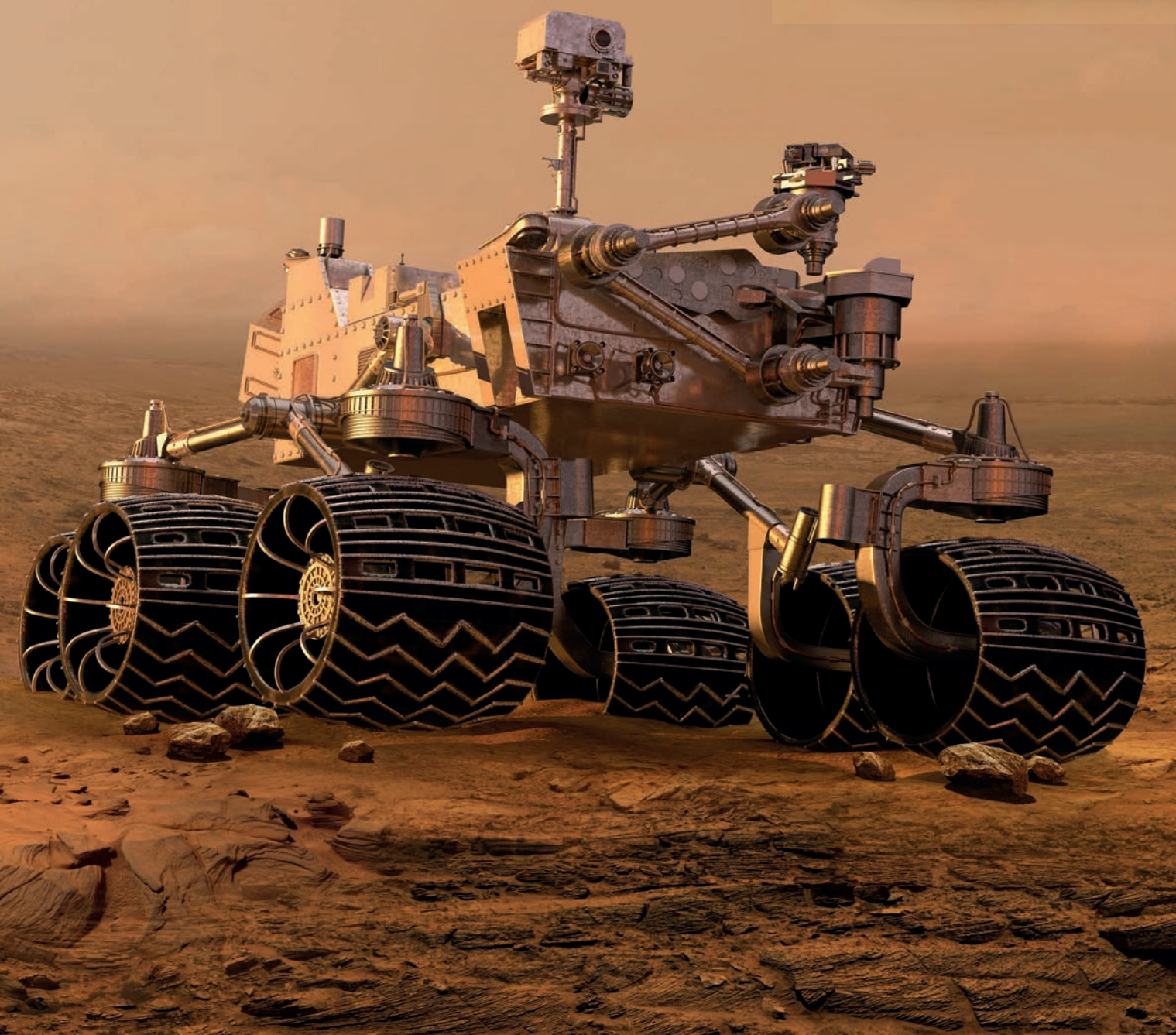
OKTATÁSI HIVATAL

NAT 2020

Fizika

tankönyv

7–8



A kiadvány 2022. március 24-én 2027. augusztus 31-ig tankönyvvé nyilvánítási engedélyt kapott a TKV/385-7/2022. számú határozattal.

A tankönyv megfelel a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról szóló 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet alapján készült – 2020. 01. 31. után kiadott 7–8. évfolyam, illetve a hat évfolyamos gimnázium 7–8. évfolyam fizika tantárgy kerettantervének.

A tankönyvvé nyilvánítási eljárásban közreműködő szakértő: Mester András

Tananyagfejlesztők: Dégen Csaba, Major Balázs
Kerettantervi szakértő: Dr. Ádám Péter
Szaktanácsadó: Takács Ádám
Lektor: Varga Balázs
Felelős szerkesztő: Lampert Csaba
Grafikák: Hegedűs-Egeresi Ilona Lilla, Shutterstock, Wikimedia
Fedélterv: Slezák Ilona
Tipográfia: Hegedűs-Egeresi Ilona Lilla
Fotó: Cultiris, Dégen Csaba, iStock, Sánta Balázs, Shutterstock, Wikimedia

© Oktatási Hivatal, 2022

ISBN 978-963-436-248-7

Oktatási Hivatal • 1055 Budapest, Szalay utca 10–14.
Telefon: (+36-1) 374-2100 • E-mail: tankonyv@oh.gov.hu

A kiadásért felel: Brassói Sándor mb. elnök • Raktári szám: OH-FIZ78TB
Tankönyvkiadási osztályvezető: Horváth Zoltán Ákos
Műszaki szerkesztő: Fazekas Julianna
Grafikai szerkesztő: Nagy Áron • Nyomdai előkészítés: Hontvári Judit, Gados László
Terjedelem: 33,99 (A/5) ív • Tömeg: 665 gramm • 1. kiadás, 2022

Gyártás: Könyvtárellátó Nonprofit Kft.
Nyomta és kötötte az Alföldi Nyomda Zrt., Debrecen
Felelős vezető: György Géza vezérigazgató
A nyomdai megrendelés törzsszáma:

magyar nyomdatermék
NYOMDA- ÉS PAPÍRIPARI SZÖVETSÉG

Ez a tankönyv a Széchenyi 2020 Emberi Erőforrás Fejlesztési Operatív Program EFOP-3.2.2-VEKOP-15-2016-00001 számú, „A köznevelés tartalmi szabályozóinak megfelelő tankönyvek, taneszközök fejlesztése és digitális tartalomfejlesztés” című projektje keretében készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

TARTALOM

I. Bevezetés a fizikába 6

1. A természet tanulmányozása 6
2. A fizikai mennyiségek 9
3. Nagyságrendek, pontosság 13
4. Mennyiségek közötti összefüggések 18
5. Összefoglalás 24

II. Mozgás közlekedés és sportolás közben 25

1. A mozgások szöveges jellemzése 25
2. Mozgások jellemzése méréssel 29
3. Az egyenletes mozgás vizsgálata 33
4. Az elejtett test mozgásának vizsgálata 37
5. Mozgó járművek vizsgálata 42
6. A mozgások megvalósulásának körülményei 48
7. Összefoglalás 53

III. Lendület és egyensúly 54

1. A mozgások jellemzése lendülettel 54
2. Kölcsönhatások 58
3. Rugalmasság 62
4. Az irányváltoztató mozgások vizsgálata 66
5. A nyugalomban lévő testek vizsgálata 71
6. Mozgatás emberi erővel 75
7. Összefoglalás 79

IV. Az energia 80

1. A jelenségek értelmezése energiával 80
2. Az ember energiaszükséglete 84
3. Az energia felhasználása a háztartásokban 90
4. Az energiaátalakítások környezeti hatásai 95
5. Összefoglalás 99

V. Hétköznapi anyagok a háztartásban és a környezetünkben 100

1. Anyagok körülöttünk 100
2. Az anyagok hőállapota 104
3. Az anyagok melegítése és hűtése 108
4. A párolgás és a lecsapódás jelensége 114
5. Az anyagok olvadása, fagyása és forrása 117
6. A szilárd anyagok jellegzetes tulajdonságai 122
7. A folyékony anyagok jellegzetes tulajdonságai 126
8. Folyékony és szilárd anyag találkozása 132
9. A légkör jellegzetes tulajdonságai 138
10. Összefoglalás 143

VI. Elektromosság a háztartásban 144

1. Elektromos állapot 144
2. Vezetők, szigetelők, elektromos áram 148
3. Áramerősség, feszültség 151
4. Az elágazás nélküli áramkör 155
5. Több fogyasztót tartalmazó áramkörök (Kiegészítő anyag) 159
6. Energia az elektromos áramkörben 162
7. Az elektromosság veszélyei 166
8. Mágnesek, iránytű, motor 170
9. A transzformátor 174
10. Összefoglalás 177

VII. Világítás, fény, optikai eszközök 178

1. Fényforrások, fényterjedés, árnyék 178
2. A fény visszaverődése 182
3. Gömbtükrök 186
4. Gömbtükrök képalkotása 190
5. Fénytörés 193
6. Optikai lencsék 196
7. Az emberi szem fizikai működése 200
8. Optikai eszközök: távcső és mikroszkóp 203
9. Összefoglalás 206

VIII. Hullámok 207

1. Rezgések terjedése rugalmas közegben 207
2. A hullámok csoportosítása, állóhullámok 210
3. A hang jellemzése 213
4. Hangszerek 216
5. A fény mint hullám 219
6. A színek 221
7. Összefoglalás 224

IX. Környezetünk 225

1. Az éghajlatváltozás okai 225
2. Az üvegházhatás és következményei 228
3. Fényszennyezés, zajszennyezés 231
4. Fenntarthatóság 235
5. Összefoglalás 240

X. Égi jelenségek 241

1. Égi mozgások 241
2. A Naprendszer részei 245
3. A Nap és a csillagok 249
4. Tágabb kozmikus környezetünk 253
5. A világűr kutatása 257
6. Összefoglalás 261

BEVEZETÉS

Kedves Diákok!

Már sok ismeretet gyűjtöttünk az évek során szűkebb és tágabb környezetünkről, a természetről. Elérkezett az idő, hogy ezeket az ismereteket tovább bővítsük úgy, ahogyan a természettudományok is teszik: fizika-, kémia-, biológia- és földrajzórán. Ezek a tantárgyak más szempontból, más megközelítésből, másra fókuszálva, de mégis ugyanazt a minket körülvevő világot próbálják leírni, megmagyarázni. Így nem meglepő, ha egy fogalom vagy jelenség a fizikaóra mellett a többi természettudományos órán is felbukkan.

Hogyan segít ez a könyv az ismeretszerzésben?

A leckék egy-egy jelenséggel vagy fogalommal foglalkoznak. A cím alatt rögtön egy rövid összefoglalás található arról, hogy miről szól az adott lecke. Az új ismeretek kifejtését sok kép, ábra, infografika kíséri a könnyebb elsajátítás érdekében. Külön jelölést kaptak a kísérletleírások és a kidolgozott feladatok, melyben az új ismeretek alkalmazását mutatjuk be. A leckék tartalmát a szintén külön jelölést kapott érdekességek teszik színessé. A leckék végén a legfontosabb ismereteket újra összegezzük, és itt kiemelve megtalálhatók a legfontosabb fogalmak, melyeket a lecke szövegében is vastagon jelöltünk. A leckéket megoldandó problémák és feladatok zárják, melyekre általában többféle jó válasz is adható, illetve néhol a véleményedet kérjük ki egy-egy problémánál. Ezeket a feladatokat a lecke megtanulása után tudod megválaszolni.

Egyes leckékben előfordul zöld kerettel ellátott, dőlt betűs kiegészítő anyag. Ezeket az ismereteket elsősorban a gimnazisták számára írtuk, de ajánljuk mindenkinek, aki szívesen fejlesztené tudását.

A tankönyvhöz munkafüzet is tartozik, melyben minden leckéhez tartoznak ismeretek elsajátítását segítő gyakorlati és gyakorló feladatok, kísérletek, mérések, elemzések és számítások.

Élvezetes tanulást kívánunk!



I. BEVEZETÉS A FIZIKÁBA

1. A természet tanulmányozása

Melyből kiderül, hogy mi is a fizika, hogyan kell tudományos vizsgálatot folytatni, és kik azok a mérnökök.

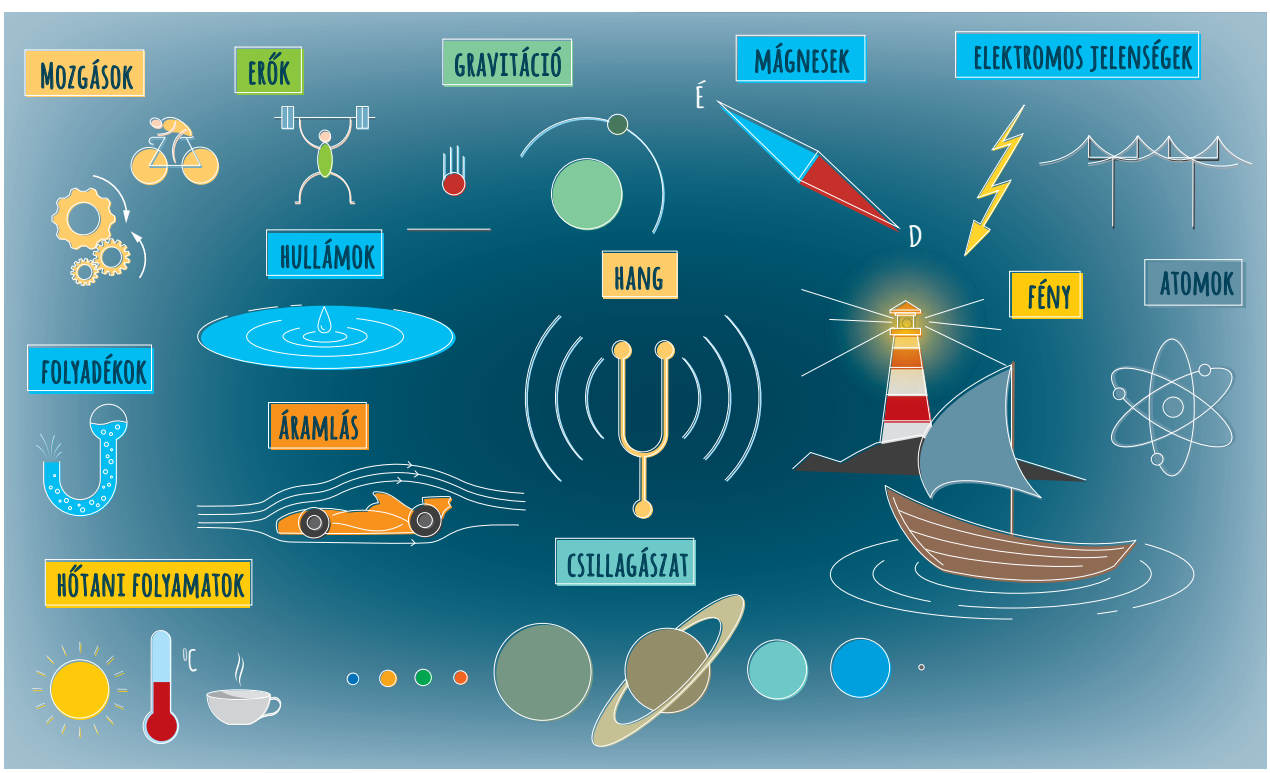
A fizika tudománya

A fizika szavunk görög eredetű kifejezés, körülbelül azt jelenti, hogy ‚a természet dolgai'. Az ókori görög gondolkodók hívták így azokat a jelenségeket, amelyeket a szűkebb vagy tágabb környezetükben megfigyeltek. Noha természeti jelenségeket már az ókori görögök előtt is megfigyeltek, ők voltak az elsők, akik valamilyen magyarázatot kerestek a megfigyeltekre, elméleteket alkottak, és ezek alapján előrejelzéseket is tudtak tenni.

A fizika tudománya tehát a természet dolgaival, azaz a világegyetem anyagával, tárgyaival, objektumaival foglalkozik, azok mozgásával a térben, viselkedésével az időben és az ehhez kapcsolódó elméletekkel.





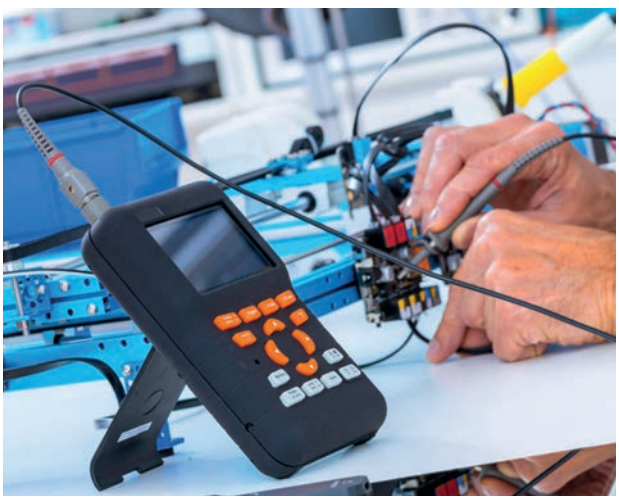


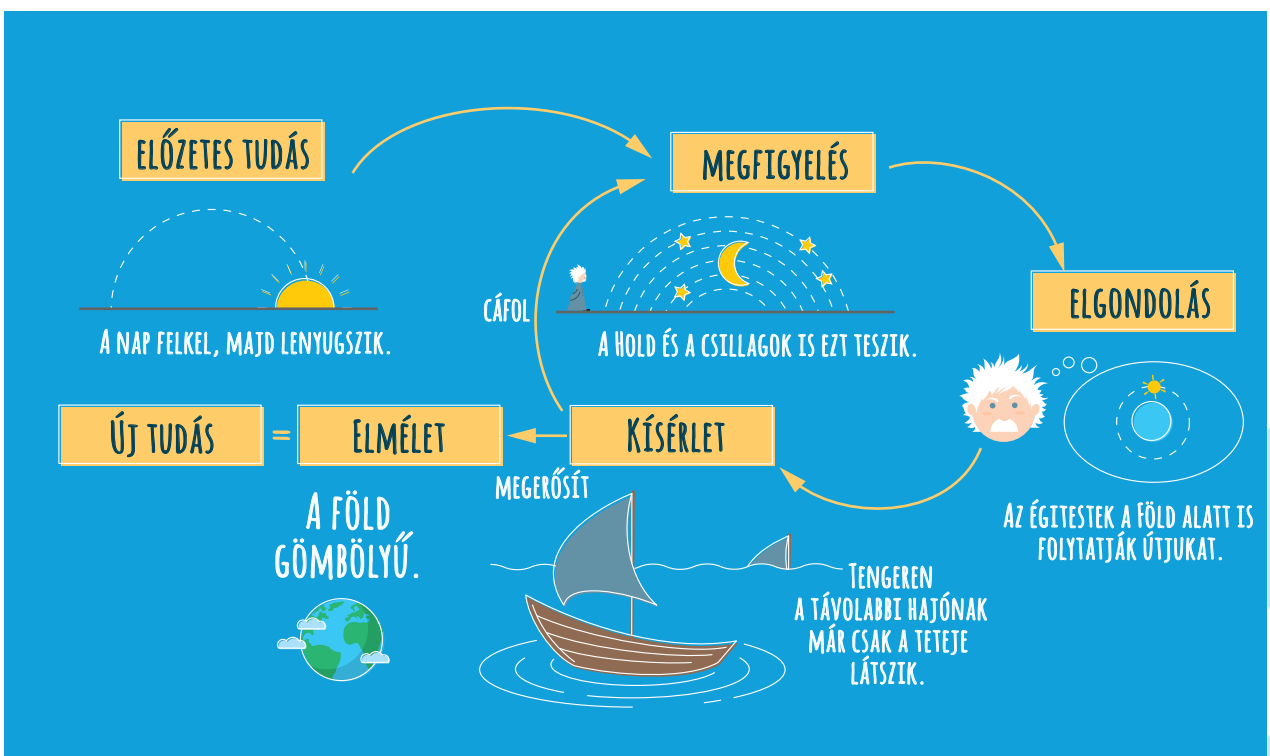
A fizika térképe

A fizika tárgykörébe rengeteg jelenség tartozik, ezek egy szokásos csoportosítását az előző oldalon látható grafika jól szemlélteti. Látható, hogy ennek a térképnek a határai elmosódottak, egyrészt azért, mert bizonyos jelenségek részben más (biológia, kémia, földtudomány) természettudományos tárgyhoz köthetők, másrészt azért, mert a fizika egy fejlődő tudományág, több olyan jelenséggel, melynek még nincs magyarázata, vagy az elmélete nem széleskörűen elfogadott.

A természet tanulmányozása

A természet tanulmányozásának régóta kialakult folyamata van, melynek alapja az az előzetes tudás, amit az előző nemzedékek ránk hagytak. Ezt a tudást felhasználva vizsgáljuk, megfigyeljük a természeti jelenségeket. A megfigyelésből körvonalazódik egy elgondolás, amit gondosan megtervezett és többször megismételhető kísérletekkel igazolni, esetleg cáfolni lehet. Ha az elgondolás nem helyes, akkor további megfigyelésre van szükség. Ha az elgondolás helyesnek tűnik, akkor a kísérletek alapján egy általános következtetést, elméletet lehet alkotni. Egy elmélet pontosítja, kiegészíti és akár teljesen új fogalmakkal látja el korábbi tudásunkat. Ekkor lesz az elméletből **tudományos eredmény**, és gyarapszik a tudásunk. A jó elméleteket alkalmazva pedig a jövőre vonatkozó előrejelzéseket tehetünk, amelyeket újabb megfigyelésekkel és kísérletekkel igazolhatunk.





A fizika alkalmazása

Fizikai ismereteinket felhasználhatjuk a mindennapi életben a boldogulásunkhoz, egy felmerülő probléma megoldásához, például ahhoz, hogyan tudunk gyorsan felmelegíteni egy fazék levest. Azonban a fizikai ismeretek legjobb alkalmazói a mérnökök, akik az elméletek alapján új anyagokat, szerkezeteket, gépeket vagy eljárásokat terveznek és alkotnak az emberiség fejlődésének javára.



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

tudományos eredmény

A fizika a természet alapvető jelenségeit tanulmányozza. Egy tudományos eredmény elérésének a folyamata: megfigyelés, az ebből adódó elgondolás, annak megerősítése kísérletekkel, majd egy elmélet megalkotása, melyet újabb kísérletekkel lehet igazolni.

A tudományos eredményeket elsősorban a mérnökök alkalmazzák.

Megoldandó problémák, feladatok

1. Szerinted foglalkozik-e a fizika azzal, hogy hogyan repülnek az albatroszok? Fogalmazd meg a véleményedet!



2. Próbálj meg a következő öt percben minél több fizikai jelenséget megfigyelni. A megfigyelt jelenségeket hová helyeznéd a fizika térképén? Nevezd is meg a megfigyelt jelenségeket!

