat kapnak. Ezzel szemben ott nem levő báriumot (85 neutronnal) és kripton (56 neutronnal) találtak. Vagyis hasadt az atommag, és közben neutronok szabadultak fel. Megfigyelték azt is, hogy ha a felszabaduló neutron túl lassú, akkor el sem éri az atommagot, ha pedig túl gyors, akkor egyszerűen átrohan rajta, miközben kicsit lelassul. Ebben az esetben mozgási energiájából valamennyit átad az atommagnak, de más nem történik.

Neutront juttatva az atommagba, arra lehetett számítani, hogy a besugárzott atommag radioaktívvá válik és sugározni kezd. De nem ez történt. A tudósok sem tudnak előre mindent, ezért különösen megfontoltnak kell lenni az új kísérletek tervezésénél és annak eldöntésénél, hogy belekezdjenek-e a kísérletbe. Nem is könnyű a döntés általában.

A magfizikai láncreakció lényege, hogy a hasítási folyamatot megfelelő sebességű neutron váltja ki, és a folyamatban egynél több neutron szabadul fel, amely meghatározott körülmények között újabb hasadásokat indít. Ekkor – megfelelő körülmények között – olyan önfenntartó folyamat zajlik, amelynek mértéke addig növekszik, amíg a feltételek nem változnak meg, vagy az anyag el nem fogy.

Egy neutron hasít egy atommagot, és a hasadás után átlagosan 2-3 új neutron válik szabadná. Ezek a neutronok újabb atommagokat hasíthatnak.

Ha három felszabaduló neutronnal számolunk, akkor 3 „új” neutron is hasít összesen egy-egy atommagot. A következő lépésnél 3, az azt követőnél 9 mag hasad 27 neutront felszabadítva.

A harmincadik lépésben 3^{40} , azaz $1,2157665 \cdot 10^{19}$ hasadás lép fel, ha a körülmények megfelelőek.

A maghasadás esetén a láncreakcióhoz szükséges minimális mennyiségű hasadó anyag tömegét szokás megadni. Ez a **kritikus tömeg** (angolul: critical mass). A kritikus tömegnél kisebb tömegű anyagból túl sok neutron szökhet el, vagyis nem indul meg, vagy megszakad a láncreakció. A kritikus tömegnél nagyobb anyagmennyiség esetén véletlenszerűen (spontán) is elindulhat a láncreakció, szabályozhatatlanná válik, és robbanás következik be. A tudósok felismerték annak jelentőségét, kockázatát és a felelősséget, hogy olyan eszköz került az emberiség kezébe, amely hatalmas energiák felszabadulásával járó folyamat beindítását eredményezheti.

Ha ezt az energiát ellenőrzött körülmények között szabadítjuk fel, akkor az emberiség egy addig nem remélt nagyságú energiaforráshoz juthat. Ellenőrizetlen folyamatban viszont olyan fegyverré válik, amelynek hatását el sem lehetett képzelni. Mind a szabályozott, mind a szabályozatlan láncreakciót alkalmazó eszköz elkészült: a szabályozott eszköz az atomreaktor, a szabályozatlan az atombomba.

Az atombomba felrobbantásakor az emberiség láthatta annak romboló hatását. A láncreakció szabályozásának lényege, hogy a folyamat ne gyorsuljon, azaz átlagosan ne kettő-három, hanem csak egy neutron hasítson a következő lépésben.

A korábban írtak alapján ez azt jelenti, hogy a hasadásnál felszabaduló neutronok sebességét és az elnyelt neutronok számát kell szabályozni. Atomerőműben a neutronelnyelő szabályozó anyagot moderátornak nevezik.

Magfúzió

Korábban láttuk, hogy a kis rendszámú (könnyű) atommagok részecskéi úgy tudnak erősebb kötést létrehozni, és ezáltal alacsonyabb energiaszintre kerülni, így energiát leadni, hogy egyesülnek (fuzionálnak). A folyamat beindításához az szükséges, hogy a pozitív töltésű atommagok – amelyek elektromosan taszítják egymást – olyan közel tudjanak kerülni egymáshoz, hogy a nukleonok közti magerő érvényesülhessen, és összekösse azokat egy atommaggá. Ezt elegendő számú atommag hatalmas sebességgel való ütköztetésével érjük el. A magok egyesülésénél felszabaduló energia a folyamat fenntartásában részt vevő atommagok gyorsítását eredményezi. **Az önfenntartó folyamat lényege, hogy a hatalmas hőmérsékletű anyaghalmaz egyben tartásával, az atommagok ütközésével újabb és újabb fúziók történnek, újabb energiafelszabadulást és újabb fúziót előidézve.**

A csillagok energiáját ilyen atommag-egyesülések adják. A Nap is ettől ad – többek közt – fényt és élteti bolygónkat.

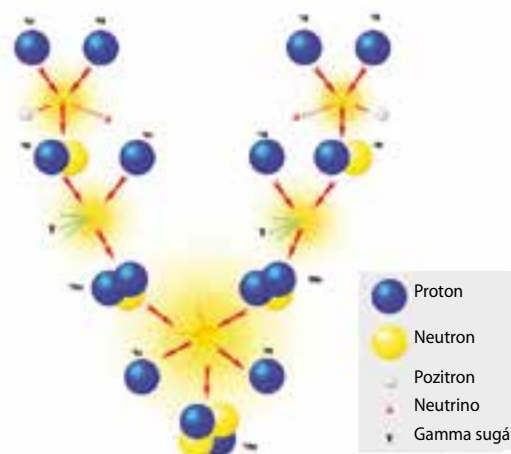


A hirosimai atombomba gombafelhője és a bomba hatása

Az **ellenőrzött** folyamatot lehetővé tevő energiatermelő eszközt atomerőműnek, az **ellenőrizetlen** energiafelszabadítót atombombának hívjuk.



Atomreaktor



A Nap energiáját is adó magfúzió

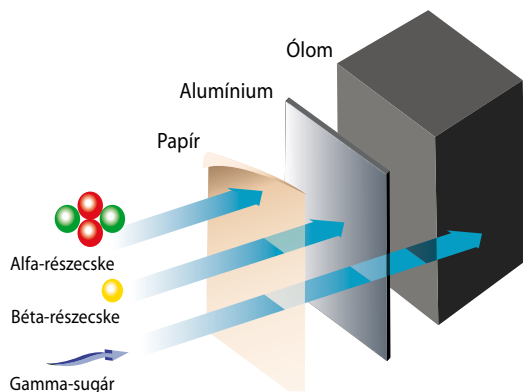
Összegzés

Az atommagok külső hatás révén is válhatnak instabillá. Ezt használják fel az atomreaktorokban, az atombombákban és a mesterséges radioaktív izotópokban, amelyet az orvoslásban is használnak. A kritikus tömeg az a mennyiség, amely szükséges a magkémiai láncreakció beindulásához.

35. Atomi fizika a mindennapokban

A következő fejezet részletes képet ad a radioaktivitással kapcsolatos valódi veszélyekről, és megtanít azokra a fogalmakra, amelyek pontos alkalmazásával eligazodhatsz a radioaktivitás világában.

A radioaktív anyagok alkalmazása



A radioaktivitás oka és forrása a nem stabil atommag, vagyis az az állapot, amelyben a protonok és neutronok aránya nem felel meg az energiaminimum elvének. Az ilyen atommagok alfa-, béta- vagy gamma-sugárzással csökkentik energiájukat.

A méretükből adódóan az alfa-részecskéket már egy papírlap is megállítja, a béta-bomlás során keletkező részecskének megállításához, elnyeléséhez már fémlemez szükséges, a gamma-sugárzás áthatoló képessége a legnagyobb. Az alfa- és béta-sugárzás ionizáló sugárzás, hiszen töltéssel rendelkező részecske keletkezik az alfa- és béta-bomlás során, amelyek befogása ionokat hoz létre.

A radioaktivitás ott befolyásolja legjobban a környezetet, ahol energiáját leadja, vagy ott, ahol molekulák, atomok szerkezetét változtatja meg. Ezért az egyes radioaktív sugárzásoknak más és más a hatásuk az élő szervezetre.

A radioaktivitás jellemzői

- **Felezési idő:** azt az időt, amely alatt egy radioaktív anyagban a radioaktív magok száma a kezdeti érték felére csökken, felezési időnek nevezzük, ami jellemző az adott izotópra.

A különböző radioaktív anyagok felezési ideje 100 millió év nagyságrendtől a másodperc milliárdod részéig terjedhet. Általában stabil magoknak tekintik azokat, melyek felezési ideje a technikai felezési idő-maximumnál nagyobb, és instabil radioaktív magoknak azokat, melyek felezési ideje ennél kisebb.

Az izotópok egy adott elem különböző tömegszámú (neutrons számú) változatai. A ^{14}C azt jelöli, hogy a szénatomnak 14-es a tömegszáma, és mivel rendszáma 6, így 8 neutron van benne. A szénnek van ^{12}C izotópja is.

- **Aktivitás:** Egy adott radioaktív anyag aktivitásán az időegység alatt bekövetkező bomlások számát értjük. Mértékegysége: Bq (becquerel; 1/s). 1 Bq az aktivitása annak az anyaghalmaznak, amelyben másodpercenként egy atommag bomlik szét.
- **Dózis:** A sugárzásból 1 kg anyag által elnyelt energia mennyisége. A biológiai szövetben elnyelődött sugárzás mértékegysége Sievert, jele Sv. (A természetes háttérsugárzás éves világátlaga 2,4 mSv.)
- **Élettani hatások:** Az ionizáló sugárzások hatására képződött ionok reakcióképesek, és meg tudnak változtatni olyan biológiailag fontos molekulákat, mint a nukleinsavak és az enzimek, amelyek fontos szerepet játszanak az öröklődésben, a fehérjetermelésben, a biológiai folyamatokban. A sejtek mindenkori érzékenysége változó. Az élő szervezetek fiatal korban nagy sejtosztódási aktivitásuk miatt általában érzékenyebbek, mint a felnőtt szervezetek.

A vérképzés a nagy dózisú sugárzástól megszűnhet. Dózistól függően a regeneráció 5-6 nap múlva kezdődik meg. A nyiroksejtek eltűnnek, 5 nap múlva jelennek meg ismét. A pajzsmirigy is igen sugárérzékeny, rákos szövetburjánzása indulhat meg. A tüdőből a radioaktív por köhögéssel nem képes kiürülni – ami megnöveli a tüdőrák kialakulásának kockázatát. A mellben – elsősorban a nőknél – a tejmirigyekben felhalmozódó cézium és ruténium 10–20 éven belül rákot okoz. Az ivarmirigyek is jelentősen károsodhatnak: nemzőképtelenség következhet be, mivel a herék csírasejttermelése megszűnhet. Jelentős dózisú sugárzás hatására a petefészek tömege csökken, a tüszők zsugorodnak, roncsolódnak az öröklődési anyagok. Így torzszülöttek jöhetnek világra, akár több nemzedéken keresztül is. A csontok rendkívüli sugárérzékenysége a vérkép megváltozásával magyarázható. A bőrön okozott elváltozások a következők lehetnek: gyulladás, pigmentáció, szőrzet kihullása.



CT-vizsgálat



Pajzsmirigyrák gyógykezelése

Az egyszerre elszennvedett nagyobb dózis biológiai hatása mindig nagyobb, a szervezet teljes mértékben soha nem épül újjá. Egyes kismértékű sugáradagok hatásai sem állíthatók helyre: ilyenek pl. a genetikai károsodások vagy a rosszindulatú daganatok. A sugáradag mértékétől függően különítjük el a sugárbetegség fokozatait.

Radioaktivitás alkalmazása

- **Egészségügy:** A radioaktivitást az egészségügy is felhasználja. Az orvosi vizsgálatok nagy részénél (mint például a rendkívül elterjedt komputertomográf (CT) és röntgendiagnosztikai vizsgálatok esetében) szervezeteinket egy-egy alkalommal a vizsgálatról függően 0,02–12mSv dózis éri.

Radioaktív izotópok alkalmazási területei a következők:

- a kivizsgálás elején, szűrővizsgálatnál;
 - a betegség lefolyásának követésére, ismert diagnózis esetén;
 - a terápiás beavatkozások eredményességének lemérésére;
 - a betegség gyógykezelésére, amely főleg a daganatok, a kóros pajzsmirigyműködés és vörösvértest-megszaporodás esetén kerül alkalmazásra. Így a pajzsmirigy kóros túlműködése jódiótoppal gyógyítható. A szájon át bejuttatott vagy az érbe befecskendezett foszforizotóp béta-sugárzása a daganatok ellen hatásos, illetve csökkenti a kórosan megszorodott vörösvértesteket.
- **Kormeghatározás:** A módszer lényege a következő: ha a kozmikus sugárzás hatására létrejövő neutronok a földi atmoszférán áthaladva beleütköznek a nitrogén atommagjába, akkor a nitrogénatom 14-es tömegszámú szénizotóppá alakul át. Ez a szénatom instabil, radioaktív: béta-bomlással, 5730 éves felezési idővel bomlik. A tápláléklánccal a szén bejut az élő szervezetbe, s az élő szervezetek szénizotóp-tartalma állandó értékű. A stabil ^{12}C izotóp aránya a radioaktív ^{14}C izotóphoz viszonyítva 1012 : 1. A halál beállta után a szervezet már nem vesz fel több szenet, ezért a ^{14}C részaránya állandóan csökken. A két szénizotóp arányának radiometrikus meghatározása adja meg a vizsgált anyag korát.
- A ^{14}C -módszerrel mérhető maximális kor 50–70 ezer év, a hibahatár általában ± 100 év, az analitikai módszerek és kalibrálások pontosításával egyre kisebb. Elvileg minden biológiai eredetű szén tartalmazó anyag kora mérhető ezzel a módszerrel.

1 Nézz utána, hogy mi okozhat pajzsmirigyrákot, hogyan lehet megelőzni, és ha kialakult, akkor hogyan lehet gyógyítani!

Összegzés

Ebben a fejezetben megtanultad a radioaktív anyagok felhasználásának módjait, az általuk okozott veszélyeket és azok elkerülésének lehetőségeit. Érdemes fejben tartani ezeket a dolgokat.

36. Áramló elektronok a mindennapokban

A fejezetben az elektromossággal kapcsolatos fogalmakkal, ismeretekkel találkozol. A mindennapokban való könnyebb eligazodáshoz rendszerezük az elektromosság témakörét.

1 Mennyi az áram erőssége abban a vezetőben, amelyen egy óra alatt 100 C töltés áramlik át?

2 Egy telefon $I = 10 \text{ mA}$ erősségű árammal működik. Mennyi töltés halad át a vezetékén egy 10 perces beszélgetés alatt?

- ✓ vezetékes telefon: 10 mA
- ✓ izzólámpa: 0,1–0,6 A
- ✓ mikrohullámú sütő: 5–10 A
- ✓ vasaló: 2 A
- ✓ villanybojler: 10 A
- ✓ autók önindítója: 200–400 A
- ✓ villanymozdony: 2000 A
- ✓ villám: 5000–300 000 A

3 Nézd meg, hogy az általad használt elektromos eszközök mekkora erősségű áramot és mekkora feszültséget viselnek el!



Georg Ohm



Nagyfeszültségű vezeték



Többmagos CPU-procессzor

Az elektromos áram

Tavaly már tanultuk, hogy elektromos mezőbe helyezett töltésre erő hat. Amennyiben ezen erő hatására a töltések elmozdulnak, „áramlani” kezdenek, akkor áramról beszélünk.

Töltések egyirányú áramlását elektromos áramnak nevezzük. Az elektromos áramot az áramerősség jellemzi.

Az áramerősség a vezető keresztmetszetén egységnyi idő alatt áthaladó töltésmennyiséget jellemző fizikai mennyiség. Mértékegysége az amper (A).

Jele: I . Származtatása, számítási módja: $I = \frac{Q}{t}$.

$1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}}$ (egy amper egyenlő egy coulomb töltés egy másodperc alatti áramlásával).

Abban az esetben, ha az áramerősség értéke időben állandó, akkor **egyenáramról** beszélünk.

Elektromos ellenállás

A feszültség és az áramerősség egymással egyenesen arányos, tehát hányadosuk állandó. Az elektromos ellenállás azt mutatja meg, hogy egy adott vezető mekkora mértékben akadályozza az elektronok szabad áramlását. Elektromos ellenállás szempontjából az anyagokat **vezető**, **szigetelő** és **félvezető** kategóriákra osztjuk.

Az ellenállás jele: R , mértékegysége: Ω (ohm)

– **Vezetők:** Jó elektromos vezetők azok az anyagok, amelyekben a töltéshordozók (elektronok, ionok) könnyen tudnak vándorolni. Jó vezetők például a fémek, az emberi test, a grafit, a hígított savak, a sóoldatok, a tengervíz.

Fémes vezetés: Atomi állapotban az elektronok az atommag közelében maradnak, meghatározott energiaértékkel rendelkező „héjakon” helyezkednek el. Fémek esetén a rácshoz rendeződött atomok magjától legtávolabb lévő, úgynevezett vegyértékelektronok sok atommag közös vonzása alá tartoznak, ezért kevésbé helyhez kötöttek.

– **Szigetelők:** A jó szigetelőkben a töltéshordozók csak nagy feszültség hatására képesek elmozdulni, pl. kréta, porcelán, szárított növények, száraz papír, üveg, desztillált víz.

– **Félvezetők:** Olyan anyagok, amelyek ellenállása a fémeké és a szigetelőké között van (kb. 10^{-3} – $10^7 \Omega/\text{cm}$), és amelyekben a szabad töltéshordozók sűrűsége bizonyos hőmérsékleti határok között a hőmérséklet emelkedésével növekedik, vagyis az ellenállásuk ebben a hőmérsékleti tartományban a hőmérséklet növekedésével csökken. A számítástechnika ma teljes egészében a félvezetőkre épül.

Az elektromos áram hatásai

- **Hőhatás:** Az elektronok ütköznek a vezető részecskéivel. A vezető részecskéi élénkebben rezegnek. Nő a vezető belső energiája. Nő a vezető hőmérséklete. Az izzólámpa wolframszála a rajta átfolyó áram hatására fel-forrósodik és izzani kezd.

Világítóttestek energiafogyasztása és élettartama

Lámpatípus	Melegítésre felhasznált energia (%)	Világításra felhasznált energia (%)	Élettartam (óra)
Normál izzó	95	5	1 000
Halogénlámpa	93	7	2 000
IRC-halogénlámpa	91	9	4 000
Kompakt fénycső	75	25	6 000–12 000
Fénycső	71	29	12 000–42 000
LED-égő	5–15	85–95	20 000

Bimetál kapcsoló: A bimetál két egymásra ragasztott, különböző hőtágulású fémszalag. Az áram hatására a bimetál felmelegszik és meggyűrű. Ekkor megszakad az áramkör, a bimetál lehűl és kiegyenesedik, ezáltal zárja az áramkört.

- **Kémiai hatás (elektrolízis):** Áram vezetése közben az elektrolitokban kémiai változás mehet végbe. Ezt alkalmazzuk például a vízbontás, akkumulátorok töltése, alumíniumgyártás és a galvanizálás során is.
- **Mágneses hatás:** Erről a 9.-es tankönyvben már részletesen olvashattatok.
- **Élettani hatás:** Az emberi test vezeti az áramot. A testen áthaladó áram hatására égési sérülések keletkezhetnek, a test nedveiben kémiai változás mehet végbe, izom-összehúzás, görcs, idegbénulás, légzészavar, szívbénulás léphet fel. Az elektromos áram olykor életet is menthet. A szívkamra-fibrilláció, hirtelen szívmegállás esetén a **defibrillátor** alkalmazásával lehet életet menteni. Használata szakértelmet igényel, de érdemes megtanulni az elsősegélynyújtáshoz.

4 Mit gondolsz, miért nem csapja agyon magát az elektromos áram?



Hagyományos izzó



Kompakt fénycső



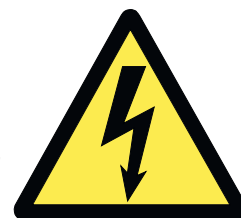
Defibrillátor

A galvanizálás menete



A segítségnyújtás lépései áramütés esetén

- **Segítségkérés.**
- **Kiszabadítás az áramkörből:** áramtalanítás, biztosíték lekapcsolása, vagy valamilyen szigetelő anyaggal elhúzni vagy eltolni a sérültet.
- **Elsősegélynyújtás.** Ha eszméleténél van, feküdjön vagy üljön. Ha eszméletlen, de lélegzik, stabil oldalfektetés. Ha nincs pulzusa, szívmasszázs.
- A mentők a **104**, vagy az általános segélyhívó értesítése a **112-es telefonszámon**.



Összegzés

A fejezet leírta az elektromos áram lényegét, hatásait. Javasoljuk, hogy különösen a hatásait és az áramütés esetén szükséges teendőket ne felejtse el. Életet menthetsz vele. A sajátodat is.

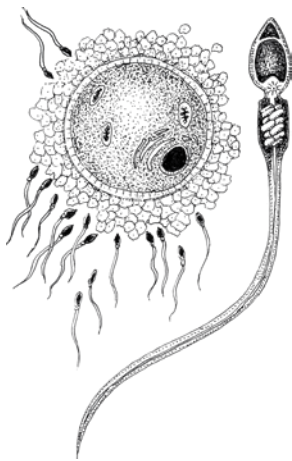
37. A rejtett terv

Minden élőlény: szervezet. Formájuk, viselkedésük nem a véletlen műve. Milyen tervrajz alapján jön létre rendjük, milyen program és hogyan valósítja meg? Mi módon adódik át a program egyik élőlényről a másikra? Ezeket a kérdésekkel foglalkozik a genetika.



Louis Pasteur szobra a párizsi Pasteur Intézet előtt
Pasteur bizonyította, hogy az ősnemzés tana téves: az életet mindig az egyik élőlény adja át a másiknak.

- 1 Beszéljétek meg! Miért veszélyesek az élelmiszerekben elszaporodó baktériumok vagy penészgombák? Hogyan védekezhetünk ellenük? Milyen előnyei és hátrányai vannak az egyes módszereknek?



Mai tudásunkat tükröző rajz az emberi petesejtről és a hímivarsejtekről (közülük egy kinagyítva jobbra)
A petesejtben sötét folt jelzi a sejtmagot.
A hímivarsejt feji részében van a sejtmag (az örökítőanyaggal), nyaki része az energiatermelést, a farokrésze a mozgást szolgálja.

- 3 Beszéljétek meg! Mi az előnye annak, hogy a klónozott egyedek öröklött tulajdonságai azonosak? Milyen hátránya lehet ennek? Miért tilos az ember klónozása?

Minden sejt sejtéből lesz

Sokáig vélték azt, hogy élőlény „magától”, élőlény közreműködése nélkül is keletkezhet. Ez az elképzelés az ősnemzés.



Ősnemzés vagy nemzés?

Az ősnemzés elképzelése szerint iszapból féreg vagy akár béka is keletkezhet.

Az ősnemzés elképzelését már a 18. századtól kísérletekkel cáfolták. A mikroszkóp felfedezése után azonban egyetlen csepp romlott húslevesben is apró, sejtmag nélküli lények tömegét pillantották meg. **Baktériumok** voltak. Talán ezek valóban ősnemzéssel keletkeznek? A híres francia kutató, Pasteur alaposan felforraltta a húslevest, ezzel elpusztította benne a baktériumokat. Ha ezután biztosította, hogy ne juszanak be a levegőből újabbak, a húsleves nem romlott meg, nem keletkeztek benne baktériumok. Világossá vált, hogy a legegyszerűbb élő sejt is csak egy élő sejtéből keletkezhet.

Ivaros és ivartalan szaporodás

A 18. századra bizonyították, hogy a legtöbb faj **ivarosan**, **szexuális úton** szaporodik. Életük kezdete: két ivarsejt – a **petesejt** és a **hímivarsejt** – egyesülése egyetlen sejté (zigótává).

- 2 Becsüld meg a rajz alapján, hogy kb. hányszor nagyobb egy petesejt átmérője, mint a hímivarsejt feji részének hossza! Hányszor nagyobb a térfogata?

Sok élőlény **ivartalanul** is képes szaporodni. Ekkor testi sejtekből jönnek létre az új egyedek. A jelenséget azonos öröklött tulajdonságú egyedek tömegének előállítására használják (sejtklónozás). Sok növényt ősidőktől csak így szaporítanak (burgonya), másoknál ez a fajta fenntartásának eszköze (szőlő, nemesnyárok, gyümölcsfajták).

Baktériumok és vírusok

A baktériumok nem hoznak létre ivarsejteket, mégis képesek örökítőanyaguk átadására. Sejtjeik néha rövid időre összeolvadnak egymással, és a keletkező hídon át az örökítőanyag (DNS) egy része átjut a „hím jellegű” baktériumból a „női jel-

legűbe”. Az örökítőanyag néha értékes információt rejt, például egy gyógyszer (antibiotikum) elleni védekezést biztosító hordozójának. Így gyorsan elterjedhetnek gyógyszerekkel szemben **védtett (rezisztens)** kórokozók.

A baktériumok vírusok útján is cserélhetnek információt. A **vírusok** az örökítőanyag fehérjeburokba csomagolt részletei. Nincs önálló anyagcseréjük, szaporodni is csak élő szervezetbe kerülve tudnak. Sejtről sejtre terjedve másoltatják magukat. Eközben sokszor elpusztítják a gazdasejtet, néha azonban nem okoznak benne kárt, sőt, az átvitt információ a gazdasejt számára hasznos is lehet.

- 4 Nézz utána! A felsorolt betegségek közül melyeket okozzák baktériumok, melyeket vírusok? Melyik ellen kapunk védőoltásokat?

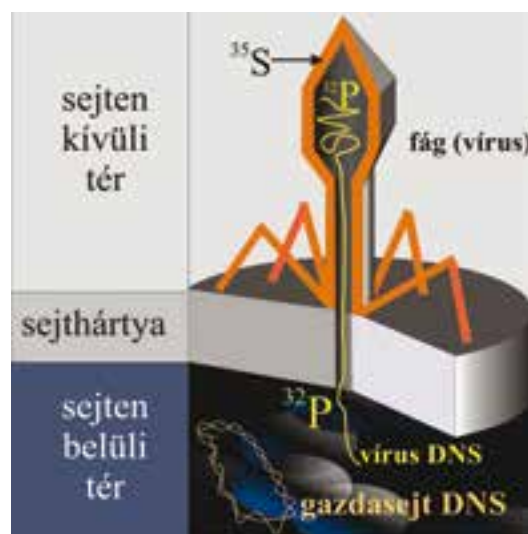
AIDS, diftéria (torokgyík), tetanusz, rubeola (rózsahimlő), pestis, TBC (tüdőgümőkór), influenza

- 5 Beszéljétek meg! Milyen hasonlóságok vannak a biológiai és a számítógépes vírusok között?

Génmódosított élőlények?

A vírusokat újabban felhasználják élőlények tulajdonságainak szándékos módosítására. Kiválasztanak egy kívánatos tulajdonságot, és kihalásztatják az örökítőanyagból azt a szakaszt (gént), ami ezért felelős. Ezt a DNS-darabot (amit transzgénnek neveznek) vírusba csomagolják, és így juttatják be a fogadó sejtbe. Ha a befogadó életben marad, és az átvitt gén működni kezd benne, **genetikailag módosított élőlény** (angolul GMO = genetically modified organism) jön létre. GMO-baktériumokat ma már kiterjedten használnak a gyógyászatban, például inzulinhormon termelésére cukorbetegség számára. Erősen vitatott mezőgazdasági alkalmazásuk. A támogatók szerint az új, előnyösebb tulajdonságú fajták hasznosak. Az egyik GMO-kukoricát például nem kell permetezni a rovarkátevők ellen, mert a bevitt DNS-molekula hatására saját maga termeli a rovarölő mérgeanyagot. Az ellenzők viszont úgy érvelnek, hogy ez az eljárás természetellenes és beláthatatlan kockázatokkal jár.

- 7 Gondold végig! Milyen következményekkel járna, ha a GMO-kukorica transzgénje átkerülne a saját belünkben élő baktériumokba?



A DNS örökítő szerepének kísérleti bizonyítása vírusok segítségével (a „fágok” a vírusok egyik csoportja) A kutatók radioaktív foszforral (^{32}P) jelölték meg a vírus DNS-ét, és radioaktív kénnel (^{35}S) a fehérjét. A fertőzést a sejtbe bekerült foszfortartalmú DNS, és nem a kint maradt fehérjeburok okozta.

- 6 A védőoltásokról többet olvashatsz az Eduvital honlapon, a Gyűjtemény/Biológiai háttéranyag/Vírusok, prionok fejezetben!



Génmódosított akváriumi halak Ezekbe az eredetileg csíkos zebrafániókba medúzatranszgént juttattak. A halak a kezelés hatására fluoreszkálni kezdtek.

- 8 Vitassátok meg! Fogyasztanál-e GMO-burgonyát vagy kukoricát? Visszaütasítanád-e a GMO-élőlények által termelt gyógyszert? Hozzájárulnál-e, hogy örökítő tulajdonságaidat genetikai beavatkozással megváltoztassák? Látsz-e különbséget az eljárások között?