3. Feldobtam egy teniszlabdát, egy kézilabdát és egy kosárlabdát. A teniszlabda repült a legmagasabbra, a kézilabda már kevésbé, a kosárlabda pedig a legkevésbé repült magasra. Ebből a három megfigyelésből az az elgondolásom, hogy minél nagyobb egy labda, annál kevésbé repül magasra. Mi a véleményed a jelenséget vizsgáló kísérletekről? Szerinted az elgondolásom tudományosan helyes lehet?



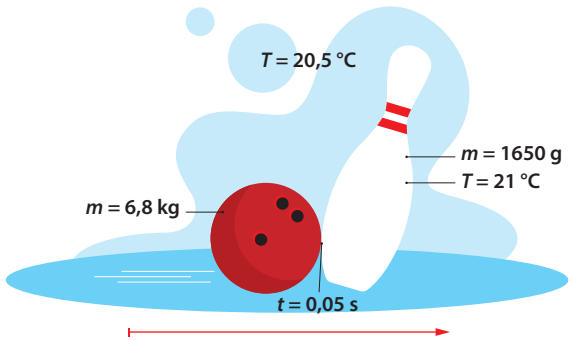
4. Vajon mivel foglalkozik egy közlekedésmérnök? Először fogalmazd meg az elképzelésedet csak az elnevezés alapján, majd nézz utána egy lexikonban, és vesd össze az elképzelésedet a tényleges mérnöki munkával!

2. A fizikai mennyiségek

Melyből kiderül, hogy hogyan jellemezzünk egy jelenséget, mi is a mérés, és milyen mérőeszközökkel mérhetünk, valamint hogy honnan származnak a mértékegységek.

A tapasztalat

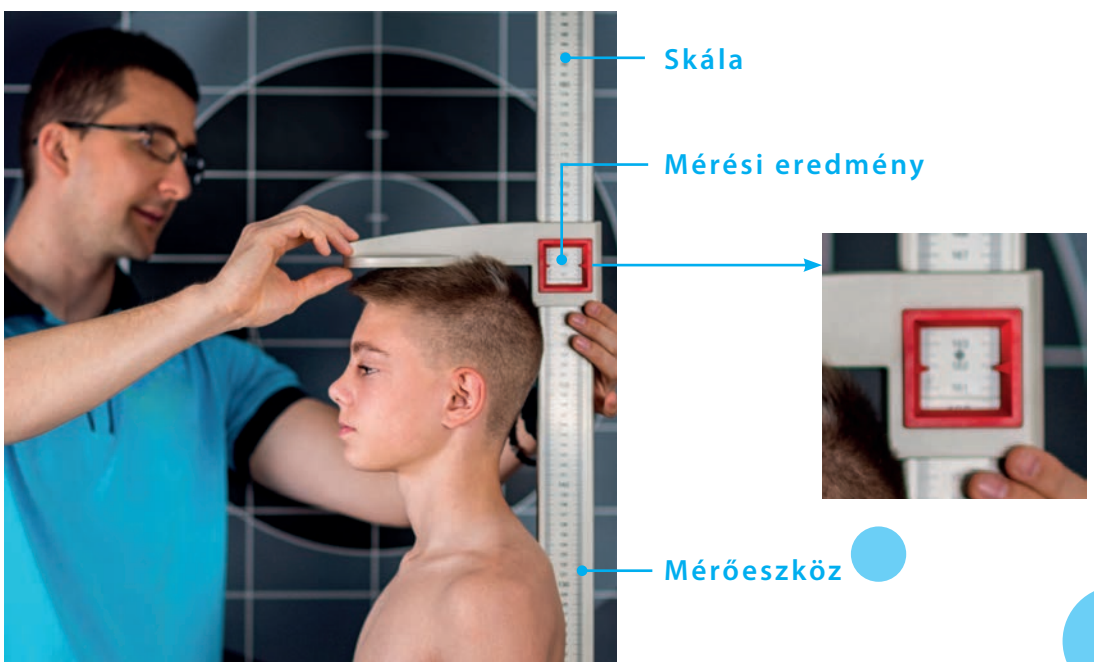
Egy természeti jelenség megfigyelésekor vagy egy tudományos kísérlet elvégzésekor tapasztalatokat szerzünk. Jellemezzük az abban részt vevő tárgyakat, anyagokat, a folyamat lezajlását, a körülményeket. A tapasztalataink megfogalmazásához használhatunk jellemző kifejezéseket (például: délre, meleg, fényes, nagyobb, kör alakú) és használhatunk mennyiségeket (például: 5 méter, 1,2 liter, 25 °C).



A mérés

Tanulmányainkban már sokszor előkerült, hogy a mennyiségek megállapításához mérést kell végeznünk. Vegyük a legegyszerűbb példát: megmérjük egy diák magasságát. Ehhez egy függőlegesen elhelyezett mérőszalaghoz vagy mérőrúdhoz állítjuk, majd leolvassuk, hogy a talpától a feje búbjáig hány egység (hány centiméter) fér egymás fölé. A **mérés** során megállapítjuk, hogy az egység hányszor nagyobb a mérhető tulajdonságnál. A mérhető tulajdonságokat másképpen fizikai mennyiségeknek is nevezzük. A méréshez mérőeszközt használunk.

Mérendő mennyiség (magasság)



A mérési eredmény

A mérési eljárás végeztével a mérés eredményét lejegyezzük. A leírás formáját nemzetközi szabály határozza meg. E szerint az alábbi formát kell használnunk:

fizikai mennyiség = **mérőszám** + **mértékegység**

A fizikai mennyiség és a mértékegység megnevezése helyett annak rövidítését, pontosabban a jelét használhatjuk.

Az alábbi táblázatban megtalálhatók azok az alapvető fizikai mennyiségek a mértékegységükkel együtt, amelyeket a következőkben használni fogunk.

Fizikai mennyiség neve	jele	Mértékegységének neve	jele
A TERET JELLEMZŐ TULAJDONSÁGOK			
hosszúság	*l*	méter	m
átmérő vagy vastagság	*d*	méter	m
sugár	*r*	méter	m
távolság	*s*	méter	m
magasság	*h*	méter	m
felület vagy keresztmetszet	*A*	négyzetméter	m^2
térfogat vagy űrtartalom	*V*	köbméter	m^3
AZ IDŐBELISÉGET JELLEMZŐ TULAJDONSÁG			
idő	*t*	másodperc (szekundum)	s
AZ ANYAGOT JELLEMZŐ TULAJDONSÁGOK			
tömeg	*m*	kilogramm	kg
hőmérséklet	*T*	Celsius-fok	°C

A mérőeszközök

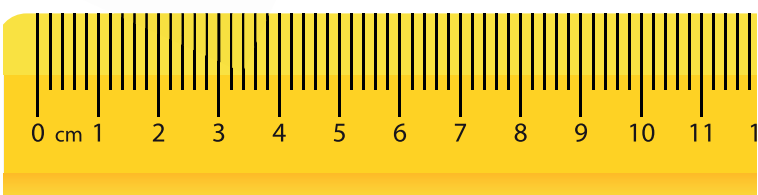
A fizikai mennyiségek megállapításához a mérés során mérőeszközöket használunk: a **hosszúság** és a távolság méréséhez többek között vonalzót, mérőszalagot, tolómércét vagy akár lézeres távolságmérőt; a **térfogat** méréséhez mérőhengert; az **idő**méréshez stoppert vagy metronómot; a **tömeg**méréshez mérleget; a **hőmérséklet** meghatározásához pedig hőmérőt vagy lázmérőt.

Az úgynevezett analóg mérőeszközök skáláján feltüntetik, hogy az eszköz milyen mértékegységben mér. Méréskor a skáláról olvassuk le a mérési eredményt. Fontos, hogy az eredmény mérőszáma a skála azon jele, amelyhez legközelebb van a mérendő mennyiség.

A digitális mérőeszközökön egyszerűen a kijelzőn olvassuk le a mérési eredményt.



Helyes: $l = 4{,}3$ cm
Helyes: $l = 43$ mm
Helytelen: $l = 4{,}34$ cm



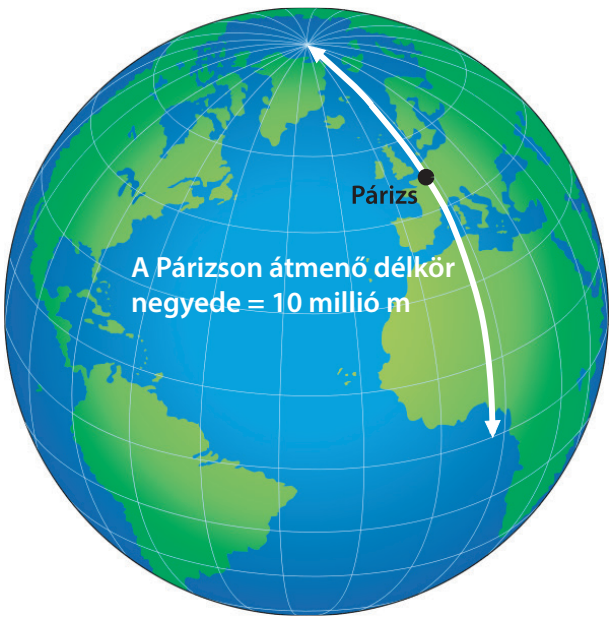






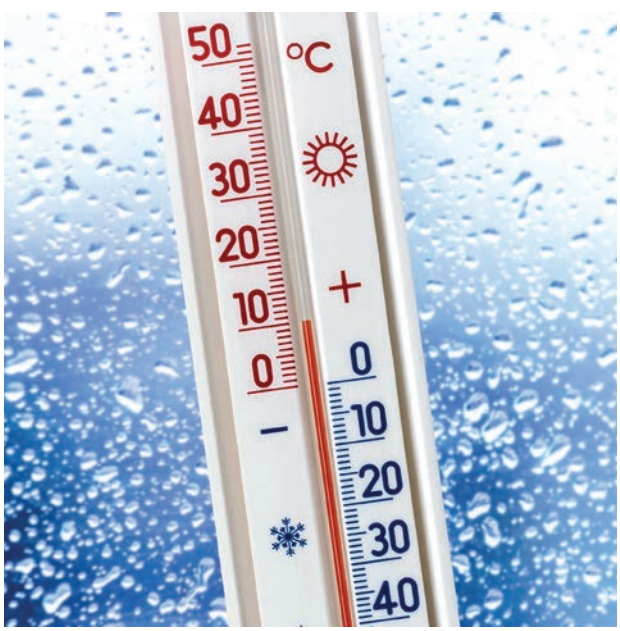
A mértékegységek eredete

Ahhoz, hogy egy mérési eredmény bárki által ellenőrizhető lehessen, az szükséges, hogy mindenki által elfogadott mértékegységeket használjunk. Ez a Nemzetközi Mértékegységrendszer (rövidítése: SI) alapja. A nemzetközileg elfogadott és törvényileg előírt alapegységek közül most számunkra a legfontosabbak a jól ismert méter, másodperc és kilogramm. Ezeket a mértékegységeket a mérnökök nagyon pontos eljárással próbálják megadni, hogy azt bármikor hitelesen elő lehessen állítani. A legkorábbi megállapodások például az 1 métert a Föld Párizson átmenő délköre (tulajdonképpen a Föld egyik kerülete) 40 milliomod részének írták elő, az 1 másodpercet pedig a Nap két egymást követő delelése között eltelt idő 86 400-ad részeként. Ma már ennél pontosabb, állandóbb és ezáltal bonyolultabban hangzó eljárásokat adnak meg, hiszen a Föld kerülete és forgásideje az évek múlásával, ha kis mértékben is, de változik, az egységeknek azonban pontosnak és időtállónak kell lenniük.



A Celsius-skála

A hőmérséklet mértékegységének pontos megadásával többen is előálltak, a legismertebb ezek közül a svéd Anders Celsius és a német Daniel Gabriel Fahrenheit megoldása a 18. század első feléből. A fizika tudományában végül is egy harmadik egységet használnak, amivel csak később ismerkedünk meg, de elfogadott a Celsius-skála is, amit a hétköznapokban használunk. A Celsius-skálán az olvadó jég hőmérsékletét tekintjük nullának, és a forrásban lévő víz hőmérsékletét száznak, ez alapján történik a hőmérő skálájának beosztása.



15 millió °C	A Nap magjának hőmérséklete
5500 °C	A Nap felszíni hőmérséklete
1538 °C	A vas megolvad
1000 °C	A láng hőmérséklete
550 °C	Vörösizzás kezdete
465 °C	A Vénusz átlaghőmérséklete
220 °C	A papír meggyullad
100 °C	A víz elforr
54 °C	Melegrekord a Földön
42 °C	Melegrekord Magyarországon
38 °C	A láz kezdete az embernél
31 °C	A vaj megolvad
15 °C	A Föld átlaghőmérséklete
0 °C	A jég megolvad
–35 °C	Hidegrekord Magyarországon
–38 °C	A higany megfagy
–89 °C	Hidegrekord a Földön
–220 °C	A Neptunusz átlaghőmérséklete
–273 °C	Az elméleti leghidegebb

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A megfigyelés vagy kísérlet tapasztalatait fizikai mennyiségekkel jellemezhetjük. A fizikai mennyiségeket méréssel határozzuk meg, ehhez mérőeszközt használunk. A legfontosabb fizikai mennyiségek a hosszúság, a térfogat, a tömeg, az idő és a hőmérséklet. A mérés során a mértékegységeket hasonlítjuk a mérendő tulajdonsághoz.

Az általunk használt legfontosabb alapegységek a méter, a másodperc, a kilogramm és a Celsius-skála beosztása, a Celsius-fok.

mérés **hosszúság** **térfogat** **tömeg** **idő** **hőmérséklet**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Figyelj meg a környezetedben természeti jelenséget, vagy hozz létre magad valamilyen folyamatot, majd próbáld meg minél pontosabban és minél részletesebben leírni a megfigyelésed tapasztalatait! Használj jellemző kifejezéseket és mennyiségeket is!

2. Találj ki olyan mérési eljárásokat, amelyekkel meg tudod határozni a következőket:

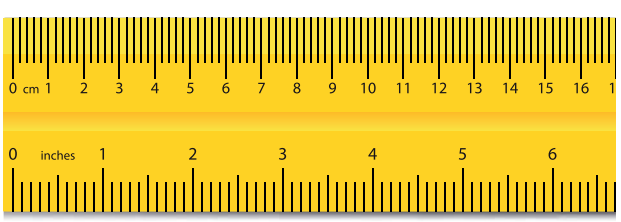
a) egy pénzérme kerülete;
b) egy labda sugara;
c) egy darab gombostű tömege.

3. Régen a hosszúság- és tömegegységeket országonként külön határozták meg. Sokszor ezek az egységek az aktuális királyhoz kapcsolódtak. Például az 1 angol yardot I. Henrik király úgy határozta meg, hogy az ő orra hegyétől az előrenyújtott hüvelykujja végéig tartó távolság. Ezt és más távolságegységeket őriz Greenwichben a képen látható bronztábla. Szerinted miért váltotta fel a régi, testrészekhez kapcsolódó egységeket a méter? Ma már miért nem elegendő az emberek számára a képhez hasonló módon rögzíteni az egységeket?



4. A nemzetközi mértékegységek használata mellett egyes területeken, egyes országokban még használnak régi egységeket is. Az egyik ilyen a víz- és gázcsövek átmérőjének mérésére használt hüvelyk (angolul: incsnek, németül collnak mondjuk), amelyet a szerelvényboltokban két vesszővel jelölnek. Egy másik a Fahrenheit-fok, amit az Amerikai Egyesült Államokban használnak a hőmérséklet mérésére °C helyett, ennek jele a °F. Az átváltásokat kettős skálával segítik, ilyen vonalzót és hőmérőt látsz az alábbi képeken. Ezek segítségével határozd meg, hogy hány mm egy $\frac{3}{4}$”-os és egy 2”-os cső átmérője, illetve milyen időre készüljünk, ha New Yorkba repülve a repülőn bemondják, hogy a városban 63 °F várható?



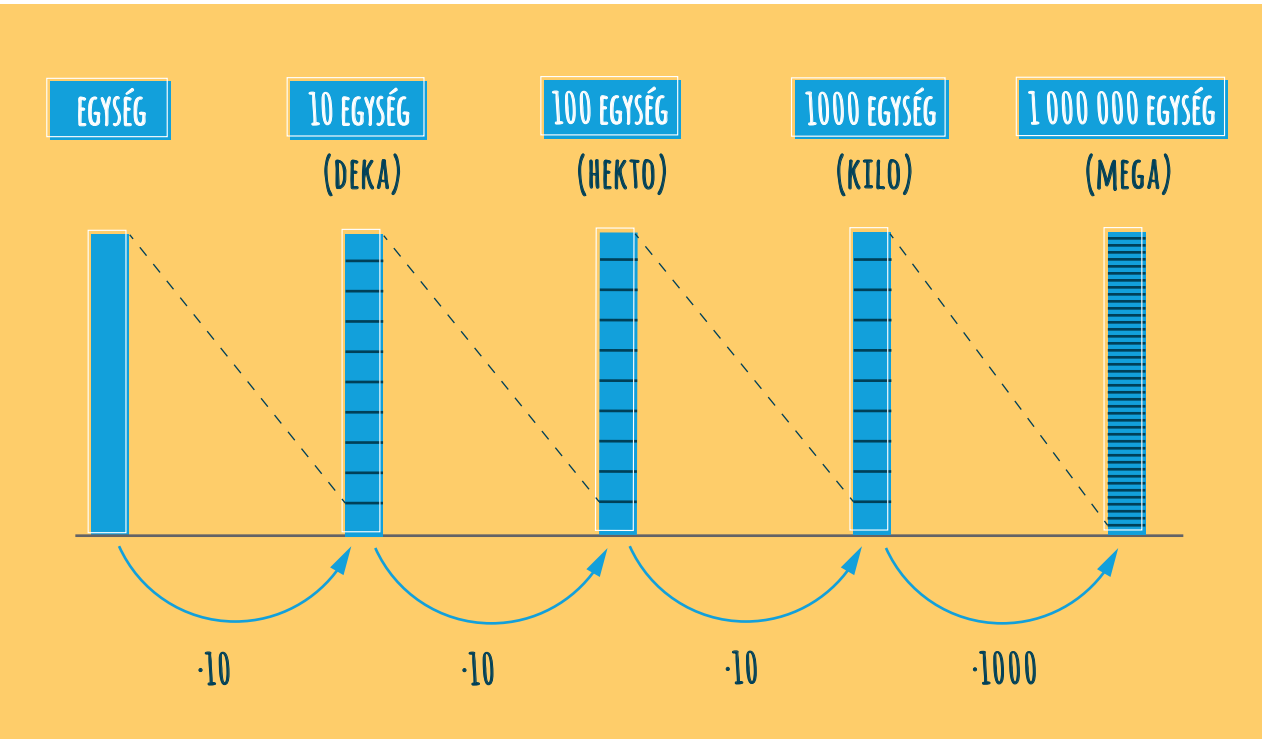


3. Nagyságrendek, pontosság

Melyből megtudhatjuk, hogy hogyan mérjünk kicsi és nagy dolgokat, mi az a nagyságrendi skála, és mire jó, valamint hogy lehet-e pontosan mérni.

Nagy méretek

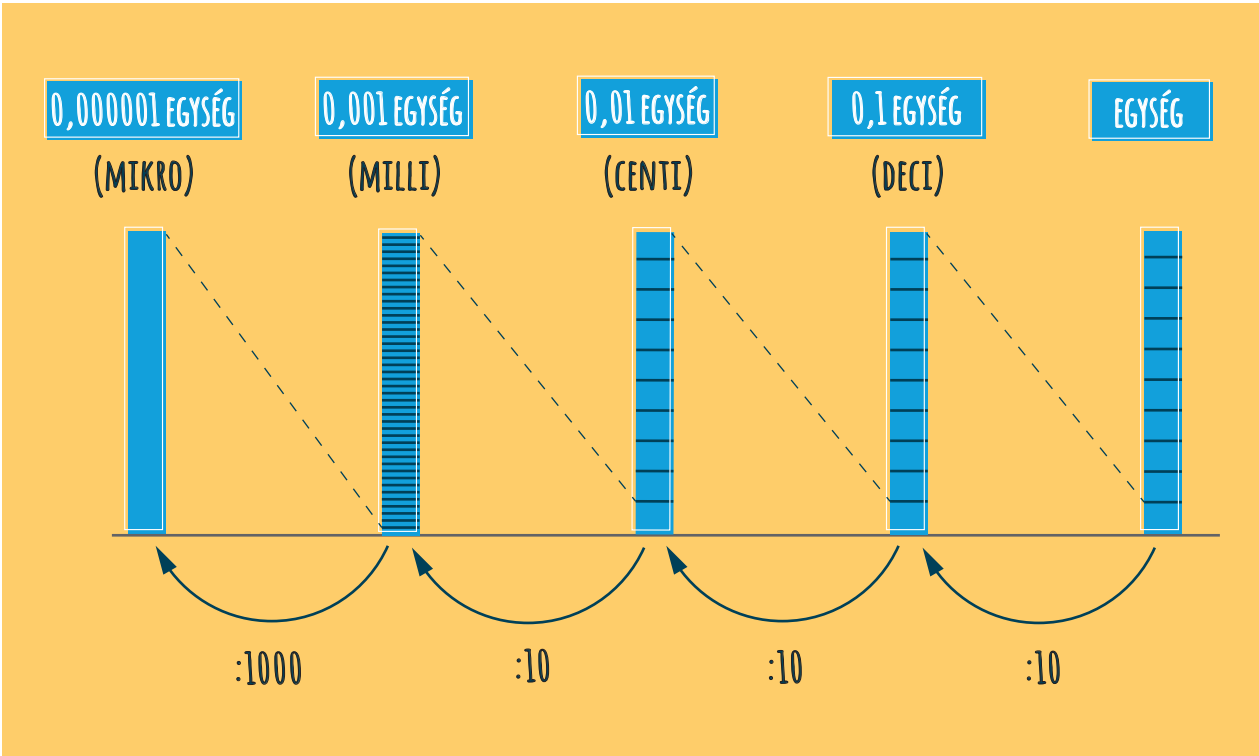
Egy mérés során előfordul, hogy a mérendő mennyiség jóval nagyobb az egységnél, így az egységet nagyon sokszor fel kellene mérnünk. Célszerű ilyenkor nagyobb egységet választani. Mivel tízes számrendszerben számolunk, az egységeket is tízes csomagokban egyesítjük. A tízes csomag neve deka- (dk), a százas csomagé hekto- (h), az ezres csomagé kilo- (k), a milliós csomagé mega- (M). Tehát 3 dkg az 3 tízgrammos tömegnek felel meg, 1,5 hl egyenlő 1,5 százliternyi térfogattal, 15 km pedig 15 ezerméteres hosszúságnak felel meg. Az 5 Mg tulajdonképpen 5 millió gramm, azaz 5000 kg, másképp 5 tonna.



Kis méretek

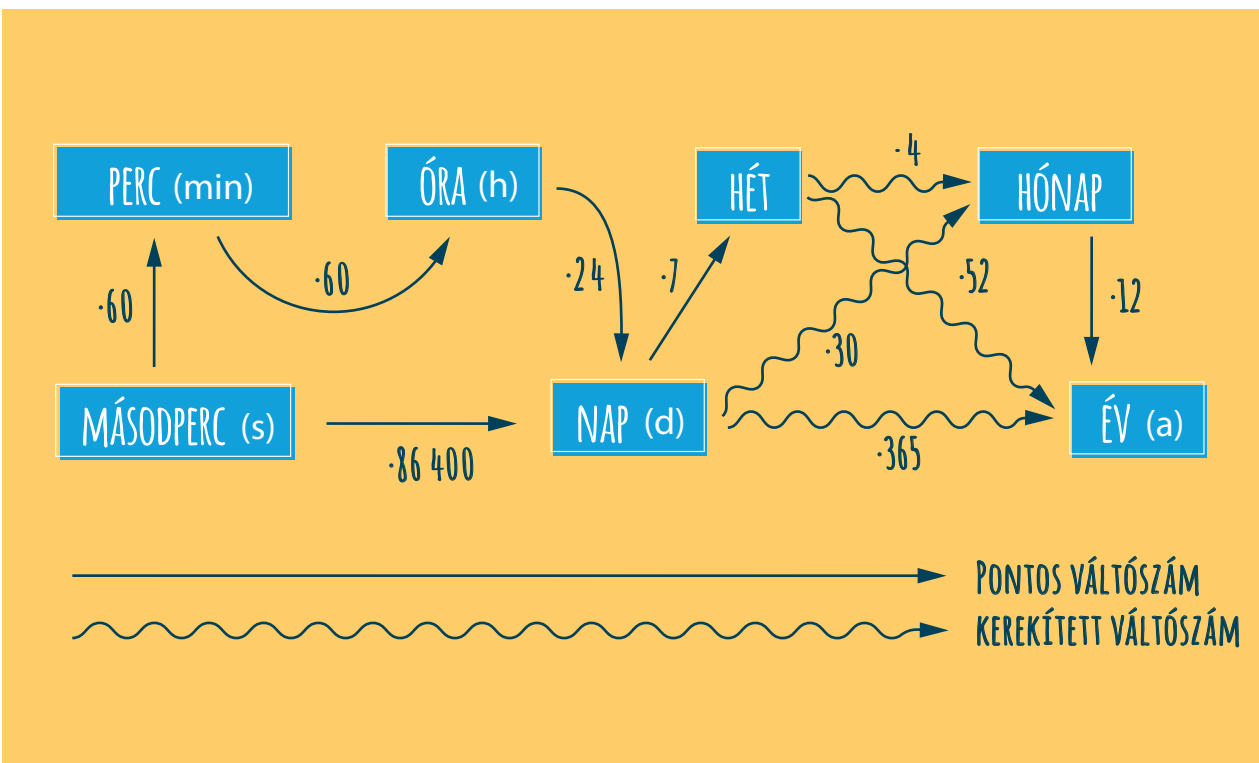
Sokszor előfordul az is, hogy a mérendő mennyiség kisebb az egységnél. Ilyenkor az egységet tizedeléssel felbontjuk kisebb egységekre. A tized felosztás neve: deci- (d), a század: centi- (c), az ezred: milli- (m), a milliomod: mikro- (μ). Így 1 dl az 1 liter tizede, 1 cg az 1 gramm százada, és 1 mm az 1 méter ezrede. Egy baktérium nagysága 1 mikrométer, vagyis 1 millió baktérium lánca tenne ki 1 métert.





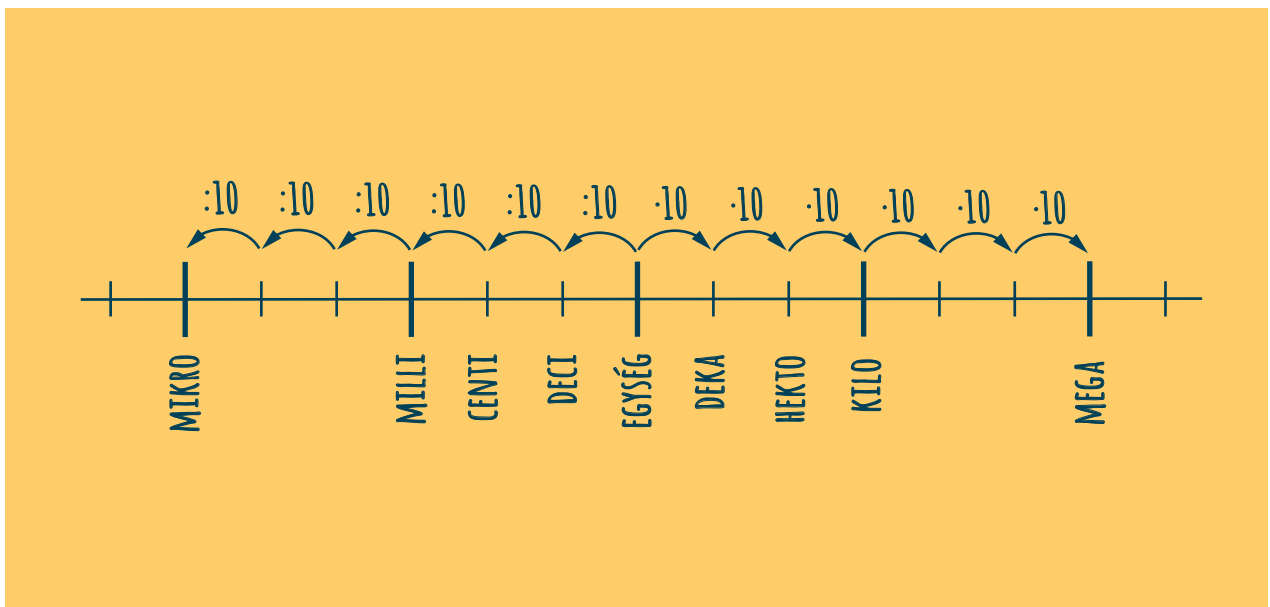
Az idő mértékegységei

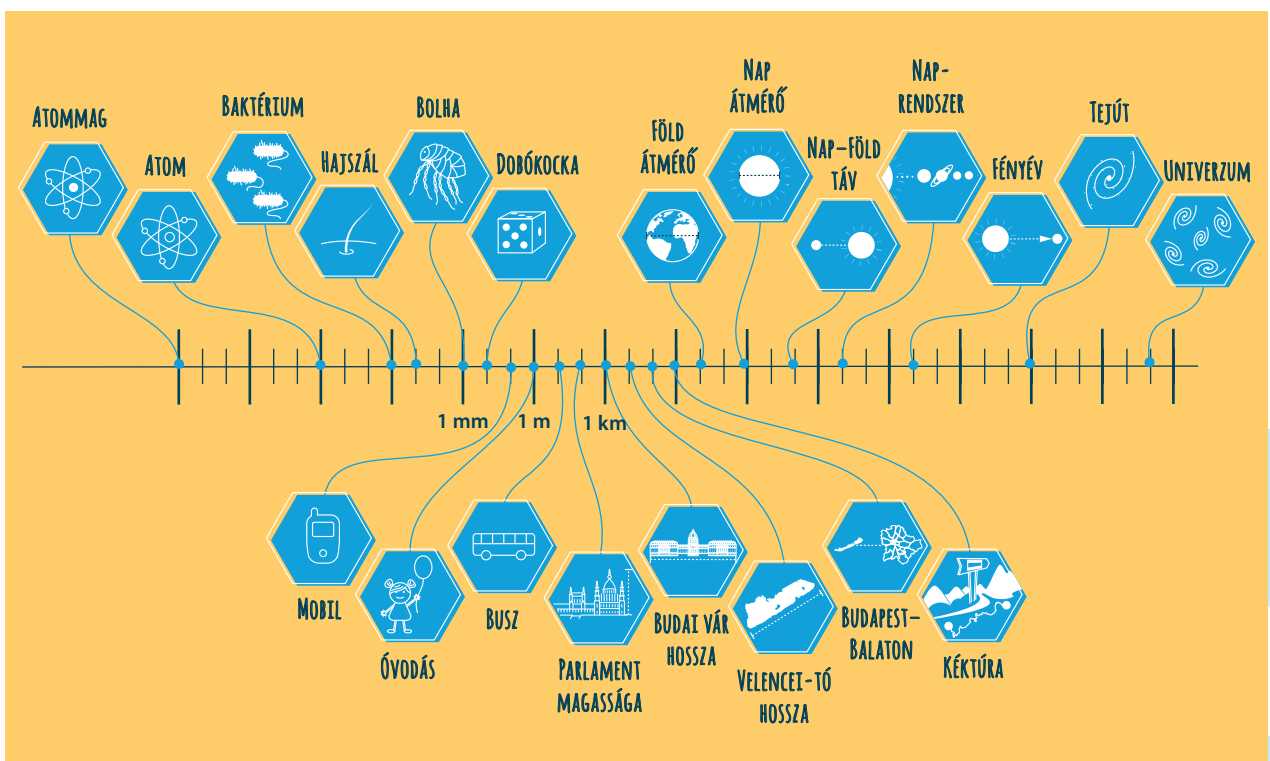
Az idő alapegysége a másodperc (s). Ennél kisebb egységeknél a tízes felosztást használjuk, például 23 ms vagy 47 μs. A másodpercnél nagyobb egységeknél – történelmi okokból – nem tízes átváltást használunk. Az átváltást az alábbi grafika szemlélteti. Az évnél nagyobb egységeknél újra a tízes átváltást alkalmazzuk (évtizedek, évszázadok, évezredek).

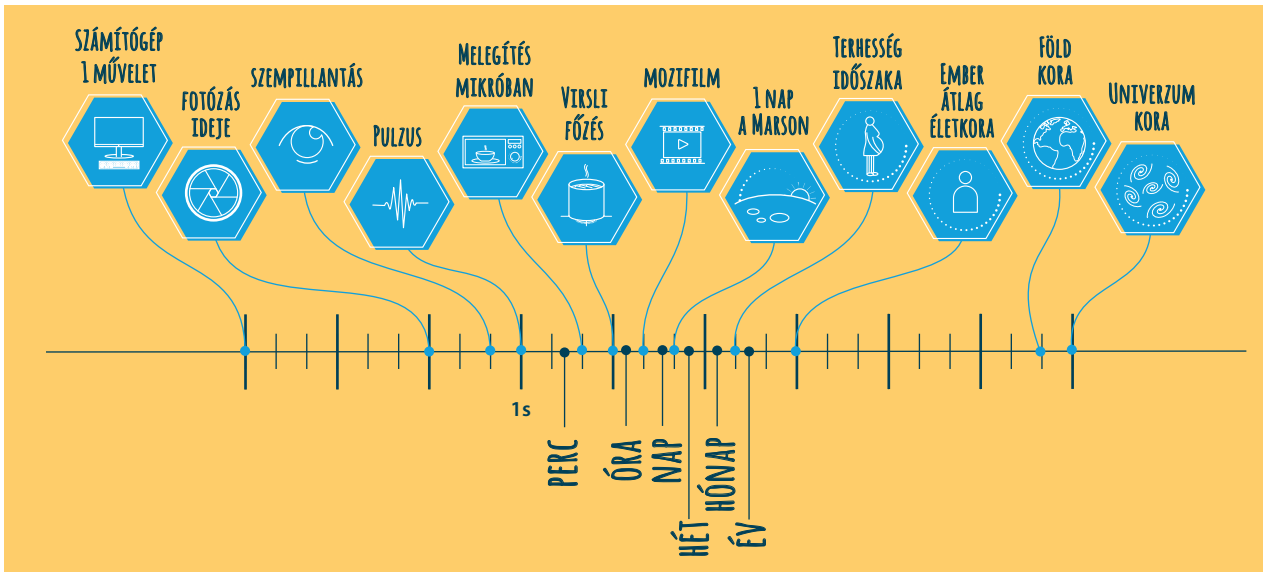


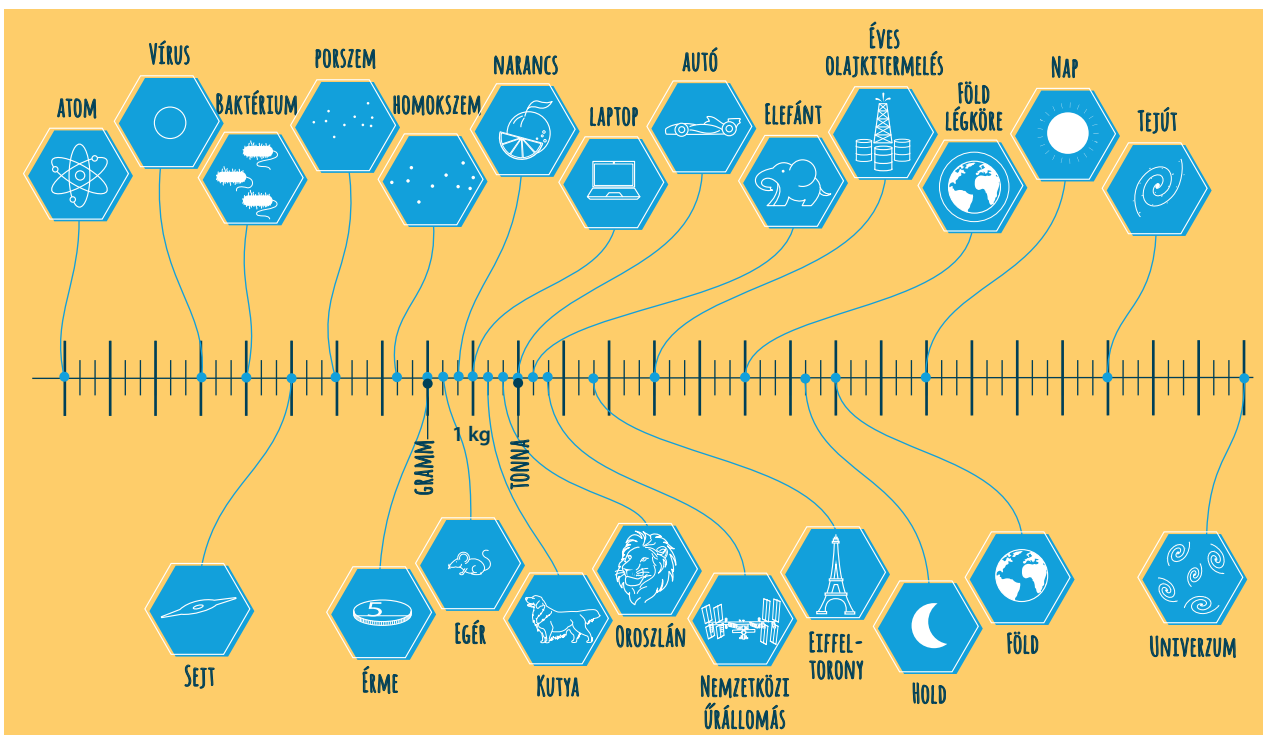
A nagyságrendi skála

Ha a kis és nagy egységeket egymás mellé tesszük, akkor egy nagyságrendi skálát kapunk. Ezen a különleges skálán eggyel jobbra lépve tízszer nagyobb egységet kapunk, eggyel balra lépve pedig tizedannyit. A skála beosztását háromlépésenként kiemeljük (ez ezerszeres nagyságrendi változást jelent), ahogy a számok helyiértékes felírásában is hármasával csoportosítjuk a számokat (például a másfél milliót úgy írjuk, hogy 1 500 000). A skála bal vége a nulla felé tart, a jobb vége a végtelenül nagy felé. A nagyságrendi skála segítségével egy skálán jelölhetjük a nagyon kicsi és a nagyon nagy egységeket is, ezért érdemes használni. Az alábbi grafikán megtalálható az eddig tárgyalt alapvető fizikai mennyiségek nagyságrendi skálája, mely néhány jellemző mennyiséget is tartalmaz. A későbbi leckékben az új mennyiségek tárgyalásánál hasonló nagyságrendi skálákat fogunk használni.









A mérési adatok pontossága

Tökéletesen pontos mérést végezni nem lehet. Mérőeszközeink pontosságát az eszköz beosztása, legkisebb mértékegysége adja. Nem is mindig érdemes a legnagyobb pontosságra törekedni. Általában elég az eredményt az első három számjegyére kerekítve megadni. Például a sportpálya megmért hossza 47 942 mm, azaz kerekítve 47 900 mm = 47,9 m, vagy egy teherautó tömege 6342,5 kg, azaz kerekítve 6340 kg = 6,34 tonna.

Az is elképzelhető, hogy egy mennyiséget különféle okok miatt nem tudunk kellő pontossággal megmérni. Például amikor egy futóversenyen stopperrel mérik a futás időtartamát, akkor a mérés eredményét befolyásolja a mérést végző reakcióideje. Hiába mér ezredmásodperc pontossággal, ha a stopper indításakor és leállításakor is 3-4 tized másodperces eltérések is lehetnek. **A mérési adatok pontossága** tehát a mérőeszköz választásától és a mérés módjától is függ.

A nem pontosan mérhető mennyiségeket érdemes többször megmérni, újra és újra elvégezve a kísérletet. Ebben az esetben mérési eredménynek **a mérési adatok átlagát** tekintjük. Az adatok átlaga nem biztosítja azt, hogy a tényleges mennyiséget tudtuk meg, de egy jó **becslést** ad a mérés eredményére.



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

Kis és nagy mennyiségek méréséhez az alapegységet kisebb egységekre bontjuk vagy nagyobb egységekbe vonjuk össze, azaz mértékegységet váltunk. A mértékegység-átváltások a tízessel való szorzáson vagy osztáson alapulnak, néhány kivétellel, mint például az idő egységei. A fizikai mennyiségeket nagyságrendi skálán szemléltethetjük. Egy mérés pontossága a mérőeszköz választásától és a mérés módjától függ. Jó becslést adhatunk egy mérésre a mérési adatok átlagolásával.

a mérés pontossága **mérési adatok átlaga** **becslés**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Nagyon nagy távolságok csillagászati mérésekben fordul elő. A Naprendszerben mérendő távolságokat igen gyakran csillagászati egységekben (rövidítése magyarul: CsE, angolul: AU) határozzák meg. Nézz utána, hogy mi alapján határozzák meg az 1 CsE-t, és 1 CsE hány millió km-nek felel meg! Szerinted miért ezt választották a csillagászok a Naprendszerben lévő távolságok mértékegységéül?

2. Mikroszkóp alatt vizsgáljuk egy rovar lábát. Valaki azt javasolta, hogy tegyünk a rovar mellé egy vonalzót, és azt is mikroszkóp alatt figyelve le tudjuk olvasni a rovarláb pontos vastagságát. Mi erről a véleményed? Működhet ez a javaslat?



3. A nap időegység egyik egyezményes meghatározása a Föld tengely körüli forgásához kapcsolódik. A Nap két egymás utáni delelése közötti időtartamot nevezhetjük egy napnak. Mit gondolsz, miért déltől délig mérik az egy napot, és miért nem napnyugtától napnyugtáig, vagy napkeltétől napkeltéig, hiszen a napnyugtát vagy a napkeltét sokkal könnyebb megfigyelni?

4. A távolugrás versenyszámban egy versenyző sok kísérletet tesz arra, hogy milyen messzire tud elugrani. Ebben az esetben miért nem átlagolják a bírók az egyes kísérletek eredményeit?



4. Mennyiségek közötti összefüggések

Melyből megtudhatjuk, hogy mit olvashatunk ki a mérési adatokból, miért jó grafikont rajzolni, mik azok az arányosságok és mire jók, valamint hogy hogyan határozhatjuk meg egy anyag vagy egy tárgy sűrűségét.

A mérési adatok rendezése

Egy kísérlet során egyszerre több fizikai mennyiséget is megmérhetünk. A mérés elemzésének menetét és az elméletalkotást most egy konkrét mérésen követjük végig.

Megmérjük különböző mennyiségű étolaj, valamint köles térfogatát és tömegét. A térfogatot mérőhengerrel, a tömeget analitikai, illetve digitális mérleggel mérjük. A kapott adatokat táblázatba foglaljuk, az összekapcsolódó értékeket így könnyebben át tudjuk tekinteni.



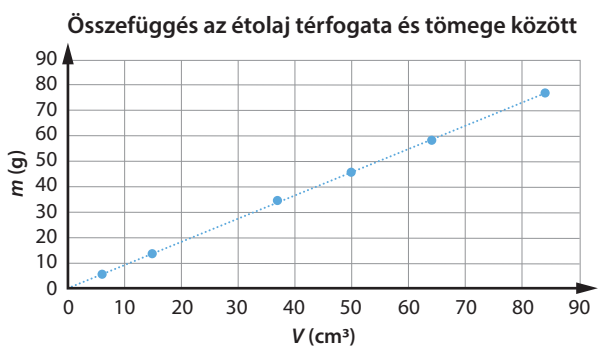
Étolaj tömegmérése digitális mérleggel

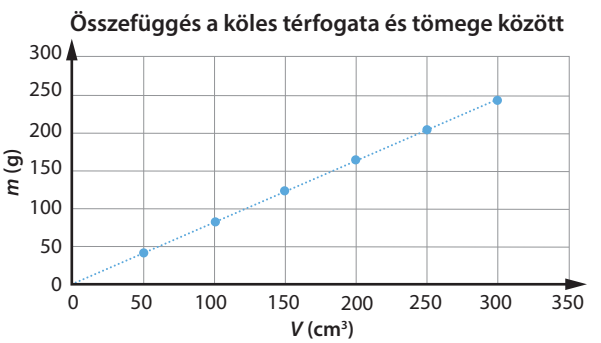
A táblázat fejlécében megadjuk a mért fizikai mennyiséget, annak jelét, és ide írjuk a mérés során használt mértékegységet is. A táblázat adatait növekvő térfogat szerint rendeztük. Látható, hogy mind az olaj, mind a köleshalom térfogata és tömege között kapcsolat van. A nagyobb térfogatú anyagnak nagyobb a tömege is.

Étolaj térfogata V (cm³)	Étolaj tömege m (g)	Köles térfogata V (cm³)	Köles tömege m (g)
6	5,75	50	45
15	13,70	100	83
37	34,21	150	125
50	45,68	200	164
64	58,15	250	203
84	76,67	300	246

A mérési adatok szemléltetése

A fizikai mennyiségek közötti kapcsolat pontosabb megismerése érdekében az adatpárokat grafikonon ábrázoljuk. Minden egyes adatpár a grafikon egy pontjának felel meg.