Összegzés

Minden élőlény sejtekből áll. Sejt csak sejtből lesz. A sejtek tulajdonságait megszabó információt az örökítőanyag (többnyire DNS) hordozza. Ha ezt egyetlen sejt adja át utódjának: a szaporodás ivartalan. Ha két ivarsejt egyesülése előzi meg: a folyamat ivaros. Genetikai információt vírusfertőzés vagy szándékos emberi beavatkozás is átvihet egyik élőlényből a másikba (GMO, genetikailag módosított lények).

38. Állandóság és változékonyság (az öröklődés)

„Nem esik messze az alma a fájától” – tartja a mondás. Valójában mely tulajdonságaink öröklődnek és milyen mértékben? A válaszadáshoz olyan jellegeket kerestek, amelyeket nem vagy alig befolyásol a környezet változása. Tegyük fel, hogy sajátságaink mindegyikét az örökítőanyag egy darabja, egy-egy gén okozza! Ekkor a tulajdonságok eloszlásából következtethetünk a gének eloszlására. A látható forma alapján fölismerhetjük a láthatatlan terv egy-egy részletét.



Három nemzedék
Tulajdonságaink egy része különös módon öröklődik: a nagyszülők néhány jellegzetessége látszólag eltűnik a gyermekekben, ám újra megjelenhet az unokákban. A jelenség magyarázatát Mendel találta meg a 19. században.

1 Beszéljétek meg! Örökölheto-e? Ha igen, milyen mértékben? Vagy csak a hajlama?

Cukorbetegség, influenza, intelligencia, bőrszín, testmagasság, vércsoport, műveltség, depresszió, tejcukor-érzékenység, nyelvezék



Gregor Mendel
Ágoston-rendi szerzetes arcképe
Mendel írta le a genetika alaptörvényeit.

Amit öröklünk: belső lehetőségeink

Tulajdonságaink egy része erősen függ környezetünkől, életmódunktól. Ilyen például az izomerő, a mesterségbeli tudás. Más jellemzőink öröklöttek, ezeket nem vagy alig befolyásolja a környezet. Ilyen például a szemszín vagy a vércsoport.

Legtöbb tulajdonságunk úgy jön létre, hogy öröklött lehetőségeinkből több-kevesebb megvalósul. Így például egy öröklött jó térlátású emberből kiváló mérnök lehet – de csak akkor, ha megfelelő képzésben részesül.

Rendellenességek, hibák is öröklődhetnek, például a vérzenékenység (a véralvadás zavara). Sok betegségnek csak a **hajlama** öröklődik: ekkor a betegség megjelenésének valószínűsége nagyobb az átlagosnál, de nem biztos, hogy be is következik.

Genetika

Az öröklődés szabályait kutató tudományág a **genetika** (a görög *genao* jelentése: szülök, létrehozok, okozok). Az elnevezés **gróf Festetics Imre** 18. századi magyar természetkutatótól származik. Azt az elképzelést tükrözi, hogy a sejteinkben rejtőző **gének** okozzák az öröklött jellegeket. Az öröklés szabályait **Gregor Mendel** természettudós írta le először a 19. században. Ekkor már tudták, hogy minden ivaros szaporodó élőlény két ivarsejt egyesüléséből jön létre. Ezért tulajdonságainkat két gén (egy apai és egy anyai eredetű) kölcsönhatása szabja meg. Testi sejteink **kétszeres** génállományt hordoznak (diploidok). Az állati vagy emberi ivarsejtek keletkezésékor a gének száma megfelelődik, és egyszeres génállományú, más néven haploid sejtek jönnek létre.

Bármelyik génnek létezhet többféle változata. Ezek ugyanazon jelleg eltérő változatait hozzák létre (például barna, kék, zöld, szürke szemszínt). Ha egy élőlény mindkét szülőtől azonos típusú génváltozatot kap, **homozigóta** lesz. Az is lehet, hogy az apai és az anyai eredetű génváltozat különböző, ekkor (erre a jellegre nézve) **heterozigóta** az egyed.

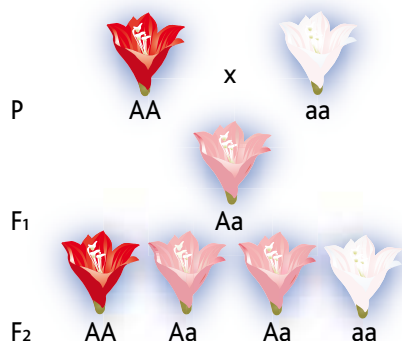
Öröklésmenetek

Mendel megfigyelése szerint homozigóta szülők utódai (az első utódnemzedék) a vizsgált jelleg szempontjából mindig azonosak. Az utódok utódai (a második utódnemzedék tagjai) között viszont meghatározott arányban megjelennek a nagyszülők tulajdonságai. Az egyes nemzedékeket hagyományosan így jelölik: P (latinul parentes) = szülői nemzedék, $F_{1,2,3} \dots$ (latinul filiales) = első, második, harmadik utódnemzedék.

Az öröklésmenetek közül a **köztes öröklésmenetben** a heterozigóták jellemzői mindkét homozigótától megkülönböztethetők. Így öröklődik például a csodatölcsér nevű virág színe.

A **domináns-recesszív** öröklésmenetben a heterozigótákban az egyik génváltozat hatása elnyomja a másikat, „uralkodik fölötté” (dominus latinul: úr). Ilyen például a borsószemek színe: a sárga domináns a zölddel szemben.

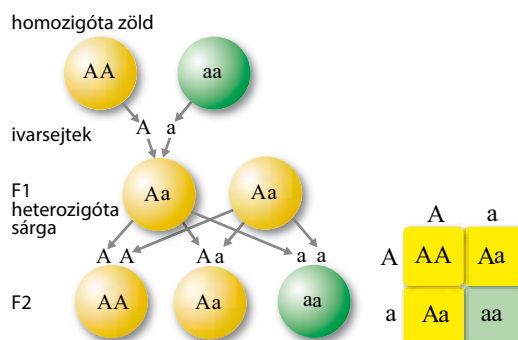
A tulajdonságok többsége bonyolultabban öröklődik. Sokszor mindkét génváltozat hatása megnyilvánul, de nem azonos mértékben. Gyakori az is, hogy egy tulajdonságot nem egy, hanem több gén is befolyásol (például a bőr színét).



Öröklésmenet köztes öröklés esetén

Piros génváltozatokat, allélokat hordozó, más szóval piros genotípusú (AA) és fehér (aa genotípusú) homozigóta csodatölcsérek keresztezéséből csupa rózsaszín virágú csodatölcsér lesz (F₁ nemzedék, Aa genotípus).

Rózsaszín virágúak utódai között viszont 1:2:1 arányban jelennek meg piros, rózsaszín és fehér virágúak.



Borsószemek színét meghatározó genotípusok
Egy gén változatait mindig ugyanazon jellel jelölik, a domináns génváltozatokat általában nagy-, a recesszíveket kisbetűvel. A homozigóta (AA) és a heterozigóta (Aa) sárga borsószemek megjelenésükben (fenotípus) azonosak, mert ha a sárga színt meghatározó „A” génváltozat jelen van, a szem színe sárga lesz.

Mellette: a tulajdonságok eloszlásának valószínűségét legegyszerűbben táblázatos formában adhatjuk meg (jelen esetben 3:1 az arány).



Az egyiptetűjű ikrek nemcsak testi tulajdonságaikban hasonlítanak egymásra, hanem gyakran érdeklődésük, gondolkodásmódjuk is hasonló. Vizsgálatuk a genetikusokat segíti annak megállapításában, hogy öröklöttek vagy szereztek tulajdonságaikat.

- Gondold végig! Az unokákban néha nem a szülők, hanem a nagyszülők tulajdonságai jelennek meg. Mi a legegyszerűbb magyarázat?
- Mi történik, ha heterozigóta sárga magvú borsót zölddel keresztezünk? Különbséget lehet-e tenni ezen a módon a „külsőre” azonos, de genetikailag különböző sárga borsók között?
- Mi az esélye annak, hogy két rózsaszín virágú csodatölcsér magjaiból rózsaszín virágú csodatölcsér hajt ki?
- A legtöbb genetikailag öröklődő rendellenességet a recesszív génváltozat okozza. Ennek ismeretében magyarázd meg, miért előnyös, hogy kétszeres génállományú sejtekből állunk!

Összegzés

Az élőlények tulajdonságai részben öröklöttek: belső lehetőségeikből annyi valósul meg, amennyit környezetük megenged. Az ivarosán szaporodó élőlények öröklött tulajdonságait az őket létrehozó ivarsejtek szabják meg. A testi sejtek génjeinek fele a hím-, fele a női ivarsejtből származik. Ezek génjei sokszor azonosak (homozigóták), de lehetnek különböző génváltozatok is (heterozigóták). A heterozigóta utódokban a két génváltozat kölcsönhatása dönti el, hogy melyik milyen mértékben nyilvánul meg.

39. Mennyiség és minőség

Az emberrel nem kísérletezhetünk. Hogyan ismerhetjük meg mégis öröklött tulajdonságainkat? Az egyik lehetőség a családfakutatás. Ha ezt a módszert sok család öröklésére kiterjesztjük, minőségi és mennyiségi jellegek eloszlását is vizsgálhatjuk. A jellegek többsége mennyiségi: ekkor több gén és a környezet kölcsönhatását is figyelembe kell vennünk.



Johann Sebastian Bach (balra), a barokk kor legnagyobb zeneszerzője gyermekeivel. A Bach-családból sok nemzedéken át számos kiváló muzsikusként került ki.

Családfaelemzés

Az emberi tulajdonságok öröklésmenetének vizsgálatára megfelelő módszer a **családfaelemzés**. Ha a vizsgált tulajdonság előfordulását egy családon belül több nemzedéken át követjük nyomon, következtetni tudunk az öröklésmenetre is.

Az Rh-vércsoportrendszer esetében ismert, hogy Rh-negatív apának és Rh-negatív anyának csak Rh-negatív gyermeke lehet (kivéve, ha mutáció következik be – azaz az örökítőanyag spon-tán és megmaradóan megváltozik, és új genetikai tulajdonság keletkezik). Ha valamelyik szülő Rh-pozitív, a gyermek lehet Rh-pozitív is, Rh-negatív, ugyanis az Rh-negatív jelleg recesszív, az Rh-pozitív pedig dominánsan öröklődik. Az Rh-pozitív vércsoportú szülők tehát homo- vagy heterozigóták is lehetnek. Hogy gyermekük milyen lesz, az attól függ, melyik gént változatukat adták tovább (lásd a példát!).

- 1 Nézzetek utána, hogy az Eötvös családban kik voltak írók, politikusok, tudósok! Milyen rokonsági kapcsolat fűzte őket össze? Gyűjtsetek további példákat olyan családokra, melyekből neves művészek, tudósok kerültek ki!

- 2 Rajzold fel saját családod családfáját! Hány nemzedékig tudod nyomon követni? Ha van valamilyen jellegzetesség, amit ismersz, tüntesd fel! Vajon öröklődő jelleg-e? Figyelem! A tulajdonságok egy része – például a betegségek – bizalmas információ, személyiségi jogokat érinthet. Ezeket csak az illető személy (vagy ha kiskorú: a szülő) beleegyezésével hozd nyilvánosságra!

Példa

Egy házaspár férfitagja Rh-pozitív, a nő Rh-negatív vércsoportú. A férfi apja Rh-pozitív, édesanyja Rh-negatív vércsoportú. Milyen géneket kaphatott tőlük? Milyen gyermekek milyen eséllyel szülehetnek e házasságból?

Megoldás

Rajzoljuk fel a családfát! (Az ábrán r jelöli az Rh-negatív, R az Rh-pozitív gént változatot.) Az anya biztosan homozigóta recesszív (rr). Az apa édesanyja Rh-negatív volt (rr), így tőle biztosan kapott egy r gént változatot, más néven allélt.

A táblázat mutatja, hogy ebből a házasságból 50-50%-os eséllyel szülehet Rh-pozitív vagy Rh-negatív vércsoportú gyermek.

	az apa ivarsejtjei	
az anya ivarsejtjei	R	r
r	Rr Rh-pozitív	rr Rh-negatív



- 3 Születhet-e két egészséges szülő házasságából albinó gyermek? Mekkora eséllyel születhet egészséges gyermek, ha az egyik szülő egészséges és homozigóta, a másik albinó?

Sok gént változat hátrányos hatású. Többségük recesszív. Ilyen például a teljes bőrfestékhány, az albinizmus. (Az albinók nagyon érzékenyek az erős napsütésre.)

Az albinók tehát csak homozigóták lehetnek, viszont a több ember között is lehetnek heterozigóták, akik hordozzák a recesszív gént változatot.

Miért jó a sokféleség?

A sokféle öröklődő rendellenesség ellenére szerencsére kevés az öröklött beteg ember. Kicsi az esélye annak, hogy két olyan ember kössön házasságot, akik **ugyanazt** a hibás recesz-szív génváltozatot hordozzák. A genetikai betegség megjelenésének valószínűsége csak akkor nő meg, ha közeli rokonok kötnek házasságot. A rokonok génváltozatai ugyanis részben azonosak (a testvéreké például 50%-ban). A rokonházasságok tilalmának éppen az lehet az oka, hogy megfigyelték: az ilyen házasságból született gyerekeket sokszor a „sors sújtja” a legkülönbözőbb betegségekkel.

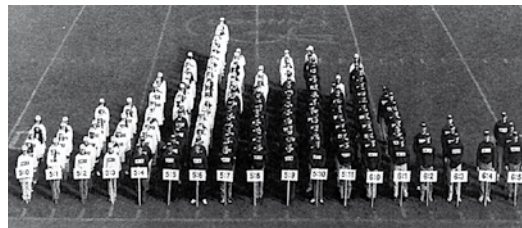
Az állattartók **beltenyésztés** néven ismerik a rokon egyedek szaporítását. Ezek az élőlények tulajdonságaikban egységesek. A recesszíven öröklődő hibák megjelenése miatt azonban gyakran megindul az állomány genetikai romlása.

Mennyiségi jellegek

Az élőlények sok tulajdonsága **mennyiségi jelleg**. Ilyen például az emberek testmagassága vagy a búza termésmennyisége. E jellegek eloszlása gyakran szabályos haranggörbét mutat. Ezek **sok gén** által meghatározott (**poligénes**) jellegek.

A mennyiségi jellegek erősen függnak a környezettől. A jó termőföld növeli a búza termésátlagát, a rossz pedig csökkenti. A környezet befolyásának mértéke két módon dönthető el. Vagy azonos körülmények között kell vizsgálni a különböző génállományú egyedeket, vagy különböző körülmények között az azonosakat. **Francis Galton** az utóbbi utat követte az egyiptetjű ikrekről írott tanulmányában. Míg a kétpetjű ikrek génjei 50%-ban hasonlítanak, az egyiptetjűek genetikailag azonosak, így tulajdonságaik különbsége az eltérő körülményekre, életutakra vezethető vissza.

- 4 Beszéljétek meg! Milyen előnye lehet a beltenyésztett, azonos genotípusú egyedek tenyésztésének? Mi a hátránya?



Az emberi testmagasság eloszlási görbéje
Egy kollégium lány hallgatói (fehérben) és fiú hallgatói (sötét öltözkében) magasság szerinti sorokba állítva. A táblákon a sorok magassága lábban van megadva (1 angol láb = 0,3048 m). A legkisebb érték 5 láb, a legnagyobb 6 láb 5 hüvelyk. (1 láb: 12 hüvelyk)

- 5 Számold át! Hány centiméteresek a legmagasabb fiúk ebben a kollégiumban? Vajon genetikai vagy környezeti különbségek okozzák a fiúk és a lányok eltérő magasságát? Hogyan lehetne eldönteni?

- 6 Tanulmányozd a táblázatok adatait! Mire kereste a választ az első vizsgálat? Mire jutottak? Minek alapján következtettek a második vizsgálatban arra, hogy az adott betegségnek van-e öröklött háttere (hajlama)?

Ikervizsgálatok eredményei (A hasonlóság %-os mértéke az eredményekben)

vizsgálati módszer	egyiptetjű ikrek		kétpetjű ikrek
	külön nevelve	együtt nevelve	együtt nevelve
iskolai eredmények	62%	98%	83%

vizsgált betegségek együttes előfordulása*	egyiptetjű ikrek	kétpetjű ikrek	örökletesség
cukorbetegség	0,47	0,10	van
magas vérnyomás	0,25	0,09	van
rák	0,16	0,13	nincs (a vizsgált típus esetében)

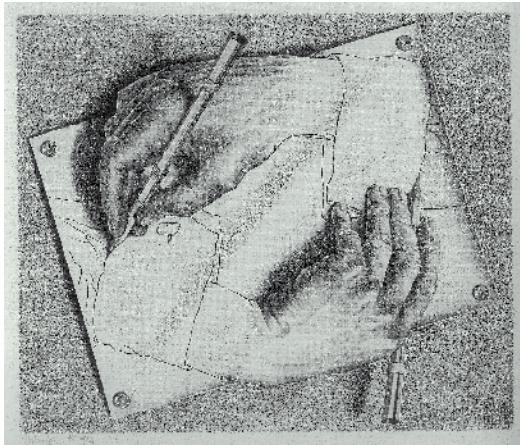
(* Az érték 1, ha a betegség mindkét testvérben előfordult, 0, ha csak az egyikben.)

Összegzés

Az ember öröklődő tulajdonságaira a családfák elemzése alapján következtethetünk. Az öröklődő rendellenességek többnyire rejtőzködők (recesszívek). Ezek megjelenése ellen véd a genetikai sokféleség. A jellegek többsége mennyiségi: sok gén és a környezettel való kölcsönhatás szabja meg.

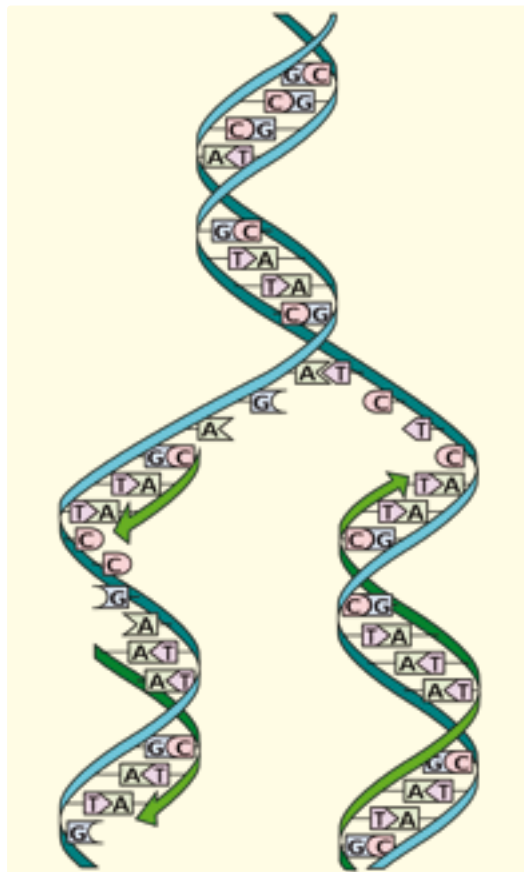
40. Az öröklődés molekulái

Mendel a gének hatásaival foglalkozott (38. fejezet). Az őt követő kutatók arra is kíváncsiak voltak, hogy miből vannak, hol találhatók, és hogyan működnek a gének. Ezekkel a kérdésekkel foglalkozik a molekuláris genetika.



M. C. Escher: Önmagukat rajzoló kezek

- 1 Az örökítőanyag melyik tulajdonságát jeleníti meg a holland művész alkotása?



A DNS megkettőződése

A keresett és megtalált molekula: a DNS

Hol találhatók a gének? A kutatók megfigyelték, hogy ha finom eszközökkel kiemelik a magot a sejtéből, a sejt elveszti osztódóképességét, és hamarosan el is pusztul. Ha viszont egy mag nélküli sejtplazmába másik sejtmagot juttattak, akkor a sejtek az új magra jellemző sajátságokat mutatták. Az örökítőanyag tehát a sejtmagban található.

A kutatók nem vaktában keresgéltek. Olyan molekulára számítottak, melyet többféle alkotórész hoz létre (ezek a „betűk”, amik az információt hordozzák), amely óriási (hogy sok információt tudjon tárolni), és amely (segítséggel) képes önmagát megkettőzni. Csak így képzelhető el, hogy az információ megmarad a kiindulási sejtben is, és átkerül annak utódaiba is.

A 20. század második felében igazolták, hogy a keresett örökítőanyag a sejtmagban található **DNS** (deoxiribonukleinsav) molekula. (Az elnevezésben a „nuklein” szó a sejtmagra utal, nucleus = mag, latinul.) A DNS négyféle szerves bázist (molekularészletet) tartalmaz. A DNS-ben két párhuzamosan futó molekulaszálhoz kapcsolódik a négyféle bázis. Ezek: adenin, timin, guanin, citozin, rövidítve: A, T, G, C. A bázisok „kiegészítik” egymást, úgy, hogy adeninnel szemben mindig timin, citozinnal szemben pedig guanin álljon. A párhuzamos szálak közül csak az egyik hordoz jelentést, a másik ennek „negatívja”, ami a pontos másolás szolgálatában áll.

A DNS úgy kettőződik meg, hogy egy enzim a cipzárhoz hasonlóan szétválasztja a két fonalat, egy másik enzim pedig a régi szálak mellé egy-egy új szálát hoz létre. Így két, azonos felépítésű molekula jön létre.

- 2 Folytasd a láncot! Melyik a következő 3 bázis, ami be fog épülni a keletkező új láncba?

3 Rejtjeles üzenet

Egy képzeletbeli ország, Ipafa lakói négybetűs nyelvet beszélnek. ABC-jük I, P, F és A betűkből áll. Egyik hadvezérük rejtjeles üzenetet küldött, melyben az I-k helyére A-t, az F betűk helyére P-t írt. Az üzenet így szólt: AFI PIA FIF PAI FIF.

Fejtsd meg az üzenetet! Miben hasonlít Ipafa lakóinak nyelve a DNS-éhez? Melyik biológiai folyamatot jelképezi a titkosítás és a megfejtés?

- 4 Ha valakit lefényképezünk, vagy ha egy magyar mondatot angolra fordítunk, szintén másolatot készítünk. Mi a különbség e folyamatok és a DNS megkettőződése között?

A rejtjeles szöveg jelentése

A DNS szerkezetének földerítői, Watson és Crick már tudták, hogy a négyféle bázisból álló szöveget a fehérjék „nyelvére” fordítja le a szervezet. A **gén** olyan **DNS-szakasz**, amely egy fehérjét (annak aminosavsorrendjét) határoz meg.

Néhány tulajdonságunkat az aminosavsorrend közvetlenül megszabja. A kollagénfehérje szerkezete például biztosítja inaink nagy szakítószilárdságát. Gyakoribb, hogy a létrejövő fehérje enzim. Ekkor az enzim által létrehozott anyag tulajdonságát észleljük. Így például a szem színét az szabja meg, hogy a szivárványhártyában levő enzimek kék, barna vagy másféle színanyagokat állítanak-e elő. Néhány gént „karmesternek” neveznek: ezek sok másik gént irányítanak, kapcsolnak be vagy ki, „vezényelnek” egyidejűleg.

Mutációk

A vizsgálatok szerint a DNS megkettőződése igen pontosan zajlik. Akár egymillió helyes lépés is végbemegy, mire egyetlen hiba bekövetkezik. A DNS öröklődő megváltozásait **mutációknak** nevezik (a szó latinul változást jelent). A mutáció vonatkozhat egyetlen bázisra („betűcsere”, „betűkiesés”), de hosszabb DNS-szakaszokra is. Hatása a sajtóhibákéra emlékeztet: többnyire negatív (kiesik egy életműködés) vagy semleges (pl. a kék szemszín kialakulása).

Mivel a mutációk hatása többnyire káros, a **mutációk** gyakoriságát **fokozó** (mutagén) **hatások** veszélyesek, kerülendők – gyakran egyúttal rákkeltők is. Ilyenek a nagyenergiájú (ultraibolya és röntgen-, vagy radioaktív) sugárzások és sokféle vegyület (például nikotin, rovarirtószerek).

Ami az egyén számára kockázat, a faj szempontjából lehet előny. Új környezetben esetleg éppen a megváltozott tulajdonságú mutánsok lesznek életképesebbek.

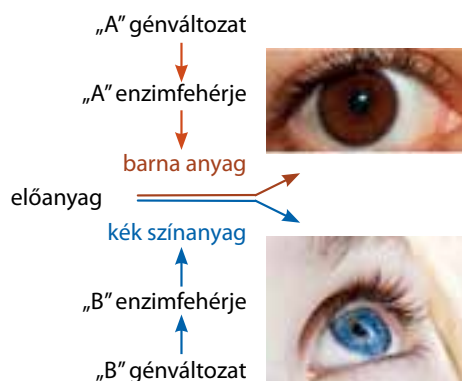
6 Beszéljétek meg! Miért valószínűbb, hogy egy betűelírás sajtóhiba lesz, mint az, hogy javít az eredeti szövegen? Miért valószínűbb, hogy egy mutáció káros lesz, mint az, hogy hasznos?

7 Soroljatok fel foglalkozásokat, melyek végzői fokozott mutációveszélynek vannak kitéve! Milyen munkavédelmi szabályokkal csökkenthető a kockázat?

8 A létrejövő mutációknak csak kis része jut át az utódokba. Miért?

Összegzés

Az öröklődő tulajdonságokat megszabó információt egy óriásmolekula, a DNS (dezoxiribonukleinsav) tartalmazza. Ez szabja meg fehérjéink tulajdonságait, ezáltal testi jellemzőinket is. A DNS párhuzamosan futó két szála képes a megkettőződésre, így a teljes információ továbbadódhat az utódsejtekre. Mutációkor a DNS szerkezete megváltozik, és az új szerkezet átkerülhet az utódsejtekbe is.



A génváltozatok és a tulajdonságok kapcsolata
Egy mai vizsgálat szerint a kék szeműek a barna szeműektől származnak, úgy, hogy szemükben egy mutáns génváltozat hatására nem jön létre a barna pigment (színanyag).

5 Keresetek további öröklődő jellegzetességeket, melyek semleges hatásúak, azaz sem előnyt, sem hátrányt nem jelentenek hordozóik számára!

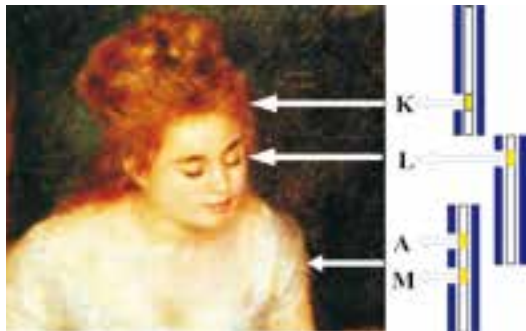


Mutáns nyúl képe
Ez az állat Japánban, a fukusimai atomerőmű közelében jött a világra a reaktorbaleset után.

9 Beszéljétek meg!
Bizonyos-e, hogy a képen látható rendelkezés az örökítőanyagban bekövetkezett változás (mutáció) miatt lépett fel? Biztos-e, hogy a reaktorbaleset az ok? Hogyan lehetne eldönteni? Miért fontos ezt tudni?

41. Lehetőség és elköteleződés

Egyetlen gén önmagában csak egyetlen fehérje szerkezetét szabja meg (40. fejezet). Szervezetünkben azonban sok ezer fehérje működik egyidejűleg. Mi teremti meg együttműködésüket? Lennie kell olyan információnak is, mely arra vonatkozik, hogy hol, mikor, meddig és mennyi fehérje jöjjön létre. Az újabb kutatások szerint a DNS-nek csak kis részét teszik ki a „valódi” gének. A többi szabályozó szakasz: a gének ki- és bekapcsolását irányítja.



Sejtjeink munkamegosztása (séma)

Bár testi sejtjeink azonos genetikai információt hordoznak, a gének többségének működését tartósan gátolja a szervezet (a gátlást az ábrán sötét csíkkal jelöltük). A hajhagymákban – többek között – a hajszerkezetet alkotó keratinfehérjét (K) meghatározó gén működik. A könnyemirigyben lizozim (L) keletkezik. Az izomrostokban az aktin (A) és a miozin (M) génje aktív.



A nők és a férfiak testének arányai
A különbségek fő oka az, hogy a nemi érés idején más gének lépnek működésbe a férfiakban, mint a nőkben.

2 Gondold végig!

Az emberek szakmát választanak, a sejtek specializálódnak. Mi a hasonlóság és a különbség a két folyamat között? Miben különbözik a hivatás szó jelentése a szakmáétól? Melyik hasonlít inkább sejtjeink „életútjához”?

3 Nézz utána!

Néhány sejtünk – az őssejtek – nem specializálódnak. Milyen lehetőséget jelenthetnek ezek az orvostudomány számára?

A genetikai program

Az egyedfejlődés visszafordíthatatlan folyamat. A hernyóból báb, majd lepke lesz, a gyermekből serdülő, felnőtt, majd öreg. Az egyedfejlődést belső program vezérli. Ez szabja meg a génműködések egymásutánját, ez biztosítja azt, hogy sokféle sejt szoros szövetsége, **szervezet** jöhessen létre. A megtermékenyített petesejtből kialakuló sejtek különböző működésekre „szakosodnak”: **specializálódnak** (species latin = faj, fajta, jelleg). Így például az izomfehérjéket (aktint és miozint) az izomrostok termelik.

1 Nézz utána!

Mely sejtjeink specializálódtak az alábbi fehérjék termelésére? Inzulin, pepszin, amiláz

Engedelmes sejtek

Az egyedfejlődés során a sejtek lehetőségei fokozatosan szűkülnek. E folyamat szélső esete a fölösleges sejtek pusztulása: a **programozott sejthalál**. A „programozott” jelző utal arra, hogy ezt a folyamatot genetikailag rögzített lépések sora vezérli, és a normális egyedfejlődés része. Ilyen programozott módon pusztulnak el például az emberi magzat ujjait elválasztó sejtek a kéz ujjainak különválása során. Ha a programozott sejthalál és a sejtosztódások üteme azonos, a szervezet egyensúlyban van. Az ellenőrzés alól elszabadult sejtpusztulás vagy sejtosztódás ellenben súlyos veszélyek, melyek minden soksejtű lényt fenyegetnek.

Kóros pusztulás – kóros burjánzás

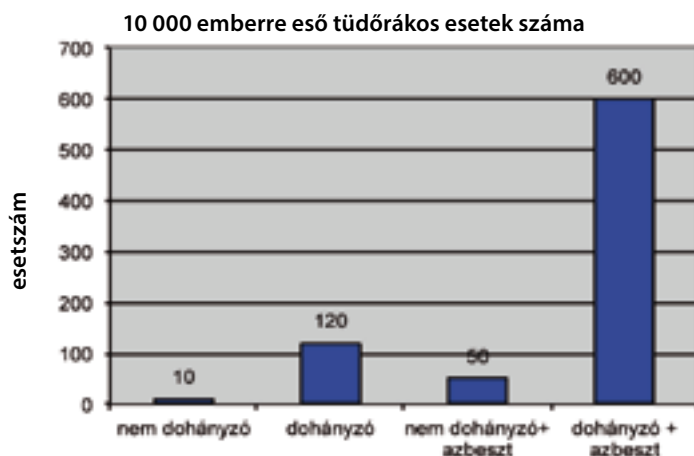
A **kóros sejtpusztulás** sérülés, fertőzés vagy oxigénhiány miatt következhet be. Ha a szervezet nem tud gátat szabni a pusztulásnak, végzetessé is válhat (infarktus, elfertőződött sebek üszkösödése). Ugyanilyen veszedelmes a sejtpusztulás ellentéte, a **sejtburjánzás (rák, daganat)** is. Ekkor a sejtek egy csoportjának osztódása válik szabályozatlanná. Bármely sejt válhat rákos góccá. Ha a burjánzó sejtek a helyükön maradnak, jóindulatú daganat jön létre. A rosszindulatú ráktípusok ellenben leszáradó sejteik révén a véráramba kerülve messzire juthatnak, s a szervezet távoli pontjain képezhetnek újabb góccokat. Ezek az **áttétek**.

A daganatos betegségek a nyugati világ fő haláloklai, ezért sok kutató dolgozik okaik kiderítésén és gyógyításukon. Vizsgálták a rákkeltő és a mutációfokozó (mutagén) hatásokat, s úgy találták, hogy ezek sokszor azonosak. Ez nem véletlen, ha fölteszük, hogy a daganat megjelenését a sejtosztódást

szabályozó génszakaszok mutációja okozza. Bizonyított az összefüggés a kockázati tényezők – például a dohányzás, az erős ultraibolya sugárzás – és a légúti rákok gyakorisága között. A megelőzés tehát szükséges is, lehetséges is.

Jelek és módszerek

A rák sok típusa korai szakaszban fölismerhető, ekkor a gyógyulás esélye sokkal nagyobb. Gyanús a szokatlan duzzanat (például az emlőn), a bőrön terjeszkedő, határozatlan körvonalú folt, vagy a gyógyulni nem akaró seb. Ilyet észlelve azonnal orvoshoz kell fordulni! A rendszeres orvosi **szűrővizsgálatok** (bőr-, tüdő-, nőgyógyászati) sokszor lehetővé teszik a korai felismerést, ami életmentő lehet. A további lehetőségek közül a sejtosztódást gátló szerek (citosztatikumok) bénítják a sejtanyagcserét. Ez ugyan lassítja a daganatok burjánzását, de tönkreteszi az ép, osztódó sejteket is. A gyógyulás kulcsát sokan az immunrendszer megerősítésében látják. Az immunrendszer ugyanis a rákos góccokat is képes elpusztítani, ha azokat a megváltozott felszíni fehérjék miatt felismeri. Sajnos sokszor éppen azok a mutációk rákkeltők, amelyek védelmi rendszerünk valamelyik tagját tették tönkre.



A tüdőrák és az életmód kapcsolata
A grafikon asbeszttel dolgozó dohányzó és nem dohányzó személyek körében mutatja a tüdőrák gyakoriságát.

- 9 A génműködés szabályozásáról többet olvashatsz az Eduvital honlapján, a Gyűjtemény/Biológiai háttéranyag fejezetben, a Genetika címszó alatt.

- 4 Vitassátok meg! Miben hasonlít egymáshoz az önző emberi viselkedés és a rákos sejtek működése? Gyakran hallható érv, hogy „Öregapám is nagy dohányos volt, mégis kilencven éves koráig élt.” Meggyőző-e ez az érvelés? Miért?



Melanoma, rossszindulatú ráktípus
Megváltozott alakú, terjedő anyajegy észlelésekor azonnal orvoshoz kell fordulni!
Ha időben eltávolítják, nem képez áttéteket, és lehetséges a gyógyulás.

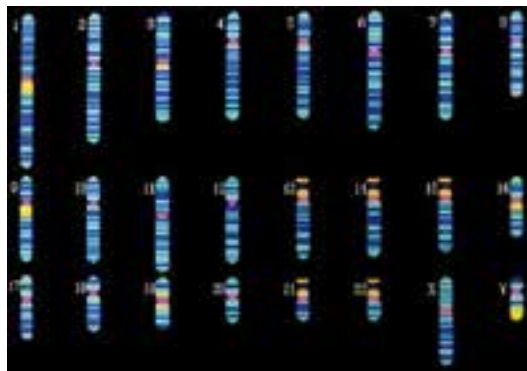
- 5 Gondold végig!
Mit jelent az a kifejezés, hogy a daganat sejtjei „örökifjú” sejtek? Miért lenne jó, ha a szervezet egészéhez hasonlóan ezek is „öregednének”?
- 6 Milyen következtetés vonható le a grafikonon ábrázolt adatokból?
- 7 A rendszeres orvosi szűrővizsgálat növeli a rákos betegségek gyógyításának esélyét. Miért?
- 8 A rákos daganat súlyos betegség, de nem öröklődik. Miért nem? Öröklődhet viszont bizonyos rákfajtákra való hajlam. Mit jelent ez?

Összegzés

Életműködéseink összhangja és iránya génjeink szabályozott ki- és bekapcsolásán alapul. Legtöbb sejtünk szakosodik: ezekben csak az adott feladathoz szükséges gének működnek. Vannak sejtek, melyek pusztulásukkal szolgálják a szervezet érdekét. A szabályozott működés alól kiszabadult, hibás génműködésű sejtek csoportja burjánzó rákos góccá válhat.

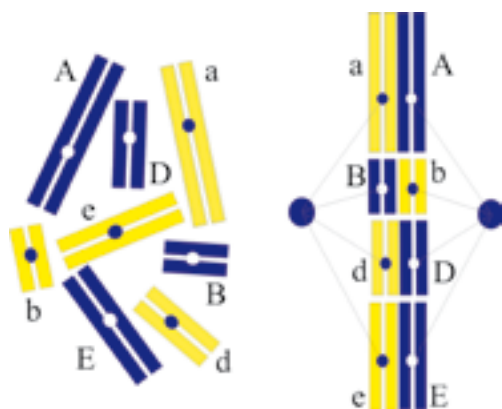
42. Én és te

Az öröklődés szabályait az ivaros szaporodást tanulmányozva ismerte fel Mendel (38. fejezet). De mitől függ a nemünk? Hogyan jönnek létre az ivarsejtek és miben különböznek a testi sejtjeinktől? Mi az alapja egyediségünknek és az emberi faj változatosságának? Ezek a kérdések kapcsolják össze a genetikát a szexualitással.



Megfestett emberi kromoszómák nagyság szerint rendezett sora
Külön jelölve az X és Y ivari kromoszómák.
Férfi vagy nő kromoszómaíát látjuk?
Hány kromoszómapárja van egy egészséges embernek?

- 1 Számold ki!
Újabb eredmények szerint kb. 30 000 génünk van. Átlagosan hány gén van egy kromoszómánkon?



A számfelvező osztódás (meiózis) szemléltetése
Bal oldalt a négy kromoszómapár tagjai a méiózis megkezdődése előtt. Kézzel és nagybetűkkel (A, B, D, E) jelöltük az apai, sárgával és kisbetűkkel (a, b, d, e) az anyai eredetű kromoszómákat.
Jobbra: A véletlenszerű megoszlásban összetapadt kromoszómapárok rendeződnek. A sejtközponthoz (sötét körök) húzófonalakkal már kapcsolódtak a kromoszómákhoz. Ezen osztódás eredményeként haploid sejtek jönnek létre, melyekbe aBde vagy AbDE kromoszómák kerülnek.

A kromoszómák

A 19. század végén több kutató jól festődő testeket fedezett fel a sejtekben, amelyeket **kromoszómáknak** neveztek el (a görög kromosz = színes; szóma = test). Számuk a fajra jellemző. Ez azt jelenti, hogy egy faj minden egyedében és annak minden testi sejtjében ugyanannyi kromoszóma van. A kromoszómák alakja és nagysága eltér egymástól, megfelelő festési technikával azonosíthatók.

A DNS és benne a gének a kromoszómák részei. Az állatok testi sejtjei (általában) páros számú kromoszómát tartalmaznak; az ivarsejtek ennek csak a felét. A testi sejtek kromoszómái párokba rendezhetők. Ezek a **homológ kromoszómapárok** azonos alakúak és nagyságúak (a homológ görög szó megegyezőt jelent). Ennek oka az, hogy megfelelő helyeiken egyazon gén apai és anyai eredetű változatait hordozzák. Kivételek az ivari **kromoszómapár**. Ez nőkben két azonos kromoszómából áll. Jelük: XX. Férfiakban viszont egy nagyobb és egy kisebb kromoszóma alkotja. Jelük: X és Y.

Számtartó és számfelvező osztódás

A testi sejteket létrehozó úgynevezett **számtartó osztódások** (mitózisok) során nem változik meg sem a sejtek kromoszómáinak száma, sem minősége. A testi gyarapodás, a szervek kifejlődése közben sejtjeink pontosan lemásolják a genetikai információt, és azt átadják utódsejtjeiknek.

Az állati és emberi ivarsejtek képződésekor **számfelvező osztódás** (meiózis) megy végbe. Ekkor a homológ kromoszómapárok a sejt középvonalába állnak be, úgy, hogy az apai és anyai eredetű kromoszómapárok tagjai összetapadnak. A hozzájuk tapadó húzófonalak szétválasztják őket, így egyszeres kromoszómaszámú (haploid) sejtek jönnek létre.

Jelen tudásunk szerint semmi nem irányítja, hogy a homológ kromoszómapár melyik tagja melyik új sejtbe kerüljön. A véletlen dönt. Mivel ez minden kromoszómapárra igaz, a kromoszómák minden lehetséges kombinációja megjelenhet az utód(ivar)sejtekben. Igaz ez a nemi kromoszómákra is. Férfiakban ezért a hímivarsejtek fele X-, fele Y-kromoszómát hordoz. Ha az X-tartalmú termékenyít, leány, ha az Y-tartalmú, akkor fiú magzat jön létre.

- 2 Beszéljétek meg!
VIII. Henrik, a hírhedt angol király feleségeit vádolta azzal, hogy az ő hibájukból nem szültek fiúgyermeket. Igaza lehetett-e a királynak?

Ez a táblázat a mitózist és a meiózist hasonlítja össze az emberi szervezetben.

	Mitózis (számartó osztódás)	Meiózis (számfelező osztódás)
hol?	minden szervben	csak az ivarszervekben
mikor?	az első perctől kezdve	a nemi éréstől kezdve férfiakban folyamatosan nőkben havonta fejeződik be.
eredménye	genetikailag azonos sejtek	genetikailag különböző sejtek férfiakban hímvarsejt nőkben petesejt
szerepe	növekedés	szaporodás

3 „Kromoszóma” kártyajáték

Ebben a játékban 23 különböző alakot ábrázoló kártyával játszunk, mindegyik alakból tetszőleges számú színváltozat létezik. (Pl. piros, fekete, zöld stb.) Az azonos alakot ábrázoló kártyákat 23 csomagba rendezzük. Mindegyik játékos húz egy-egy lapot mindegyik csomagból. A játékosok közül ketten párba állnak, és összeadják, majd felfedik kártyáikat.

Mit jelképeznek a kártyalapok, az alakok, a színek?

Mit jelképez együtt a 23 kártya és együtt a 46 kártya?

Melyik folyamatnak felel meg a két csomag egyesítése?

Mit jelent, ha egy formából két azonos színű lap került a közös csomagba?

Az alábbi kifejezések közül válassz: gének, kromoszómák, homozigóta, heterozigóta, megtermékenyítés, ivarsejt, génváltozat, testi sejt.

Az ivarsejtek sokfélesége miatt lesznek genetikailag is sokfélék az élőlények. Mivel különböző fajok kromoszómái általában nem képesek párba állni, termékeny ivaros szaporodás többnyire csak azonos fajú élőlények között jöhet létre. A szexualitás genetikai feladata ezek szerint a **genetikai sokféleség fenntartása**, egyúttal a **fajok különbségeinek megőrzése**.

4 Gondold végig!

Mekkora az esélye annak (az egypetéjű ikreket leszámítva), hogy két genetikailag azonos testvér szülessen?



Példa

Hányféle ivarsejt jöhet létre két kromoszóma esetén? Három kromoszóma esetén? Hányféle ivarsejtet hozhat létre egy ember?

Megoldás

2 kromoszóma négyféleképpen rendeződhet (AB, Ab, aB és ab). 3 kromoszóma nyolcféleképpen (ABC, ABc, AbC, aBC, Abc, abC, aBc, abc). Az ember kromoszómaszáma 46, így az ember 2^{23} -féle ivarsejtet hozhat létre. (A lehetőségek száma valójában még nagyobb, mert a kromoszómák meiózis során átrendeződhetnek.)

Összegzés

DNS-ünk 46 darabban, kromoszómáink belsejében vándorol az utódsejtekbe az osztódások során. Testi sejtjeink képződésekor ezek száma és információtartalma nem változik. Ivarsejtjeink azonban számfelező osztódással jönnek létre: belőlük mindegyik kromoszómapárnak csak egyik tagja kerül (vagy az apai, vagy az anyai eredetű). Egy különleges pár, az ivari kromoszómapár dönt az utód neméről: ha ezek azonosak (XX), akkor leány, ha különbözőek (XY), akkor fiú lesz a magzat.

43. Férfiak és nők

Mi a kapcsolat kromoszómáink (42. fejezet), nemi szerveink és nőies vagy férfias viselkedésünk között? A válaszadáshoz nemcsak genetikai, hanem anatómiai tudásra, sőt a társadalmi elvárások ismeretére is szükség van.

- 1 Gyűjtsetek példákat olyan öltözködési és viselkedési szokásokra, melyek kiemelik, és olyanokra, melyek elfedni igyekeznek a (másodlagos) nemi különbségeket! Hogyan függ az adott országtól, éghajlattól, vallástól, foglalkozástól, történelmi kortól vagy ünnepi időszaktól, hogy melyiket hangsúlyozzák az emberek?



- 2 Vitassátok meg!
Léteznek-e ma férfi- és női ideálok? Ki testesíti meg a férfias és a nőies magatartást vagy öltözködést például a filmekben? Hogyan érik el hatásukat a reklámok? Szerinted befolyásolja-e viselkedésedet vagy öltözködésedet az, amit a reklámokban láatsz?

- 3 Különbözik-e a szülők és a nagyszülők szerepe a családon belül? Mit tanulhatnak egymástól a testvérek?

Mitől függ a nemünk?

A kromoszomális nem különbsége természetes körülmények között egyértelműen megszabja az ember **elsődleges nemi jellegét**: ivarszervei különbségét. Az X-kromoszómák önmagukban női, az X- és Y-kromoszómák (a többi kromoszómával együtt) pedig férfi szerveket hoznak létre. Minden magzatban azonos ivarszerv-kezdemények jelennek meg. Ezekből a hím nemi hormon hatására férfi nemi szervek, annak hiányában pedig női nemi szervek fejlődnek ki. Fiú magzatokban a folyamatot az Y-kromoszómán levő „karmestergén” hangolja össze, mely a megtermékenyítés utáni harmadik hónapban egy sor más gént „kapcsol be”, elindítva ezzel a magzatot a férfi fejlődési pályán.

Az ivarszervek (és más mirigyek) által termelt hormonok testi jellegekre is hatnak. Ezek nemtől függő különbségeit **másodlagos nemi jellegeknek** nevezik. Ilyen például a csípő és a váll szélessége, a zsírszövet lerakódásának helye, a gége szélessége. A másodlagos nemi jellegeket kiemelheti az öltözet is, máskor – ha a cél ezzel ellentétes – elfedi azokat.

Öröklődés és nevelés

A két nem **érzelmeiben, világlátásában, gondolkodásmódjában** is eltér egymástól. E különbségeket **harmadlagos nemi jellegeknek** is nevezik. A harmadlagos jellegek egy része feltehetően öröklött. A fiúk például a térlátást igénylő és elemző-rendszerező feladatokban általában jobbak, mint a lányok, a más helyzetébe való beleélést (empátiát) igénylő helyzetekben viszont a lányok sikeresebbek. A férfiak elemző (analitikus) gondolkodásúak, a nők gyakrabban hagyatkoznak megérzéseikre (intuíciójukra). A viselkedési normák és készségek nagyobb része tanult, tehát megjelenési formájuk és gyakoriságuk a család és a társadalom elvárásait is tükrözi. Ezek az elvárások öntudatlanul viselkedési normákká válnak a felnőtt emberekben. Néprajzi vizsgálatok is megerősítik a nevelés alapvető szerepét. A dél-amerikai yanomamo indiánok vadak és kegyetlenek, a dél-afrikai busmanok viszont – nemtől függetlenül – segítőkészek és békülékenyek. A kutatók megfigyelték, hogy a yanomamo családban arra biztatják a gyerekeket, hogy sérelmeiket azonnal torolják meg. A busmanok viszont szétválasztják a verekedő gyerekeket, és békülésre, együttműködésre készítik őket. Eltérő elvárások hatására tehát eltérő viselkedési minták alakulhatnak ki.

A férfi nemi szervek és működésük

A **hímivarsejtek** (spermiumok) férfiakban a herékben termelődnek, ahol a hőmérséklet számukra kedvező, alacsonyabb (34–35 °C). A here a hímivarsejteken kívül hím nemi hormont is termel.

A here fölött fekvő mellékhere egy ideig raktározza a hímivarsejteket. Az innen kiinduló páros ondóvezeték a hasüregbe fut. Itt kapcsolódik hozzá az ondóhólyag és a dűlmirigy (prosztata). Ezek váladéka alakítja ki az **ondót**, melyben a tápanyag, vitaminok és lúgos közeg biztosítja az ivarsejteknek kedvező közeget. Az ondóvezetékek a húgycső felső szakaszába torkollnak. A húgycső a hímvesszőben halad végig. A hímvessző szerepe kettős: a vizeletet és az ondót juttatja a kívülálgba.

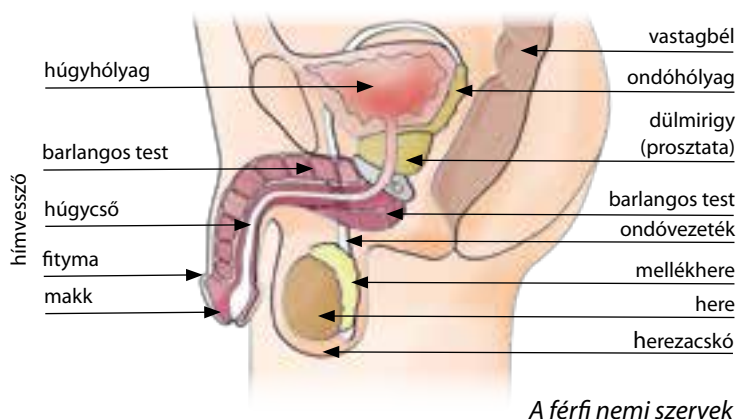
Szexuális izgalom hatására a hímvessző merevedik (erekció). Ekkor a benne levő üregek, a barlangos testek telítődnek vérrel. Az ondót reflexes simaizom-összehúzódnási hullám préseli ki (ejakuláció). Mind az erekció, mind az ejakuláció gerincvelői reflex következménye, kiváltásukban azonban az agy különböző területei is részt vesznek. Emiatt befolyásolja a tanulás a szexuális késztetést és irányultságot is.

A női nemi szervek

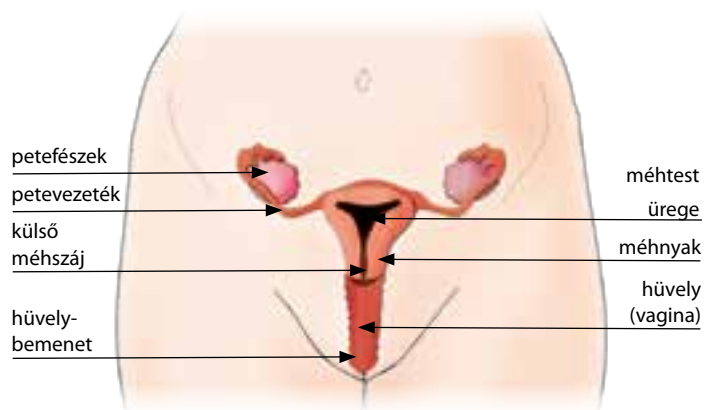
A női ivarsejteket, a petesejteket a páros **petefészek** termelik. E hasüregben elhelyezkedő szervben a nemi érés időszakától kezdve szabályosan visszatérő változások figyelhetők meg. Emberben átlagosan 28 naponként egy petesejt elkezd növekedni, érni. Kialakul egy folyadékkal telt üreg, benne a petesejttel: a tüsző. Az érett tüsző kb. a fejlődés 14. napján fölreped, és a petesejtet kilöki a hasüregbe. Ez a folyamat a **tüszőrepedés** vagy **ovuláció** („ovulum” latinul „kis tojás”, pete). Az egykori tüsző maradványa szabálytalan alakú **sárgatestté** alakul, ami a 28. nap végére elsorvad. A petesejt a petevezetékbe sodródik, és a méh felé halad tovább.

A külső nemi szervek teszik lehetővé a hímivarsejtek eljutását a belső nemi szervekhez, védik is azokat a fertőzésektől. A hüvelyt kívülről a szeméremajkak védik. A csikló a hímvesszőhöz hasonló felépítésű test a kisajkak találkozásánál. A hüvelybemenetet vékony bőrkettőzet, a szűzhártya védi. Első közösüléskor ezen kisebb beszakadások keletkeznek, ami vérzéssel járhat. A hüvely izmos falú, rugalmas szerv, benne tejsavtermelő baktériumok élnek. Ezek váladéka gátolja más baktériumok szaporodását, így szintén védő szerepük van.

A **méh** 10 cm hosszú, körte alakú, izmos falú szerv. A hüvellyel a méhszájon át érintkezik, ahol általában nyákcsep zárja, ami elállja a baktériumok útját. A méhnyálkahártya fölépítése is változik. A ciklus elején vastagodni kezd, az ovuláció után alkalmassá válik a fejlődő embrió befogadására. Ha ez nem következik be, a ciklus végén vérzés kíséretében lelokdódik. Ez a **menstruáció (menses) vagy havi vérzés**.



A férfi nemi szervek



A női nemi szervek

Összegzés

A hím- és női ivarsejtek különbségét a bennük levő ivari kromoszómák (X vagy Y) okozzák. Az ivarszervek különbségét részben az ivarsejtek eltérő igénye, részben – nőkben – a magzat védelme, táplálása magyarázza. A férfiak és a nők egyéb, testi és lelki különbségei nemcsak a kromoszómáktól függenek, hanem azokat a társas kapcsolatok, a környezet, a közösség elvárásai is formálják.

44. Az életút kezdete és vége

Életünk egyirányú út a kezdettől – a megtermékenyített petesejtől (43. fejezet) – a végpontjáig. Bár életútja mindenkinek egyedi, vannak az egyes életszakaszokra jellemző közös vonásaink is. A háttérben egy genetikai program áll (41. fejezet), mely a bennünk rejlő lehetőségek sorát tartalmazza.



Magzat

Bár szemhéja csak 7 hónapos korában nyílik ki, lát, hall és kóstolgatja is a magzatvizet. A háttérben a magzatburok látszik.

A kezdet

A tüsszöből kiszabadult petesejt a petevezeték tölcséres nyílásába kerül. A petevezeték összehúzódásaival és a falát borító csillók csapkodásával egyaránt a méh felé sodró áramlást kelt. A petesejt az ovulációt követő napon termékenyíthető meg. A hímivarsejtek mozgását az áramlás és a petesejt kémiai vonzása irányítja. Ha a megtermékenyítés bekövetkezik, a zigóta már útközben osztódni kezd. Miután a keletkező csíra **beágyazódik** a méh nyálkahártyájába, megkezdődik a várandós állapot. A **várandós állapotra** utaló legfontosabb jel a havi vérzés elmaradása. A mellék érzékenyebbé válnak, megnőnek. Az úgynevezett terhességi teszt egy, a méhnyálkahártya által termelt hormon jelenlétét mutatja ki, mely a beágyazódást követően jelenik meg a vérben és a vizeletben is.

1 Mit tanulhat meg a magzat az anyaméhben töltött idő alatt?

2 Mi lesz a sorsa a magzatban keletkező szén-dioxidnak? Hová kerül a magzat sejtjeiben keletkező karbamid? Miért kell sok kalcium- és vastartalmú élelmiszer fogyasztania a kismamának?

3 Az alkohol, a drogok, sok gyógyszer és néhány vírus is képes átjutni a méhlepényen. Mire kell vigyáznia a várandós állapotban levő nőnek?

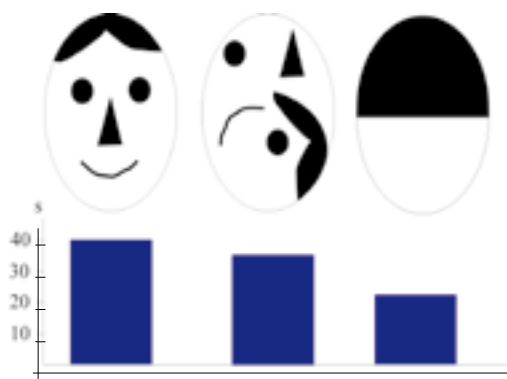
A magzat élete

Az emberi embriót 8 hetes kora után **magzatnak** nevezik. A magzat önálló lény, de sajátos helyzetben van. Szíve ver, megindul a vérképzése, idegsejtjei osztódnak, hormonokat termel, és immunrendszere segítségével megtanulja fölsmerni saját sejtjeit. Több fontos életműködést azonban az anyai szervezet végez el helyette. Az oxigén és a tápanyagok a méhlepényen keresztül az anya véréből érkeznek, a bomlástermékek oda távoznak. A tüdő, a bélcsatorna az oda nyíló mirigyekkel és a vese ezért magzati korban nem vagy alig működnek, de készen kell állniuk arra, hogy a születés percétől kezdve ellássák feladatukat.

A **méhlepény** szűrő: megakadályozza az anya immunrendszerének fellépését a magzattal szemben. A vér alakos elemeit (a vörsejteket) és a vérplazma nagyobb fehérjéit (a legtöbb antigént) ugyanis nem engedi át, így általában sem a magzat, sem az anya szervezetén belül nem jön létre immunválasz.