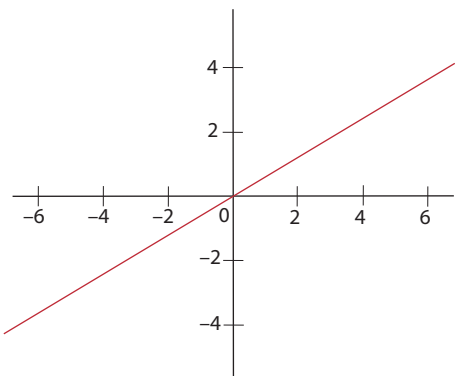


A grafikonok tengelyein jelöljük a fizikai mennyiségek jelét, mértékegységét, és elkészítjük az adatok ábrázolásához alkalmas tengelybeosztásokat. A grafikonnak címet is adunk.

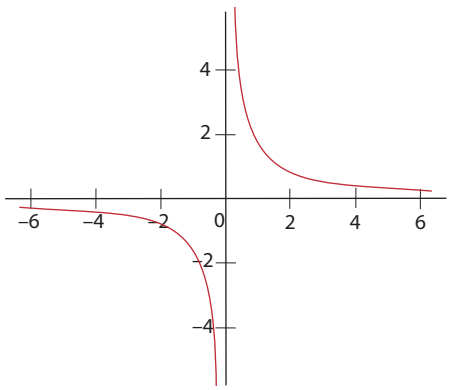
Összefüggések

A fenti két grafikonon jól látható, hogy az anyagok tömege és térfogata között szoros kapcsolat van. A grafikonon jelölt pontok jó közelítéssel egy origóból induló egyenesre illeszkednek, az egyenest halványan jelezzük is a grafikonokon. Emlékezzünk vissza, hogy matematikaórán már tanultunk az arányosságokról. A fizikai mérések során leggyakrabban három arányosság szokott előfordulni.

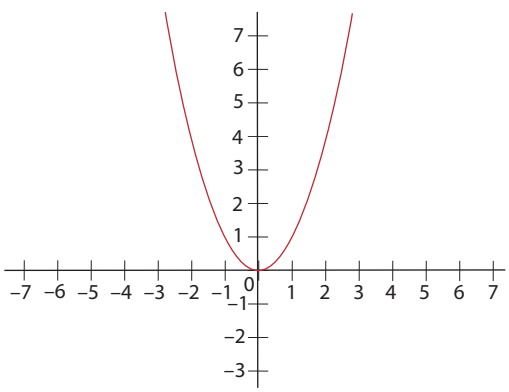
Egyenes arányosság
Két mennyiség egyenesen arányos, ha összetartozó értékeinek hányadosa (aránya) állandó. Ez azt is jelenti, hogy ahányszor nagyobb mennyiséget mérünk az egyikből, annyiszor nagyobb mennyiséget kapunk a másikból. Az egyenes arányosság grafikonja egy az origóból kiinduló egyenes.



Fordított arányosság
Két mennyiség fordítottan arányos, ha összetartozó értékeinek szorzata állandó. Ez azt is jelenti, hogy ahányszor nagyobb mennyiséget mérünk az egyikből, annyiad részével kevesebbet kapunk a másikból. A fordított arányosság grafikonja egy az origót elkerülő, a tengelyekhez simuló görbe (neve: hiperbola).



Négyzetes arányosság
Két mennyiség négyzetesen arányos, ha összetartozó értékei közül az egyik négyzetének és a másiknak a hányadosa állandó. Ez azt is jelenti, hogy ahányszor nagyobb mennyiséget mérünk az egyikből, annak négyzetével többet kapunk a másikból. A négyzetes arányosság grafikonja egy az origóból kiinduló, egyre meredekebb görbe (neve: parabola).



A mérésekről elmondható, hogy az anyag tömege és térfogata egymással egyenesen arányosnak tűnik, mert grafikonjuk az origóból induló egyenesre illeszkedik. Ellenőrizzük le!

Az összefüggés igazolása számítással

Határozzuk meg a két mennyiség hányadosait! Az alábbi táblázatban az összetartozó tömeg és térfogat hányadosait számoltuk ki.

Étolaj $\frac{m}{V}\left(\frac{g}{cm^3}\right)$	0,96	0,91	0,92	0,91	0,91	0,91
Köles $\frac{m}{V}\left(\frac{g}{cm^3}\right)$	0,90	0,83	0,83	0,82	0,81	0,82

A hányadosokból megállapíthatjuk, hogy azok jó közelítéssel azonos eredményt adnak. Az előző leckében tanultuk, hogy jó becslést adhatunk eredményül, ha a hat hányados átlagát vesszük. Az étolajnál az átlag 0,92 $\frac{g}{cm^3}$, a kölesnél 0,84 $\frac{g}{cm^3}$. Ezek a két anyagra jellemző mennyiségek. Azt is mondhatjuk, hogy az olaj köbcentiméterenként 0,92 gramm, a köleshalomnak pedig minden köbcentimétere 0,84 g tömegű. Természetesen ezek nem tökéletesen pontos adatok.

Figyeld meg!

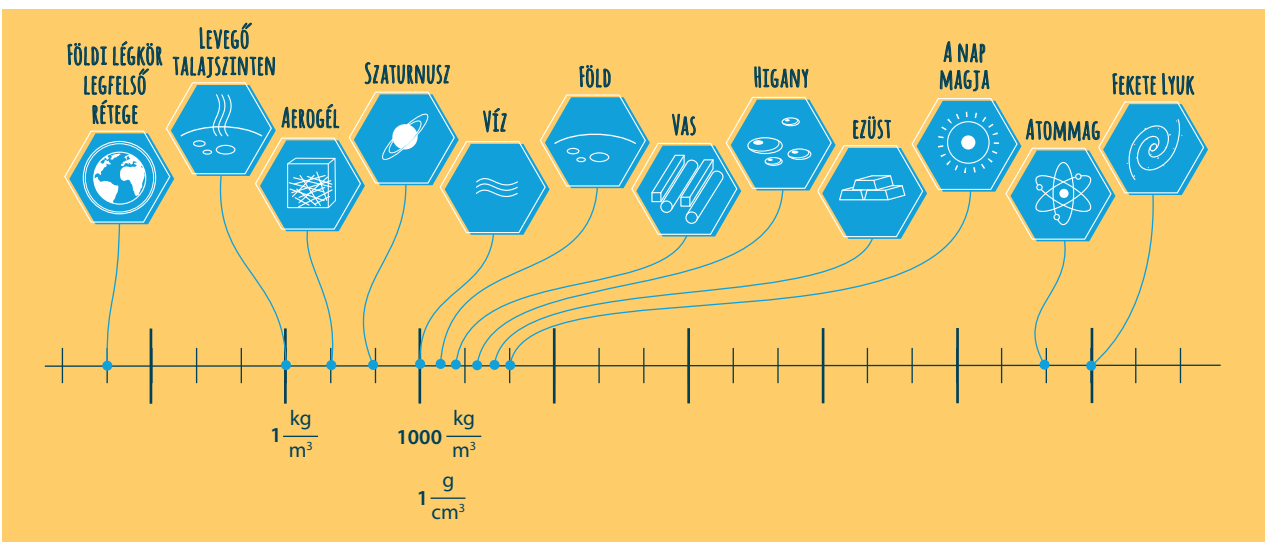
- *A hányadosok számításánál és az átlagszámításnál is két számjegy pontosságra kerekítettünk.*
- *Az első hányados értéke „kilóg" a többi érték közül. Ez adódhat pontatlan vagy elhibázott mérésből is. Ha tudjuk, hogy ennél a mérésnél tényleg nem törekedtünk a pontosságra, akkor kivehetjük az átlagszámításból, hogy ne rontsa el a mérési eredmény pontosságát. Ebben az esetben az átlag 0,91 $\frac{g}{cm^3}$, illetve 0,82 $\frac{g}{cm^3}$.*

Az anyagok sűrűsége

A fenti egyenes arányosság nemcsak az olajra és a köleshalomra, hanem minden anyagra igaz. A mennyiségek közötti kapcsolatot egy összefüggéssel, egy matematikai egyenlettel, röviden képlettel írjuk fel. Egy anyag tömege és térfogata egymással egyenesen arányos, hányadosuk állandó. A tömeg és a térfogat hányadosát az anyag **sűrűség**ének nevezzük. Jele ρ (görög kis *r* betű, ejtsd: *ró*).

sűrűség = $\frac{\text{tömeg}}{\text{térfogat}}$ **$\rho = \frac{m}{V}$**

A sűrűség alapmértékegysége a $\frac{kg}{m^3}$, emellett még gyakran használjuk a $\frac{g}{cm^3}$ mértékegységet. 1 $\frac{g}{cm^3}$ = 1000 $\frac{kg}{m^3}$. Az anyagok sűrűsége laboratóriumban az előbbi módszerrel pontosan meghatározható.



Néhány anyag sűrűsége

Szilárd anyag neve	$\frac{g}{cm^3}$	$\frac{kg}{m^3}$	Szilárd anyag neve	$\frac{g}{cm^3}$	$\frac{kg}{m^3}$
Acél	7,8	7 800	Jég (0 °C)	0,9	900
Alumínium	2,7	2 700	Kavics	2,4	2 400
Arany	19,3	19 300	Konyhasó	2,1	2 100
Cement	1,4	1 400	Kőszén	1,3	1 300
Cukor	1,6	1 600	Ólom	11,3	11 300
Emberi test	1,07	1 070	Parafa	0,2	200
Ezüst	10,5	10 500	Porcelán	2,3	2 300
Fenyőfa	0,5	500	Vörösréz	8,9	8 900
Grafit	2,1	2 100	Tölgyfa	0,8	800
Gyémánt	3,5	3 500	Üveg	2,6	2 600
Hungarocell	0,015	15	Vas	7,8	7 800
Folyadék, gáz neve	$\frac{g}{cm^3}$	$\frac{kg}{m^3}$	**Folyadék neve**	$\frac{g}{cm^3}$	$\frac{kg}{m^3}$
Alkohol	0,8	800	Olaj	0,9	900
Benzin	0,7	700	Petróleum	0,8	800
Denaturált szesz	0,78	780	Tej	1,03	1 030
Higany	13,6	13 600	Tengervíz	1,026	1 026
Levegő	0,0013	1,3	Víz (4 °C)	1	1 000

Néhány anyag mérnökök által meghatározott sűrűségét a fenti táblázat tartalmazza.

A táblázatból kiderül, hogy általában a szilárd anyagok nagyobb sűrűségűek, a levegő (illetve a többi gáz) kisebb sűrűségű a folyadékoknál. Tapasztalatból tudjuk, hogy a folyadéknál nagyobb sűrűségű anyag leszáll a folyadék aljára, a kisebb sűrűségű anyag pedig felszáll és kiemelkedik belőle. Ez két egymással nem elegyedő folyadék esetén is így van, tehát például az olaj úszik a víz felszínén, de a higany lemerül a víz aljára.

Kidolgozott feladat

Az anyagok sűrűségét, a tömeg és a térfogat közötti összefüggést felhasználhatjuk tömeg- és térfogat-meghatározáshoz.

Példa a tömeg meghatározásához:

Kérdés: A kertünkbe kavicsos ágyást tervezünk. Az ágyás 5,6 méter hosszú és 40 cm széles. A kavicsréteget 3 cm vastagságúra tervezzük. Mekkora tömegű kavicsszállítmányra készülhetünk?



Válasz: Először a kavics helyének térfogatát számoljuk ki. A téglatest alakú ágyás térfogata

$$V = a \cdot b \cdot c = 5{,}6\ \text{m} \cdot 40\ \text{cm} \cdot 3\ \text{cm} =$$
$$= 560\ \text{cm} \cdot 40\ \text{cm} \cdot 3\ \text{cm} = 67\,200\ \text{cm}^3.$$

Ezután a kavics sűrűségadatát használjuk fel. Ehhez két módszert is mutatunk.

a) Arányos következtetés:

A kavics sűrűsége a táblázat alapján 2,4 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

Ez azt is jelenti, hogy 1 cm^3 kavics tömege 2,4 g. Így 67 200 cm^3 kavics tömege 67 200-szor több, azaz 67 200 · 2,4 g = 161 280 g.

b) Képlet alkalmazásával:

A sűrűség kiszámításának képlete:

$\rho = \frac{m}{V}$.

A képletbe behelyettesítjük az ismert adatokat:

$2{,}4\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = \frac{m}{67\,200\ \text{cm}^3}$.

Az így kapott egyenlet mindkét oldalát 67 200 cm^3-rel megszorozva azt kapjuk, hogy 161 280 g = m.

Végül megadjuk a kérdésre a választ. A kavicsszállítmány mintegy 161 kg tömegű lesz. Persze a kavicsok között sok hézag van, így valamivel kevesebb lesz az ágyásba kerülő kavics tömege.

Példa a térfogat meghatározásához:

Kérdés: Az önkormányzat 5 mázsa tűzifával támogatja az idei évben a fával tüzelő családokat. Mekkora helyre tudunk bepakolni ennyi fát?

Válasz: Először is tudnunk kell, hogy milyen fajtájú tűzifát szállítanak. Az interneten utánanézhetünk, hogy minél nagyobb egy fafajta sűrűsége, annál jobb tüzelő. A táblázatunkban két fafajta sűrűsége van feltüntetve, ezek közül a tölgyfa sűrűsége nagyobb. Válasszuk a számításunkhoz ezt! A számításhoz most is mindkét módszert bemutatjuk.



a) Arányos következtetés:

A tölgyfa sűrűsége a táblázat alapján 800 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Ez azt jelenti, hogy 800 kg tölgyfa térfogata 1 m^3. Ebből következik, hogy 100 kg, azaz 1 mázsa tölgyfa térfogata 1 m^3 nyolcada, azaz 1 $\text{m}^3 : 8 = 0{,}125\ \text{m}^3$. Így 5 mázsa (500 kg) tölgyfa térfogata 5-ször annyi, vagyis 5 · 0,125 m^3 = 0,625 m^3.

b) Képlet alkalmazásával:

A sűrűség kiszámításának képlete:

$\rho = \frac{m}{V}$.

A képletbe behelyettesítjük az ismert adatokat:

$800\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{500\ \text{kg}}{V}$.

Az így kapott egyenlet mindkét oldalát megszorozzuk V-vel:

$V \cdot 800\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 500\ \text{kg}$,

majd elosztjuk 800 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$-rel, és azt kapjuk, hogy $V = 0{,}625\ \text{m}^3$.

Persze lehet, hogy kisebb sűrűségű tűzifát kapunk, például fenyőt, és abban az esetben a térfogatra nagyobb eredményt kapunk. Abba is gondoljunk bele, hogy a tűzifa rakásánál képződő sok hézag növeli a helyigényt. Tehát a válasz: több mint 0,7 m^3 helyre lesz szükség a tűzifa elhelyezéséhez.

A tárgyak átlagsűrűsége

Az általunk vizsgált tárgyak, dolgok általában több anyagból tevődnek össze. Tömegük és térfogatuk hányadosával csak egy hozzávetőleges sűrűségértéket kapunk, amit átlagsűrűségnek nevezünk. Figyeljünk arra, hogy a neve ellenére ez nem átlagszámítást, hanem a tárgy tömegének és térfogatának hányadosát jelenti!

Érdekességek

Egy tortához bekevert nyers piskótatészta lisztből, cukorból, tojásból áll. Mivel a tojásfehérjét habbá verjük, ezért némi levegő is kerül bele. Az arányoktól függ a nyers tészta átlagsűrűsége. Sütés közben a piskóta térfogata megnő, így a kisült piskóta átlagsűrűsége kisebb a nyers tésztáénál.

Egy hajó számtalan alkatrészből, különféle anyagokból áll, valamint rengeteg levegőből, ami a belső tereket betölti. Ezért a hajó átlagsűrűsége kisebb lesz a víz sűrűségénél, és fennmarad a víz felszínén.



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

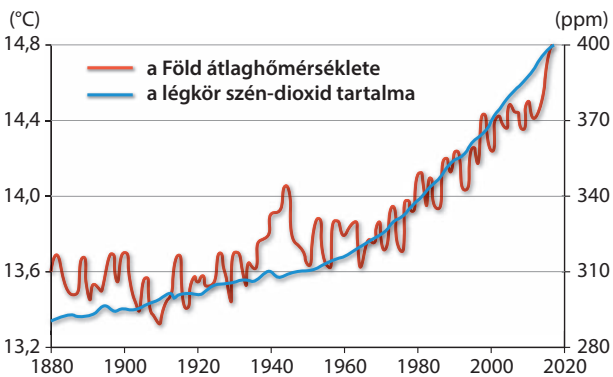
sűrűség

A mérési adatokat célszerű táblázatba rendezni és grafikonon ábrázolni.

A mennyiségek között szoros kapcsolat lehet, a legfontosabbak az egyenes, a fordított és a négyzetes arányosság. Az anyag tömege egyenesen arányos a térfogatával. Az anyag sűrűsége a tömegének és a térfogatának a hányadosa. A sűrűséget tömeg- és térfogat-meghatározáshoz használjuk. A tárgyak átlagsűrűsége a tömegük és a térfogatuk hányadosa.

Megoldandó problémák, feladatok

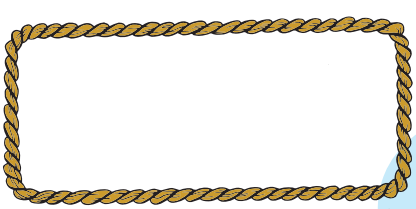
1. Az alábbi grafikon a Föld átlaghőmérsékletét, valamint a légkör szén-dioxid-tartalmát (ppm = = 0,0001%) mutatja 1880 és 2020 között.



Jellemezd az átlaghőmérséklet és az évek kapcsolatát! Jellemezd a légkör szén-dioxid-tartalmát és az évek kapcsolatát! Jellemezd az átlaghőmérsékletet és a légkör szén-dioxid-tartalmát!

2. A leckében lévő köles mérési eredményéből, valamint a grafikonja alapján azt állítom, hogy 5 cm^3 köles pontosan 4,2 g tömegű, valamint 1 kg köles 1,19 liter térfogatú. Mit gondolsz erről az állításról?

3. Egy 1 méter hosszú madzag két végét egybekötöm, majd különböző alakú téglalapokat feszítek ki belőle. A téglalapok kerülete mindig 1 m, de az oldaluk változó. Megmérem a téglalapok hosszát és szélességét, és az összetartozó oldalpárokat grafikonon ábrázolom. Milyen alakú vonalat lehet a grafikon pontjaira illeszteni? Szerinted lehet ez valamelyik arányosság a leckében lévő három közül?

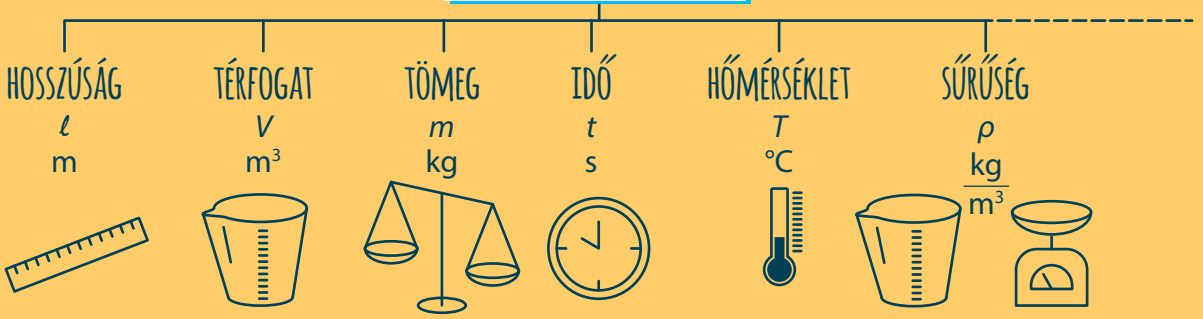


4. A szilárd és folyékony anyagok sűrűségét a táblázatokban azzal a megjegyzéssel látják el, hogy a mérést 18 °C vagy 20 °C hőmérsékleten végezték. A gázok esetében a hőmérsékleten kívül még a nyomásértéket is közlik. Szerinted miért lehetnek fontosak ezek a megjegyzések?

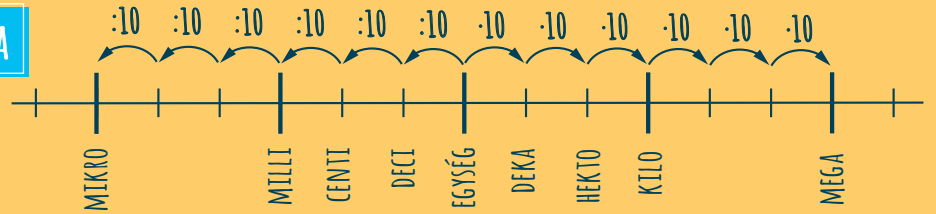
Jelenségek tanulmányozása



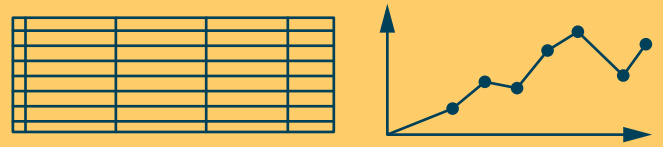
Fizikai mennyiségek



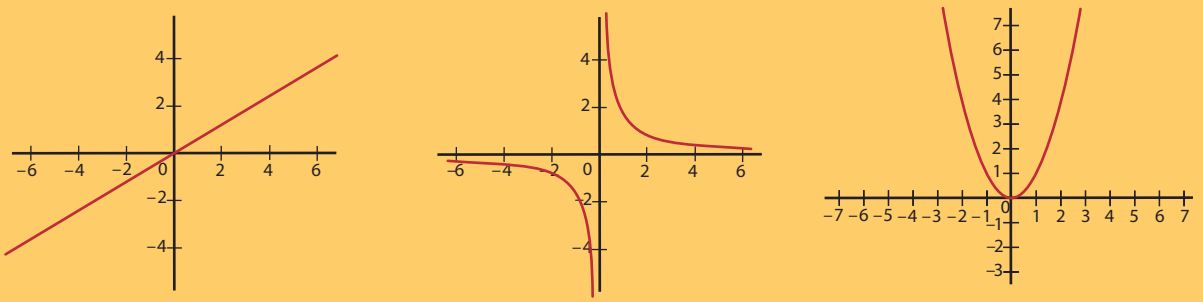
Nagyságrendi skála



Mérési adatok rendezése és ábrázolása



Mennyiségek közötti kapcsolat



Az anyagok sűrűsége

$$\rho = \frac{m}{V}$$

II. MOZGÁS KÖZLEKEDÉS ÉS SPORTOLÁS KÖZBEN

1. A mozgások szöveges jellemzése

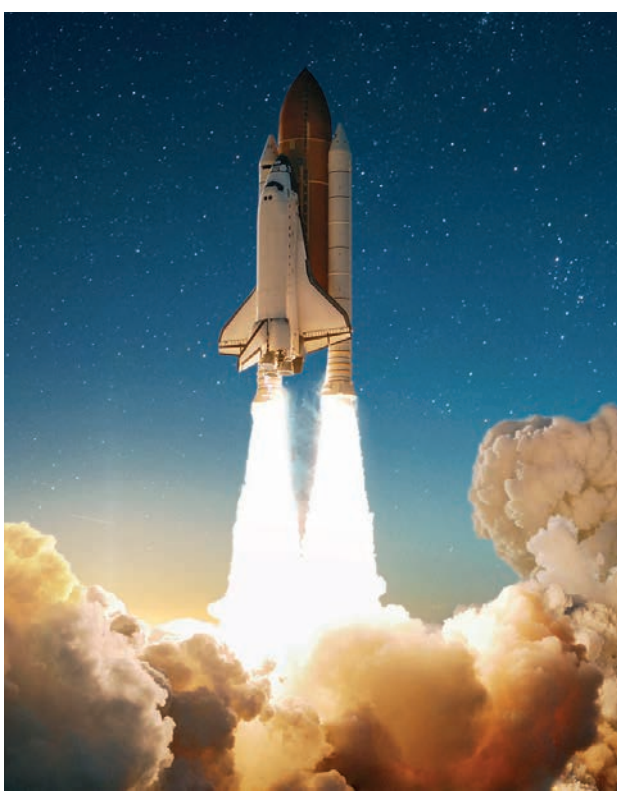
Melyből kiderül, hogy mi is a mozgás, hogy hogyan határozhatjuk meg egy mozgó tárgy helyét, melyek a legjellemzőbb pályaalakok, valamint hogy miként lehet jellemezni egy mozgás lefolyását.