Bölcsek a bölcsőben

Sokáig úgy vélték, hogy az újszülött idegrendszere „üres lap” (tabula rasa), amelyre az élet során a környezet „ír”, azaz tölt meg információkkal. A 20. század második felében kísérleti úton igazolták, hogy ez nincs így. Érzékelésünk öröklött szabályokat követ. Kiderült például, hogy az emberi arc jobban fölkelte a csecsemő érdeklődését, mint az azonos nagyságú elvont ábra. A figyelem tehát már újszülött korban is főként **személyekre irányul**. A csecsemők szívesen utánozzák anyjuk arcjátékát. Ez csak úgy lehetséges, ha tudják, hogy saját mimikájuk anyjukéhoz hasonló, így egyik a másikra válaszolhat. A környezeti hatások közül legfontosabb a **szülők jelenléte**. Az egyéves gyermek szülei apró jelzéseiből tanulja meg, hogy egy ismeretlen tárgyat vagy élőlényt kedvesnek, undorítóan



Egy hónapos csecsemő figyelmének tartóssága különböző formájú képek esetén

A függőleges tengelyen a csecsemő figyelmének átlagos tartamát ábrázolták, másodpercekben.

A figyelmet a szemmozgások videofelvételével vagy a cumiba beépített „szopogatásmérővel” lehet mérni.

vagy veszélyesnek tartson-e. A csecsemők „világképének” legfontosabb vonása az **azonosság**: én és a többi ember hasonló, lényegileg azonosak vagyunk. Másfél-két éves kora körül aztán új és meglepő tényrt ismer föl: az emberek nemcsak hasonlóak, hanem **különböznek is** egymástól. Eltérő célokat követnek és másképpen vélekedhetnek ugyanarról a dologról. A szándékok és vélekedések föltérképezésének az utánzás mellett hatékony módszere a szembeszegülés is (dackorszak). A gyermek ennek során is főként az emberi reakciókra figyel, adott esetben célja annak kiderítése, miként reagál törekvéseire a szülő. Személyiségünk tehát más személyekkel való **kölcsönhatásban** bontakozik ki.

- 4 Keresd fel az Eduvital honlapját (eduvital.net)! Keresd meg a magyar fiúk és lányok testmagasságának növekedését összehasonlító rajzot! Mi a különbség a két nem között?

Fejlődés és öregedés

A szervezet fejlődését belső genetikai program és a környezet kölcsönhatása irányítja. Belső program vezérli például a mozgást, járást segítő idegpályák érését vagy a csontok növekedését. A **serdülőkor** (pubertás) kezdetét a nemi érettséghez kötik. Biológiai jele lányoknál az első havi vérzés, fiúknál az első magömlés. Gyors ütemű növekedéssel, sokszor viharos lelki változásokkal járó fejlődési szakasz. A hosszanti növekedés a **felnőttkor** elérésekor áll le. Az **öregedés** okait ma is kutatják. Az öregedő szervezetben nemcsak a növekedés üteme lassul, hanem – növekvő eséllyel – működészavarok is föllépnek. A rendellenességek típusa és megjelenésük időpontja kiszámíthatatlan, de valószínűségüket befolyásolhatjuk életmódunkkal. A **hibafelhalmozódás** elmélete szerint az öregedés az életfolyamatok során véletlenszerűen keletkező és fölhalmozódó károsodások következménye. Hibákat okozhatnak például a biológiai oxidáció során keletkező reakcióképes molekulatörredékek, a **szabad gyökök**. A szabad gyökök keletkezését bizonyos hatások gyorsítják (ultraibolya sugárzás), mások viszont csökkentik, ezek élethossznövelő és egészségmegőrző hatásúak (antioxidánsok, A-, C- és E-vitamin, kalóriaszegény táplálkozás). Az idősödő szervezet immunrendszerének aktivitása csökken, ami a fertőzésekkel szembeni nagyobb érzékenységet okozza. Az idegrendszerben a sejtek és kapcsolataik száma is csökken, ez azonban nem feltétlenül jelenti az értelmi vagy érzelmi működések zavarát, lényeglátáshoz is vezethet.

Összegzés

Az ember élete másokkal való kölcsönhatásban bontakozik ki. A méhen belül az anya táplálja, születése után közvetlen környezete reakcióit utánozza (vagy azokkal szegül szembe), gyermek- és serdülőkorban a csoportos viselkedés szabályait tanulja, felnőttkorban a párkapcsolat és gyermeknevelés alakítja személyiségét, időskorban pedig tapasztalatait átadásával gazdagítja környezetét és önmagát.



- 5 Beszéljétek meg! Mit tanulhat a kisgyermek, majd a serdülő a két szülőtől? Mit érthet meg játék közben a kortárs csoport tagjaival együtt? Mit tanulhat a tanároktól (a tananyagon kívül)? Mit ismerhet föl a társ kapcsolat keresése és megtalálása során?

- 6 Beszéljétek meg! A felsorolt tényezők közül melyek óvhatják egészségünket, és melyek fokozzák a hibafelhalmozódás (leromlás) veszélyét?

Rendszeres testmozgás, erős ultraibolya sugárzás, dohányzás, sok szénhidrát rendszeres fogyasztása, alkoholizmus, magas rosttartalmú ételek, tartós stressz.



Az idős Konrad Lorenz, az állati viselkedés Nobel-díjas kutatója lúdjai társaságában. Az időskor lényeglátáshoz, a gondolatok letisztulásához is vezethet.

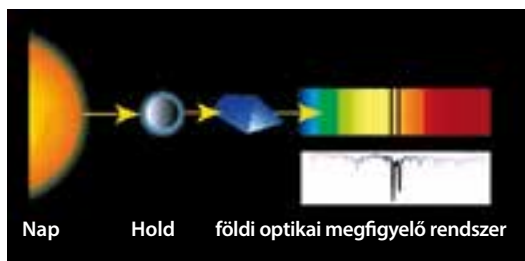
45. A Naprendszer fölfedezése

A bolygók és a csillagok különbségét már az ókorban felismerték (14. fejezet). Ez a fejezet a kutatás mai módszereiből ad ízelítőt. Hogyan jött létre a Naprendszer? Ha választ találunk erre a kérdésre, saját eredetünket is tisztábban látjuk.



A Vénusz látszó mozgása és alakváltozásai, ahogyan azt távcsövén Galileo Galilei megfigyelte. (Az arányváltozások erősen túlzottak.)

- 1 Jobb távcsövön magunk is megfigyelhetjük a „vénuzsarlót”, és azt, hogy a bolygó látszó átmérője változik. Mi magyarázza a sarló alakot, a látszólag változó átmérőt, és azt, hogy a Vénusz mindig a lenyugvó vagy a kelő Nap környékén figyelhető meg? Miért biztos, hogy az „Esthajnalcsillag” nem csillag?



A héliumot napfogyatkozás vizsgálatánál fedezték fel vonalas színeképe alapján.

- 2 Hogyan magyarázhatók a fekete csíkok a hélium színeképeiben?
- 3 Miben különbözhet a többi elem színeképe a héliumétól?

Tudásunk forrásai

A görög természettudósok geometriai módszerekkel láttak hozzá a lakott világ föltérképezéséhez, és ugyanezt alkalmazták a bolygók távolságának és helyzetének meghatározására is. **Kopernikusz, Kepler, Galilei**, majd **Newton** a 17. században fölismerték az égi és földi fizika közös törvényeit (Kepler-törvények, általános tömegvonzás). Ezeket fölhasználva a 20. században elemezték a bolygókat megközelítő mesterséges holdak pályáját: így tudták meghatározni a bolygók **tömegét**.

A bolygók által kisugárzott fény elemzése segített a bolygók **felszíni hőmérsékletének**, a színeképvonalak azonosításában pedig légkörük **anyagi összetételének** meghatározásában. A vonalas színekép jellemző a kibocsátó anyagára, illetve hőmérsékletére. Sőt, fizikai tudásunk szerint még sebességére is lehet következtetni belőle. A bolygók földi vizsgálatának azonban határokat szab a távcsövek korlátozott felbontóképessége és a légkör zavaró hatása. A kutatásnak a mesterséges égitestek, szondák adtak új lendületet.

Bolygótestvéreink

A Naprendszer bolygóit két csoportba sorolják. Egyikbe a **Föld-típusú** bolygók tartoznak, melyek méretre, sűrűsége, összetételre hasonlítanak a Földhöz. Ezek a Naptól távolodva a Merkúr, a Vénusz, a Mars. Ezek az égitestek a Nap közelében keringenek, a többi bolygóhoz képest kicsik, viszont sokkal sűrűbbek, lassabban forognak. A Naprendszer bolygóinak másik csoportját az **óriásbolygók (Jupiter-típusú bolygók)** alkotják: a Jupiter, a Szaturnusz, a Neptunusz és az Uránusz. Ezek sűrűsége kicsi, összetételük inkább a Napéra emlékeztet. Noha a Naptól távolabb keringenek, mélyükben rengeteg hó termelődik, így nagyobb energiamennyiséget sugároznak ki az űrbe, mint amennyi rájuk esik. Hőtermelésüket a gravitáció, illetve radioaktív sugárzás okozza, nem atommagfúzió, mint a csillagokét.

Földünk és holdja

A Hold a Naprendszerben a főbolygóhoz viszonyítva egyedülállóan nagy: átmérője a Föld átmérőjének egynegyede. A holdközvetek sűrűsége a Föld óceáni kérgével azonos. Nincs légköre, de kőzetei tartalmaznak vizet. Felszínén olyan formákat figyelhetünk meg, amelyek földi folyóvölgyekre emlékeztetnek. Az, hogy volt-e egykor víz és légkör a Holdon, összefügg keletkezésének kérdésével. Talán egy, az Ősfölddel ütköző nagyméretű égitest szakította ki a földkéregből akkor, amikor az Ősföld anyagában már végbement a kéreg és a mag elkülönülése. A Hold gravitációs vonzása által keltett **árapály** a Földre is nagy hatást gyakorol: a változó tengerszint miatt be-

folyásolta az élővilág evolúcióját és fokozatosan csökkentette a földi tengelyforgás sebességét is. Mivel a Föld olvadt fémes magjának sebessége nem csökkent ugyanilyen mértékben, fennmaradt az erős mágneses tér, ami többek közt a földi élővilágot is óvja a kozmikus sugárzástól. A Hold maga is védőpajzs, hiszen a felszínét ért számtalan meteor- és aszteroidabecsapódás a Hold nélkül a Földön okozhatott volna katasztrófákat. A 14 napos holdi nappalon 100 °C-ra emelkedik a hőmérséklet, míg hajnalonként a –150 °C sem ritka. Felszínét elsősorban a becsapódó meteorok és a kőzetek aprózódása alakítja.

A Naprendszer keletkezése

A Naprendszer keletkezésének első közismert elméletét a filozófus **Immanuel Kant** és tőle függetlenül **Pierre-Simon de Laplace** (ejtsd: láplász) francia matematikus dolgozta ki. A 18. század végén már jól ismerték a bolygók és holdjaik pályáinak jellemző adatait (Laplace összesen negyvenhárom tagú együttesről ír). Ezek összevetése egyértelművé tette, hogy mozgásuk hasonlósága nem lehet véletlen.

„Bámulatos módon azt találjuk, hogy minden bolygó nyugatról kelet felé kering a Nap körül közel azonos síkban. Bolygók körül ugyanilyen irányban és csaknem ugyanebben a síkban mozognak a holdak is. Végül a Nap, a bolygók és holdjaik – már amelyek tengelyforgását ismerjük – a pályasíkra csaknem merőleges tengely körül és a keringéssel azonos irányban forognak önmaguk körül. * ... Négymillió az egyhez az esélye, hogy ez az elrendezés nem véletlen. Emiatt biztosan kell hinnünk egy ősködben, amely ezeket a mozgásokat létrehozta.”

Laplace: A világ rendje (1796)

(*Mai tudásunk alapján a Vénusz és Uránusz kivételével, melyek tengelyét vélhetőleg egy korai kozmikus katasztrófa billentette át.)

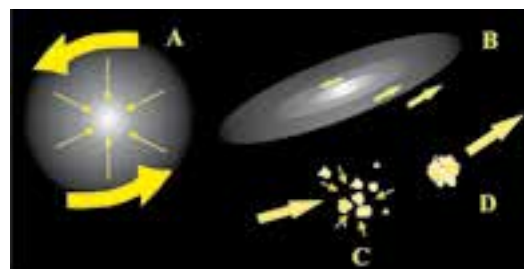
A magyarázó elmélethez Laplace fölhasználta **William Herschel** angol csillagász megfigyeléseit. Herschel a kor legjobb távcsövével több ködfoltot fedezett föl az éjszakai égen, és ezeket születőben levő csillag vagy csillagrendszerként értelmezte. Laplace ősköd (nebuláris) elmélete szerint „kezetben” a Naprendszer teljes anyagát egy forgó ősköd (latinul: nebula) foglalta magába, ebből alakultak ki az ábrán látható módon a bolygók. Laplace elmélete – és annak későbbi változatai – azt sugallják, hogy a bolygók keletkezése a gázfelhők természetes, belső fejlődésének eredménye. Az egyidejű keletkezést a mai izotópos kormeghatározások is alátámasztják: a Föld legősibb kőzetei, a holdkőzetek és a meteoritok anyaga egyaránt kb. 4,6 milliárd éves. Az elmélet ugyanakkor nem tudta indokolni a sebességek és tömegek tapasztalt eloszlását és a Nap fényét sem.

Összegzés

A Naprendszer vizsgálata során felismerték, hogy a Nap, a Föld és a bolygók eredete közös. A Föld különleges helyzetét részben a Hold hatása magyarázza.

4 Vitassátok meg!

- Mi a magyarázata annak, hogy a Holdon nem fújnak szelek?
- Láthat-e „hullócsillagot” (felizzó meteor) az űrhajós a Holdon? Hallhatja-e a becsapódás robaját?
- Miért jelentősebb a hőingadozás a Holdon, mint a Földön?
- A Holdon a kőzetek részben más módon pusztulnak, mint a Földön. Mi a különbség oka?



A Naprendszer keletkezésének „ősköd” (nebuláris) elméletét szemléltető rajz

- A: az összehúzódó és forgó köd- (vagy) porfelhő,
B: a gravitáció hatására összehúzódó porfelhő közepontjából keletkezik az Ősnap, amiről egy irányba mozgó porgyűrűk szakadnak le,
C: a megszilárduló törmelékek a gravitáció hatására ütköznek és „bolygócsírákká” egyesülnek,
D: a kialakuló bolygók keringési iránya és síkja nagyjából megegyezik.



William Herschel
(1738–1822)
angol csillagász

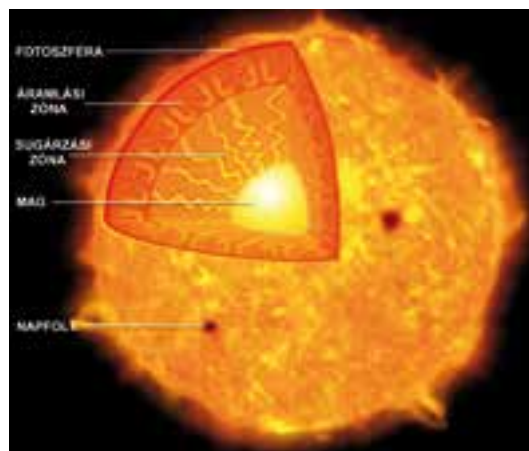


Pierre-Simon de Laplace
(1749–1827)
francia matematikus és csillagász

- 5 Miért nem lehet magyarázni pusztán a tömegvonzással a Nap fényét? A válaszhoz segít az 5. fejezet!

46. A világegyetem

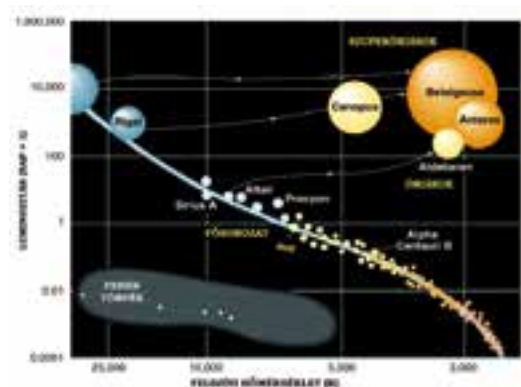
A fejezetben képet kapsz a téged körülvevő világról, az óriási távolságokról, arról, hogy az űr nem üres, és arról, hogy mik a csillagok, miért világítanak, mi történhet velük fejlődésük során, és hogyan csoportosulnak.



A legközelebbi csillag, a Nap szerkezete



Az északi félgömb két csillagképe: Kiscöncöl, Nagyöncöl



Hertzsprung–Russell-diagram

1 A 33. fejezetben levő – egy nukleonra jutó kötési energia – grafikonból állapítsd meg, hogy melyik az a legutolsó anyag, ameddig a folyamat tarthat! Válaszodat indokold meg!

Ha éjjel felnézünk az égre, különösen, ha környezetünkben nincsenek világítótestek, fények, akkor a Hold mellett milliárdnyi fényes pontot látunk szabad szemmel, csillagászati távcsővel ennek többszörösét is.

A csillagok

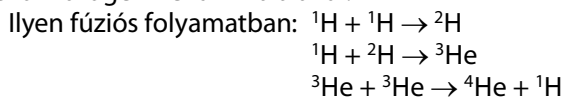
A Napról az előző leckében már olvastál. A világegyetemben milliárdszor milliárdnyi ilyen égitest van. **A csillagok saját fényét a belsejükből végbemenő atommag-egyesülések – fúziók – folyamata okozza.**

Hogyan jöhet létre csillag?

A csillagok, mint a Napunk, hatalmas por- és gázfelhők gravitációs összehúzódnásával alakulhatnak ki. Ha az eredeti felhő elég nagy, vagyis elegendő anyag van benne, akkor az összehúzás alatt a hőmérséklete olyan nagy értéket érhet el, amely elegendő a magfúzió beindítására. (Ugye emlékszel arra, hogy ha a gázt összenyomjuk, akkor a hőmérséklete növekszik?) Amíg a magfúzióból származó nagy nyomás és a gravitációs összehúzás egyensúlyt tart, addig a csillag állapota stabil.

A csillagfejlődés jellemző esetei

A Nap tömegéhez hasonló tömegű csillagok esetén a benne levő hidrogén héliummá alakul.



A csillag további sorsa is alapvetően a tömegétől függ. Ha a fúzióval keletkezett anyag aránya az azt létrehozó anyaghoz viszonyítva egy bizonyos mértéket elér, akkor a fúzió leáll, és ezért a csillag anyagának gravitációja – mivel vonzó hatása erősebb lesz a fúzióból adódó tágitó hatásnál – összehúzza a csillagot.

Ha a térfogatcsökkenés mértéke és gyorsasága – ez nyilván az anyagmennyiségtől függ – olyan, hogy a csillag növekvő hőmérséklete eléri a következő atommag-egyesüléshez szükséges értéket, akkor ez beindul, és nagyobb rendszámú atomok keletkeznek, ha nem, akkor a fúziós folyamat leáll.

A csillag tömegétől függ az is, hogy az utolsó fúziós folyamat után mi lesz vele. A kihűlő csillag összezsugorodik. Az összeomlás sebessége a gravitációtól – a csillag tömegétől – függ. Ha ez nem túl gyors, akkor a csillag lassan kihűl, és úgynevezett **fehér törpe** lesz, és ebben az állapotában megmarad. Nagy tömegű csillag esetén az összezsugorodás olyan gyors, és olyan mértékű, hogy ennek során a csillagban az elektronok és a protonok neutronná alakulnak. Ez a **neutroncsillag**. Megfigyelheted, hogy ez éppen a radioaktivitásnál leírt egyik folyamat (béta-bomlás) fordítottja.

Adott esetben a csillag külső gázrétege a zsugorodás közben nem válik a neutroncsillag részévé, hanem a keletkező hatalmas energia miatt leöklődik. A folyamat robbanásszerűen megy végbe. Ez a szupernova-robbanás, amely hirtelen megjelenő nagy fényességű fénypontként látszik a Földről nézve. Itt alakulnak ki a vasnál nagyobb rendszámú anyagok.

Amennyiben a csillag tömege szupernagy, akkor olyan kis méretűre zuhan össze, hogy a kis méretből és a hatalmas tömegből adódó gravitáció erőssége nem engedi, hogy a fény elhagyja. Ezért ezt az égitestet **fekete lyuknak** nevezzük.

A csillagfejlődésből látható, hogy az az oxigén, amit belélegzel, már egyszer lehetett egy csillag belsejében. Azok az atomok, amelyeknek segítségével ezt a szöveget olvasod és megérted, szintén.

Távolságok, csoportosulások

A Napból a fény a Földre 8 perc alatt ér el. Ezért mondhatjuk, hogy a Föld–Nap távolság 8 fényperc. A Földhöz legközelebbi csillag a Proxima Centauri, távolsága 4,22 fényév. Azaz onnan 4,22 év alatt ér el a fény hozzánk, vagyis a Földtől 2 177 280-szor messzebb van, mint a Nap. Az eddig tárgyalt égitestek, csillagok, bolygók, ködök, egyéb anyagok hatalmas méretű csoportosulásokat, galaxisokat alkothatnak. Az, amelyikben Naprendszerünk van, a Tejútrendszer nevet viselő galaxis.



A Tejútrendszer középpontjától Naprendszerünk 26 000 fényévre van. A Tejútrendszer átmérője hozzávetőleg 100 000 fényév. A világegyetemben természetesen nem csak a mi galaxisunk létezik. Egy-egy galaxisban több százmillió csillag lehet. Kisebbek, nagyobbak. A legközelebbi galaxis neve: Androméda, távolsága: 2,5 millió fényév. Vagyis, amit most látunk, az a 2,5 millió évvel ezelőtti indult fény. Érdekes egy pillanatra megállni, és elmélázni azon, hogy akkor az, amit látunk, most van, vagy 2,5 millió évvel ezelőtti időbe látunk vissza. A mi mostunk az ottani 2,5 millió évvel ezelőtti történés. Hm?

Az eddigi ismert legtávolabbi galaxis 13,3 milliárd fényévre van tőlünk. Amit észlelünk, az olyan esemény, ami az ember megjelenése előtt, sőt a Föld kialakulása, sőt a Naprendszer kialakulása előtt több milliárd évvel történt.

Összegzés

Most már tudod, hogy mi a csillag, mi a neutroncsillag, hogyan lehet elnevezni azt az égitestet, amit nem hagy el fény. Most már azt is tudod, hogy világunk tágul, és hogy a nagy dolgok megismeréséhez az út néha a legparányibb dolgok vizsgálatán keresztül vezet.



Egy, a Tejútrendszerhez hasonló spirálgalaxis



Androméda, a legközelebbi galaxis

Big Bang

Méréseink szerint a világegyetem napjainkban tágul. Ez a tágulás olyan, hogy minden galaxis minden galaxistól távolodik.

Hogyan lehetséges ez? A luftballon felfújása közben annak minden pontja távolodik minden pontjától. Ugyanez történik, csak nem egy felületen két dimenzióban, hanem a térben.

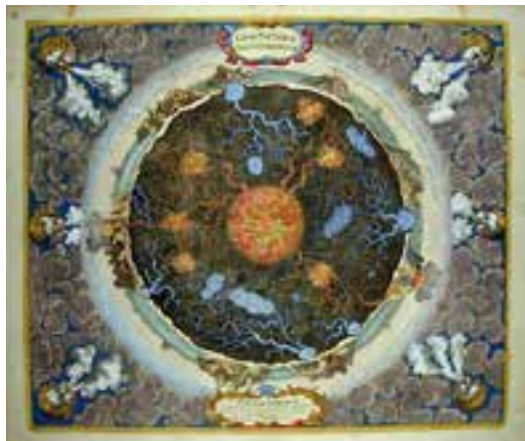
Az emberiség egyik legkülönösebb gondolatsora az, hogy ha tágul a világegyetem, mégpedig gyorsulva tágul – amelynek megállapításáért Nobel-díjat kapott Perlmutter, Schmidt és Riess –, akkor meddig tágul? Lassul, és megáll-e a tágulás következményeképpen, és úgy marad egyensúlyban a tágulást okozó hatás és a gravitáció együttes hatására, vagy újra összezsugorodik a gravitáció hatására? Ha igen, akkor a folyamat megismétlődik-e, vagy nem? Mi az oka a tágulásnak? (Esetleg egy nagy robbanás – ősrobbanás –, és ha igen, akkor mi és miért kezdett tágulni?) Milyen volt és miből állt, amikor legkisebb volt? A legmeglepőbb pedig az, hogy ezekre a kérdésekre itt a Földön a legparányibb részecskék vizsgálatával kereshetjük a fizikai választ.



Galaxisok ütközése

47. A geológia kibontakozása

A bányászok, földmérők, alkimisták, utazók tapasztalatából sokféle ismeret gyűlt össze évezredek alatt a földkéregéről. A geológia (földtan) mégis fiatal tudomány. A természettudományok módszerével, ásványok, kőzetek gyűjtésével, mérésekkel, térképezéssel egyre pontosabb tudásunk van a hegységek felépítéséről, keletkezéséről, a földrengések okairól, tűzhányók várható kitöréséről.



Egy 17. századi gondolkodó elképzelése a Földről
A Föld belsejében szerinte egy központi tűz van, és ezzel hálózatszerűen tűzkamrák vannak kapcsolatban. Ezek a felszínen tűzhányókat táplálnak, a mélyben levő vízkamrák forrásként törnek elő, és a folyókat táplálják. A tűzkamrák a vizet helyenként fölmelegítik: itt melegvizű források fakadnak. A központi tűz ereje tartja mozgásban a Föld mélyén az anyagok áramlását.

1 Jelen tudásunk szerint lángolhatnak-e valójában tüzek a Föld „kamráiban”?

2 A leírt hasonlat alapján a vulkánokat apró szelepeknek tekinthetjük, melyek levezetik a Föld belső feszültségét. Mi a véleményed erről?

Összeillő körvonalak

Egy földrajzi atlasz lapozgatásakor szembeötlő, hogy Dél-Amerika és Afrika partvonalai, mint egy kirakós játék darabjai, összeilleszthetők. Lehet, hogy valaha egyetlen földrészt alkottak? Ezt a merész elgondolást több tapasztalat is alátámasztja. A ma egymástól távol fekvő partok közetei és ősi élővilága is hasonlítanak. Ez érthető, ha egy időben, együtt keletkeztek. Sarkvidéki területeken olyan őslények maradványaira bukkantak, melyek valaha trópusi vidéken tenyésztek. A szárazföldek és óceánok helyzete eszerint a földtörténet során változott. Fölmerülhet bennünk a kérdés: milyen erő (voltage) képes e változásokat előidézni? A régiekkel együtt mi is tapasztalhatjuk a külső erők hatását (szél, víz, jég). A tájak arculatát rövid idő alatt képes átformálni a tomboló szélvész, vagy erdőirtás helyén egy hegycsuszamlás. De nehéz elképzelni azt az erőt, mely egész hegyláncokat tud kiemelni vagy kontinenseket – ha lassan is – nagy távolságba elvonszolni.

Alfred Wegener volt az első, aki a kontinensek és óceánok kialakulását több tudományterület (élet- és földtudományok) eredményeinek összevetése alapján magyarázta. A kontinensek mozgásának okára azonban nem tudott meggyőző érvet hozni a vitában.

Egy angol kutatócsoport matematikai úton összeillesztette Afrikát és Dél-Amerikát a 900 méter mély talapzatuk mentén. Eredményük meglepően egyezett Wegener térképen ábrázolt feltételezésével. Az Atlanti-óceán északi medencéjében az összeillesztés nem volt ilyen sikeres.

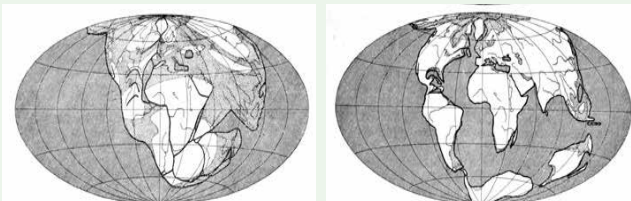
Hogyan lehetséges ez?

Vándorló kontinensek – Wegener elmélete



Alfred Wegener
(1880–1930) német tudós

A. Wegener *A kontinensek és az óceánok eredete* című könyvét 1915-ben jelentette meg. Több ízben vett részt grönlandi expedíciókon. Itt időjárási adatok gyűjtésén túl a jégtakaró vastagságát rengéshullámokkal határozta meg. Az expedíció hazavezető útján társaival együtt halt meg.



Wegener úgy vélte, hogy az óidő (542-251 millió évvel ezelőtti időszak) végéig a földkéreg egységes tömbből állt (bal oldali rajz). Ezt az Ősföldet az Ősóceán vette körül, mely később repedések mentén feldarabolódott. A szárazulatok szétválása szülte az Atlanti- és az Indiai-óceánt (jobb oldali rajz a szárazföldek mai helyzetével).

A mélység körvonalai

A 20. században a csillagászat és a földtudományok a Föld belsejének felépítését a felszínén észlelhető rengéshullámokkal kezdték kutatni. A földrengésekkel foglalkozó tudomány a szeizmológia. (A görög szóösszetétel előtagja föld alatti lökést jelent.) E szaktudomány mérőhálózatának kutatásai alapozták meg tudásunkat a Föld belsejéről, a hegységek keletkezéséről. Komoly szerepük van bizonyos természeti katasztrófák (földrengés, vulkánkitörés, cunami) előrejelzésében például Japánban, Dél-Amerikában.