Nyugalom és mozgás

A környezetünkben zajló jelenségeket leggyakrabban úgy vesszük észre, hogy valami megmozdul, elindul, megáll, kanyarodik vagy fordul, egyszóval mozog. A mozgás vizsgálata a fizika egyik legfontosabb területe (neve: mechanika). Amikor egy mozgást tanulmányozunk, különféle dolgokat vizsgálunk: egy labdát, egy autót, egy rakétát, a Holdat, a levegő részecskéit. A vizsgálandó tárgyakat, objektumokat általánosan testnek nevezzük. A mozgás a vizsgált test helyének vagy helyzetének megváltozása az idő múlásával. Ha egy test helye és helyzete nem változik az idő múlásával, akkor a test nyugalomban van.









A hely meghatározása

Egy test mozgásának megállapításához meg kell határoznunk a **hely**ét a térben. Ezt úgy tudjuk pontosan megtenni, ha valamihez viszonyítva mondjuk meg, hogy hol van. Egy viszonyítási pontra van szükségünk. Megfigyelőként sokszor a viszonyítási pont mi magunk vagyunk, vagy a talaj, amin állunk. A közlekedésben használhatjuk a 0 kilométerkövet, a sportban a rajtkövet, rajtvonalat vagy rajtkockát, a csillagászatban egy égitestet, például a Napot. Akkor járunk el helyesen egy mozgás jellemzésénél, ha megmondjuk, hogy mihez képest mozog. A viszonyítási pontot szoktuk origónak is nevezni.

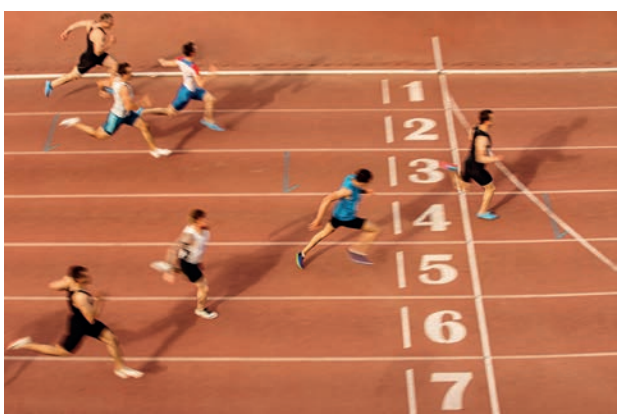




A mozgás térbeli jellemzése

Amikor egy test a viszonyítási ponthoz képest megváltoztatja a helyét, akkor a térben mozog, valamilyen útvonalat ír le. Ezt az útvonalat **pálya**nak nevezzük. A legegyszerűbb pályaalak az egyenes. Egyenes pályán halad egy autó az egyenes utcában, a vonat, amikor egyenes sínpáron fut, vagy a repülő a kifutópályán felszállás közben. Egyenes pályán úsznak az úszók, futnak a rövidtávfutók, a távolugrók. A nem egyenes pályák közül a legjellegzetesebbek a körpálya (kanyarodó autó, vagy a hinta is ilyen útvonalat fut be) és az ellipszispálya (a Föld keringési pályája a Nap körül).



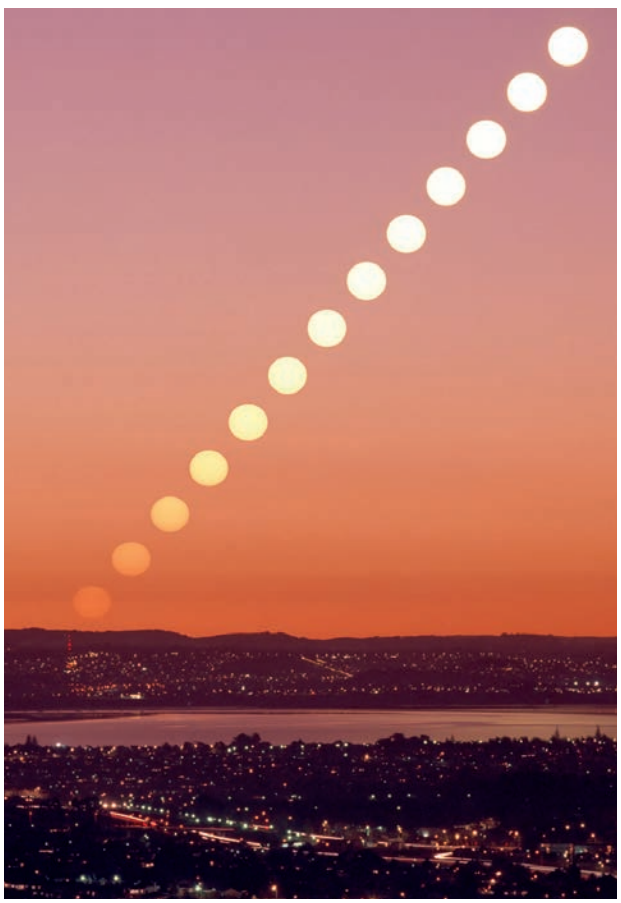




A mozgás szemléltetése

Egy test mozgását szemléltetni is tudjuk a pályavonal lerajzolásával. Ennél is több információt mutat a mozgások nyomvonala. Képzeljük el, hogy a bevásárlótáskánkból a tej folyamatosan, egyenlő időközönként csöpög. A járdán kirajzolódik a mozgásunk pályája. Az egymást követő cseppek helyzetéből azt is látjuk, hogy gyorsan vagy lassan haladtunk, hogy hol álltunk meg. Szép nyomvonalképet lehet készíteni fotósorozattal, stroboszkópos (villanófényes) eljárással. Nyomvonalat rajzol ki például a repülő kondenzcsíkja.



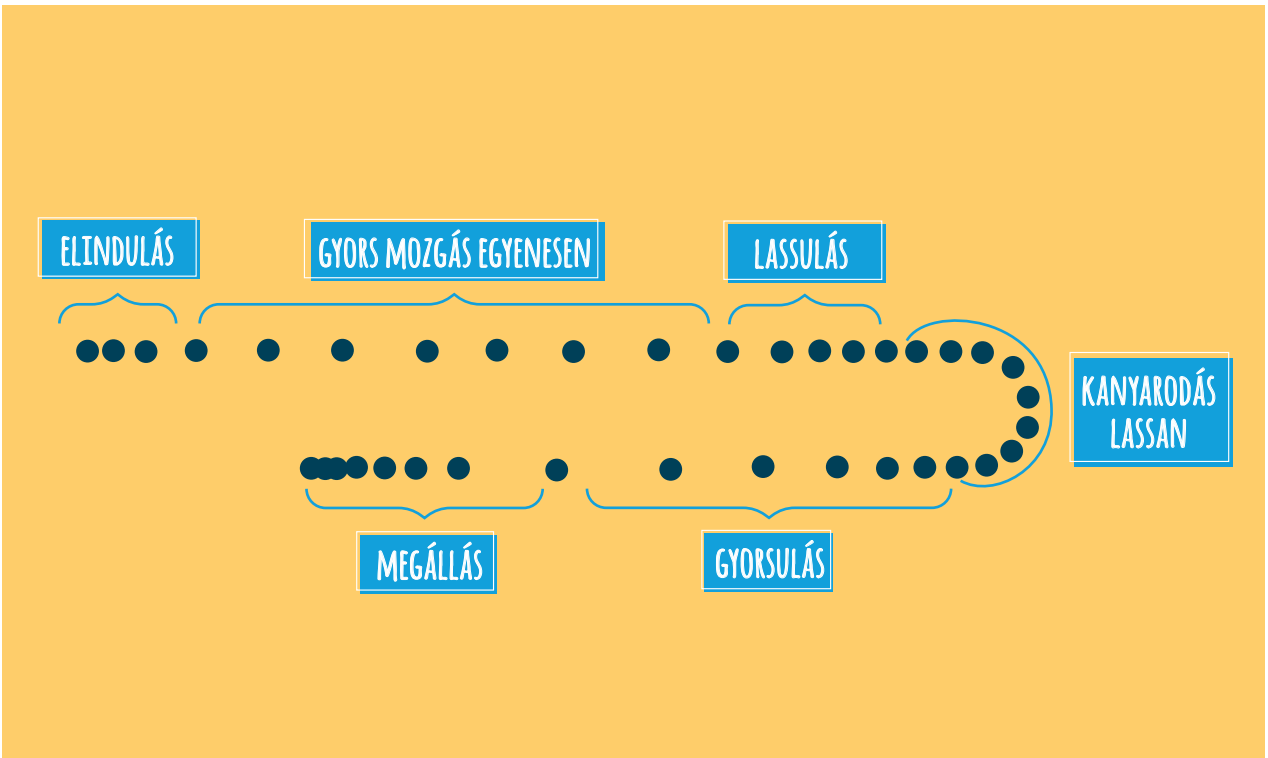






A mozgás időbeli jellemzése

A test mozgásának nyomvonalából a mozgás időbeli lefolyását is megfigyelhetjük. Ha a pontok egymástól egyre távolabb kerülnek, akkor a test mozgása gyorsuló, ha egyre közelebb, akkor lassuló a mozgás. Elinduláskor a test gyorsul, megálláskor lassul. Ha a szomszédos pontok egymástól egyenlő távolságra vannak, akkor a test se nem gyorsul, se nem lassul, mozgását egyenletesnek nevezzük. Minél sűrűbben követik egymást a pontok, annál gyorsabb a test mozgása. Az alábbi grafika egy képzeletbeli mozgás nyomvonalát és annak jellemző részeit mutatja. A grafikán jól látszanak az előbb leírtak.



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

hely **pálya**

A mozgás a vizsgált test helyének és helyzetének megváltozása az idő múlásával. A nyugalom a mozgás hiánya. Mozgásról csak valamilyen viszonyítási ponthoz képest lehet beszélni. A mozgás során a test által leírt vonal a pálya. A pályának lehetnek egyenes és görbe részei. A mozgásokat nyomvonallal tudjuk szemléltetni. A mozgás időbeli lefolyása lehet gyorsuló, lassuló és egyenletes.

Megoldandó problémák, feladatok

1. Hogyan mozog a Nap és a Hold a Földről nézve? Hogyan mozog a Föld és a Hold a Naphoz viszonyítva? Fogalmazd meg a mozgásokat mindkét esetben a tanult kifejezésekkel!

2. Mozoghat-e a viszonyítási pont? Fejtsd ki részletesen a véleményedet erről!

3. Rajzold meg egy gátfutó nyomvonalát felülnézetből! A 110 méteres gátfutás szükséges adatait keresd a világhálón. A rajzodat kísérje szöveges magyarázat! Magyarázd el, miért úgy rajzoltad le a nyomvonal egyes részeit!

4. Az alábbi képen egy vívó strobszkópos eljárással készített felvételét látod. Jellemezd a vívó fejének, kezeinek, valamint lábainak mozgását minél részletesebben! Használd a tanult kifejezéseket.



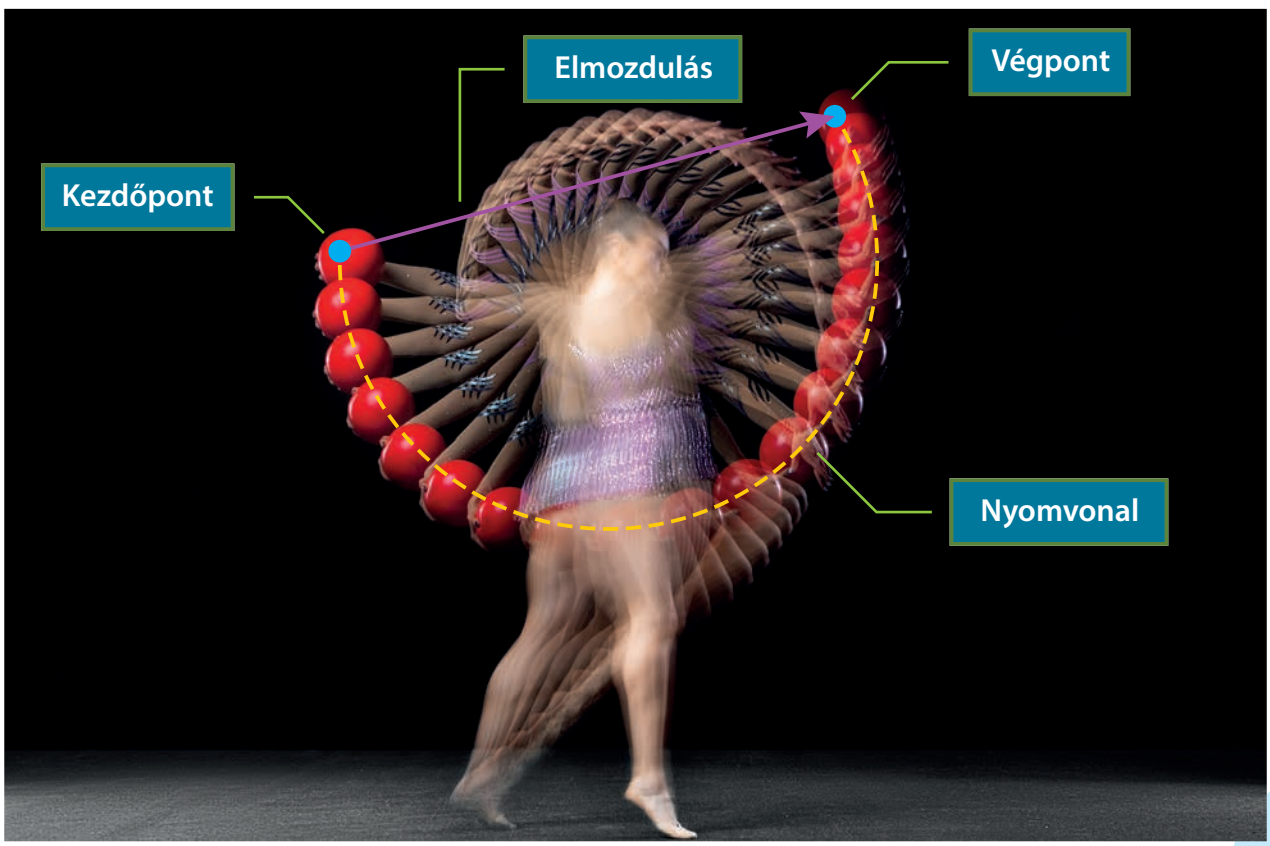
2. Mozgások jellemzése méréssel

Melyből kiderül, hogy hogyan mérjük meg a mozgó test helyét, idejét, és miért hasznos a mozgás hely-idő grafikonja.

Pályahossz és elmozdulás

Egy test mozgásának megismeréséhez méréseket is végezhetünk. Megmérhetjük a mozgás pályavonalának hosszát, azt a hosszúságot, ami a mozgás kezdőpontjától a nyomvonalon végighaladva a mozgás végpontjáig tart. Ezt a fizikai mennyiséget útnak nevezzük. Az út jele: *s*, alapmértékegysége a méter. Például egy tornász kezében a labda útja: $s = 2{,}65$ m, ez azt jelenti, hogy a labda a gyakorlat kezdőpontjától a végpontjáig 2,65 méter hosszan mozgott a nyomvonala mentén.

Az útból nem tudhatjuk meg, hogy a vizsgált mozgás során a test végül hova került. A labda 2,65 m hosszú mozgása során végül vissza is érkezhetett a kezdőpontba. A helyváltoztatás jellemzésére az **elmozdulás**t használjuk. Az elmozdulás meghatározásakor megmérjük a mozgás kezdő- és végpontjának távolságát, és megadjuk a kezdőpontból a végpontba mutató irányt is. Például a labda esetében az elmozdulás 1,7 m, irányát a képre rajzoltuk.



Menetidő, időközök, köridő

A mozgás során mérhető másik mennyiség a menetidő. A menetidő a mozgás kezdőpillanatától a végső pillanatáig tartó időtartam. Ha egy mozgás több, egymást követő mozgáselemből áll, akkor megmérhetjük minden egyes mozgáselem időtartamát – ezeket részidőknek vagy időközöknek nevez-

züк. Több sportágban, például az autóversenyeken, úszóversenyeken, hosszútávfutáson a sportolók a mozgásuk során többször is ugyanazon az útvonalon haladnak végig (köröket tesznek meg). Mozgásuk egymást követő, közel azonos mozgáselemekből áll. Ezeknek a mozgáselemeknek az időtartamát köridőnek nevezzük. Az egyes köridők összege egyenlő a menetidővel.



F1® UNOFFICIAL TESTING CLASSIFICATION — CATALUNYA — #F1Testing

			LAP TIME	GAP	LAPS
1	RAIKKONEN	Ferrari	1:20.960		108
2	HAMILTON	Mercedes	1:20.983	+0.023	66
3	VERSTAPPEN	Red Bull Racing	1:22.200	+1.240	89
4	MAGNUSSEN	Haas	1:22.204	+1.244	118
5	OCON	Force India	1:22.509	+1.549	86
6	KVYAT	Toro Rosso	1:22.956	+1.996	68
7	BOTTAS	Mercedes	1:22.986	+2.026	102
8	PALMER	Renault	1:24.139	+3.179	53
9	GIOVINAZZI	Sauber	1:24.617	+3.657	67
10	VANDOORNE	McLaren	1:25.600	+4.640	40
11	STROLL	Williams	1:26.040	+5.080	12

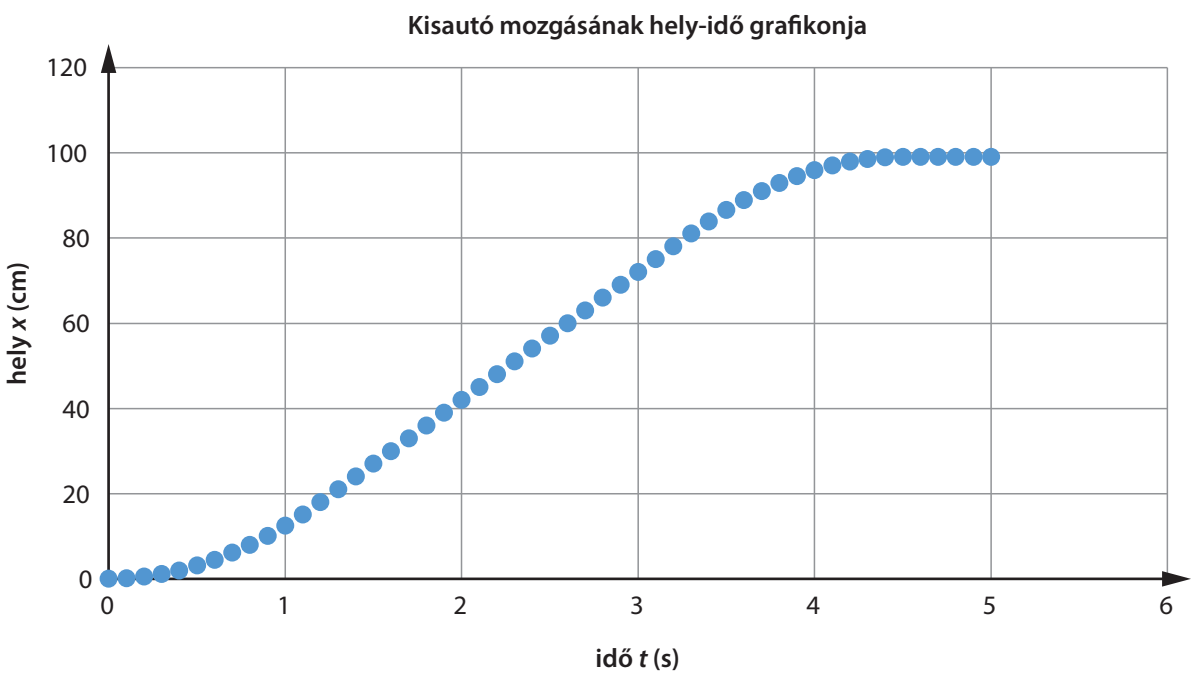
Mozgások ábrázolása hely-idő grafikonon

A mozgások közül most olyan mozgásokat vizsgáljunk, amelyeknek a pályája egyenes, például egy felhúzható játék autó mozgását. A felhúzott kisautót a startvonalra tesszük, majd elengedjük, hogy egy mérőszalag mentén elguruljon. A mozgásáról fotósorozatot készítettünk, a képkockák 0,1 s időközönként készültek. A felvételekről meghatározzuk, hogy az adott pillanatban hol tartott a kiskocsi. A kiskocsi helyét a mérőszalag 0 pontjától mérjük, jele: *x*. A mozgásról nyomvonalat és hely-idő grafikont készítettünk.

A kiskocsi mozgását jól szemlélteti a hely-idő grafikon. A grafikon alapján a mozgás három, egymást követő mozgáselemre bontható. Az első, körülbelül 1,2 s-ig tartó elem a kiskocsi elindulását mutatja, a középső elem 1,2 s-tól mintegy 3,5 s-ig a kocsi egyenletes haladását jelzi, míg az utolsó elemben a kiskocsi megállását látjuk.

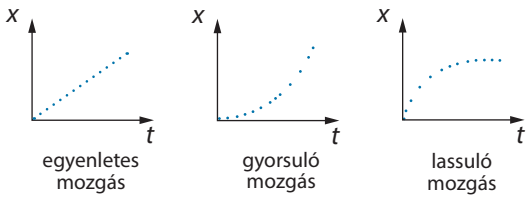


Felhúzható játék autó mozgása méterrúd előtt, valamint a mozgásról készült nyomvonal



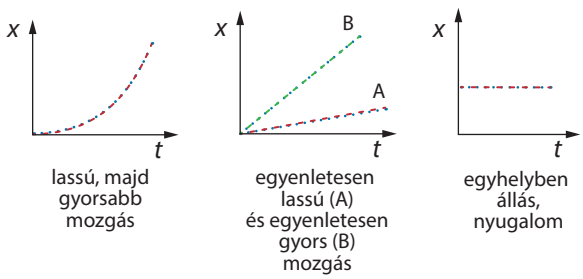
A hely-idő grafikon alakja

A mozgás hely-idő grafikonjának alakja a mozgás időbeli lefolyását mutatja. Az egyenletesen mozgó test hely-idő grafikonja olyan pontsorozat, amely egy egyenesre illeszkedik. A gyorsuló (elinduló), illetve a lassuló (megálló) test hely-idő grafikonjának pontjai görbe vonalra illeszkednek.