A Föld belső övei

A grafikon a hőmérséklet és a sűrűség változását mutatja a felszíntől a Föld középpontja felé haladva. A hőmérsékletet ezer fokokban adtuk meg. A köpeny és a mag határán az anyagi összetétel is megváltozik. A köpenyben a szilikátok (szilíciumásványok) uralkodnak, a mag fő alkotóeleme a vas és a nikkel.

A külső magban zajló anyagáramlásoknak köszönhető a Föld mágneses tere. A Föld külső kb. 100 km vastag övét, ahol a kőzetek ridegek, merevek, egyetlen egységnek tekintve **kőzetburoknak** (litoszférának) nevezték el. Ez Földünk külső szilárd gömbhéja, mely meghatározott összetételű **ásványokból, kőzetekből** áll, a szárazföldek alatt vastagabb (120 km), az óceánok alatt vékonyabb (80 km).

A **földköpeny** vagy **asztenoszféra** (a görög „tűz” szóból ered) legfelső merev része egyben a kőzetburok (litoszféra) alsó rétege is, alatta a lágy köpeny, majd egy átmeneti öv (390–700 km) és 2650 km mélységig a merev köpeny foglal helyet. A lágy köpenyben föltételezett magmaáramlásoknak meghatározó szerepük van a földfelszín nagy földtani folyamataiban.

A **földmag** sem egységes, a folyékony **külső mag** és a szilárd **belső mag** felületén a hullámok egy része törést szenved, és lelassul a belső magon áthaladókhöz képest. Föltételezik, hogy a földmag vasból és vas-nikkel ötvözetekből áll.

6 Keresd fel a Kövesligethy Radó nevét viselő szeizmológiai intézet honlapját (seismology.hu)! Hol pattantak ki leggyakrabban földrengések a Kárpát-medencében?

7 Keresd fel a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet honlapját (mfgi.hu)! Mit igazolnak az ősmaradványok a talpunk alatt?

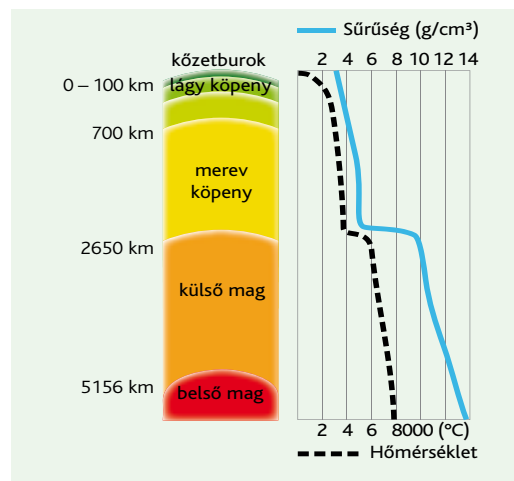


Kövesligethy Radó szobra az Eötvös Loránd Tudományegyetemen. Az elsők között használta fel a rengéshullámokat a Föld belső szerkezetének vizsgálatára. Foglalkozott a csillagok színképelemzésével: ennek alapján határozta meg hőmérsékletüket.

3 Olvasd el Kosztolányi Dezső beszélgetését Kövesligethy Radóval! (mek.oszk.hu) Milyen emberi tulajdonságait ismerted meg az írásból?

4 Lovas népek ősi tapasztalata, hogy a távoli lovasok mozgását a felszín rezgései elárulják az „értő fülnek”. A kőzetek hullámvezetését használták föl Gárdonyi hősei, az egri védők, amikor a törökök alagutat ástak. Mit tettek?

5 Olvasd le a rajzról! Milyen jellemzője változik meg a Föld anyagának a köpeny és a mag határán? Mi befolyásolhatta a rengéshullámok lefutását?



Összegzés

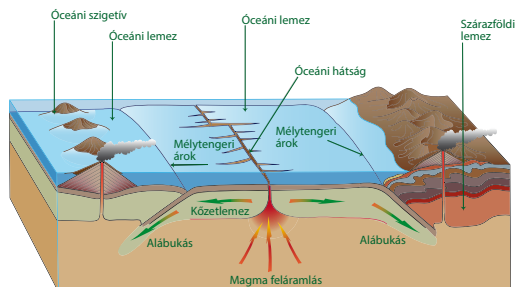
A XX. század elején Wegener kontinensvándorlás-elmélete új távlatokat nyitott. A század közepén a földrengéshullámok segítségével igazolták a Föld belső (gömbhéjas) szerkezetét. A földkéreg a legfelső szilárd burok, az emberi élet színtere. A bányászat során ebből nyerjük a gazdaság számára hasznosítható ásványokat, kőzeteket. A földrengéshullámok észlelése a természeti katasztrófák előrejelzésében is elengedhetetlen.

48. A lemeztektonika

Régóta foglalkoztatja az emberek képzeletét a kontinensek, az óceánok, a hegyláncok keletkezése, a földrengések eredete és a tűzhányók működése. A lemeztektonika elmélete ezeket a folyamatokat értelmezi, magyarázza. A gazdálkodó ember a levegő, a vízburok, a kőzetburok és az élőlények kölcsönhatását is befolyásolja, ezek vizsgálata környezetvédelmi kutatások előterébe került.



Izland a geológusok paradicsoma
Az Atlanti-óceánban húzódó hátságrendszer egyik tengerszint fölé emelkedett területe Izland. Közvetlenül megfigyelhető az 1-2 km széles hasadékvölgy, működő vulkánok egész sorával. A fiatal vulkáni közeteken leszivárgó csapadékvíz fölforrósodva hévforrásként tör elő. A gejzír az időszakos hévforrás izlandi neve. A képen geotermikus hőerőmű és gőzfelhője látható.
Miért nyerhető itt „tiszt” energia?



1 Magyarázd meg a térkép segítségével az Andok hegység kialakulását! Miért jellemzőek ott a pusztító földrengések?

2 A rajz alapján magyarázd el, hogy az óceáni árkok mentén miért gyakoriak a földrengések! Mi a neve a tenger alatt kipattant földrengés által előidézett, a szárazföldre „kierontó” tengerhullámnak? Miért veszélyesek ezek különösen a Japán-szigeteken?

Az óceáni kéreg születése

Az óceáni medencék domborzatának és felépítésének vizsgálatát a második világháború után kezdték meg. A földrengéskutatások, a tengeri mélyfúrások, a mágneses mérések új világot tártak föl. Megállapították, hogy az óceáni kéreg bazaltos, vastagsága mindössze 6-7 km, és csak vékony üledéktakaró fedi, és az **óceáni hátságok** rendszere teszi változatossá.

Az óceáni hátságok a földköpenyben zajló magmaáramlások fölszálló ágánál keletkeznek. A föltörő bazaltos magma az óceáni kérget széthasítja, gyarapítja és a kialakult hasadékokat tágtítja. A hátságoknál születő kéreg mélytengeri árkokban kerül vissza a földköpenybe. Üledékanyagának egy része a szárazföldek peremét gyarapítja, másik része a magmával keveredve heves vulkánkitöréseket táplál. A mélytengeri árkokkal párhuzamosan az így létrejött hegyláncok magasodnak.

Az 1960-as években született a **lemeztektonika** elmélete. (Az építészetben használt kifejezés a görög tektonra vezethető vissza, ami tetőkészítő mesterembert jelentett.)

Mozgó lemezek

A Föld felső szilárd rétege, a kőzetburok 8 nagyobb és több kisebb **kőzetlemezre** (óceáni és szárazföldi) tagolódik. Ezeket a kéreg és a felső köpeny egy része építi, alatta több száz kilométer vastagságban a lágy köpeny húzódik. Az itt zajló anyagáramlás tartja mozgásban a kőzetlemezeket, melyek egymáshoz képest néhány cm/év sebességgel mozognak (távolodnak, alábuknak vagy elcsúsznak egymáshoz viszonyítva). A lemezek belső területei általában földrengésektől mentesek, nyugodtak, a lemezhatárokat viszont földrengések, élénk tűzhányó-tevékenység és hegységképző folyamatok jellemzik. A lemezszegélyek általában óceáni hátságok és mélytengeri árkok mentén húzódnak.

A kőzetlemezeket az óceáni hátságok és a mélytengeri árkok választják el egymástól. A szárazföldi lemezzel párhuzamos mélytengeri árok alatt az alábukó lemez szegélye beolvad a földköpenybe. A folyamatot vulkáni tevékenység és földrengések kísérik.

A világóceán legmélyebb pontja a Mariana-árok – 11 034 m. Két összeütköző kőzetlemez határán alakult ki, melynek vonalát az óceáni szigetívek rajzolják ki.

Hegységek születése

Földünk felszínének nagysága közel állandó. Az óceáni hátságok mentén gyarapodó lemezek szükségszerűen más lemezek felé közelednek és azokkal ütköznek. Ez nemcsak földrengéseket indít, de a vékonyabb, meghajló lemez beolvadását is jelenti. Az **alátolódó lemez** a mélytengeri árokban föltorlódott üledékréteget összezúzza, elnyírja, és a másik lemez homlokzatához préseli. A mélybe vontatott üledékanyag magas víztartalma okozza a heves vulkánkitöréseket. Ha két óceáni lemez ütközésénél történik az alábukás, akkor **vulkanikus szigetívek** születnek. Ha a lemez kontinens alá bukik, a fölgűrűt üledékes kőzetvonulattal párhuzamosan **riolitos, andezites vulkán** is épül.

Ha két olyan szárazföldi lemez közeledik egymáshoz, amelyek között óceáni medence helyezkedik el, idővel az óceáni medence bezárul, és az óceáni kéreg fölemészthető. A két szárazföldi lemez között fekvő óceán üledéke lesz a hegységképződés fő nyersanyaga. Ezek a hegyláncok zömében üledékes és a mélyben rekedt magmás kőzetekből épülnek, gyűrődéses formákban gazdagok. Így jött létre a hazánk területét övező Alpok, Kárpátok és a Dinári-hegyvidék.

A változó Föld

Amikor egy hegyvonulat kiemelkedik, a szél, a víz, a jég és a növényzet pusztítani kezdi kőzeteit. Ezek a „külső erők” közvetve a Napból nyerik energiájukat. A Föld felszíne két energiaforrás, a Nap és a Föld belső hője közti állandó küzdelem színtere.

A Föld legkülső burka a légkör, a vízburok magában foglalja az óceánokat, a felszíni és felszín alatti vizeket, valamint a hó- és jégtömegeket is. Az élővilág (bioszféra) e két burokban és a kőzetburok legfelső termékeny rétegében, a talajban helyezkedik el. A kőzetburok felszínén a külső és belső földövek kölcsönhatásai érvényesülnek, melyek a gazdálkodó ember tevékenységét is meghatározzák.

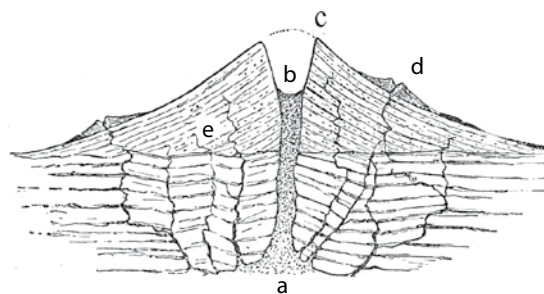
A Föld olyan rendszer, melyben a földövek között anyag- és energiaáramlási ciklusok zajlanak, ilyen például a víz és a kőzetek körforgása.

A természetben olyan körfolyamatok (ciklusok) zajlanak, melyek a földtörténet során biztosították az élet feltételeit, például a légkör kedvező és állandó összetételét.

A gazdálkodó ember hatással van e körfolyamatokra (pl. a légkör szén-dioxid-koncentrációjára), mégis tudomásul kell vennie, hogy a földi nyersanyag- és energiakészletek behatároltak. Az egyre növekvő mennyiségű hulladék a földi rendszeren belül marad, ártalmatlanítása komoly kihívás.

Összegzés

A kontinensvándorlás elmélete után fél évszázaddal új „mozgóföldfelszín-modell” született. Ennek föltétele volt a kőzetburok lemezeinek fölismerése és a mozgásukhoz kapcsolódó földtani folyamatok, jelenségek megértése, magyarázata. Ebben a földrengéshullámok tanulmányozása játszotta a fő szerepet. A lemeztekonika-elmélet összefüggéseiben értelmezi a szárazulatok, óceánok, hegyláncok kialakulását, a földrengéseket és a vulkáni jelenségeket, a kőzetek földi léptékű egymásba alakulását, ciklusait.



Egy elképzelt tűzhányó fölépítése
A magmakamrából (a) a magma a lávacsatornán, kürtön (b) és a kráteren (c) keresztül, vagy a parazita vulkánon (d) át jut a felszínre. A felszínre ömlő magmát lávának nevezzük, mely kiömlési közötté szilárdulva vulkáni törmelékkel rétegesen települve építi a tűzhányó kúpját (e).



Solfatara Vulcano szigetén
(Lipari-szigetek, Olaszország)
A szolfatára a vulkáni kísérőjelenségek egyik fajtája, 90–300 °C hőmérsékletű, kén-dioxid, és kén-hidrogén tartalmú kigőzölgés, melyből a kőzetek felszínén természetesen válhat ki. Nevét a Nápoly melletti Solfatara vulkáni mezőről kapta.

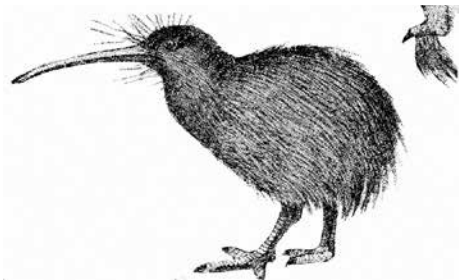
3 Keressetek a térképen további nevezetes olasz vulkánokat!

Egyikük híres városokat temetett maga alá. Melyeket?

4 Melyek a Kárpát-medence vulkanikus eredetű hegységei? Melyik a legidősebb és melyik a legfiatalabb?

49. Biológiai evolúció

Az élőlények szervei összhangban állnak egymással is, környezetükkel is. A genetika megmutatta, hogy az élő szervezet „tervjazát” a genetikai információ tartalmazza (37. és 41. fejezet). De hogyan keletkezett maga a tervjaz? A biológiai evolúció tanítása szerint folyamatosan módosul, mindig alkalmazkodva a környezet változásaihoz.



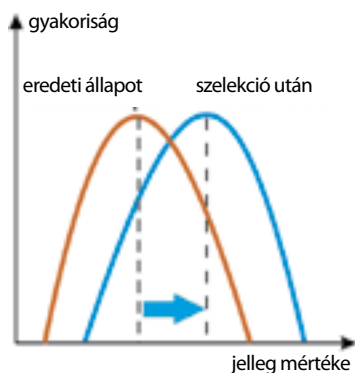
Csőkevényes szárnyú kivi madár
Rajz Darwin könyvéből.
Jobbra a kivi szárnyának maradványa.



Charles Darwin szobra



Pézsmatulkok. Az északi sarkvidéken élő állatok szőre az elmélet szerint lépcsőről lépésre vastagodott.



A szó eredete és hirdetői

A 18. században sokan úgy vélték, hogy az élőlények fajai állandóak. Az **evolúció** (a latin evolutio: kigöngyölés) tana szerint viszont a fajok változékonyak, és változásaik folyamata visszafordíthatatlan. Ezt a gondolatot a biológiában a francia **Jean Lamarck** tette ismertté, aki fölismerte, hogy sok élőlényben csökevényes szervek találhatók. Magyarázata szerint ezek egykor működő szervek maradványai. A kivi ősei például jól repülő madarak lehettek, azonban új környezetükben nem fenyegették őket ragadozók, ezért a feleslegessé vált szárny elcsökevényesedett. A fajok változásának hatóereje Lamarck szerint a változó környezethez való **alkalmazkodás** (adaptáció).

1 Csökevényes szervek az emberben is találhatók. Melyek? Mi a magyarázat?

Az angol **Charles Darwin** fiatalon, Föld körüli útján ismerte fel, hogy egyes szigetek bennszülött (csak az adott szigeten élő) élőlényei nagyon hasonlítanak a közeli kontinensek fajaihoz. Ebből arra következtetett, hogy a szigetek egykor a szárazföld felől népesültek be, majd az egymástól elszakadt populációk az önálló fejlődés útjára léptek. A ma látott fajoknak tehát **közös őseik** voltak.

Hogyan változnak a fajok?

Darwin abból indult ki, hogy minden faj szaporodási közösségekből, **populációkból** áll. A populáción belül sokféle egyed él, melyek tulajdonságait örökölték is utódaikra. Ha a környezet megváltozik, azok az egyedek hoznak létre több utódot, melyek szervezete alkalmasabb az új környezetben. Így a populáción belül lassan elterjednek az alkalmasabb egyedek. A folyamatot Darwin természetes kiválasztódásnak, **szelekciónak** nevezte (selectio latinul válogatás). A szelekció eredményeként az egész populáció megváltozik. Darwin szerint tehát nem az egyedek alkalmazkodnak (ahogyan Lamarck vélte), hanem a **populációk egésze**.

2 Labdarúgó körmerkőzésen a szövetségi kapitány figyeli a játékosok teljesítményét. Ennek ismeretében változtatja a csapat összetételét a következő mérkőzésen, vagy akár cserével egy mérkőzésen belül is. Miben hasonlít ez a folyamat a Darwin által leírt evolúcióra? Miben látod a fő különbségeket?

A populációk alkalmazkodásának módja Darwin szerint
A két görbe azt szemlélteti, hogy a környezet tartós lehűlésekor a hosszabb szőrűek aránya nő.

Eltorzított elmélet

Darwin elméletét sokan arra használták, hogy segítségével igazolják a társadalmi egyenlőtlenségeket. Eszerint az öröklött tulajdonságaik miatt alkalmatlanabb csoportok vagy országok kizsákmányolása törvényszerű, hiszen ők alulmaradtak a létért folyó küzdelemben (rasszizmus). Darwin valóban használta a „létért folyó küzdelem” kifejezést, ám ennek eszköze éppúgy lehet az együttműködés, mint a küzdelem. Másrészt az „alkalmasság” Darwin elméletében *csak* az egyedek utódszámától függ, nem pedig egy csoport gazdasági vagy politikai befolyásától.

Bizonyítékok

Az evolúciót közvetlenül bizonyítja számos, mára kihalt faj maradványa (fosszíliaja). Közvetett bizonyíték minden olyan tény, mely jól magyarázható az evolúció segítségével. A gerincesek közös eredetét például alátámasztja végtagjaik azonos alapfelépítése. Noha a denevér szárnya, a cet uszonya és az ember keze különböző életmódokat tesznek lehetővé, a bennük levő csontok száma és kapcsolódásuk sorrendje azonos. Közös eredetre utal a minden élőlényben azonos genetikai kód is.

Irányzatok

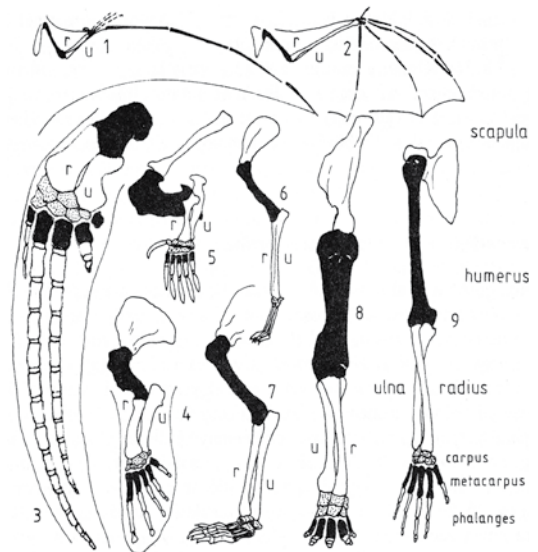
Az evolúciós gondolatot sok új irányzat, modell gazdagította. A 19. században a francia **Georges Cuvier** (ejtsd: küvié) az élőlények **szervezetének összhangjából**, a szervek kölcsönös kapcsolatából indult ki. Például a növényevő emlősök patás lába, redős zápfoga és terjedelmes vakbele összefügg (a vakbél a cellulózbontó baktériumok tárolója). Nem változtatható meg egyik vagy másik külön-külön, csak együtt életképesek. Ebből Cuvier szerint az következik, hogy a fajok keletkezése vagy kihalása nem mehet végbe kis lépésekben (ahogyan Darwin leírta), hanem csak **ugrásszerűen**.

Más kutatók arra hívták fel a figyelmet, hogy a kiválasztódás (szelekció) önmagában nem hozhat létre bonyolult, összetett formákat, csak azok között válogathat, amelyek már létrejöttek. Kell tehát lennie valamilyen **belső hatóerőnek**, mely az élőlények fejlődését irányítja. A vallásos gondolkodók egy része szembefordult az evolúció tanításával, mert úgy vélték, hogy erkölcsromboló hatású. Más tudósok, például a jezsuita Teilhard de Chardin (ejtsd: sárden) szerint az emberi történelem is a kozmikus evolúció része. Ő a fejlődés kezdő- és végpontját a teremtő és személyes Istennel azonosította. Szerinte az evolúció folyamatában a véletlenek sorozata – egy vak ember tájékozódásához hasonlóan – **irányított**, végső soron egy cél irányába tart.

Összegzés

Az evolúció (kibontakozás) tana szerint az élőlények változásai egy egyirányú, visszafordíthatatlan folyamat részeit. A szelekció (természetes kiválasztódás) következtében az öröklött előnyösebb változatok elszaporodnak. Ezzel a szaporodási közösségek (populációk) egésze válik alkalmasabbá. Több kutató szerint az evolúciót más hatások is befolyásolják.

- 3 Van-e összefüggés egy ország gazdasága, katonai ereje és az ott élők átlagos gyermekszáma között?



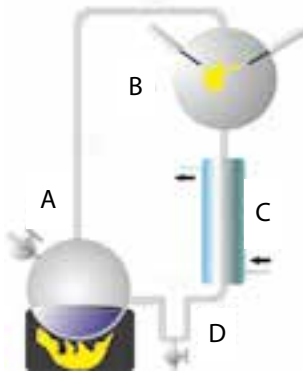
Gerincesek mellső végtagjainak csontjai
Konrad Lorenz könyvéből

- 4 Nézz utána!
Melyik csontokat jelölte a rajzoló feketével?
Melyik csontokat jelölik a latin nevek?
Melyik szám melyik élőlényt jelentheti az alábbiak közül?
Ember, repülő őshüllő, cet, denevér, vakond, kutya, oroszlánfóka, medve, elefánt.

- 5 Nézz utána!
Cuvier szerint az őslények hirtelen, kozmikus katasztrófák következtében haltak ki. Alátámasztja-e valamilyen tény ezt az elgondolást? Képzeld el! Lamarck és Cuvier azonos egyetemen tanított, de igencsak másként gondolkodtak. Írj le egy képzeletbeli vitát a két tudós között! Te kinek adnál igazat?

50. A Föld fejlődése

A tapasztalatok szerint életet csak élőlény hozhat létre, minden sejt másik sejtől lesz. (37. fejezet) Hogyan, milyen körülmények között jöhetett létre az első sejt? És ha már létrejöttek az élőlények, hogy befolyásolták egymás fejlődését? Az élet története egyúttal a Föld története is, hiszen az élőlények nemcsak alkalmazkodtak, hanem alakították is környezetüket.



Stanley Miller kísérleti berendezése (1953)

Az alsó lombikban (A) forralt víz az ósocéánt utánozza, az elektródák kisülései (B) a gyakori villámlásokat, a hűtés (C) a lezúduló esőket. A kiindulási gázösszetétel hidrogén, metán, víz és ammónia volt. Két hét után a metán 15%-a vízben oldható szerves molekulákká alakult (hangyasav, aminosavak), jelentős része pedig bonyolult szerkezetű kátránnyként vált ki az edény falán.

- 1 Miben volt újszerű Miller kísérlete? Ellen-tétben áll-e Miller eredménye az ősnem-zést cáfoló kísérletekkel (37. fejezet)?
- 2 Bár a vírusok jóval egyszerűbbek a leg-kisebb élőlénynél is, a kutatók mégsem gondolják, hogy vírusokhoz hasonlókból alakultak volna ki az első élőlények. Mi szól ez ellen a feltevés ellen?



Az élővilág öt birodalma (regnuma)

Dorion Sagan rajza alapján

A kéz metaforája jelzi a múltat, de azt is, hogy az ujjak (az öt regnum) a jelenben csak együtt működőké-pe-sek, egymásra utaltak.

Ősvíz, őslégkör – ősi élet?

Az ősi Föld légkörének összetételére mai csillagközi porfelhők színképelemzéséből és az ősi földi kőzetekbe zárt levegőzár-ványok vizsgálatából következtetnek. Az adatok arra utalnak, hogy a főként H_2O , N_2 és CO_2 tartalmú **őslégkörben nem, vagy igen kevés elemi oxigén volt**. A 20. század közepén kísérleti úton igazolták, hogy ilyen körülmények között élőlények köz-reműködése nélkül sokféle szerves molekula keletkezhetett. Az élő sejt létrejöttéhez azonban nemcsak anyag és energia szükséges, hanem **információ** is. Ezek a kísérletek nem magya-rázzák a belső rend eredetét, ezért önmagukban nem adnak választ az élet keletkezésének kérdésére.

Az élővilág nagy csoportjainak (országainak) összehasonlítása

	prokarióták (baktériumok)	sejtmagvasok (eukarióták)			
		egysejtűek	gombák	növények	állatok
sejthártya	van	van	van	van	van
sejtmag	nincs	van	van	van	van
színtest	nincs (de színanyag lehet)	lehet	nincs	van (a levélben)	nincs
sejtfal	nincs (de tok lehet)	lehet	van (kitin)	van (cellulóz)	nincs
aktív hely-változtató mozgás	lehet (csilló)	jellemző	nincs	nincs	jellemző
szerves táp-anyagigény	lehet	lehet	van	nincs	van
szaporodás ivarsejtekkel	nincs	nincs	nem jellemző	igen	igen

3 Olvasd ki a táblázatból!

Mik azok a tulajdonságok, amelyek minden élőlényre jel-lemzőek?

Mi a közös az állatokban és a gombákban? Mi a közös a nö-vényekben és a gombákban?

Öt világ

Lynn Margulis elképzelése szerint különböző típusú szimbió-zisok (kölsönös haszonnal járó szoros együttműködések) hozták létre az élővilág öt nagy csoportját (regnumát), melyek mára benépesítették a Földet. Ezek: a baktériumok (sejtmag nélküliek, prokarióták), az egysejtű sejtmagvasok, a növények, a gombák és az állatok (biológiailag ide értve az embert is). Kapcsolataikat az ábra mutatja.

Az élővilág hatása a Földre

Az élőlények nem csak alkalmazkodtak a körülményekhez, alakították is azokat. A zöld növények és fotoszintetizáló baktériumok elemi **oxigéngázt** termeltek. Ez először az óceánok vizében oldódott és oxidálta a fémeket: ércek keletkeztek. Később a légkörbe kerülve részben **ózonná** (O_3) alakult, ami hatékonyan szűrte ki az ultraibolya sugárzás nagy részét. Ezzel lehetővé vált, hogy az élőlények kimerészkedjenek a víz védelméből és benépesítsék a szárazföldeket is. A mocsarakban tenyésző óriásfák maradványai oxigéntől elzárt helyeken elszenesedtek, ezek alkotják a mai **kőszéntelepek** egy részét. Eközben a tengerekben elterjedtek a mésztartalmú vázakat kiválasztó korallok és puhatestűek (kagylók, csigák). Elpusztult vázaikból a Föld belső mozgásai **mészköhegységeket** formáltak. Testük szerves anyagai viszont oxigéntől elzárt helyre kerülve **kőolaj- és földgáztelepekké** alakultak.

4 Figyeld meg a jobb oldali képet! Miben különbözik egy mai csiga házától? Ammonitesz-vázak részleteit (ha nem is ilyen nagyokat) sokszor megfigyelhetünk középületeink vagy a metró falaiban is, de csak akkor, ha az mészkö. Miért nem fordulnak elő ilyen maradványok például bazaltban?

5 Beszéljétek meg! Hová került az ősi Föld légköréből a sok szén-dioxid? Miből keletkezett a mai légkör 21%-át alkotó oxigén? Milyen következményekkel jár a fosszilis energia-hordozók napjainkban fokozódó ütemű égetése?

Kölcsönös alkalmazkodás

Az élőlények evolúciójuk során környezetük és egymás fejlődését is befolyásolták. Így például a szárazföldi élet szempontjából fontos **talaj** a növények, a lebontó gombák, baktériumok és sokféle ízeltlábú közös munkálkodása révén jött létre – aprózódással, mállással és több más fizikai és kémiai folyamattal kísérve. A rovarok színlátása és a színes virágszirmok kialakulása is egyidejűleg, egymást erősítve alakult ki.