A hely-idő grafikon lejtése

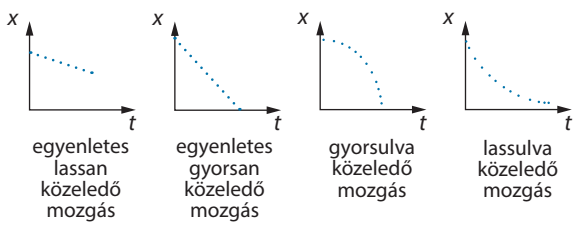
A kocsi kezdetben lassan, majd egyre gyorsabban haladt, ennek megfelelően a grafikon eleje lapos, az idő teltével pedig egyre meredekebb. Tehát a mozgás hely-idő grafikonjának lejtése a test gyorsaságát mutatja. Minél meredekebb a grafikon, annál gyorsabb a mozgó test. Ha a test nyugalomban van, akkor a grafikon az időtengellyel párhuzamos, mint ahogy a mérés grafikonján, az utolsó fél másodpercében látható.



Mozgás oda-vissza

A hely-idő grafikonon nemcsak a startvonaltól távolodó, hanem az ahhoz közeledő, visszafelé haladó mozgást is meg tudjuk jeleníteni. Ilyenkor a grafikon nem emelkedő, hanem az időtengely felé ereszkedő jellegű.

A hely-idő grafikon helyett készíthetünk út-idő grafikont is, de ekkor a test elmozdulását, oda-vissza mozgását nem mutatja a grafikon.



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

út elmozdulás

A mozgások vizsgálatakor megmérhetjük a test által a pályáján megtett utat, a test elmozdulását és mozgás menetidejét. Az elmozdulás meghatározásakor a kezdő- és végpontok távolságát és az elmozdulás irányát is meg kell adni. A mozgásokat egymást követő mozgáselemekre bonthatjuk. A mérésről hely-idő grafikont készíthetünk, amely a mozgás lefolyását szemlélteti. Az egyenletes mozgás grafikonja egyenesre, a gyorsuló, illetve lassuló mozgásé görbére illeszkedik. A grafikon lejtése a test gyorsaságára utal. Az ereszkedő grafikon közeledő vagy visszafelé haladó test mozgását mutatja.

Megoldandó problémák, feladatok

1. Egy katicabogár a repülése során 135 m utat tett meg, elmozdulása a mozgás során 152 m volt délkeleti irányban. Mi a véleményed erről az állításról? Véleményedet fejtsd ki részletesen!

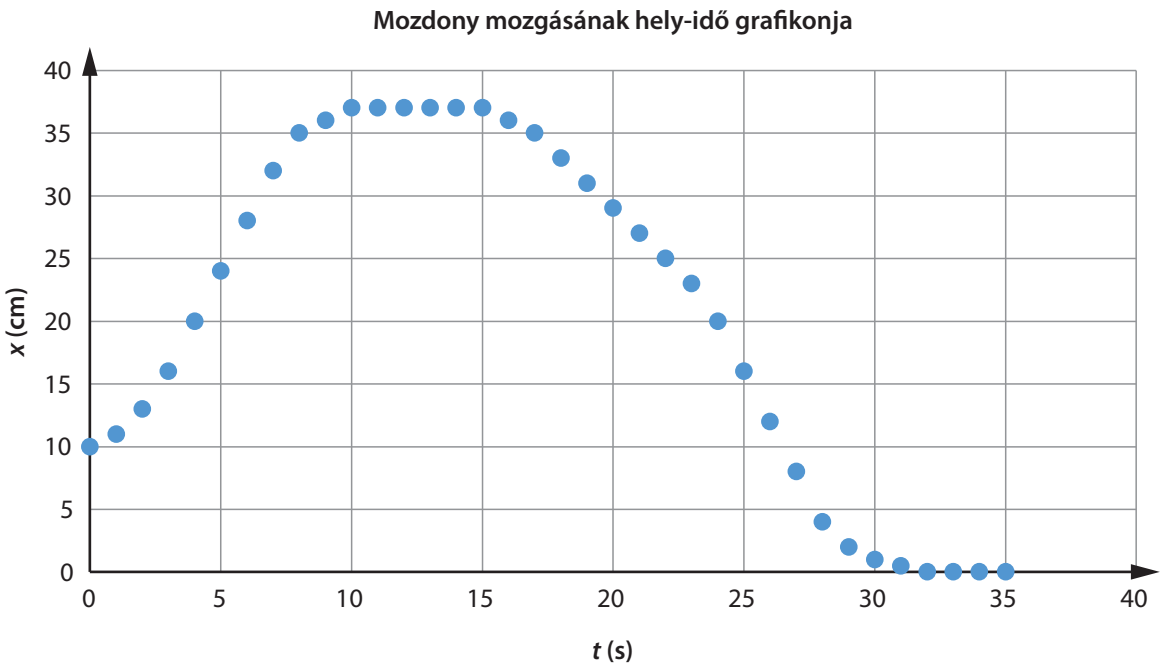


2. Aliz és Berta tánclépésekkel találtak ki játékokat. Aliz a táncterem közepére áll, és észak felé haladva lépdel, két lépést előre, egyet hátra. Újból két lépést előre, egyet hátra. Berta ugyanezt a lépéssorozatot használja, de úgy, hogy minden lépés után fordul egy negyedfordulatot az óramutató járásával megegyezően, tehát egy lépés előre északra, fordulás keletre, egy lépés előre keletre, fordulás délre, egy lépés hátra északra, és így tovább. Jellemezd szövegesen mindkét lány mozgását! Rajzold le a nyomvonalukat! Van-e valamelyiküknek körideje, ha van, hány lépésből áll? Hány lépés a lányok elmozdulása 5 lépés után, 10 lépés után és 12 lépés után? Hány lépést kell megtenniük a lányoknak, hogy az elmozdulásuk 3 lépésnyi legyen észak felé?

3. Figyeld meg egy magasugró gyakorlatát, használd a világhálót! Ha a magasugrót fölülről néznéd, akkor csak az előrehaladó elmozdulását látnád, ha viszont szemből néznéd, akkor nem látszódna a közeledése, de jól látnád a talajtól való elemelkedését. Vajon hogyan nézhet ki a magasugró mozgásának előrehaladó elmozdulás-idő, valamint a magasság-idő grafikonja? Próbáld vázlatosan lerajzolni!



4. Az alábbi hely-idő grafikon egy vasútmodell egyenes pályáján közlekedő játék mozdony mozgásáról készült. Jellemezd a mozdony mozgását minél részletesebben a grafikon alapján! A jellemzésedhez használd fel a grafikonról leolvasható adatokat is.



3. Az egyenletes mozgás vizsgálata

Melyből megtudhatjuk, hogy pontosan mi az a sebesség, mire használható, hogy milyen nagy lehet, valamint kiderül, hogy mik a vektormennyiségek.

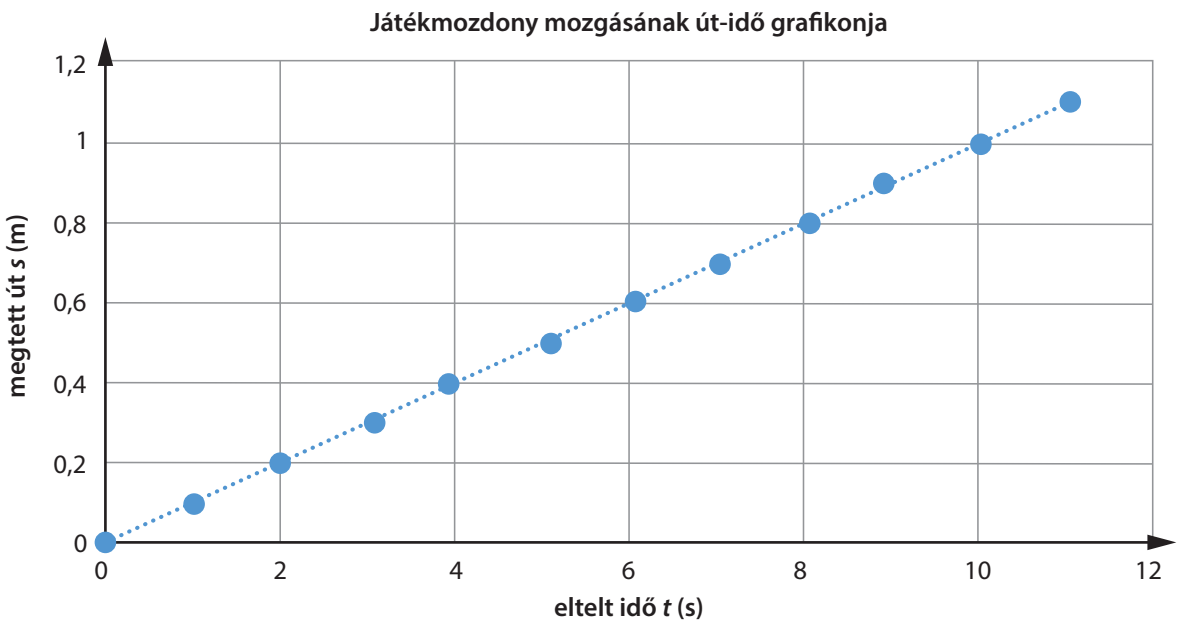
Az egyenletes mozgás út-idő grafikonja

Ebben a leckében továbbra is csak egyenes vonalú mozgásokat vizsgálunk. Indítsunk el egy elektromos játék mozdonyt egyenes sínen! A sín 10 cm-es darabokból áll, így azt mérjük, hogy mennyi idő alatt éri el a mozdony a következő sín elejét. A mozgás vizsgálatát annál a síncsatlakozásnál kezdjük (viszonyítási pont), ahol a mozdony már látszólag egyenletesen halad. A mérésről táblázatot és út-idő grafikont készítünk.



Elektromos játék mozdony mozgása egyenes sínen

t (s)	0	1,04	2,01	3,09	3,95	5,1	6,07	7,04	8,06	8,91	10,02	11,03
s (m)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1



A grafikon egy origóból induló egyenesre illeszkedik, a mozdony mozgása egyenletesnek mondható. Határozzuk meg, hogy milyen gyorsan megy a mozdony, mekkora a grafikon lejtése! Ehhez először a szomszédos mérési adatpárok eltérését kell kiszámolni. Az eltérés jele: Δ (görög D betű, ejtsd: delta).

útdarab = későbbi hely – korábbi hely = Δx

időköz = későbbi idő – korábbi idő = Δt

Ezután a két mennyiséget elosztjuk egymással.

$$\text{lejtés} = \frac{\text{útdarab}}{\text{időköz}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Δt (s)	1,04	0,97	1,08	0,86	1,15	0,97	0,97	1,02	0,85	1,11	1,01
Δx (m)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$\frac{\Delta x}{\Delta t}\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$	0,10	0,10	0,09	0,12	0,09	0,10	0,10	0,10	0,12	0,09	0,10

A egyes számítás szerint a lejtés jó közelítéssel végig 0,1 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$, azaz másodpercenként körülbelül 0,1 m = 10 cm távolságot tesz meg egyenletesen a mozdony.

A sebesség meghatározása

Az előbbi számítás alapján egy mozgó test elmozdulásának és az elmozduláshoz szükséges időköznek a hányadosát **sebesség**nek nevezzük. Jele: v.

$$\textbf{sebesség} = \frac{\textbf{elmozdulás}}{\textbf{időköz}}$$

$$v = \frac{x_{\text{később}} - x_{\text{korábban}}}{t_{\text{később}} - t_{\text{korábban}}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

A játék mozdony a mérési adatokból számítottak szerint 0,1 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ sebességgel egyenletesen mozog. Mozgásának iránya egyenesen előre mutató. Ha a mozdony állna, nyugalomban lenne, akkor a sebessége nulla lenne. A sebességet csak egy viszonyítási ponthoz képest tudjuk meghatározni, ezért még pontosabb, ha azt mondjuk, hogy a játék mozdony a talajhoz, vagy sínhez képest 0,1 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ sebességgel mozog. A közel egyenletesen mozgó testek sebességéből könnyen meghatározható a megtett út, illetve a menetidő.

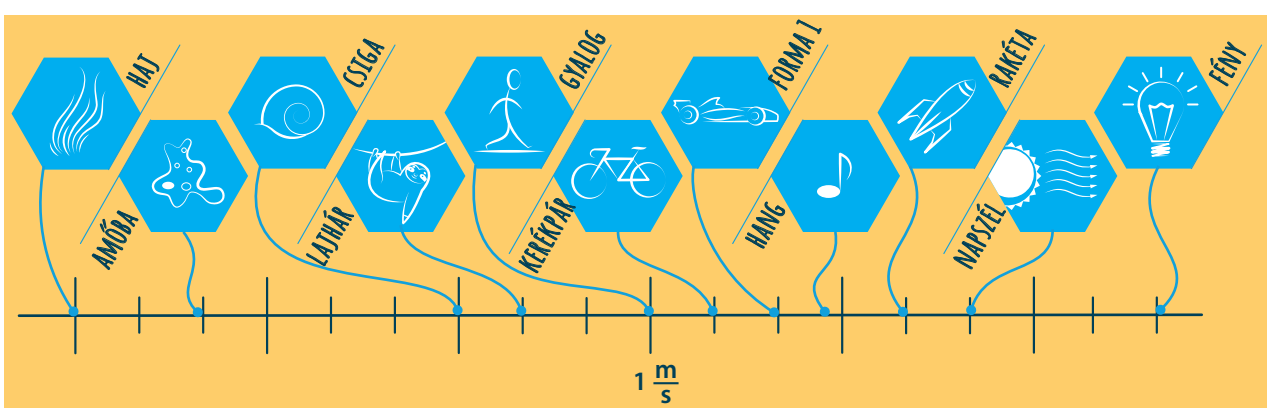
A sebesség mértékegységei

A sebesség alapmértékegysége a $\frac{\text{m}}{\text{s}}$. A közlekedésben és a hétköznapi életben gyakran használjuk a $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ mértékegységet. Az 1 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ sebesség azt jelenti, hogy az egyenletesen mozgó jármű 1 másodperc alatt 1 m utat tesz meg. Ebből következik, hogy 1 óra, vagyis 3600 s alatt 3600-szor többet, azaz 3600 m-t halad, így

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

$$1\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \xrightarrow{\cdot 3{,}6} 1\ \frac{\text{km}}{\text{h}} \qquad 1\ \frac{\text{km}}{\text{h}} \xrightarrow{:3{,}6} 1\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Angol nyelvterületen a $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ helyett a $\frac{\text{mérföld}}{\text{óra}}$ (MPH) mértékegységet használják. A tengeri és légi közlekedésben csomóban, a csillagászatban $\frac{\text{km}}{\text{s}}$ egységekben mérik a sebességet. A legnagyobb sebesség a fénysebesség, ami 300 000 $\frac{\text{km}}{\text{s}}$, azaz a fény másodpercenként 300 000 km távolságot tesz meg az űrben. A sebesség nagyságrendi skálája:



A pillanatnyi sebesség

A sebesség az elmozdulásnak az ahhoz szükséges időközzel való osztásának eredménye. Ha az időköz terjedelme nagyon kicsi, akkor a kiszámolt sebesség arra a szempillantásnyi mozgáselemre jellemző. Ezt pillanatnyi sebességnek nevezzük. A pillanatnyi sebesség eredményét pontosíthatjuk, ha még kisebb időközt választunk. Pillanatnyi sebességet mutatnak a járművek sebességmérői vagy az okostelefon navigációjának sebességjelzője. Az egyenletesen mozgó testek pillanatnyi sebességei egyenlő nagyságúak, a gyorsuló testek pillanatnyi sebességei egyre nagyobbak, a lassuló testeké egyre kisebbek.



A sebességvektor

Az elmozdulásnak fontos az iránya is, ezért a sebesség meghatározásánál a nagyság mellett az irányt is meg kell adni. Ez mindig a mozgás iránya. Azokat a fizikai mennyiségeket, melyeknek nagyságuk és irányuk is van, vektormennyiségeknek nevezzük. Eddig két vektormennyiségről tanultunk, az elmozdulásról és a sebességről. A vektormennyiségeket, így a sebességet is az ábrákon nyíllal szemléltetjük.

Egyenes vonalú mozgásoknál az irány meghatározása egyszerűbb, hiszen egyenesen előre vagy hátra, visszafelé haladhat egy test. Az előrehaladó test sebessége pozitív, a visszafelé haladó test sebessége negatív értékű. Ekkor az előjelek jelzik a mozgás irányát. Például egy 50 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességgel mozgó autó felé egy –20 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességű biciklis közeledik.

Kidolgozott feladat

Példa a megtett út és a menetidő meghatározására

Kérdés: Budapestről a Balatonra tartunk az autópályán. A sebességmérő állandó, 93 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességet mutat. 13:55 perckor hagytuk el a 45-ös kilométerkövet Velencénél. Hányas kilométerkő következik 14:08 perckor? Mikor érünk a siófoki, 98-as kilométerkőhöz?

Válasz: Először kiszámoljuk a Velencétől kezdődő menetidőt, ami 13 perc. Ezután kétféle módon is számolhatunk:

a) Arányos következtetéssel

A 93 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebesség azt jelenti, hogy 1 óra alatt 93 km-t autózunk. Ezt 60 részre osztva azt kapjuk, hogy 1 perc alatt $\frac{93}{60}$ = 1,55 km-t teszünk meg. Így 13 perc alatt 13-szor annyit, azaz 13 · 1,55 = 20,15 km-t tettünk meg.

b) Képlet alkalmazásával

A sebesség képlete: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, a sebesség és az időköz adatát behelyettesítjük, miközben a számolás helyessége miatt a percet órába váltjuk: 93 $\frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{\Delta x}{0{,}217\ \text{h}}$. Az egyenlet mindkét oldalát megszorozva 0,217 h-val azt kapjuk, hogy Δx = 93 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ · 0,217 h = 20,18 km.

A két mód közti eltérés a perc-óra átváltás kerekítéséből származik. Tehát a 45-ös kilométerkőtől több mint 20 km-t tettünk meg.

Most nézzük a második kérdést! Először számoljuk ki a szükséges elmozdulást, ami 98 – 45 = 53 km. Ezután ismét a két módszer közül választhatunk:

a) Arányos következtetéssel

Ha percenként 1,55 km-t teszünk meg, akkor az 53 km-hez $\frac{53}{1{,}55}$ = 34,2-szer annyi idő kell, azaz 34,2 perc.

b) Képlet alkalmazásával

A sebesség képletébe behelyettesítve: $93\ \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{53\ \text{km}}{\Delta t}$. Mindkét oldalt megszorozva a menetidővel azt kapjuk, hogy $\Delta t \cdot 93\ \frac{\text{km}}{\text{h}} = 53\ \text{km}$. Most mindkét oldalt elosztjuk a sebességgel, így

$$\Delta t = \frac{53\ \text{km}}{93\ \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 0{,}57\ \text{h} = 34{,}2\ \text{perc}.$$

Végül megadjuk a szöveges választ a kérdésekre. 14:08 perckor épp elhagytuk a 65-ös kilométerkövet, így hamarosan a 66-os kő következik, és ha tartani tudjuk a tempót, akkor a siófoki leágazáshoz Velencétől mintegy 34 perc elteltével, 14:30 perc körül érkezünk.

Figyeld meg!

A megtett utat megkapjuk, ha a sebességet és a menetidőt összeszorozzuk.

A menetidőt megkapjuk, ha a megtett utat elosztjuk a sebességgel.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy…

sebesség

Egy mozgó test elmozdulásának és az elmozduláshoz szükséges időköznek a hányadosát sebességnek nevezzük.

Az egyenletesen mozgó test sebessége minden pillanatban ugyanannyi, a mozgás hely-idő grafikonjának lejtése állandó. A sebesség vektormennyiség, nagyságát és irányát is meg kell adni. A sebesség segítségével a megtett út és a menetidő meghatározható.

A nagyon kis mozgáselemekkel számolt sebességet pillanatnyi sebességnek nevezzük.

Megoldandó problémák, feladatok

1. Aliz tánclépéseket gyakorol: egy ütem alatt kettőt lép előre, észak felé, egyet hátra. Minden lépése 45 cm hosszú és 0,5 s ideig tart. Milyen gyorsan lépked Aliz? Mekkora egy ütem alatt a sebessége? Hogyan térhet el ennyire ez a két adat? Válaszodat részletesen indokold!

2. A gátőr a házából figyeli a folyóban haladó uszályt és a gát tetején, az uszállyal egy irányba biciklizző kirándulót. Úgy becsüli, hogy az uszály sebessége $2\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$, a biciklisé $10\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$ lehet. Mekkora sebességgel látja közeledni az uszályon álló kapitány a gátőr házát? És mekkora sebességgel látja távolodni a biciklistát?



3. A csillagászok nagy távolságok meghatározására használják a fényév, fényperc, fénymásodperc egységeket is. Például 1 fényév az a távolság, amit a fény 1 év alatt megtesz. A fénysebesség $300\ 000\ \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Hány kilométer hosszúságú az 1 fényév távolság? A Nap–Föld-távolság mintegy 150 millió km. Hány fénypercet jelent ez? Mit gondolsz, miért ezt a módszert használják a csillagászok a távolság meghatározására?

4. Két jármű vagy két sportoló közül az a gyorsabb, amelyik ugyanannyi idő alatt messzebb jut vagy ugyanazt a távot rövidebb idő alatt teszi meg. A versenyeken általában a második módszert alkalmazzák. Mit gondolsz, miért? Tudsz olyan versenyt vagy mérést mondani, ahol az első módszert alkalmazzák?

4. Az elejtett test mozgásának vizsgálata

Melyből kiderül, hogy pontosan hogyan is mozog egy elejtett test, és mi is az a szabadesés.

Az elejtett test út-idő és hely-idő grafikonja

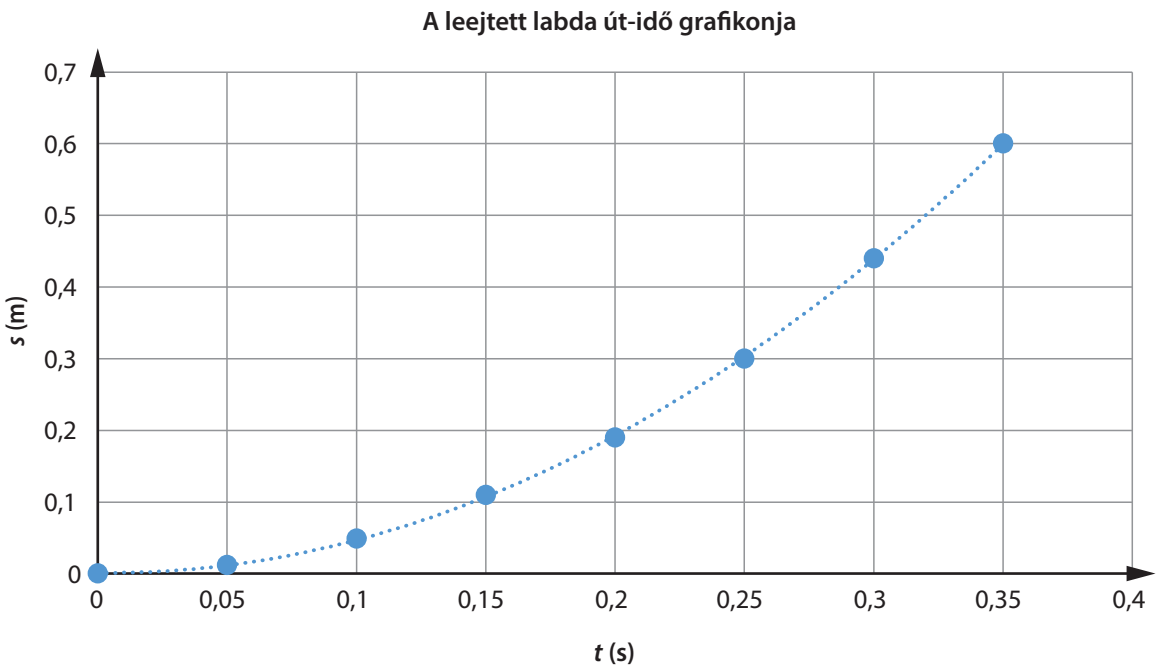
Vizsgáljuk meg egy elejtett maroklabda mozgását! A maroklabdát 60 cm magasról engedtük el, a mozgásáról fotósorozatot készítettünk, és egy számítógépes mérőprogram segítségével meghatároztuk a labda helyét az egyes felvételeken. A viszonyítási pont a méterrúd talajon nyugvó vége volt. A mérési adatokat táblázatba foglaltuk.

Idő, *t* (s)	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35
Talajtól mért magasság, *h* (m)	0,6	0,588	0,551	0,49	0,41	0,3	0,16	0
Az elengedés helyétől mért út, *s* (m)	0	0,012	0,049	0,11	0,19	0,3	0,44	0,6

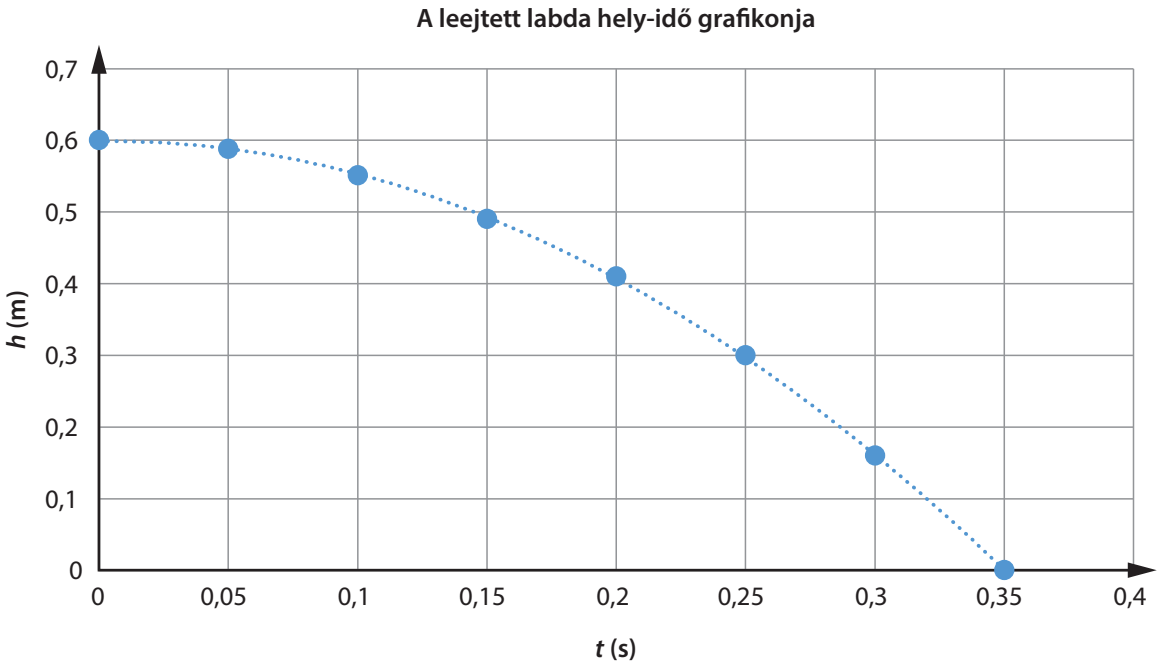


Maroklabda elengedése méterrúd mellett

Az adatokból út-idő grafikont készítünk.



A grafikonok alakja elárulja, hogy nem egyenletes mozgásról van szó, hiszen a pontok egy görbe vonalra illeszkednek. A mérés kezdetén a görbe lejtése kicsi, laposan indul, majd egyre meredekebbé válik. A labda egyre gyorsabban mozog lefelé. A hely-idő grafikonról leolvasható, hogy 0,35 s múlva csapódott a labda a talajnak. Az út-idő görbe alakja hasonlít a négyzetes arányosság grafikonjához.



A négyzetes úttörvény

Ellenőrizzük le, hogy a megtett út és az eltelt idő között tényleg négyzetes arányosság van-e! Igaz-e, hogy az egyik és a másik négyzetének hányadosa állandó?

Osszuk el a megtett utat (s) az eltelt idő négyzetével (t^2) minden adatpár esetén! A hányadosokat az alábbi táblázat tartalmazza.

s (m)	*0,012*	*0,049*	*0,11*	*0,19*	*0,3*	*0,44*	*0,6*
t (s)	*0,05*	*0,1*	*0,15*	*0,2*	*0,25*	*0,3*	*0,35*
t^2 (s^2)	*0,0025*	*0,01*	*0,0225*	*0,04*	*0,0625*	*0,09*	*0,1225*
$\frac{s}{t^2}\left(\frac{m}{s^2}\right)$	*4,80*	*4,90*	*4,89*	*4,75*	*4,80*	*4,89*	*4,90*

A hányados értéke 4,8 és 4,9 között ingadozik, jó közelítéssel állandónak mondható. Ezzel igazoltuk, hogy a leejtett labda út-idő grafikonja négyzetes arányosságot mutat, a zuhanáskor megtett út négyzetesen arányos a zuhanás idejével. Ezt az összefüggést négyzetes úttörvénynek nevezzük. Az arányszám, azaz a hányados kerekítve 5 $\frac{m}{s^2}$, ezzel még közelítő számításokat is végezhetünk.

Kidolgozott feladat

Példa zuhanáskor megtett út meghatározására

Kérdés:
Egy mély kútba maroklabdát ejtünk. Milyen mély a kút, ha a labda az elengedés után 3 s múlva csobbant a vízbe?

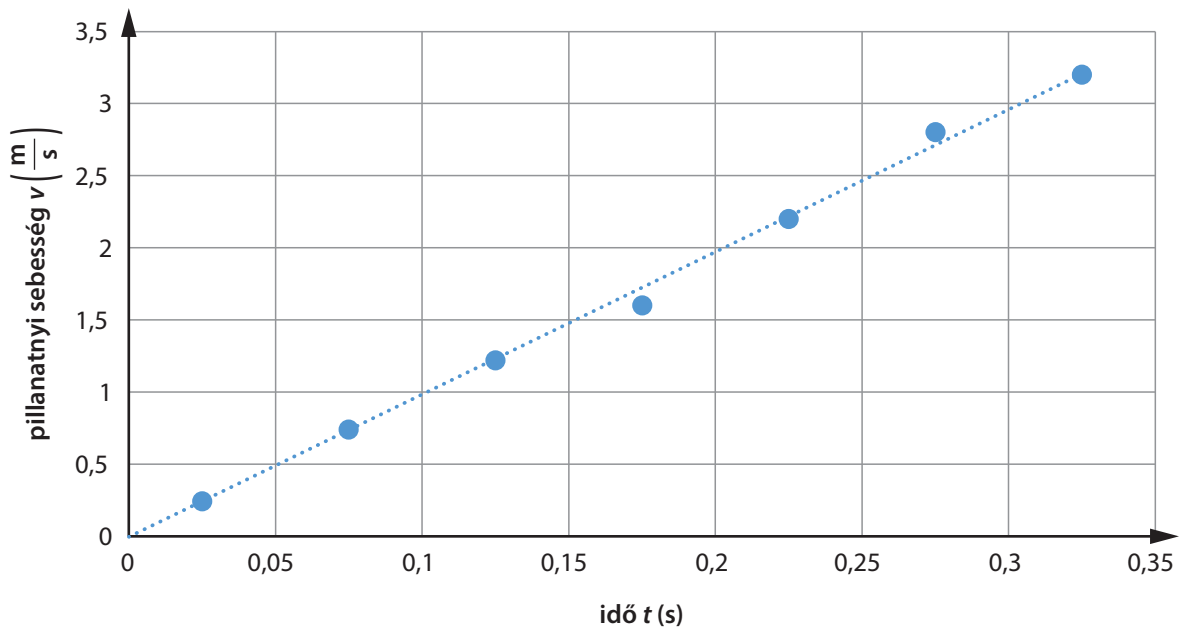
Válasz: *A zuhanás arányszáma 5 $\frac{m}{s^2}$, ez azt jelenti, hogy az első másodpercben a labda közel 5 m-t zuhan. Mivel a leejtett testekre igaz a négyzetes úttörvény, ezért 3-szor annyi idő alatt 3 · 3 = 9-szer annyi utat tesz meg a labda, azaz 45 m-t. Tehát a kút körülbelül 45 méter mély.*

Az elejtett test sebessége

Az elejtett maroklabda mozgásának mérései nagyon kicsi, 0,05 s időközönként történtek. Minden időközben kiszámolhatjuk a sebességét. Például az első időközben a labda lefelé elmozdult 0,012 m-t, így a sebesség $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0{,}012\ \text{m}}{0{,}05\ \text{s}} = 0{,}24\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$. A többi eredményt a táblázat tartalmazza. Az eredményekből sebesség-idő grafikont készítünk.

x (m)	0,012	0,037	0,061	0,08	0,11	0,14	0,16
t (s)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
$v\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$	0,24	0,74	1,22	1,6	2,2	2,8	3,2

A leejtett labda sebesség-idő grafikonja



A sebességértékek az idő elteltével egyre nagyobbak, a labda gyorsul. Látható, hogy a pillanatnyi sebesség és az esési idő között egyenes arányosság van, a grafikon pontjai egy origóból induló egyenesre illeszkednek. Azt is mondjuk, hogy a leejtett test pillanatnyi sebessége egyenletesen változik.

Számítsuk is ki, hogy milyen gyorsan változik a sebesség, azaz határozzuk meg a grafikon lejtését!

Most nem a szomszédos pontok közti lejtést számoljuk, hanem egyszerűen az origó és az utolsó pont közötti lejtést:

$$\text{lejtés} = \frac{\text{sebességváltozás}}{\text{időköz}} = \frac{3{,}2\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0{,}325\ \text{s}} = 9{,}85\ \frac{\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{s}}$$

A számítások szerint a labda másodpercenként mintegy 10 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$-mal növeli a sebességét!

Kidolgozott feladat

Példa a zuhanási sebesség meghatározására

Kérdés:
Mekkora sebességgel csapódik a kút vizébe az előző példában szereplő labda?

Válasz: *A labda 3 másodpercig esett, kezdetben 0 $\frac{m}{s}$ volt a sebessége, és minden másodpercben közel 10 $\frac{m}{s}$-mal növelte a sebességét, tehát körülbelül 30 $\frac{m}{s}$-mal csapódott a vízbe.*

A gyorsulás fogalma

A lejtés meghatározása alapján egy mozgó test sebességváltozásának és a változás időtartamának hányadosát **gyorsulás**nak nevezzük. Jele: *a*.

$$\text{gyorsulás} = \frac{\text{sebességváltozás}}{\text{időtartam}}$$

$$a = \frac{v_{\text{később}} - v_{\text{korábban}}}{t_{\text{később}} - t_{\text{korábban}}} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

A gyorsulás mértékegysége a $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. A leejtett labda gyorsulása mintegy 10 $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, ami azt jelenti, hogy másodpercenként 10 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$-mal változik a sebessége. Az egyenletesen mozgó, illetve a nyugalomban lévő testeknek nem változik a sebessége, tehát a gyorsulásuk nulla. A lassuló testeknek folyamatosan csökken a sebessége, a gyorsulás értéke negatív előjelű lesz.

A zuhanás körülményei

Az elengedett maroklabda nem magától esik le. Mozgásának oka van, melyet valami más dolog idéz elő. Egy kívülálló ok miatt létrejövő változást hatásnak nevezünk, ha ez a változás a test mozgásában jön létre, akkor erőhatásnak, röviden **erő**nek mondjuk. A zuhanó labda gyorsuló mozgásának oka tapasztalatok szerint az, hogy a Föld – hatalmas tömege miatt – magához vonzza a rajta és a körülötte lévő testeket. Ezt a jelenséget tömegvonzásnak vagy gravitációnak, a Föld vonzó hatását pedig nehézségi erőnek nevezzük. Röviden: a zuhanó testek mozgásának oka a Föld vonzó ereje.

A maroklabda mellett elengedhettünk volna egy papírgalacsint is, azonban a galacsin mozgása mindvégig elmaradt volna a labdáétól, sebessége minden pillanatban kisebb lett volna a labdáénál, és később is ért volna talajt. Az elengedett test mozgásának a Föld nehézségi erején kívül más oka is van. A testet körülvevő levegő is hatással van rá, méghozzá valamelyest gátolja a test felgyorsulását. Ezt légellenállásnak nevezzük.

Légüres térben zuhanó testekre nem hat a légellenállás, csak a Föld nehézségi ereje. Ilyenkor szabadesésről beszélünk. Sok tárgy esetében, főleg, ha nehezek és nem nagyon nagy sebességgel zuhannak, nem észrevehető a légellenállás hatása, ezért esésüket jó közelítéssel szabadesésnek tekintjük. Könnyű vagy nagy sebességgel zuhanó tárgyak esetében észrevehető a légellenállás hatása, ez jelentősen befolyásolja a zuhanó mozgást, mozgásuk nem tekinthető szabadesésnek. Például egy falevél vagy egy tollpihe himbálózva hullik le, míg egy esőcsepp nagy sebességű mozgása a talaj közelében már nem gyorsuló, hanem egyenletes.





A nehézségi gyorsulás

Megvizsgálták különböző testek szabadesését, és mindegyik sebessége egyenletesen, ugyanolyan mértékben nőtt, függetlenül a testek méretétől, alakjától vagy tömegétől. Ez azt is jelenti, hogy minden szabadon eső testnek a Földön ugyanakkora a gyorsulása. Ezt a nevezetes gyorsulást **nehézségi gyorsulás**nak nevezzük, és külön jele is van: g. A Földön a nehézségi gyorsulás értéke a laboratóriumi mérések szerint

$$g = 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

A leejtett maroklabda általunk mért gyorsulása is nagyon közel áll ehhez, azt mondhatjuk, hogy a maroklabda mozgása során a légellenállás elhanyagolható volt, a maroklabda szabadon esett. Olyan feladatokban, ahol szabadon eső testeket vizsgálunk, általában a $10\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ kerekített értékkel számolunk.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A leejtett testek pillanatnyi sebessége egyenletesen nő. Egy mozgó test sebességváltozásának és a változáshoz szükséges időnek a hányadosa a gyorsulás. A leejtett testekre a nehézségi erő és a légellenállás hat. Ha nincs légellenállás vagy elhanyagolható, akkor a test szabadon esik. Minden szabadesést végző test gyorsulása ugyanannyi, mintegy $10\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, ezt nehézségi gyorsulásnak nevezzük.

A leejtett testek zuhanáskor megtett útja négyzetesen arányos az esési idővel.

gyorsulás **nehézségi gyorsulás** **erő**

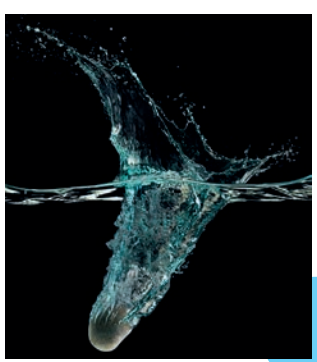
Megoldandó problémák, feladatok

1. Az Itáliában élt híres természettudós, Galileo Galilei már az 1600-as évek elején leírta, hogy ha a zuhanás helyéről el tudnánk távolítani a levegőt, akkor bizony az egyszerre elengedett kalapács és tollpihe egyszerre érne földet. Ilyen nagy helyen légüres teret létrehozni azonban sokáig nem tudtak, még ma sem könnyű megoldani. Az 1970-es években az Apolló-program keretében David Scott űrhajós egy kalapácsot és a tollpihét is elvitt a Holdra. Kitalálod, mit tett vele? Miért a Holdat választotta ehhez? Ha nem sikerül kitalálni, megnézheted a kísérletet a világhálón böngészve.

2. Nemcsak a Földnek a többi égitestnek is van nehézségi gyorsulása. Például a Holdé $1{,}6\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, a Marsé $3{,}7\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Egy holdjáróról és egy marsjáróról is leejtünk egy követ 2 méter magasról. Szerinted melyik zuhanást tart tovább? Válaszodat indokold is meg.

3. *Egy kalandfilmben a főhős egy szakadék mélységét úgy állapítja meg, hogy kavicsot ejt bele, és addig számol magában, amíg nem hallja a koppanást. Majd egy rövid számítás után közli a választ. Szerinted mi alapján végzi a számítását? Mire kell figyelnie, amikor magában számlál?*

4. *A vízben elejtett kavics egyenletesen süllyed. Szerinted most miért nem érvényesül a négyzetes úttörvény, a tömegvonzás hatására miért nem gyorsul a kavics?*



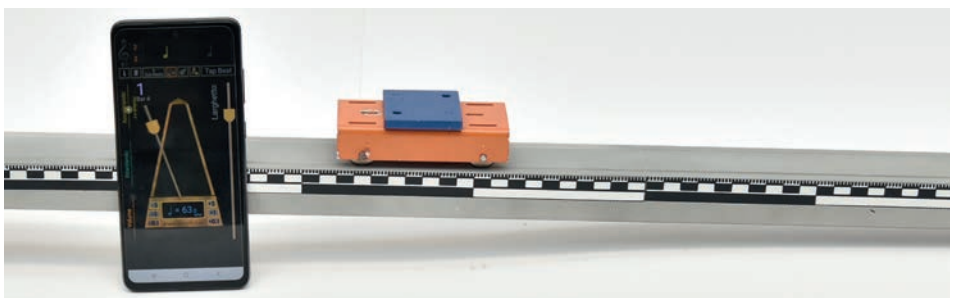
5. Mozgó járművek vizsgálata

Melyből kiderül, hogy hogyan tudjuk kiolvasni a grafikonokból a járművek mozgásának jellemzőit, valamint hogy mit jelent az átlagsebesség, és mire használható.

Álló testek elindulása, gyorsulása

Tegyünk egy kiskocsit enyhe lejtő tetejére! Állítsunk egy metronómot 1 másodperces ütemre, vagy használhatjuk a telefonunk ütemmérő applikációját, és kattanásra engedjük el a kiskocsit! Minden kattanáskor jelöljük meg a lejtőn, hogy éppen hol tart a kocsi!

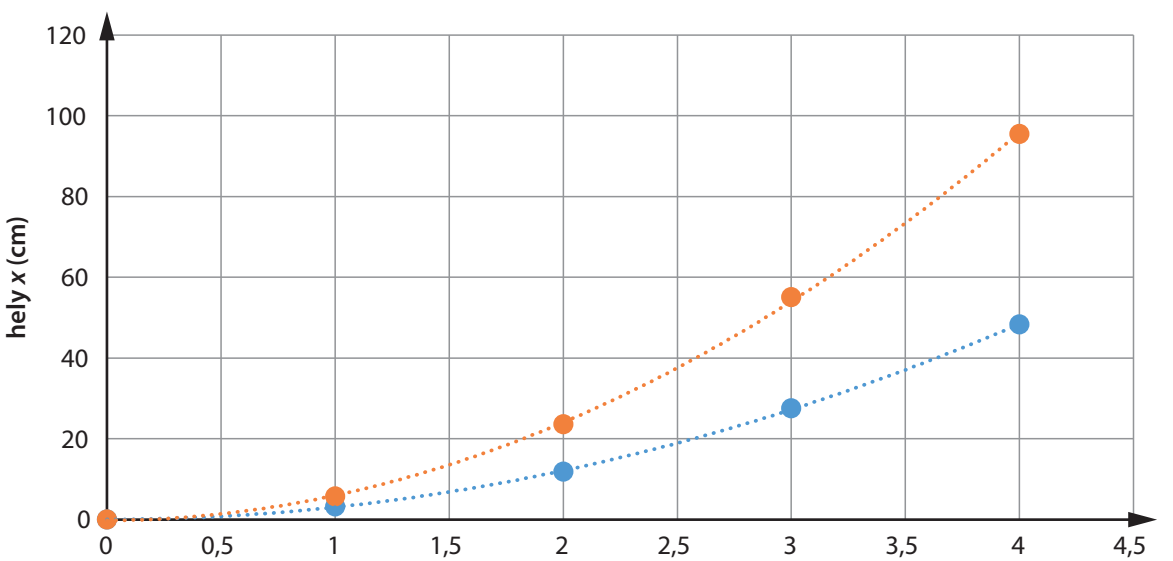
Ismételjük meg a mérést meredekebb lejtő esetében is.