6 Keressetek más példát is a kölcsönös alkalmazkodásra!

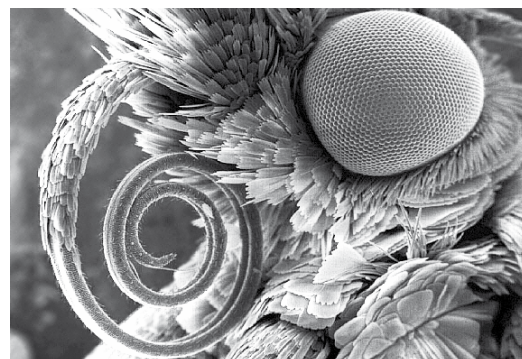
7 Mi az összefüggés a füvek és a legelő állatok; az antilopok és a gepárd; a fák és az ágak közt élő orchideák; a szarvasmarhák és a ganajtúró bogarak életmódja között?

Összegzés

Az élet kialakulása minden bizonnyal a maitól erősen eltérő környezetben ment végbe. Ettől kezdve az élőlények egymáshoz is alkalmazkodtak (koevolúció), és a környezetüket is átalakították. Így jött létre a légköri oxigén, az ózonpajzs, a nitrogén, a talaj, a kőszén- és kőolajtelepek és a mészköhegységek. A Föld és az élet története elválaszthatatlan egymástól.



Óriási kihalt tengeri puhatestű (Ammonitesz) mészvázának maradványa



Trópusi orchidea és egy ízeltlábú szeme közlől
A rovarporozta virágok szirma és a színlátó rovarok szeme, pödörnyelve az egymásra való hatás, egymás fejlődésének befolyásolása (tudományos szakkifejezéssel koevolúció) eredményeként alakult ki.

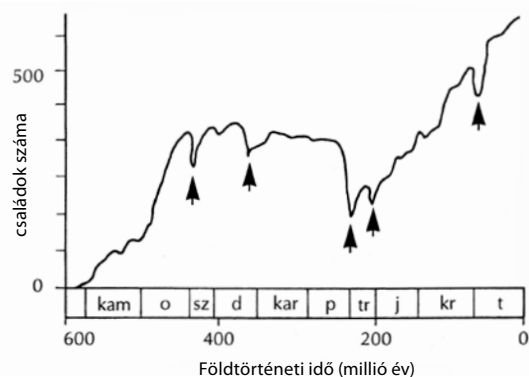
51. Kihalások és újrakezdések

Ha a környezet lassan változik, a fajoknak van idejük a vándorlásra vagy alkalmazkodásra. De mi történik, ha váratlan és hirtelen katasztrófa következik be? Az őslénytani leletek és a mai fajok földrajzi elterjedése egyaránt jelzi a múlt sokszor viharos eseményeit. A nagy korszakok néhány fontos eseményét a könyv belső borítóján látható földtörténeti óra szemlélteti.



*Tyrannosaurus koponyája
Más dinoszauruszokkal együtt halt ki
a krétakor végén.*

**A tengeri élőlénycsaládok számának
változása az elmúlt 600 millió év során**



*A nyilak jelzik az öt nagy kihalási hullámot.
A hatodikat – az ember hatására ma zajlót –
a grafikon léptéke miatt nem lehet ábrázolni.*

1 Olvasd le az ábráról! Az ábrázolt családok hány százaléka pusztult ki a kréta végén (kr) és a perm végén (p)? Hogyan állapítható meg izotópos módszerrel egy lelet kora?

2 Beszéljétek meg! Milyen következménnyel járna ma egy kisbolygó becsapódása? El tudnánk-e hátrítani? Milyen élőlények vagy életközösségek veszelnék át legkönnyebben a bekövetkező katasztrófát?

Kihalási hullámok

A fajok megjelennek és kihálnak. Ugyanez igaz nagyobb egységeikre: nemzetségekre, családokra is. A grafikon mutatja, hogy a fajkeletkezés és -pusztulás sebessége nem egyenletes. A földtörténet során az állandóság szakaszait időnként **kihálási hullámok** szakították meg. Legjelentősebb a perm végi, leghíresebb pedig a kréta végi (a középidőt lezáró) kihalási hullám.

Katasztrófák

Az egyidejű kihalások magyarázatára sok elmélet született. Ezek vagy **geológiai eseményekkel** (vulkanizmus, jégkorszakok), vagy **kozmosz hatásokkal** (meteoritbecsapódás) magyarázzák a kihalásokat. Több bizonyíték – nehézfémek hirtelen feldúsulási tartománya, hatalmas tengeri szökőárakra utaló nyomok – szól amellett, hogy a kréta időszak végén csakugyan bekövetkezett egy ilyen ütközés. A hőhatás, a Földet tartósan sötétbe borító porfelhő, a vízben oldódó mérgező anyagok hihetővé teszik az egyidejű pusztulás mértékét. A kérdés inkább az, hogy hogyan maradhatott életben mégis sok faj. Az eltérő érzékenységet ma még nem tudjuk jól magyarázni.

A jégkorszakok

Jelen ismereteink szerint a földtörténeti idő 90%-ában a sarkvidékek környéke jégmentes volt, a szárazulatokat erdők borították. Minden olyan időt **jégkorszaknak** mondhatunk, melyekben a sarkvidékeket és magashegységeket tartósan jég fedi. Erre utaló nyomok a földtörténet több korszakából is ismertek. Az éghajlatváltozások (és a kisebb mértékű átalakulások, az éghajlatingadozások is) periodikusak, ciklikusan követik egymást. A negyedidőszak utolsó harmadában, az elmúlt 800 ezer év során például a jégtakaró időnként hatalmas területekre nyomult előre: ezek a szűkebb értelemben vett jégkorszakok. Az ezeket fölvaltató jégmentes szakaszokban a jégtakaró a sarkvidékek közelébe és a magas hegyekbe húzódott vissza. Jelenleg is egy ilyen szakaszban élünk.

A jégkorszakok okai között különösen jelentősek a **csillagászati** jelenségek (a Föld pályaelemeinek ritmikus változásai). A szárazföldek megváltozott helyzete befolyásolhatta az óceánok áramlási rendszerét és ezzel az éghajlatot is. Az **élővilág** is alakítja a légkör összetételét, ezzel a felmelegedést is.

3 Olvasd le a belső borítón látható földtörténeti óráról, hogy kb. „hány órákor” találjuk az első életnyomokat, az első szárazföldi gerinceseket, a dinoszauruszokat, az ember megjelenését!

A jégtakaró európai kiterjedése és kontinensünk akkori partvonalai a pleisztocén kor végén Szaggatott vonal jelzi az összefüggő jégtakaró határát. Szaggatott vonal mutatja a szárazföld peremét.

1. Tundra; 2. Szttyepp; 3. Tülevelű erdő; 4. Lomberdő. A fekete körök a pézsmatulok jégkorszaki maradványainak lelőhelyei. Ez a nagytestű emlős jelenleg Észak-Európa és Kanada hideg, sarkvidéki területein él.

- 4 Figyeld meg! Mely (mai) országok területére terjedt ki a jég-takaró az utolsó jégkorszakban? Milyen növényzet volt a mai Magyarország területén?

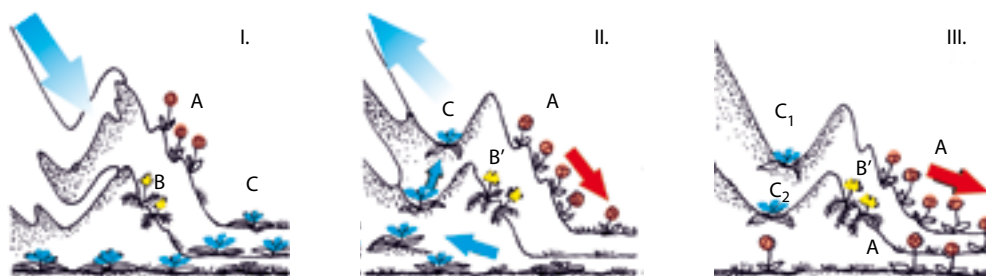
Maradványfajok

A jégkorszakok és a köztes melegebb időszakok váltakozása átalakulásra vagy vándorlásra készítette az élőlényeket. A melegkedvelő fajok a hideg időszakokban délre húzódtak, és néhány meleg mikroklimájú déli hegyoldalon fennmaradtak. Ezek az elszigetelt populációk sokszor önálló alfajjá vagy **maradványfajjá** alakultak. A melegebb időszakokban fordított irányban indult meg a folyamat (lásd az ábrán). A változatos felszínű hegységek sok fajnak nyújtottak menedéket. Ezek ma becses **természetvédelmi értékeink**. Magyarországon a folyamatot Borbás Vince írta le és „hegyről füvesedés”-elméletnek nevezte el.



- 5 Gondold végig! Milyen hatást gyakorolt az éghajlatra a mészkőhegységek képződése, a szerves üledékek létrejötte? Mit okozhatott az óceánok vízszintjének csökkenésekor a szárazra került, szerves üledéket tartalmazó parti iszap bomlása, a szén-dioxid légkörbe kerülése?

A hegyről füvesedés elméletének szemléltetése három növényfaj példáján



I. Az eljegesedés idején a déli lejtőkön két melegkedvelő faj (A és B) talált menedéket. A hidegkedvelő C faj uralja a síkvidéket. II. A felmelegedés időszakában az A faj kezd újra benépesíteni a síkságot („hegyről füvesedés”), a C faj lassan visszaszorul a hűvös mikroklimájú völgyekbe. Az elszigetelt B faj lassan átalakul B'-vé. III. A mai állapotban az A faj közös a déli lejtőkön és a síkvidéken, a B' melegkedvelő relikum bennszülött növényként, a C₁ és C₂ pedig két hidegkedvelő relikum populációként maradtak fenn.

- 6 Gondold végig! Kosztolányi Dezső A magyar nyelv helye a földgolyón című írásában a pilisi lenhez hasonlította a magyar nyelv helyzetét. Milyen szempontból találó ez a hasonlat? Gondold végig! A növények nem képesek helyváltoztató mozgásra, generációk során át mégis vándorolnak. Hogyan lehetséges ez?



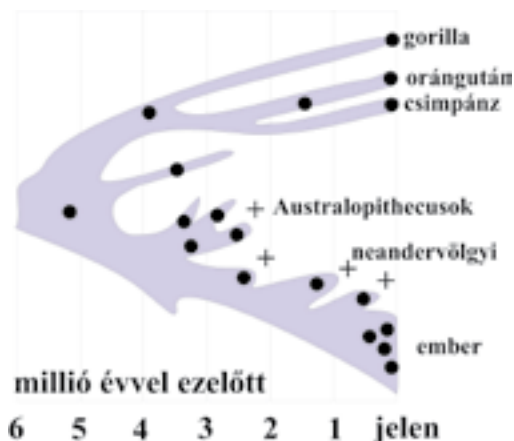
A pilisi len
Csak a Pilis hegység egy kis területén maradt fenn, kiemelten védett. Hasonló, rokon lenfajok élnek a bulgáriai Pirin hegységben és a görögországi Olimposzon.

Összegzés

Az evolúciós változások gyakran hirtelen következnek be (katasztrófák). Máskor a lassú változások időt hagynak a fajoknak a vándorlásra (jégkorszakok, hegyről füvesedés), és az alkalmazkodásra is. A változó élővilág maga is alakítja környezetét, ezzel befolyásolja saját evolúcióját is.

52. Megjelenik az ember

Vajon saját fajunk kivételes helyzetű, vagy ránk is ugyanazok a törvények vonatkoznak, mint az állatvilágra? Miben hasonlít az állatcsoportokra az emberi társadalom, az állati kommunikációra az emberi nyelv, az állati szexualitásra az emberi kötődés? Ezekre a kérdésekre sokféle tudományág keresi a választ, így a biológia is.



Az emberszabásúak származásának lehetséges törzsfa-ábrázolása
A kerek szöveg a kihalt oldalágakat jelenti.
A fekete pontok a megtalált őslénytani leletek.

1 Gyakran hallani, hogy „Darwin szerint az ember a majomtól származik”. A törzsfa alapján: mit állított valójában Darwin?

2 Vitassátok meg! Helyesen határozta-e meg Linné az ember lényegét, amikor a *Homo sapiens* (bölcs ember) nevet adta neki? Mit fejezhet ki biológiai értelemben a „bölcsesség”? Van-e olyan jelző, ami jobban illene a mai kor emberére?

3 A neandervölgyi ember 20–30 ezer évvel ezelőtt tűnt el. Ágytérfogata 1200–1700 cm³ volt, a mai emberé 1300–1500 cm³. Mire következtethetünk ebből? Észreveszel-e az ábra alapján egyéb különbséget?

4 Vajon képes lenne-e elboldogulni egy neandervölgyi ember a mai civilizációban? És fordítva? Miért?

5 Vajon mire akarták fölhívni a figyelmet ennek az átbillenő ábrának a készítői?

Az ember származása

Linné „sapiens”-nek, „bölcs”-nek nevezte el az embert. Sajátosságaink közül sokan a tudatot tartják a legjellemzőbbnek, mások az eszközkészítést, ismét mások a nyelvet, a vallásos, az értelmet kereső világlátást vagy a játékokat. Valószínű, hogy e sajátosságok egymást erősítik. Az emberré válás az evolúció legvitatottabb eseménysora. A viták egy részét a szempontok keveredése okozza. Akik az ember kiemelt helyzetéből vagy teremtménységéből indulnak ki, gyakran csak az ember és az élővilág közti különbséget, szakadékot látják. Azok pedig, akik az embert is csupán biológiai lénynek tartják, azzal próbálkoznak, hogy minden jellegzetességünket – a társadalmi, nyelvi, vallási, művészi életet – a biológiai evolúcióra vezessék vissza.

Az ember megjelenésével új evolúciós szintek jelentek meg. A biológiai evolúció mellett a kultúra, a nyelv, a technika is saját fejlődési útját kezdi járni. Az egyes szintek hatnak egymásra, de egyik a másiktól nem érthető meg teljesen. A népesség növekedése például társadalmi kérdés, ám korlátait (az adott terület eltartóképességét) biológiai és fizikai törvények szabják meg.

Az emberi csoportot összetartó erők

Az ősi csoporttársadalmak kialakulásakor 100-150 fő élhetett közös területen, s ezen belül 30-50 fős csapatok különültek el. Ennek tagjai együtt tevékenykedtek és személyesen is jól ismerték egymást. Ezért az emberi tulajdonságok közül kulcsfontosságúak a csoportot **belülről összetartó és egységesítő** hajlamok. Ilyen a csoporton belüli csökkent agresszivitás, a kölcsönös figyelem, az utánzás. Az anya és a csecsemő például felváltva jelzik érzelmeiket, a mama játékosan utánozza a csecsemő arckifejezését, ő pedig az anyáét. Így már egyéves korunkra megtanuljuk beleélni magunkat a másik helyzetébe (empátia).



Gondolkodó neandervölgyi és mai ember
– átbillenő ábra a Fővárosi Állatkertben

A kötődést szolgálja a **szexualitás** is. A szülők személyes kötődése tartja fenn a **családot**. Ez teszi lehetővé a gyermek normális beilleszkedését a közösségbe.

Az emberi csoportot összetartó erő jele a sokféle **érzelem**. Ezek különféle **csoportnormák** létén alapulnak. Aki például szégyelli magát, az jelzi: tudja, hogy áthágta a közösség valamelyik szabályát. Ez a csoport többi tagjának is fontos információ, mert másképpen viszonyulnak ahhoz, aki bánja hibáit, mint ahhoz, aki nem. Különösen heves érzelmeket váltanak ki a **csalások**. A csalók önző módon viselkednek, megtűrésük szétbomlasztaná a csoportot. Ezért váltanak ki még azokban is felháborodást, akiket közvetlenül nem károsítottak. A csoport fenntartását, egységét segíti az **erkölcs (morál)**. Aki elfogadja, belső erőként, elkötelezettséggel él meg. Rombolói gyengítik a közösséget.

Elkülönülés és együttműködés

A csoportok létének feltétele belső egységükön kívül **elkülönülésük** is. Az ember csoportképző hajlama olyan erős, hogy ha bármilyen tevékenységbe fognak, ismeretlen emberek közt is kialakulnak az egymástól elhatárolódó közösségek. Ezt az öröklött viselkedési hajlamot könnyű szándékosan fölgerjeszteni, nemes vagy pusztító célokra fölhasználni (például szabályszerű versengés a sportban a csapatok között, de idegekkel szembeni gyűlöletkeltés a politikában).

A társadalmak az elkülönült csoportok **együttműködésével** alakulhattak ki. Ennek biológiai alapja, hogy egy ember egyszerre több csoportba is képes beilleszkedni, s e csoportok gyakran átfedik egymást. Így például valaki tartozhat egy faluközösségbe, ezzel egyidejűleg lehet vallási közösség tagja, nyelvileg nemzetével azonosul, foglalkozása pedig valamely szakmához köti. A sokféle csoport egyidejű létezése szükségessé teszi a sokféle **csoportnorma** elfogadását és azok összehangolását. Egyúttal sokféle lehetőséget is jelent az egyéni képességek kibontakoztatására. Valaki például lehet egy sportágban a legjobb, egy másik egyén kitűnően énekel, a harmadik ügyes mesterember. Ha csak egyetlen rangsor létezne – mint a társas állatoknál –, ilyen gazdag tagoltság nem jöhetne létre.

- 8 Ki miben jó? Beszéljétek meg, hogy a közösségen belül ki miben jó vagy a legjobb! Lehetőleg mindenkinek keressétek meg a jó tulajdonságait, akkor is, ha azok nem feltűnőek! Hányféle szempontot találtatok? Lehet-e, érdemes-e mindegyiket rangsorolni? Számítanak-e ezek a tulajdonságok abban, hogy milyen csoportok alakultak ki a közösségen belül?

- 6 Vitassátok meg! Milyen helyzetben érezhet valaki büszkeséget, megvetést, szánalmat, szorongást vagy honvágyat? Melyik függ össze az egyén és a közösség kapcsolatával? Vajon öröklöttek vagy tanultak ezen érzések kifejezési módjai?



Csoportok összetartozásának jelei

- 7 Mi köti össze a képen látható csoportok tagjait? Változtatott-e az ember csoportképző hajlamán a modern informatika, az sms-ek, a közösségi oldalak elterjedése? Ugyanaz-e a döntő egy csoporthoz tartozásban, mint személyes ismeretség esetén?



Szurkoló fiatalok

Összegzés

Az ember társas lény. Csoportjainak fejlődését nemcsak biológiai, hanem a technikai, a nyelvi, a kulturális evolúció is jellemzi. A sokféle, egymástól részben elkülönülő, részben együttműködő csoport egyidejű jelenléte sokféle szabály, norma megtanulását és elfogadását igényli. Ez változatos képességek kibontakoztatását teszi lehetővé, egyúttal azonban sokféle ellentét, konfliktus forrása is.

53. A Föld átformálása

Az élővilág öntudatlanul alakítja környezetét. Az ember tudatosan és egyre hatékonyabban teszi ezt. Vajon látták-e elődeink tetteik rövid és hosszú távú következményeit? Mely társadalmak tudtak tartósan fennmaradni egy táj természeti környezetében? Mit tanulhatunk a történelem emberi kísérleteinek sikereiből és kudarcaiból?

1 Gondold végig!

Miben hasonlít egymásra a darwini természetes kiválogatódás (szelekció) és a nemesítők mesterséges kiválasztása? Mi a fő különbség? Vajon a gyógyszereknek ellenálló baktériumtörzsek (37. fejezet) természetes vagy mesterséges szelekció hatására terjednek?

2 Nézz utána!

Az alábbi országok közül melyeknek alakította át a gyarmatosítás az etnikai összetételét is? USA, Kongó, Argentína, Haiti, Peru, Ausztrália.

3 Nézz utána!

A középkor rettegett betegsége volt a pestis. Hogyan terjedt? Miért nem volt eredményes az ellene való védekezés? Melyek a ma pusztító legveszélyesebb járványok? Mi a védekezés mai módja?



Delphi romjai, háttérben a csupasz Parnassosz hegységgel. Ezt a hegyvidéket eredetileg erdőszeg borította. Mi az összefüggés a kopár felszín és az emberi civilizáció elterjedése között? Milyen fényképpel szemléltethetnénk a mai civilizáció és a környezet kapcsolatát? Ha van ötleted, készíts saját fényképet, ami ezt mutatja be!

Nemesítés, tenyésztés

Az újkőkorbán a Föld egyes vidékein a vadász-halász népesség egy része áttért a rendszeres élelmiszertermelésre: az állattenyésztésre és növénytermesztésre. A termesztés mindig együtt járt a nemesítéssel. Ezt a „vad” (természetben élő) fajok változatainak **mesterséges kiválogatásával és keresztezése**kkal érték el. A nemesített fajok tulajdonságaiban emberi szándék tükröződik. Általában nagyobb termetűek, de igényesebbek, kényesebbek, mint vad elődjük. Legtöbbjük az ember segítségével hamar kipusztulna.

Járványok

Sok kórokozó a vadon élő állatokban és háziállatokban vagy ház körül élő állatokban is előfordul. Az emberre ártalmatlan kórokozók sokszor már széles körben elterjedtek, amikor egy véletlen mutáció révén kialakult az emberre veszélyes változat. Ez aztán viharos gyorsasággal terjedhetett: **járványok** alakultak ki. A pestis a vándorpatkányról, a tuberkulózis (TBC) és a himlő valószínűleg a szarvasmarháról került át az emberre.

A járványok a történelmi időkben népek sorsát formálták és döntötték el. A kelet–nyugati irányban nyitott Euráziában időről időre hatalmas pusztításokat okoztak, majd visszaszorultak, de nem tűntek el teljesen. Az európai népesség ezért ezekkel a kórokozókkal szemben többé-kevésbé védett lett. Mivel Amerika vagy Ausztrália őslakóinak nem kellett szembenézniük ilyen veszélyekkel, a gyarmatosítók betegségeivel szemben védtelenek voltak. A fekete himlőt például egyetlen spanyol vitte Mexikóba 1520-ban. A járvány hatására az eredetileg 20 milliós azték indián népesség száma 1,6 millióra zuhant.

A gazdálkodó ember

A halász-vadász népek szertartásai bizonyítják az elejtett állat tiszteletét. Az észak-amerikai indiánok fő tápláléka a bölényhús volt, ennek ellenére (azaz éppen ezért) nem ők sodorták a pusztulás szélére ezt a fajt. Az élőlények többsége alkalmazkodott az új ragadozóhoz, az emberhez.

A pásztorkodó, földművelő család vagy falu hosszú távú fennmaradását csak az biztosíthatta, ha gondoskodtak erőforrásaik megújulásáról. Trágyázással kell visszaadni a növénytermesztés során a földtől elvett termőerőt, gondoskodni kell az ivóvizet szolgáltató források és a tüzelőanyagot biztosító erdők védelméről. Ez az életforma néhol évezredek át működött a többé-kevésbé **önellátó és autonóm** (saját törvénykezésű) faluközösségek formájában.

Az állam létrejötte méretnövekedéssel és fokozódó munkamegosztással járt. Ezzel nőtt a hatékonyság, ám a legtöbb egyén számára átláthatatlanná vált munkája következménye. Így például a folyammenti kultúrák csatornarendszerei hosszú időn át magas termésátlagokat tettek lehetővé, ugyanakkor a túlöntözés következtében több helyen szikesedés, sivatagosodás indult meg. Ez az adott civilizációk számára katasztrofális következményekkel járt (Mezopotámia).

A görög-római, majd a velencei államok hajóhadaikhoz rengeteg fát irtottak ki, az intenzív legeltetés pedig megakadályozta az újulat megerősödését. A talajpusztulás (erózió) miatt az eredetileg erdős táj arculata tartósan megváltozott.

Az államok terjeszkedésével a természetes élőhelyek mind nagyobb részét vonták művelés alá. Legelők, kaszálók, szántóföldek keletkeztek, melyeket nemesített állat- és növényfajokkal népesítettek be. A települések néhol óriási városokká duzzadtak. A folyók ártereit gátak közé szorították, a mocsarakat lecsapolták, felszíni bányákat nyitottak. Mindezek a vadon élő állat- és növényfajok visszaszorulását okozták: megcsappant az élőhelyük, csökkent a táplálékforrásuk. A korábban nagy kiterjedésű fajok több **kis populációra szakadtak**, ezek egy része kihalt.

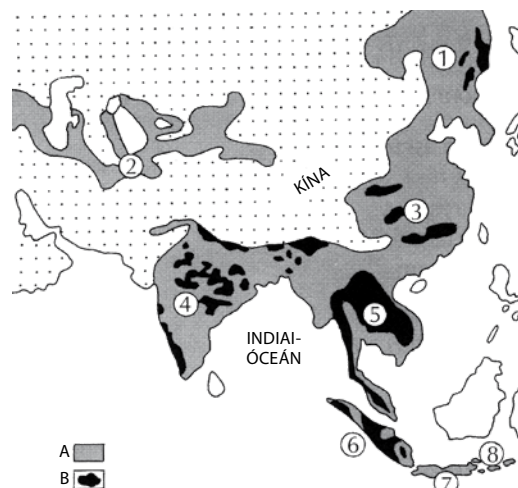
A gyarmati rendszer fokozta a pusztítást. A gyarmatok lakói kénytelenek voltak bekapcsolódni a világméretű árutermelésbe. A gyarmatosító – majd később a „fogyasztói” – országok igényeit óriási **monokultúrákkal** (amelyben egyetlen növényfajt – például kávé, teát, banánt, fűszereket – természetnek óriási, összefüggő területeken) lehetett kielégíteni. A fölőltetett erdők talaján néhány évig jó a termés, utána a vékony, kimerült talajt lemossa az eső. Emiatt évente hatalmas területek válnak terméketlenné. Az ültetvények védelmében alkalmazott vegyszerek (rovar- és gyomirtók) fokozzák a pusztítást, a táplálékláncba kerülve a kiszórás helytől távol is hatnak. A megmaradt természetes élőhelyek élővilágát illegális gyűjtések gyérítik.

A fajpusztítást fokozza a népesség növekedése a szegény országokban. A hagyományos gazdálkodás összeomlása miatt elszegényedő emberek egy része a városokba áramlik, mások új termőhelyeket szakítanak ki a természetből, ismét mások a gazdagabb országokba vándorolva próbálnak szerencsét. A szerteágazó gazdasági és politikai összefüggések következménye a kultúrák, nyelvek változatosságának csökkenése mellett a természet **fajgazdagságának** szegényedése is.

- 5** *Vitassátok meg! A régi és mai népvándorlásoknak nemcsak politikai és gazdasági, hanem éghajlati okai is lehettek. Mi kényszerítheti szülőföldje elhagyására emberek tömegeit?*

Összegzés

Az ember szándékosan (nemesítés) és szándékán kívül is (járványok) alakította környezetét. Volt példa a gazdálkodás természettel összhangban álló és önpusztító módjára is. Tartós megoldást csak olyan gazdálkodás jelenthet, amely nem szegényíti el a természet erőforrásait.



A tigris alfajainak elterjedési területe száz évvel ezelőtt (szürke háttér, A) és jelenleg (sötét területek, B) 1. amuri; 2. kaspi (kihalt); 3. kínai; 4. indiai; 5. indokínai; 6. szumátrai; 7. jávai; 8. Bali-szigeti

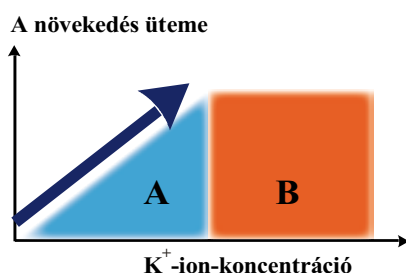
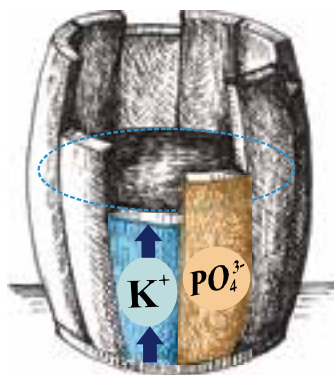


- 4** *Olvasd el! Arany János Rege a csodaszarvasról című költeményében tigrisüvöltésről olvashattunk. Melyik alfaj lehetett ez?*

- 6** *Nézz utána, gondold végig! Magyarország mely tájai viselik leginkább magukon az emberi tevékenység nyomait? Mi volt a célja és mi lett az eredménye a táj átalakításának? Jelent-e az átalakítás természetvédelmi problémát? Ha igen, mi a megoldás?*

54. Ökológia: együttéléstan

„Az ökológia az evolúció színpada” – állította egy neves biológus (George Evelyn Hutchinson – 39. fejezet). A genetika pedig – tehetnének hozzá – a darabot játszó színészekről gondoskodik. Mit jelent ez a hasonlat? Nem elég ismernünk egy-egy élőlény belső lehetőségeit (genetika). Azt is tudnunk kell, hogy környezete mennyire támogatja vagy gátolja ezek megvalósulását (ökológia). Így érthetjük meg azt, hogy mi történik – úgy az élőlénnel, mint környezetével (evolúció).



1 Gondold végig! Mi lesz a következménye annak, ha egy foszfátokban elszegényített, de egyébként tápanyagban gazdag talajra kálisó műtrágyát (KNO_3) szórunk? Milyen szabályt fogalmazhatunk meg a trágyázással kapcsolatban a Liebig-elv alapján?

2 Gondold végig! A növekedés ütemén kívül még milyen más módon lehetne mérni azt, hogy egy növény az adott környezetben mennyire érzi jól (vagy rosszul) magát? „Jóából is megárt a sok!” – Hozz példát az élővilág köréből a mondas érvényességére!

3 Számold ki! Hány palacsintát lehet sütni abban a konyhában, ahol a következő alapanyagok állnak a rendelkezésre: 30 dkg liszt, 3 tojás, 2 dl tej, étolaj, só? Tegyük fel, hogy pontosan betartjuk az alábbi receptben szereplő arányokat: 12 palacsintához kell 20 dkg liszt, 1 tojás, 1 evőkanál étolaj, 4 dl tej és csipetnyi só. Mennyiben hasonlít ez a példa a Liebig-szabályhoz?

A természetben fajok milliói élnek az élőhelyeikhez és egymáshoz alkalmazkodva. A 18. századtól kezdve e kapcsolatok leírására a gazdaságtan (ökonómia) adott mintát. (Az oikosz görögül házat, ház körüli gazdaságot jelent.) A gazdasághoz hasonlóan az élőlények közösségében is minden fajnak megvan a maga szerepe. A „természet ökonómiája” metaforát a 19. században váltották fel az ökológia szóval. Jelentését legjobban az „együttéléstan” szó tükrözi. Az ökológia az élőlények együttélésének módjait és feltételeit kutató tudomány.

A növekedés üteme

Justus von Liebig német vegyész egyik kísérletsorozatával arra keresett választ, hogy mely tápelemek (ionok) játszanak szerepet a növények táplálkozásában. Arra az eredményre jutott, hogy a növények növekedésének ütemét mindig az a tápanyag határozza meg, amelyik a növény szükségletéhez képest a legkisebb mennyiségben van jelen. Ez a korlátozó **környezeti tényező**. Mivel ebből kevesebb van, mint amennyit a növény hasznosítani tudna, az összes többiből is csak ennek arányában részesülhet.

Liebig hordóhasonlata

A hordót csak a legrövidebb donga magasságáig lehet feltölteni. A dongák hosszúsága az egyes ionok koncentrációját, a folyadék magassága a növekedés ütemét jelképezi.

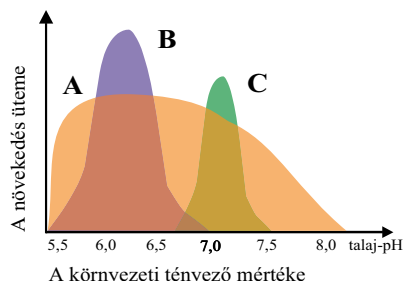
Mi történne, ha növelnénk a kék donga magasságát? Egyre több bor férne bele, de csak addig, amíg el nem érjük a barna donga magasságát.

A grafikonon az A jelű szakaszban a káliumion koncentrációja a legalacsonyabb, ezért ezzel arányos a növény növekedésének üteme. A B jelű szakaszban egy másik ion, a foszfátion (a hordó ábráján a PO_4^{3-} a foszfátion) koncentrációja válik meghatározóvá. A káliumion koncentrációjának további növelése ekkor már hatástalan.

A Liebig-elvet később pontosították. Kiderült, hogy nemcsak a legkisebb koncentráció szabhatja meg a növekedés ütemét, hanem a túlságosan nagy is (ez gyakran mérgezési tüneteket okoz). A szabály érvénye kiterjeszthető minden környezeti hatásra. A túl alacsony hőmérséklet például éppúgy veszélyes, mint a tűrhetetlen hőség. Általánosságban igaz, hogy mindig az **optimálistól leginkább eltérő** környezeti tényező az, amely az összes többi fölhasználhatóságát korlátozza. Ez az **általános Liebig-elv**.

A tűrőképesség

Egyetlen környezeti tényező adott élőlényre gyakorolt hatását a tűrőképességi görbe ábrázolja. A görbe által lefedett terület szélessége alapján beszélünk szűk- és tágtűrűsű fajokról. Az élőlények pusztán létükkel vagy hiányukkal is jelezhetik, hogy az adott helyen megfelelő-e számukra a környezet.



Három faj (A, B és C) tűrőképességi görbéje a talaj kémhatásának függvényében. A kémhatást számszerűen a pH-értékkel jellemezhetjük: 7,0 alatt savas, 7,0 fölött bázikus (lúgos) a kémhatás.

- 4 Melyik a legtágabb, és melyik a legszűkebb tűrőképességű faj? Mi az optimális az A, B és C faj számára? Melyik faj ragaszkodik az enyhén savas, és melyik az enyhén lúgos kémhatású talajhoz? Van-e olyan talaj, ahol a három közül csak az egyik faj fordulhat elő? Van-e olyan, ahol mindhárom megjelenése elképzelhető?

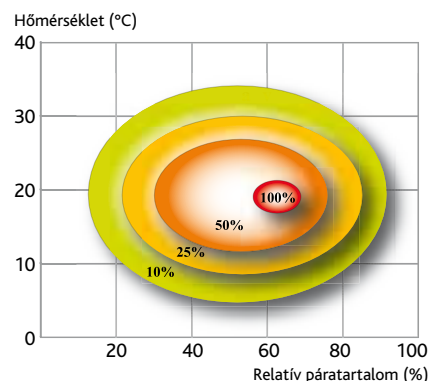
Az ökológiai fülke (niche)

Az ökológiai fülke (szakszóval niche, ejtsd: nis); eredeti jelentése „fülke”) szóval kezdetben azt fejezték ki, hogy minden fajnak megvan a maga szerepe, feladatköre a társuláson belül. Az ökológiai fülke és a környezet fogalmát az angol **Hutchinson** (ejtsd: hácsinzon) kapcsolta össze. Abból indult ki, hogy sok környezeti tényező van. Így például egy növény számára a napfény erőssége, a csapadék mennyisége, a talaj humusztartalma is lényeges. Hutchinson javaslatára ökológiai fülkének nevezzük a környezeti tényezők bizonyos tartományát, amelyet a faj tűrőképességének megfelelően betölt. (Egyszerre ábrázolni legfeljebb 3 tényezőt lehet, de nincs akadálya tetszőleges számú dimenzió elemzésének.)

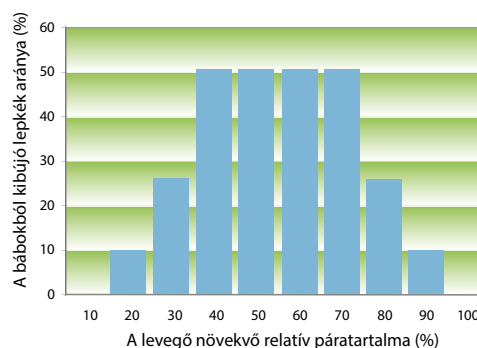
- 5 Olvasd le a grafikonokról! Melyik hőmérséklet-, illetve páratartalom-tartomány optimális a fenyőszövő lepke számára? Milyen időjárás esetén nem kell tartani a szövőlepkék tömeges elszaporodásától? Ábrázold a jobb oldali ábra grafikonjához hasonlóan a faj tűrőképességét 20 °C-on és 30 °C-on is!



Zuzmótelepek egy üvegablakon
A kén-dioxidra érzékeny zuzmók jelenléte a tartósan tiszta levegő jele.



A fenyőszövő lepke élettani igényei
Ez a kétdimenziós ökológiai tér (niche) azt mutatja, hogy a fenyőszövő lepke bábjainak hány százalékából bújik ki az adott körülmények közt a kifejllett lepke.



A fenyőszövő lepke tűrőképessége 15 °C-on, a páratartalom függvényében

Összegzés

Az ökológia az élőlények együttlétezésének módjait és feltételeit kutatja. Egy élőlény csak akkor maradhat fenn, ha belső igényei (tűrőképessége) és környezetének lehetőségei összhangban állnak egymással. Az élőlények ezért már pusztán jelenlétükkel vagy hiányukkal is jelzik, hogy ez az összhang hol valósul meg, és hol hiányzik.

55. Kölcsönhatások

Az élőlények egymás életfeltételei (54. fejezet). Ezért eloszlásuk nem véletlenszerű: életközösségeket, társulásokat alkotnak. Hogyan segíthetik vagy gátolhatják egymást a fajok egy-egy élőhely benépesítésében? Mi biztosítja a társulások egységét, stabilitását? Miért van olyan sokféle élőlény? Az ökológia talált választ ezekre a kérdésekre.



Erdő mélyén

1 A fényért folyó küzdelem fontos kölcsönhatás az erdőt alkotó fajok között. A küzdelem mellett azonban együttműködés is jellemzi az erdő fáit. Miben nyilvánul meg a kölcsönös segítség?

2 Gondold végig!
Hazánkban is sok behurcolt, gyorsan terjedő élőlénnel találkozhatunk. Ilyen például a parlagfű. Miért veszélyes ez a növény? Hol terjedhet el? Mi lehet az oka a gyors terjedésének? Mit tehetünk a megfékezésére? Ismersz-e más behurcolt fajokat?



Krokodil szájában táplálkozó krokodilusmadár
Már az ókori szerző, Hérodotosz is megfigyelte, hogy a krokodil sohasem bántja a trochilosz madarat, amikor az a fogak közti ételmaradékot szedi össze a nyitott szájában

Ökológiai kapcsolatok

Az azonos helyen élő, összehangolt életműködésű fajok kölcsönhatásai **életközösségeket**, **élőlénytársulásokat** tartanak fenn. Egy társulásban gyakori, hogy két vagy több faj igényei – legalább részben – azonosak. Az ilyen fajok **versengenek** a közös és véges erőforrásokért. A következmény gyakran az, hogy alkalmazkodnak egymáshoz: felosztják egymás közt az erőforrásokat. Például az azonos területen élő két növényfaj közül az egyik faj magas fává, a másik árnyéktűrő cserjévé alakul.

A fajok nemcsak vetélytársak: szükségük is van egymásra. Ha az előny kölcsönös, a kapcsolatot **szimbiózisnak** (vagy mutualizmusnak) nevezik. Néha a szimbiózis olyan szoros, hogy a partnerek egymás nélkül életképtelenek lennének (például a növényevő emlősök a belükben élő cellulózbontó baktériumok nélkül). Máskor a kapcsolat hasznos, de nem létfontosságú. (A közösen legelésző zebra és gnúk figyelmeztetik egymást a veszélyre.) Előfordulhat az is, hogy a kapcsolat csak az egyik fajnak hasznos, a másiknak közömbös, mint az oroszlánok által elejtett zebra maradékából élő keselyűk esetében.

Gyakori, hogy az egyik faj a másik **táplálékforrása** (ragadozók, növényevők), vagy pedig szerves anyagot nyer belőle, miközben nem (feltétlenül) pusztítja el (élősködés, parazitizmus). A kölcsönhatások elnevezéseit a táblázat foglalja össze.

A különböző fajok populációi közti kölcsönhatások

	0	+	-
0	Semlegesség		
+	„Asztalközösség” Kommenzalizmus	Szimbiózis (mutualizmus)	
-	Antibiózis	Zsákmányolás – legelés élősködés	Versengés (kompetíció)

A jelek magyarázata: 0 = közömbös; + = kedvező
– = kedvezőtlen (mindkettő a közömbös helyzethez képest).

3 Melyik ökológiai kölcsönhatás a krokodil és a trochilosz madár kapcsolata? Mit gondoltok, hogyan alakulhatott ki?

4 Melyik típusba sorolnád az ember és az általa tenyésztett háziállatok kapcsolatát?

A populációk létszáma

A parlagfű gyors terjedése vagy a világméretű járványok jelzik, hogy a populációk létszáma változhat. Mi dönti el, hogy egy-egy faj elterjed, fennmarad vagy visszaszorul? A kérdésről a 18. század végén egy angol közgazdász, **Robert Malthus** írt tanulmányt. Malthus szerint minden élőlény szaporodóképessége gyorsuló ütemű növekedést tenne lehetővé. A környezet lehetőségei azonban korlátozottak, ezért az utódok egy része szükségképpen anélkül pusztul el, hogy további utódokat hozna létre. Malthus eredeti magyarázata szerint az időről időre szükségképp fellépő éhínségek, járványok a létszámfölösleget szüntetik meg.

Kölcsönös korlátozás

Egy életközösség fajai befolyásolják egymás létszámát. Ha a zsákmányállat elszaporodik, megnő a ragadozók létszáma is, ami csökkenti a zsákmányállatlétszámot, ez ismét csökkenti a ragadozót, ami újból a zsákmány szaporodásához vezet. Ideális „matematikai” esetben a két populáció létszáma egy-egy átlagérték körül fog ingadozni.

Sokféleség és stabilitás

Egy olyan elképzelt életközösség, mely csak két fajból (egy ragadozóból és egy zsákmányállatból) áll, nem lenne tartós (stabil). Ha valamilyen külső hatásra a zsákmánypopuláció megritkul, a ragadozó könnyen kipusztíthatja, amivel saját vesztét is előidéz. A többelmező életközösség jóval stabilabb, mint a kételemű. Így például a róka nemcsak nyúlra, hanem pocokra is vadászhat. Ha a nyulak száma megfogyatkozik, a rókák átállhatnak a pocokra, amivel időt adnak a nyulaknak az újbóli elszaporodásra. A pockok „nyúlhiányos” időszakban is képesek eltartani annyi rókát, amennyi aztán sikerrel gátolja meg a nyulak robbanásszerű elszaporodását. A kihalás és a túlzott elszaporodás veszélye ezzel csökken. A külső-belső zavaró hatásokat tehát – egy határon belül – könnyebben ellensúlyozza egy összetettebb rendszer, mint egy túl egyszerű. A **kellő fajgazdagság** (idegen szóval: biodiverzitás) ezért az életközösségek fennmaradásának feltétele.

- 7 Keresd fel a Budapesti Állat- és Növénykert honlapját (zoo-budapest.hu)! Milyen élőhelyeket és életközösségeket mutat be a Varázshegy? Melyek a jelenben is létező, és melyek a múltbeli élőlények?

„A növényeket és az oktan állatokat (...) hatalmas ösztön űzi fajuk szaporítására, ám ezt korlátozza az ivadékok kétséges életlehetősége. Vagyis amíg mód van rá, a szaporodási ösztön érvényesül, majd a felesleget a tér és élelem hiánya elpusztítja.

E korlátok hatásai azonban, mihelyt emberekről van szó, igen bonyolultakká válnak. Az embert is ugyanaz a hatalmas ösztön hajtja fájának szaporítására, de érvényesülésének határt szab az ész...”

Malthus: Tanulmány a népesedés törvényéről (1798)

- 5 Vitassátok meg! Malthus érvelése szerint a háborúk és járványok fellépésének oka az emberi népesség túlzott növekedése egy-egy területen. Valóban ez váltotta ki a történelem háborúit és járványait? „Határt szab az ész” – Mit érthetett ezen Malthus?



Bölgnyit támadó farkasok (Keszthely, Georgikon Múzeum)

- 6 Gondold végig! Ha egy élőhelyen egyen-súlyban van a ragadozók és a zsákmányállatok létszáma, általában nem törnek ki nagy járványok. Mi az összefüggés?
- 8 A korszerű természetvédelem fő célja nem egy-egy faj (például a tigris) védelme, hanem egész életközösségeké, és azok fajgazdagságáé. Miért hatékonyabb ez a módszer?

Összegzés

Az egy társulásban élő fajok populációit változatos kölcsönhatások kapcsolják össze. Együttműködés, versengés, élősködés és táplálkozás hálózatai szabják meg elterjedésüket. Az életközösség egészének fennmaradását ezért csak sokféle, összehangolt életmódú faj együttese biztosíthatja: a sokféleség a tartós egység feltétele.

56. Társas viselkedések

Az élőlényekre nemcsak testfelépítésük és táplálkozásuk, hanem viselkedésük is jellemző. Mi dönti el, hogy segítőkészek legyenek vagy agresszívek? Miért és hogyan „beszélgetnek” egymással? Miben hasonlít viselkedésükhöz az ember társas élete? Ezeket a kérdéseket a viselkedéstan (etológia) és az ökológia közösen kutatja.

Az r- és a K-típusú fajok összehasonlítása

Tényezők	r-típusú	K-típusú
a környezeti erőforrások elérhetősége	kiszámíthatatlan	biztos
halandóság	magas	alacsony
szaporodás	sok utód	kevés utód
létszám	változó	közel állandó
élettartam / testméret	rövid / kicsi	hosszú / nagy
szülői gondoskodás	alig	jellemző
agresszivitás	alig	jellemző
társas viselkedés	az egyedek nem ismerik egymást	fejlett (pl. családok)
kommunikáció	alig	fejlett

A természetben az átmenetek széles skálájával találkozhatunk.



Afrikai sügérpár ivadékaikkal
A halak többségétől eltérően ezek a sügérek gondozzák és harciasan védik utódaikat.

Szaporodási típusok

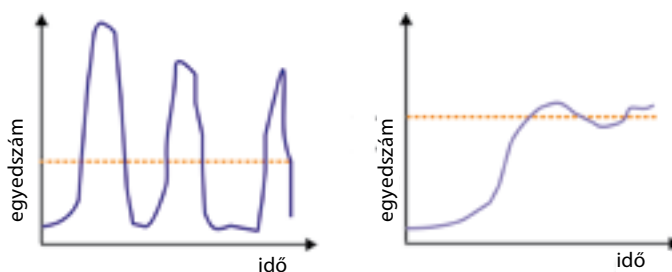
Az élőlények társas viselkedése, környezete és szaporodási módja összefügg. Az élőlények különböző **stratégiákat** követhetnek. A rövid életű fajokat „r”, a hosszú életűeket „K” típusúaknak nevezték el. (A betűk a létszámváltozást leíró matematikai egyenletből származnak.) Az r-típusú fajok sok utódot hoznak világra, rövid életűek, és többnyire kiszámíthatatlanul változó környezetben élnek. Ha a körülmények kedvezőek, gyorsan elszaporodnak, ezt követően viszont az egyedek nagy része elpusztul (szúnyogok az ártéren). A K-típusú fajok kiszámítható környezethez alkalmazkodtak. Lassabban szaporodnak, és az egyedek túlélési esélye erősen függ egyéni különbségeiktől (például az ügyesebb gepárdnak több zsákmánya és utódja lesz).

Agresszió és segítőkészség az állatvilágban

Tartósan egyetlen élőlény sem képes túllépni a környezet eltartóképességét. Az r-típusú fajok gyors szaporodási időszakukban messze túllépik ezt a határt, ezt követően a táplálékhány és más fajok – élősködők, ragadozók – hatására létszámuk hirtelen visszaesik, és gyakran hosszú ideig igen alacsony marad.

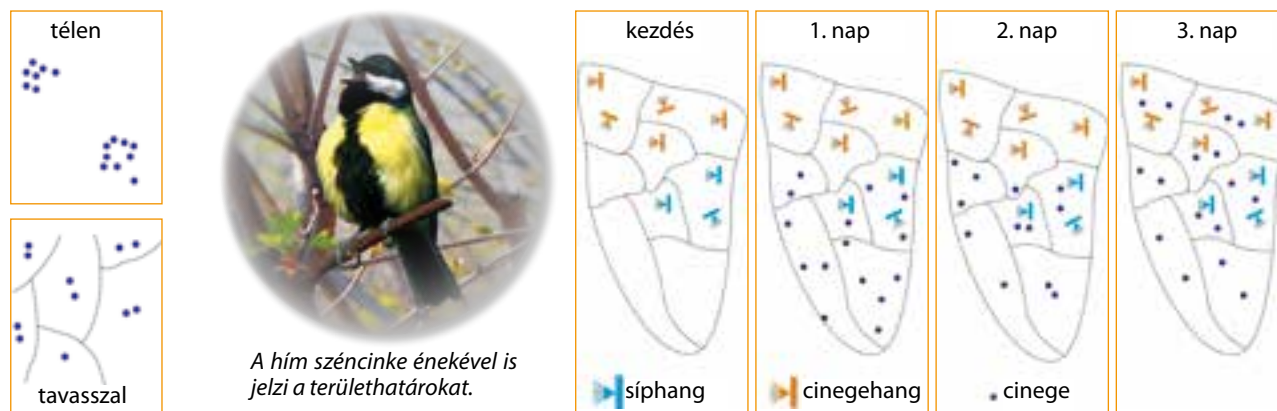
A K-típusú fajok egyedei érzékelik a populáció sűrűségét, és viselkedésük ehhez igazodik. E célt szolgálja a **territórium**, a párzás és ivadéknevelés idején elfoglalt terület. Ha egy hím széncinege vagy oroszlánfóka nem tud territóriumot foglalni, úgy abban az évben kimarad a szaporodásból. Ez a viselkedés egyszerre vezet agresszióhoz és ivadékgondozáshoz is. A fajtársak ellen irányuló **agresszió szerepe** a túlszaporodás megakadályozása. Az ivadékgondozás a viszonylag kisszámú utód következménye. A kevesebb utód mindegyikének nagyobb esélyt kell adni az életben maradásra, mint az r-típusúak esetében, ahol a nagyszámú utód nagyobb hányada pusztul el.

Az r- és a K-típusú fajok jellemző növekedési görbéi balra: r-típusú, jobbra: K-típusú fajok



A szaggatott vonal a környezet eltartóképességét jelzi.
A kiindulópont egy új élőhely – például sziget – benépesítésének kezdete.

A bal oldali két térkép egy széncinke-populáció egyedeinek eloszlását ábrázolja télen és tavasszal.



1 Kísérlet: Egy kutató nyolc szomszédos territóriumról befogta a hímeket. A gazdátlanul maradt területek közül ötben cinkehangot sugárzó hangszórókat helyezett el, háromban a hangszórók sípon játszott hasonló dallamot közvetítettek, három territóriumban csönd volt. Az ábrák mutatják, hogy a területre újonnan betelepülő hímek milyen sorrendben foglalták el a territóriumokat. Mi volt a kutató célja a kísérlettel? Milyen következtetéseket lehet levonni a kísérlet eredményéből?

2 Egészítsd ki a magyarázat hiányzó mondatait a következő szavak közül az odailöklökkel: páros, csoportos, agresszió, segítően, tavaszi, őszi, hideggel, támadókkal. A cinkékre jellemző eloszlás télen, nyáron viszont A hímek közötti biztosítja a terület optimális kihasználását a hónapokban. A cinkepárok fiókáikkal szemben viselkednek, ez biztosítja felnevelésüket. A téli hónapokban a cinkecsoportok minden tagja védettebb a szemben, mint ha magányosan mozogna. Mit gondolsz? Mitől függ a költőterület (territórium) nagysága?

Öröklött szabályok és szabad döntések

Az állatok viselkedésének kutatója, **Konrad Lorenz** megfigyelte, hogy az olyan fajok hímjeinek küzdelmei, melyeknek veszedelmes fegyvereik vannak, szinte soha nem vezetnek pusztuláshoz. Farkasok párviadala során a vesztes fél „behódoló pózt” vesz föl: legebezhetőbb pontját, a nyakát „kínálja föl” a győztesnek. Lorenz sportmérkőzésekhez hasonlítja e fajok hímjeinek küzdelmeit. Mindegyik szabályokat követ, és a cél nem az ellenfél megsemmisítése, hanem a győzelem. Az állatvilág rítusai öröklöttek, az emberi viselkedés viszont (részben) szabad döntéseken alapul.

3 Milyen szándékot fejeznek ki a képen látható mozdulatok? Miből eredhetnek? Tanult vagy öröklött viselkedés lehet ez? Őszinté-e ezek a jelzések? Gyűjtsünk példákat további emberi rítusokra és ezek jelentésére!



Rituális jelzések az emberi kapcsolatokban
Ez az 1967-ben készült fénykép Koszigin és Johnson, a két nagyhatalom – a Szovjetunió és az Egyesült Államok – vezetőjének találkozását mutatja.

Összegzés

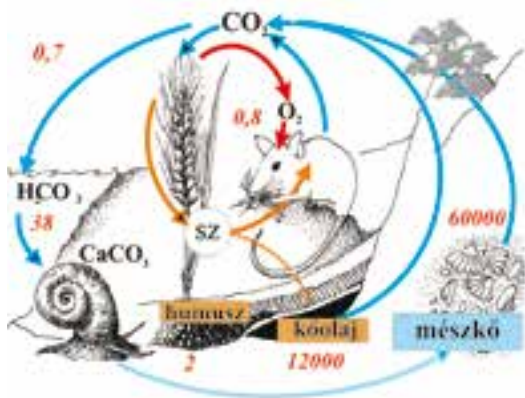
Az élőlények viselkedése alkalmazkodik élettelen környezetük feltételeihez és a többi élőlény viselkedéséhez is. A kiszámítható erőforrások olyan viselkedésnek kedveznek, mely a környezet eltartóképességéhez igazodik (K-stratégia). Ha az erőforrások hirtelen, kiszámíthatatlanul változnak, az élőlények gyors szaporodási és pusztulási hullámokban követik a változást (r-stratégia). A kommunikáció a társas viselkedések összehangolását szolgálja. Állatok esetében ez nagyrészt öröklött, az emberi kommunikációban és viselkedésben azonban mindig vannak tanult és szabad döntésen alapuló elemek is.

57. Gaia, az élő bolygó

A táplálkozás során az anyag és energia egyik élőlényből a másikba vándorol (55. fejezet). Pusztulásuk után az energia hőként szóródik szét, az anyag pedig a természetbe kerül. De mi lesz az anyag további sorsa? Mivel egy nagy körforgás része, előbb-utóbb ismét bekerülhet az élőlényekbe. Képes-e az élővilág szabályozni ezt a körforgást? Ha igen, akkor élő és élettelen nem különül el egymástól élesen, hanem egy magasabb egység részei. Ezt az egységet el is nevezhetjük, és – mivel csak egy van belőle – nevét joggal kezdhethetjük nagybetűvel.

1 Keress rá magyarázatot! Miért keskenyedik az ökológiai piramis? Mi lesz a lebontók által létrehozott anyag további sorsa?

- 1 Termelők: a szerves anyag előállítói, a zöld növények.
 - 2 Elsődleges fogyasztók: növényevők.
 - 3 Másodlagos fogyasztók: ragadozók, rovar-evők.
 - 4 Harmadlagos fogyasztók: csúcsragadozók.
 - 5, 6 Lebontók: az elpusztult élőlények maradványait juttatják vissza a körforgásba.
- A trapézok nagysága a tömeggel arányos. A fekete nyilak azt jelzik, hogy a biomassa anyaga minden szintről a lebontók tápláléka lesz.



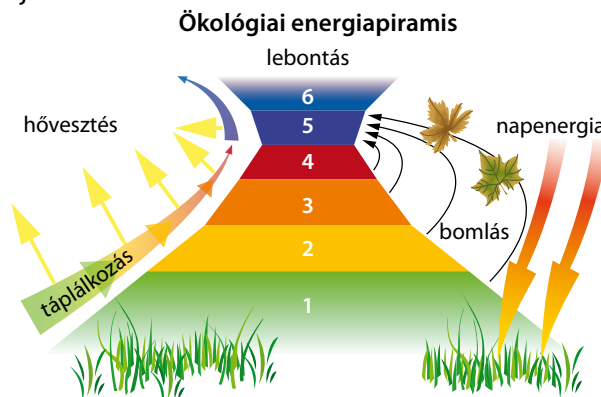
A szén, a hidrogén és az oxigén körforgása a természetben (egyszerűsítve)

Piros vonallal az oxigén, barnával a szerves anyagok, kézzel a szervetlen anyagok útját jelöltük. SZ jelöli a biológiai ciklusokban részt vevő szerves anyagot. A H_2CO_3 a vízben oldott karbonátokat is jelenti, a „humusz” az összes talajba került szerves vegyületet, a „kőolaj” minden szénhidrogént, a „mészkő” minden karbonátos kőzetet magába foglal. A számok az egyes anyagok Földön becsült teljes tömegét mutatják száz ezer megatonnában (mT).

2 Keress rá magyarázatot! A levegőben levő szén-dioxid kis mennyisége ellenére kulcsfontosságú. Miért?

Az ökológiai piramis

Az életközösségeket az anyag és az energia folytonos áramlása tartja fenn. Az élőlényeket az anyag- és energiaforgalomban betöltött szerepük alapján az ábrán látható módon csoportosíthatjuk.



A nyilak az energiaáramlás útját mutatják.

A ciklikus anyagforgalom jellemzői

Az energia **egy irányba** áramlik: a szerves molekulákból végül hő keletkezik. Az anyag mozgása viszont körfolyamatokat alkot. A **biológiai ciklusokban** az egyik élőlény által termelt anyagok táplálékul szolgálnak egy másik csoportnak, az egy harmadiknak, míg a rendszer körre nem zárul. Bizonyos anyagok, melyeket élőlények hoztak létre – például a mészkő egy része, a kőszén, a kőolaj – hosszú időre kilépnek a biológiai körforgásból. Ezek az anyagok is részt vesznek egy ciklusban, amely azonban nagyságrendekkel lassúbb. Ez a **geokémiai ciklus**. Az élő és az élettelen folyamatok kapcsolataik miatt egyetlen rendszert alkotnak a Földön.

Az élő bolygó

Élő és élettelen a globális (egész Földre kiterjedő) folyamatokban nem választható el élesen. Ami az alacsonyabb szint felől nézve külső, élettelen hatás, az egy magasabb szint részeként maga is életfolyamat. Ezen ősi elképzelés biológiai következményeit **Jim Lovelock** angol légkörkutató gondolta végig, aki a *Gaia – a földi élet egy új nézőpontból* című könyvével vált ismertté (1979).

3 Gondold végig! Az ábrán jelölt nyilak közül melyeket befolyásolnak a következők? Erdőirtás, sivatagosodás; a benzinmotoros autók terjedése; talajerózió; a tengervíz melegekedése (a melegebb víz kevesebb gázt képes oldani, mint a hideg).

Jim Lovelock és „Gaia istennő” szobra

Lovelock a NASA űrkutatási programjának keretében olyan módszer kidolgozására kapott megbízást, amely jelezné, ha egy másik bolygón élet lenne. Ez irányította figyelmét a földi élet új szempontú megközelítésére. Elméletében a Föld egyetlen ön-szabályozó rendszert alkot, amit a Föld görög istennőjének neve után Gaianak hív. „A légköri metán feladatát kutatni éppolyan logikus, mint rákérdezni a vérben keringő cukor vagy inzulin feladatára. A kérdésnek azonban csak Gaia szempontjából van célja és értelme” – írta.



Jim Lovelock és „Gaia istennő” szobra

A valóságos Föld kémiai összetétele összehasonlítható egy olyan számított elméleti értékkel, ami egy minden szempontból hasonló, de élettelen Föld esetében lenne igaz. Lovelock szerint a különbség az élet következménye, és életet védő szerepe van. Legfontosabb ezek közül az éghajlat ingadozásainak kiegyenlítése. Az elmélet szerint Gaia rendelkezik olyan érzékelőkkel és visszacsatolásokkal, amik biztosítják fennmaradását, egészségét. Például a légkörbe került nagyobb mennyiségű szén-dioxidot a növények fotoszintézise és az óceánok vize elnyeli, csökkentve ezzel a klímaváltozás mértékét.

A Gaia-elmélet alapján egyértelműen megválaszolható, hogy mely tetteket ítéldünk a környezet szempontjából helyesnek. Ezek azok a cselekedetek, melyek összhangban állnak Gaia normális önfenntartó szabályozóköreivel, támogatják, „védik” azt.

		A jelenlegi Föld %	Föld élet nélkül (számított) %	Vénusz %
Levegő	CO ₂	0,04	99,0	96,5
	N ₂	78,0	0	3,5
	O ₂	21,0	nyomokban	nyomokban
	Ar	1,0	1,0	0,007
Óceán	H ₂ O	96	85	-
	sók	3,5	13	-
	nitrátok	nyomokban	1,7	-

7 Beszéljétek meg! A szén körforgásának ábráján melyik folyamatot gyorsította vagy lassította az ember tevékenysége? Mit kellene elérnünk a klímaváltozás fenyegető következményeinek elhárítására?

4 Gaia egészségét védik-e vagy éppen megbetegítéséhez vezethetnek az alábbi folyamatok?

- A le nem bomló műanyag pillepalackok néhol szemétreteggként borítják a Csendes-óceánt.
- Minél nagyobb a levegő szén-dioxid-tartalma, annál élénkebb a fotoszintézis.
- Ha nő a vizek szervesanyag-terhelése, elszaporodnak a lebontó baktériumok.
- A jégkorszakok idején a csökkenő tengerszint miatt a szárazra kerülő parti fővenyben lévő szerves anyag bomlani kezd, ami sok üvegházhatású szén-dioxidot juttat a levegőbe.
- A légszennyezés miatt az eső és az óceánok vize savasabbá válik. Minél savasabb a víz, annál kevesebb szén-dioxidot tud elnyelni.

5 Vitassátok meg! Néhányan Gaia „idegrendszerének”, mások Gaia élősködőjének, betegségének tekintik az emberiséget. Hogyan érvelhetnek? Melyik nézetnek adnád igazat?

6 Látogass el a Gaia Alapítvány honlapjára! (Gaiaalapitvany.hu) Milyen tanácsokat fogadnál meg az életmódra, táplálkozásra, kertészkedésre vonatkozóan?

Összegzés

A Földön az anyag áramlása körkörös, amit az energia egyirányú áramlása tart fenn (a Nap energiája változatos mozgásokká, végül hővé alakul). Az élőlények fontos szerepet töltenek be ebben az áramlásban: a megkötött napfényenergia a termelőkbe, a fogyasztókba, majd a lebontókba kerül (ökológiai piramis). A Gaia-elmélet szerint az anyagok körforgása a Földön szabályozott, eredményeként az élet fennmaradásához alkalmas körülményeket tart fenn. A „környezet védelme” eszerint Gaia szabályozó köreinek védelmét, és ezzel az élet védelmét jelenti.

58. Energiaforrásaink

Az előző fejezet az anyagok körforgását tekintette át. Nem létezhetne azonban ez a körforgás, ha nem hajtáná a különböző típusú energiák egymásba alakulása. Hogyan részesülhet az ember ebből az áramlásból? Vajon milyen következményekkel jár, ha a megújuló, és milyennel, ha a nem megújuló energiaforrásokat csapoljuk meg?



Szélkerekek

Mire használták a szél energiáját régen, és hogyan használják ma?



A fosszilis energiahordozók (benzin) megjelenése gyökeresen alakította át a mezőgazdaságot.

1 Fenntartható-e tartósan a fosszilis olajat felhasználó gazdálkodási forma? Hogyan lehetne mérsékelni a várható krízis mértékét?

2 Hogyan tudta megőrizni a talaj termőerejét a hagyományos gazdálkodás?

3 Beszéljétek meg! A nem megújuló energiaforrások közül melyekhez köthetők az alábbi problémák? Az üvegházhatás fokozása (szén-dioxid-kibocsátás), szmogveszély, vízszennyezés, balesetek esetén sugárzásveszély, felszíni bányászat miatti tájrombolás.

Az élőlények a legrégebben fölhasznált energiaforrások, részben az állati és emberi erő (igavonás, őrlés), részben anyagaik fogyasztása vagy elégetése révén.

Energiakrízis

A középkor tartós munkaerőhiánnyal küzdött, ami ösztönözte a leleményes találmányok fejlesztését. Európa-szerte vízimalmok és szélkerekek működtek, a tengert vitorlás hajók szelték. A helyzet a 19. század közepétől megváltozott. A technikai forradalmat és a modern fogyasztói társadalmat a nem megújuló (fosszilis) energiahordozók fokozódó felhasználása hozta létre és tartja fenn.

Gépi mezőgazdaság

Egy 2004-ben megjelent *Fosszilis olajat eszünk* című tanulmány az USA mezőgazdaságát elemzi. Eszerint egy átlagos amerikai egy évi táplálékában 1512 liter kőolajat „eszik meg”, azaz ennyit kell fölhasználni táplálékának előállításához a következő megoszlásban: 31% a műtrágya előállításához, 19% a mezőgazdasági gépek működtetéséhez, 16% anyagmozgatáshoz, 13% öntözéshez, 8% az állatok fölneveléséhez, 5% a termények szárításához, 5% a növényvédő szerek előállításához és 3% egyéb célokra szükséges.

Az ember által hasznosítható energiaforrások aszerint csoportosíthatók, hogy megújulnak-e vagy készleteik végesek. A **megújuló energiaforrások** a természetben folyamatosan keletkeznek. Ilyen a nap, a szél, az árapály és az élőlények szolgáltatta energia is. A 19. század végéig a magyar hagyományos paraszti gazdálkodás ezen alapult. A **nem megújuló energiaforrások** – a szénfajták, a szénhidrogének és a hasadóanyag-készletek (urán) – korlátozott mennyiségben állnak rendelkezésre. Ezek a földtörténet korábbi időszakaiban keletkeztek. Fogyasztói világunk roppant sebességgel éli fel ezeket a készleteket. Ezenkívül jelentős környezeti károkat is okoznak, így ma fontos cél felhasználásuk csökkentése.



Szántás ökrökkel
Dombormű az Országos Takarékpénztár falán

Megújuló energiaforrások

A fölhasználható energiának forrása lehet a **Nap sugárzása**, a **Föld belső hője**, és a **Hold mozgása** is.

A **napsugárzásból** származik a szélenergia, a folyóvizek és tengerek áramlása, az élőlények energiája és a vízből napfény segítségével előállított hidrogéngáz kémiai energiája is.

A bioenergiát használja ki a fafűtés éppúgy, mint a cukorrépából előállított bioetanol égetése. Ezek az eljárások hosszú távon is fenntarthatók lennének, ha gondoskodnánk a mennyiségi utánpótlásról, az élővilág és az emberi közösségek fennmaradó gazdagságáról. E feltételek jelenleg nem mindig teljesülnek. A növények energiacélú termesztése az emberek táplálása elől vonja el a termőföldet. A közlekedés energiaigényén ez a módszer legfeljebb enyhíthet: ha az összes jelenlegi termőterületen bioetanolt állítanánk elő, az is csak a jelenlegi üzemanyag-szükséglet 10-20%-át fedezné.

A megoldás keresése

Az energiakrízis megoldásának leghatékonyabb módja a **takarékoskodás**, például hatékony hőszigetelési technikákkal. A légkondicionálást sok helyen pótolhatja a fák lombja, a redőny és a ház ésszerűen kialakított szellőzési rendszere. A közlekedés jelenlegi gyakorlata is fenntarthatatlan: a közösségi közlekedés ésszerű fejlesztése, életmódunk megváltoztatása nem kerülhető el.



*Parkolj és utazz tovább!
Autóparkoló és kerékpártároló a verőcei vasútállomásnál.*

A környezet terhelését jelentősen csökkenti a közösségi közlekedés használata, a személyi közlekedés eszközei ekkor csak a helyi igényeket szolgálják.

Összegzés

A megújuló energiaforrásokat (nap, szél, földhő) keletkezésük ütemében és mértékében használhatjuk fel. A nem megújulók (szén, kőolaj) hosszú időszak alatt keletkeztek, felhasználásuk üteme ennél sokkal gyorsabb. Hosszú távon fenntartható gazdálkodás csak a megújuló energiaforrások mértékét figyelembe véve képzelhető el.

A Nap sugárzó hőjét közvetlenül meleg víz formájában hasznosítják. A napkollektorokat kiterjedten használják olyan országokban is, ahol a napfényes órák száma viszonylag csekély.



*Napmelegtárolók (napkollektorok)
Vác belvárosában*

A **napelemek (szolárcellák)** a napfényt elektromos energiává alakítják át. Magas ára miatt a napfényből nyert elektromos áram többnyire még nem versenytársa más energiaforrásoknak. Az is probléma, hogy a szükséges igen tiszta szilícium előállítása maga is energiaigényes.

A **szélkerekekkel** vagy **vízikerekekkel** a szél mechanikai energiáját vagy közvetlenül hasznosítják (például őrlésre), vagy elektromos áramot termelnek a segítségével. A mai szélkerekek néhány országban már jelentős mennyiségű áramot termelnek, ám működésük a széljárás változékonysága miatt eléggé kiszámíthatatlan.

A **Föld belső tartalékaiból** ered a **földhő (geotermikus energia)**, a vulkáni működések és kisértőjelenségek energiája (termálvíz). Az egyedi lakóházak és háztömbök fűtésére használt **hőszivattyús berendezések** ma már terjedőben vannak.

4 Az ökológiai piramis melyik szintjének élőlényeiből nyerhető a legtöbb energia?

59. A fogyasztói létformától az egészségesig

Az emberiség legnagyobb része már régen nem természetes környezetében él. Hogyan érezzük magunkat abban a környezetben, amit saját magunk hoztunk létre? Melyek az előnyei és mik a veszélyei annak a létformának, ami a termelés és a fogyasztás kettősségén alapul? Min kellene és lehetne változtatni? Ezeket a kérdéseket veti fel ez a fejezet.

1 Az ember szó helyett sokszor használják a fogyasztó, az állampolgár, a paciens, a kliens vagy az ügyfél kifejezést is. Melyikkel mit fejeznek ki?

2 Beszéljétek meg! Mi a véleményetek e négy „alapelvről”? Igazak-e gazdasági, természettudományos és lelki szempontból? Ha nem, milyen alapelveket állítanak a helyükbe?

3 Az újság és a televízió visszaszorulásával mind nagyobb szerepet kapnak az internetes közösségi oldalak. Változtat-e ez a fogyasztói szemléleten és az emberek közti kapcsolatokon? Beszéljétek meg, hasonlítsátok össze! Te egy nap átlagosan mennyi időt töltesz barátaid társaságában, vagy épp a TV előtt? Mennyi időt töltesz a mobil vagy a számítógép társaságában? Honnan származnak információid?



Superman: a tökéletesség modern mítosza



Az ébren töltött idő felét kitöltő tevékenység

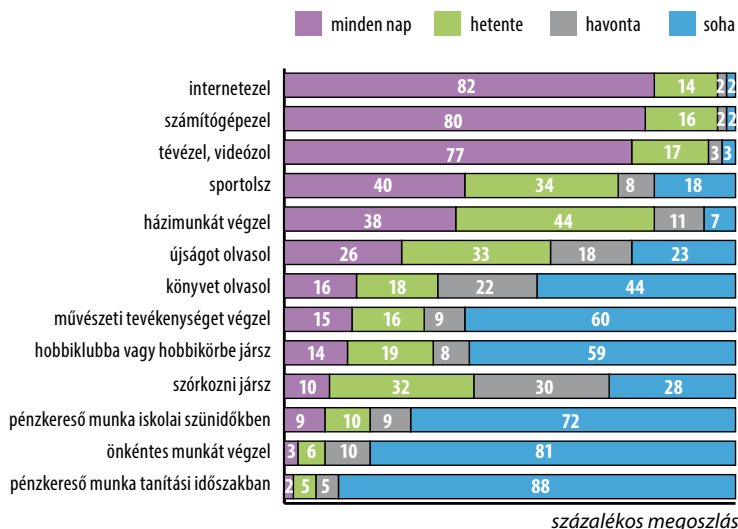
Fogyasztói társadalom

A **fogyasztói szemlélet** Földünk szinte minden országában terjedő kulturális minta. Hatására átalakult az emberek értékrendje. A középpontba termékek és szolgáltatások előállítása és megvásárlása került.

A reklámok által is sugallt fogyasztói szemlélet négy alapelve:

1. Minél több pénzem van, annál több dolog elérhető számomra, és ezek boldoggá tesznek.
2. A folyamatos növekedés jó.
3. Az ember független a természettől.
4. A természet erőforrásai (például az energiahordozók, az élőlények) arra valók, hogy az ember szükségleteit kielégítsék.

A diagram egy Székesfehérvárott végzett felmérés eredményét mutatja. Te is ehhez hasonlóan osztod be szabadidődet?



A **média** fontos hajtóereje a fogyasztás ösztönzésének. A szórakoztatóipar a szabadidő eltöltésének uralkodó eszköze lett. Felmérések szerint az emberek ébren töltött idejének harmadát, felét a számítógép, tévé vagy okostelefon társaságában töltik – a közvetlen személyes kapcsolatok helyett. Ezen az úton befolyásolhatók a közzsajon forgó témák és ezek értelmezései is.

A fogyasztás bűvöletében élő ember nem ismeri a helyes mértéket önértékelésében sem. Ezt jeleníti meg a „szuperember” mítosza, aki mindig fitt, mindig „működik”, akinek nincsenek gyenge pontjai. Szélsőséges esetben a fogyasztói világot kontroll nélkül éltető egyén gyakran csak gyengeségének állandó letagadásával, drogokkal vagy gyógyszerekkel képes élni. Csak így tudja elviselni az ellentmondást a hamis eszmények és személyes adottságai között.

Civilizációs ártalmak

A civilizáció sokat javított életkörülményeinken. Sok pusztító járvány visszaszorult, az átlagéletkor nőtt. Ugyanakkor olyan új kihívásokat is jelent, melyeknek az emberek nem mindig tudnak megfelelni. A modern társadalmakban új típusú betegségek léptek fel. Táplálkozásunk megváltozott: sok szénhidrátot, sós ételt, tartósítószerrel kezelt élelmiszert fogyasztunk, életmódunk mozgásszegény. Ezek növelik a szív- és érrendszeri betegségek kockázatát.

A **tartós stressz** egészségromboló hatását csak részben vagyunk képesek kivédeni. A feszültségoldás módjai gyakran **függőségekhez** vezetnek (alkohol, dohányzás, drogok, játékszenvedély, lelki függés).

Immunrendszerünket tovább gyengíti a szennyezett környezet, mely a rákos betegségek egyik kiváltója. A 21. században a – WHO előrejelzése szerint – a fogyasztói társadalmakban a legsúlyosabb egészségügyi feladatot a lelki eredetű betegségek (pl. depresszió) kezelése jelenti majd.

Egészség és betegség: tünet és feladat

Akkor vagyunk egészségesek, ha hosszú távon képesek vagyunk összhangba hozni távlati céljainkat és napi életvitelünket. Az egészség olyan érték, melynek megőrzése mindenkinek egyéni felelőssége és napi feladata. A mértékletesség és rendszeresség a test és a lélek egészségét is őrzi. Sokunknak azonban meg kell tapasztalnia saját vagy mások függőségét, betegségét, fogyatékoságát. Például az asztma, a testképzelet, magas vérnyomás figyelmeztethet arra, hogy nézzünk szembe belső konfliktusainkkal. A betegségek gyakran szervezetünk jelzései.

Okaik megértése az önismeret forrásává válhat. A gyógyuláshoz vezető belső úton segítőink is vannak (orvos, lelkész, pszichológus). Az egészség azonban nem végcél, hanem eszköz. Az értelmes, építő életcélokért való élet lehet inkább az. Tartós betegséggel, fogyatékosággal is élhetünk teljes életet. Önkéntes segítőként másokat is támogathatunk ebben.

4 Beszéljétek meg! Ki milyen módon csökkenti a stresszhelyzetek feszültségét? Hosszú távon eredményes-e a módszer? Károsítja-e az egészséget?

5 A pszichológusok ma már több száz különféle függőséget ismernek. Mi a közös jellemzőjük? Igaz-e, hogy csak úgy lehet megszabadulni az egyiktől, ha egy másik függőségbe kerülünk? Függőség-e a haza, a gyermek vagy a család szeretete? Mit jelent az, hogy egy ember nem függő?



Segítő kezek



Kerekesszékes sportolók

6 Mindig segíti-e a sport az egészség fenntartását? Mikor nem?

7 Ismersz-e olyan eseteket, melyekben a betegség útján valamit jelzett a szervezet? Ha igen: mit?

8 Betegség esetén mit jelent az okok, és mit a tünetek kezelése? Hozz rá példát saját tapasztalataidból!

Összegzés

A civilizáció védelmet és kényelmet ad (orvoslás, kommunikáció). Ugyanakkor kihívásokat is jelent a közösségi értékek és saját egészségünk szempontjából (civilizációs ártalmak, függőségek).

60. A túlélés lehetőségei

A Föld a mitikus világlátásban női istenség, az élet nevelője és tisztítója. A Gaia-elmélet szerint önfejlesztő és önszabályozó rendszer, mely kiveti magából mindazt, ami egészségét és fejlődését veszélyeztetné. A fogyasztói társadalom igyekszik megszabadulni ezektől a kötöttségektől. Vajon a technika képes-e a környezetet terhelő hatások helyett a megvalósítható és fenntartható gazdaság eszközévé válni?

1 Nézz utána! Hogyan függ össze a környezet terhelése az ökológiai lábnyom fogalmával? Hogyan csökkenthető egy mai városi vagy falun élő ember ökológiai lábnyoma? Jelenti-e ez életminőségének romlását?

2 Saját ökológiai lábnyomod nagyságának kiszámítására többféle program is elérhető. Töltsd ki pl. a www.kothalo.hu/labnyom elektronikus kérdőívét! Hasonlítsd össze a Föld országainak átlagaival! Fenntartható módon élsz-e?

A **válsághelyzet (krízis)** lényege, hogy az ember környezetet terhelő hatása ma sokszorosan meghaladja a környezet eltartó képességét. Jelenleg a Föld tartalékait zsákmányoljuk ki, ezek azonban gyorsan fogynak. Ezért fogyasztói létformánk hosszú távon nem tartható fenn.

3 Keresd fel az Élő építészet honlapot (eloepiteszet.hu)! Szívesen laknál-e a bemutatott házakban? Lapozz bele az Országépítő folyóirat számaiba! Milyen megfontolandó ötleteket adott?

4 Vitassátok meg! Mi biztosítja a következő oldalon látható autonóm ház energiaellátását? Mit tesznek az itt lakók a hulladékkal? Hogyan kezelik a szennyvizet? Vajon megtérül egy ilyen ház magasabb költsége a megtakarítások révén?

A környezeti krízis

A Föld a modern természettudomány szemszögéből egy bolygó. **Energetikailag nyílt rendszer**, melyben az életet a Napból érkező rendezett energia folyamatos áramlása tartja fenn. Az ember kivételes helyzetét az magyarázza, hogy tudása révén hatékonyan változtatja saját környezetét. Lehetőségeink határait azonban megszabják a Föld szabályozó körei. A környezet terhelésével ezen szabályozó köröket károsítjuk.

Autonóm ház és autonóm közösségek

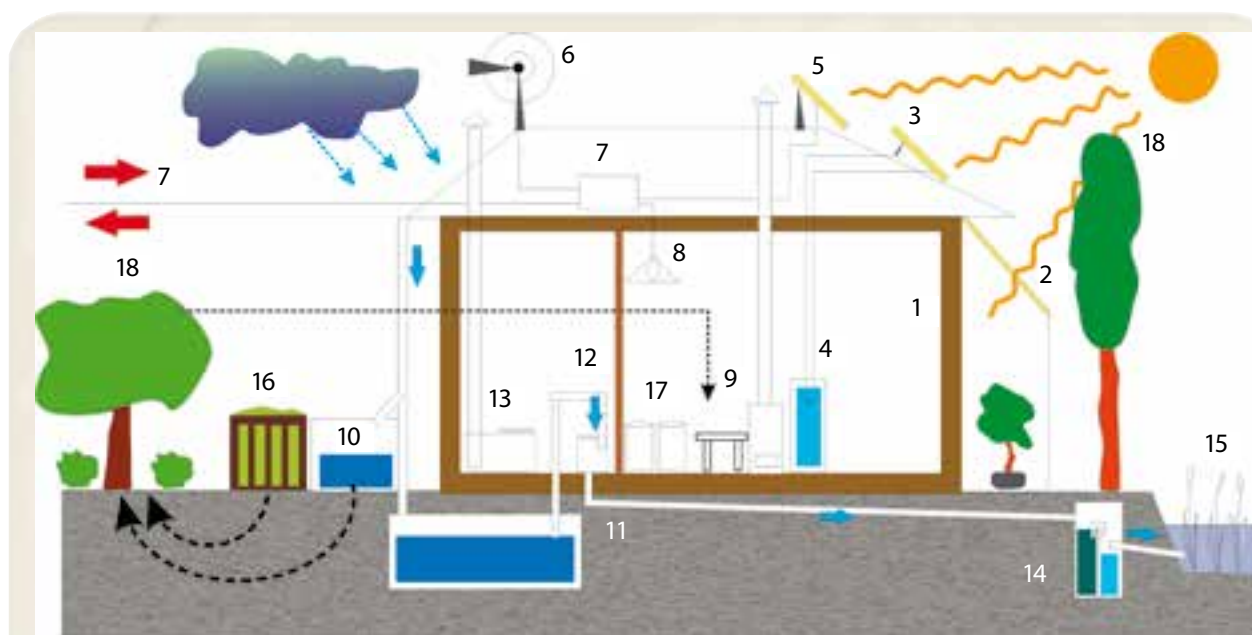
Úgy látszott, a modern és globalizált világban befejeződött a társadalmak egyénekre szakadása (atomizálódása). Európa lakói sokszor a legszűkebb környezetükben is függővé váltak a globális energia-, vízellátó, elektromos, közlekedési, hulladék-szállító, élelmiszeripari és gyógyszeripari rendszertől. Ezzel egyidejűleg azonban megindult az ellentétes irányú törekvés is. Az egyének és a helyi kisközösségek igyekeztek kivívni **részleges autonómiájukat**. A táj adottságaihoz illeszkedő gazdálkodási mód természetes módon vezethet közösségek szerveződéséhez, a nemzeti hagyományok ápolásához, a javuló közbiztonsághoz, a testi és lelki egészség állapotához, azaz a **fenntarthatósághoz**. Ezeket a jelenségeket jól mutatja az autonóm ház megvalósításának módja.

Az **autonómia** összefügg a **szelíd technológia** alkalmazásával. Ennek célja, hogy a technika erejét arra a szintre korlátozza, ameddig az általa okozott környezetterhelést a természet megújuló képessége ellensúlyozni tudja.

A szelíd eljárások helyiek (decentralizáltak) és kis léptékben valósulnak meg, de nagyobb méretben is alkalmasak az együttműködésre. A helyi szerveződések (például energiatermelés) megjelenésével a monopóliumok hatalma visszaszorul, az önigazgatás erősödik. A következmények szellemi szinten is megmutatkoznak.

Összegzés

A szelíd technológia összhangban áll a természeti körforgásokkal. Alkalmazása lehetőséget ad a környezeti terhelés, az ökológiai lábnyom csökkentésére.



Autonóm ház működési sémája (Ertsey Attila nyomán, kiegészítve)

- | | |
|--|--|
| 1. jó hőszigetelésű épületburok | 10. esővízgyűjtő tartály (öntözésre) |
| 2. hőszigetelő üveggel ellátott napcsapda ($U=0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$) | 11. esővízciszterna (WC-hez, mosáshoz) |
| 3. napkollektor | 12. víztakarékos WC |
| 4. fűtési és használati melegvíztároló | 13. komposztáló toalett (víz nélkül) |
| 5. napelem (szolárcella) | 14. szennyvíztisztító medence |
| 6. szélkerék | 15. nádgyökérszénázás szennyvíztisztítás |
| 7. a termelt áram hálózatra visszatáplálása (kétirányú árammérő) | 16. szerves hulladék-komposztáló |
| 8. energiatakarékos világítás | 17. szelektív hulladékgyűjtés |
| 9. fafűtésű / faelgázosító kazán | 18. biogázdálkodás |

1. Jó hőszigetelésű épületburok. A hagyományos (20. századi) házak évente és négyzetméterenként 300-400 kWh energiát használnak fel. Ez az érték $70 \text{ kWh/m}^2/\text{év}$, az úgynevezett passzív házak esetében $15 \text{ kWh/m}^2/\text{év}$ alá csökkenthető.

2-9. Az autonóm ház fenntartói nemcsak az alacsony energiafogyasztásra ügyelnek, hanem az áramellátást, a vízháztartást, a szennyvízkezelést és a hulladékgazdálkodást is összhangba hozzák a környező természet lehetőségeivel. A Nap az éves melegvízigény háromnegyedét fedezi, a fafűtés a további egynegyedét. Az áramellátást a tetőn lévő napelemek és szélmotor biztosítják. Az áramfelesleget a rendszer visszatáplálja a hálózatba, ahonnan szélcsendben és napfénymentes időben az áramigény fedezhető akkumulátor nélkül. Az egyenleget a kétirányú mérőóra számítja ki. Autonóm ház esetében az egyenleg nulla, pluszenergia-ház esetén árbevétel keletkezik. A bevételből származhat a minimális, de szükséges tüzelő ára.

10-13. Víztakarékos technikai megoldásokkal (3 liter vízzel öblítő WC, vagy a vízöblítést teljesen nélkülöző komposztáló toalett, a mosógép használt vizének WC-öblítésre való újrahasznosítása, esővízgyűjtés) elérhető, hogy az ivóvízfogyasztás felére csökkenjen. Valójában csak ivásra, ételkészítéshez, mosogathoz és a fürdéshez van szükség ivóvízre, mosásra az esővíz, WC-öblítésre az enyhén szennyezett szűrkevíz alkalmas, mely a fürdésből és a mosógépből távozik.

14-15. A kibocsátott szennyvíz nádgyökérszénázás helyi tisztítóba jut. A nád ellátja a szennyvíztisztító telepek levegőztető berendezéseinek szerepét: szárán át oxigént visz a gyökerei közé.

16-17. Az autonóm ház lakói kevés szemetet termelnek. A szelektív hulladékgyűjtő konténerek egyikében gyűlik a szerves hulladék, ami rögtön a komposztálóba vagy komposzt-toalettbe kerül. Az éghető hulladék a kályhában végzi. A műanyag csomagolás mennyisége alacsony, mert nagyrészt helyi termékekből élnek.