Kiskocsi lejtőn mozgása, a hely mérése metronóm ütemére

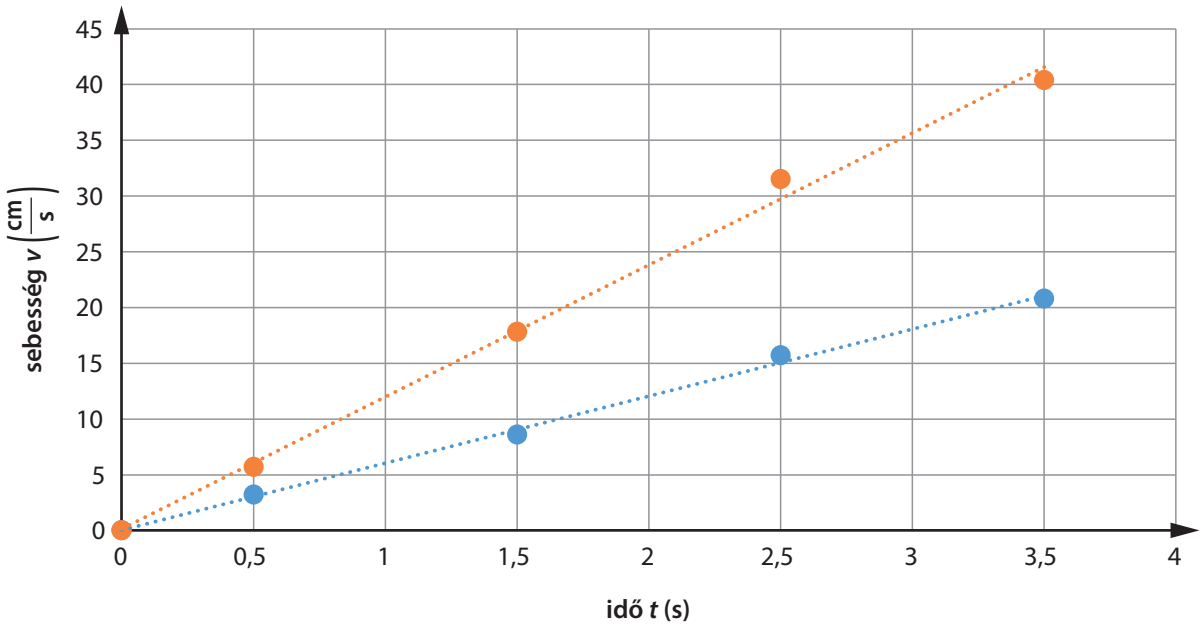
A hely-idő grafikonról megállapíthatjuk, hogy nem egyenletes a mozgás, a grafikon pontjai görbére illeszkednek. A meredekebb lejtőn a kiskocsi minden pillanatban előrébb tart, mint az enyhe lejtő esetében.

Lejtőn mozgás hely-idő grafikonja



A sebesség-idő grafikonon azt látjuk, hogy kezdetben nulla a sebesség, és az idővel ez egyenletesen növekszik. A kiskocsi elindul, majd gyorsul. A meredekebb lejtőn a kiskocsi pillanatnyi sebessége mindig nagyobb, mint az enyhe lejtő esetében. A sebesség-idő grafikon két egyenesének lejtése a kiskocsi gyorsulására utal. Enyhe lejtőn a gyorsulás kisebb, a meredekebb lejtőn a gyorsulás nagyobb. A nagyobb gyorsulás azt is jelenti, hogy ugyanannyi idő alatt jobban tudja növelni a sebességét, vagy azt, hogy álló helyzetből ugyanakkora végsebességre kevesebb idő alatt tud felgyorsulni.

Lejtőn mozgás sebesség-idő grafikonja



Érdekességek

A gyorsulási versenyeken már kevesebb, mint 2 s is elég, hogy az autók elérjék a 60 MPH sebességet, ez körülbelül 100 $\frac{km}{h}$-nak felel meg. Az állatok közül a gepárd az egyik leggyorsabb állat, csúcssebessége megközelíti 120 $\frac{km}{h}$-t, igaz, csak rövid ideig képes ezt tartani. Sikere azonban a gyorsulásában rejlik: mintegy 3 s alatt képes elérni a 100 $\frac{km}{h}$-s sebességet. A sprintfutók közel 4,5 s alatt érik el a 40 $\frac{km}{h}$-s futósebességüket.

Az átlagsebesség

A lejtőn guruló kiskocsi sebessége időről időre változott. Számítsuk ki mindkét esetben a mért sebességek átlagát!

$$v_{enyhe} = \frac{3{,}2\ \frac{cm}{s} + 8{,}6\ \frac{cm}{s} + 15{,}7\ \frac{cm}{s} + 20{,}8\ \frac{cm}{s}}{4} \approx 12\ \frac{cm}{s}$$

$$v_{meredek} = \frac{5{,}7\ \frac{cm}{s} + 17{,}8\ \frac{cm}{s} + 31{,}5\ \frac{cm}{s} + 40{,}4\ \frac{cm}{s}}{4} \approx 24\ \frac{cm}{s}$$

Ezeket az eredményeket másképp is megkaphatjuk. Ha a teljes megtett utat elosztjuk a mozgáshoz szükséges időtartammal, akkor $v_{enyhe} = \frac{48\ cm}{4\ s} = 12\ \frac{cm}{s}$ és $v_{meredek} = \frac{95\ cm}{4\ s} \approx 24\ \frac{cm}{s}$. Így számolnánk akkor is, ha a kiskocsi egyenletesen haladva 4 s alatt 48 cm, illetve 95 cm távolságot tenne meg.

Az **átlagsebesség** egy hosszabb időtartamú mozgásra jellemző mennyiség. Azt a sebességet jelzi, amellyel ugyanannyi idő alatt ugyanazt az útvonalat futnánk be egyenletesen haladva.

átlagsebesség = $\frac{\text{megtett út}}{\text{vizsgált időtartam}}$

$$v_{átlag} = \frac{s_{teljes}}{t_{vizsgált}}$$

Kidolgozott feladat

Példa az átlagsebesség felhasználására

Kérdés: A telekre autóval szoktunk kimenni. Otthonról a városhatárig az átlagsebességünk 50 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ és 6 perc a menetidő, a városhatártól a telekig 70 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$, itt 45 perc a menetidő. Milyen messze van a telek? Tegnap hatalmas dugó volt a városban, és 6 perc helyett 15 perc alatt értünk ki a városból. Milyen gyorsan menjünk az országúton, hogy behozzuk a lemaradásunkat úgy, hogy ugyanannyi idő alatt érjünk a telekre, mint szoktunk?

Válasz: A városban változó mozgást végzünk, elindulunk, gyorsítunk, fékezünk. Mivel ismerjük az átlagsebességet, ezért a városi mozgásunk helyett számolhatunk úgy, mintha egyenletesen haladnánk 50 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességgel. A menetidő 6 perc, ami 0,1 óra. A megtett út a sebesség és a menetidő szorzata: $50 \cdot 0{,}1 = 5$, így a megtett táv 5 km. Országúton 45 perc, azaz 0,75 óra a menetidő 70 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ átlagsebességgel, így ezeket összeszorozva a megtett táv 52,5 km. Összesen 51 percet, azaz 0,85 órát utaztunk, és összesen 57,5 km-t tettünk meg. Tehát a telek autóval 57,5 km-re van otthonról. (Az átlagsebesség a teljes útra $\frac{57{,}5\text{ km}}{0{,}85\text{ h}} = 67{,}6\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$.)

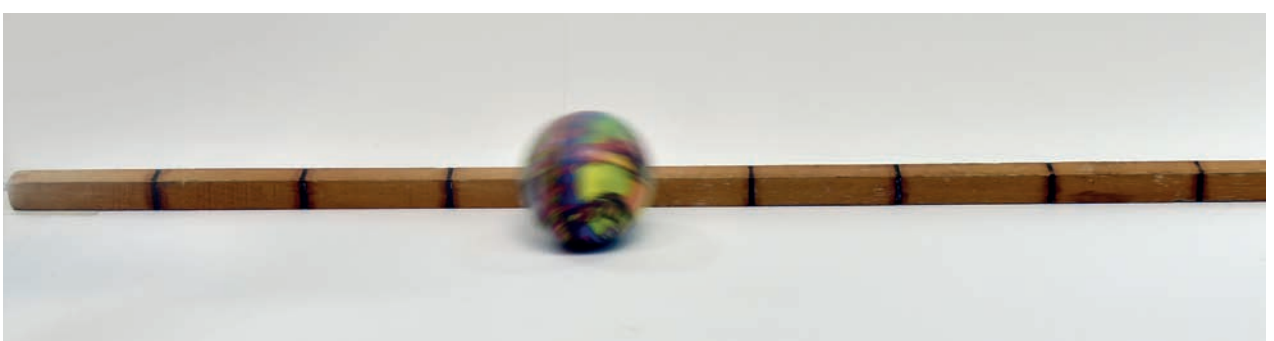
Dugóban a városi menetidő megnőtt, így az országúton 36 perc alatt kell a telekhez érnünk, ha ugyanannyi ideig szeretnénk utazni, mint szoktunk. Így az országúton az átlagsebességünk

$$v_{\text{országút}} = \frac{52{,}5\text{ km}}{36\text{ perc}} = \frac{52{,}5\text{ km}}{0{,}6\text{ h}} = 87{,}5\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

kell legyen. Mivel országúton a megengedett legnagyobb sebesség 90 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$, és az átlagsebesség értéke azt jelenti, hogy megyünk lassabban és gyorsabban is néha, kicsi az esélye, hogy szabályosan tudjuk teljesíteni a kívánságunkat. (Az átlagsebesség a teljes útra itt is 67,7 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$.)

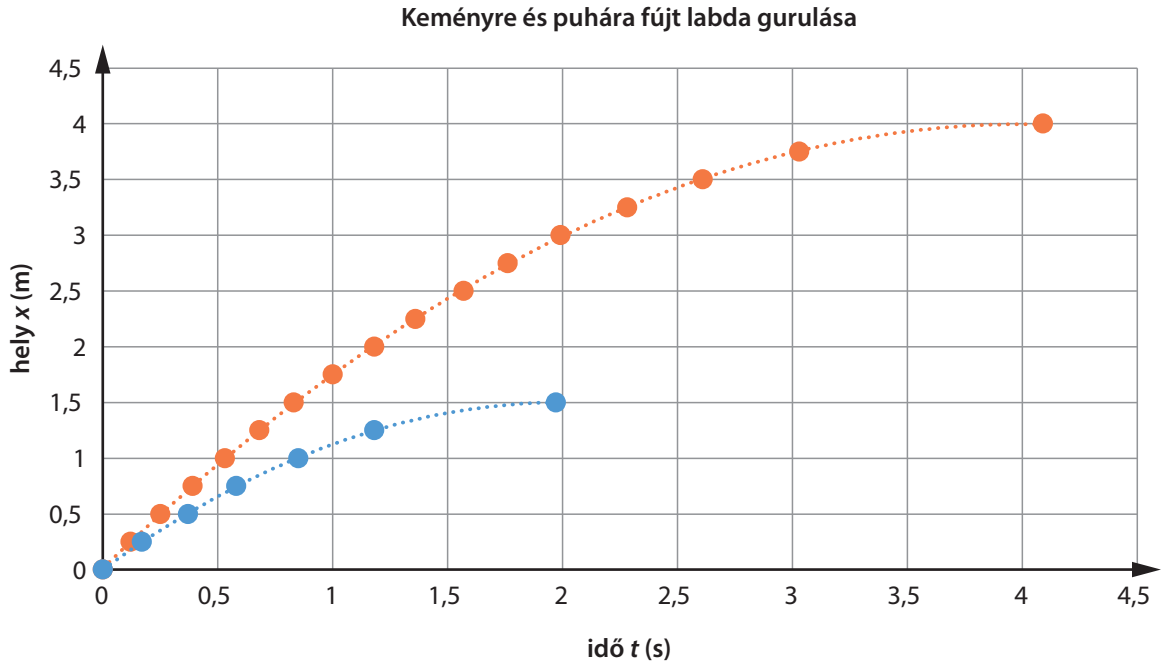
Mozgó testek lassulása, megállása

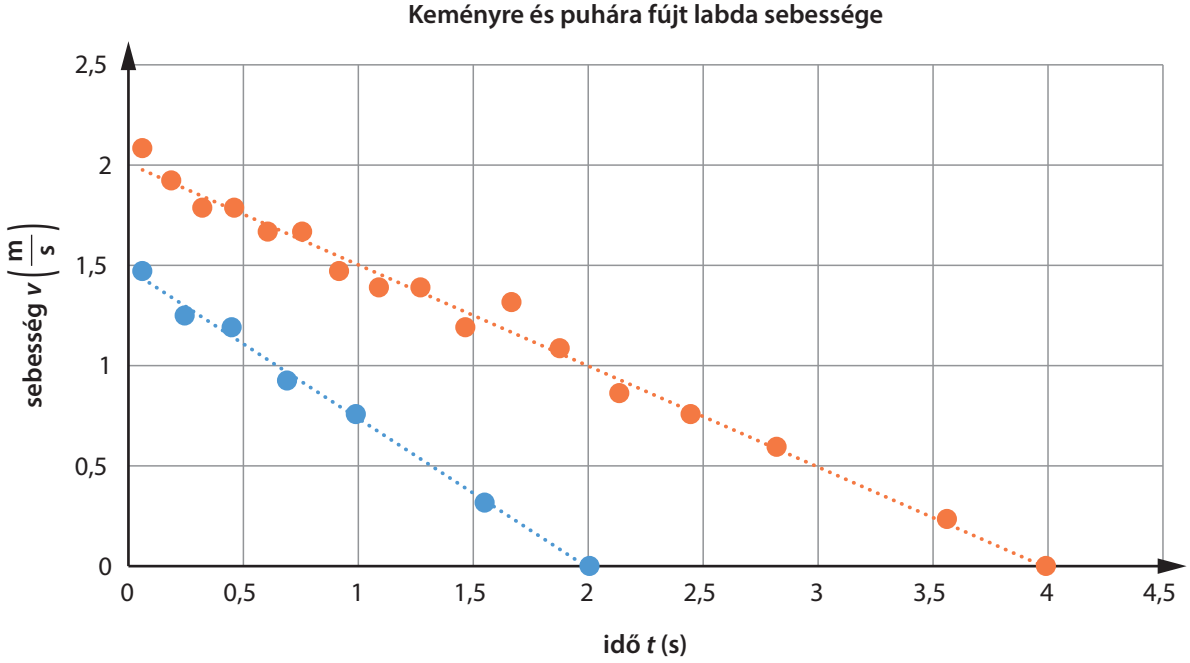
Gurítsunk el egy keményre és egy puhára fújt labdát vízszintes talajon! A labdák a talajon gurulva folyamatosan lassulnak, majd megállnak. Tegyünk a labdák gurulásának mentén jelzővonalakat, és mérjük meg, hogy az egyes távolságokat mennyi idő alatt teszik meg.



Guruló labda mozgása méterrúd mellett

A hely-idő grafikonokról látható, hogy a mozgás nem egyenletes, hanem lassuló. A két labda körülbelül 4 m és 1,5 m távolságra gurult. A sebesség-idő grafikon szerint mindkét labdának folyamatosan csökkent a sebessége, lassultak, majd az egyik 4 s alatt, a másik közel 2 s alatt megállt. Az egyik labdát körülbelül 2 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ sebességgel, a másikat 1,5 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ sebességgel gurítottuk el, ekkorák voltak a kezdősebességek.





Mindkét labda sebessége változott, tehát a labdáknak volt gyorsulása. Mivel a sebességek csökkentek, ezért mindkét gyorsulásérték negatív.

$$a_{\text{kemény}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \approx \frac{0\ \frac{\text{m}}{\text{s}} - 2\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}{4\ \text{s}} = -0{,}5\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$a_{\text{puha}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \approx \frac{0\ \frac{\text{m}}{\text{s}} - 1{,}5\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2\ \text{s}} = -0{,}75\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

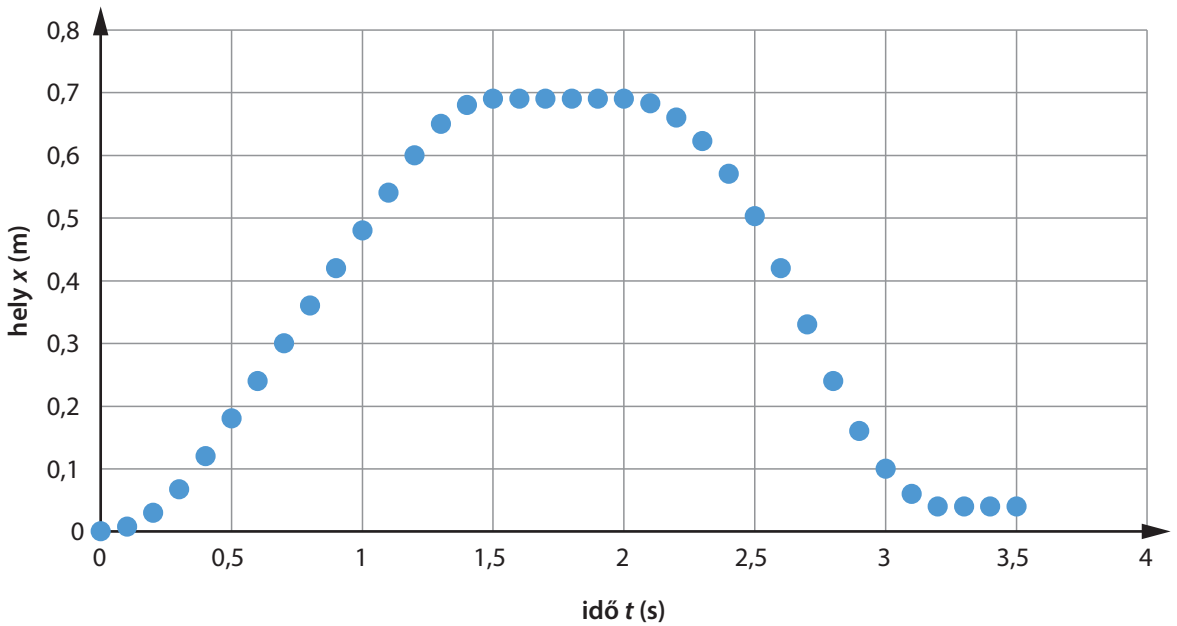
A puha labda sebesség-idő grafikonjának lejtése meredekebb, így másodpercenként jobban csökkentette a sebességét, mint a kemény labda.

Kiegészítő anyag

Jármű mozgásának jellemzése grafikonjainak segítségével

Nézzük meg az alábbi grafikont, amely egy játék autó mozgásáról készült! Mit olvashatunk ki a grafikonból?

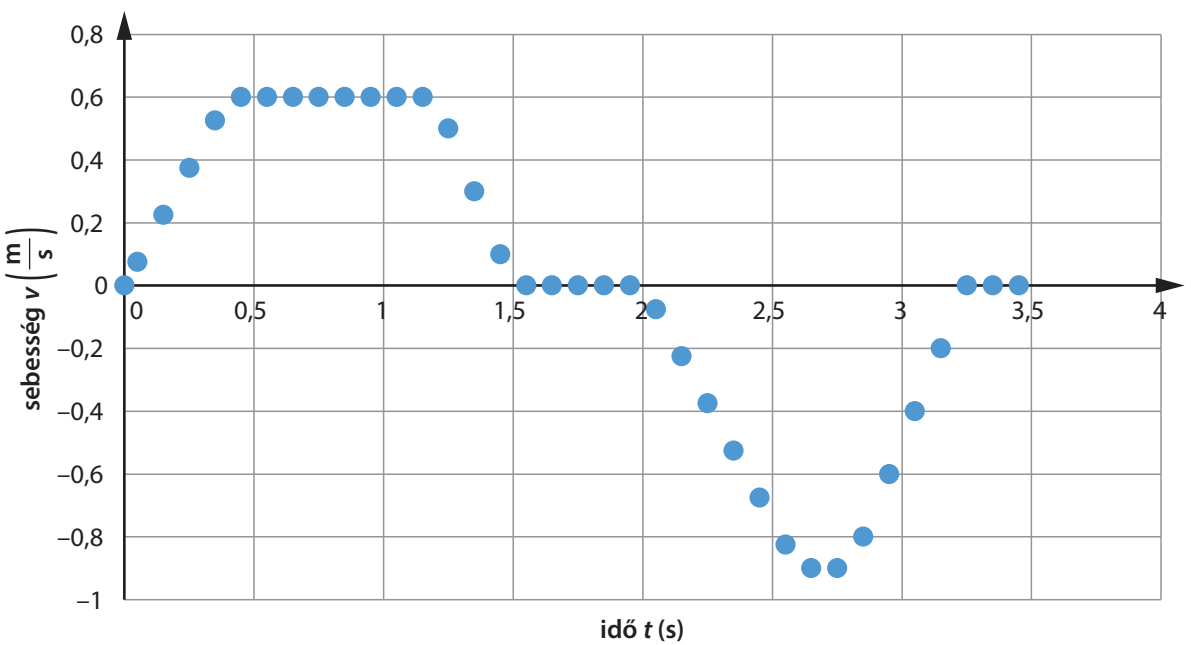
Kisautó mozgásának hely-idő grafikonja



A teljes menetidő 3,5 másodperc. Az autó a startvonalról indult, gyorsult, majd egyenletesen haladt, ezután lelassult, és 1,5 s múlva megállt. Ekkor 0,7 m-re volt a startvonaltól. 0,5 s múlva újra elindult, de visszafelé. 1,2 s alatt először gyorsulva közeledett, majd egyenletesen haladt, végül lelassult, és megállt. Ekkor 0,04 m-re volt a startvonaltól. Ezután 0,3 s-ig nyugalomban volt. A kisautó által megtett út 0,7 m + 0,66 m = 1,36 m. A kiskocsi elmozdulása 0,04 m volt.

Ha elvégezzük a pillanatnyi sebességek kiszámítását, és az eredményt ábrázoljuk, akkor a következő sebesség–idő grafikont kapjuk.

Kisautó mozgásának sebesség-idő grafikonja



Ebből újabb ismereteket szerezhetünk a mozgásról. A kisautó álló helyzetből indult, és 0,4 s-ig növelte sebességét, méghozzá egyenletesen. 0,4 s és 1,2 s között egyenletesen haladt tovább, állandó, 0,6 $\frac{m}{s}$ sebességgel. 1,2 s és 1,5 s között lassított, egyenletesen csökkentette a sebességét nullára. 1,5 s-nál megállt, és nyugalomban maradt 2 s-ig. 2 s és 2,6 s között a sebessége nulláról egyenletesen változott $-0,9\ \frac{m}{s}$-ra. A negatív sebességek azt jelentik, hogy a kisautó az ellenkező irányba, visszafelé haladt, a sebességek nagyságának (abszolút értékének) növekedése pedig megint gyorsulást jelez. 2,6 s és 2,8 s között nem változott a sebessége, tehát ekkor egyenletesen közeledett a startvonalhoz, majd 2,8 s és 3,2 s között sebességét egyenletesen nullára változtatta, és megállt.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

átlagsebesség

A lejtőn mozgó testek sebessége az idő előrehaladtával egyenletesen növekszik. A gyorsuló testek közül annak nagyobb a gyorsulása, amelyik álló helyzetből hamarabb éri el ugyanazt a végsebességet, vagy ugyanannyi idő alatt jobban növeli a sebességét. Az átlagsebesség egy változó, összetett mozgás teljes megtett útjának és a vizsgált időtartamnak a hányadosa. Azt a sebességet jelzi, amellyel ugyanannyi idő alatt ugyanazt a megtett utat érnénk el egyenletesen haladva. A sík talajon meglökött testek lassuló mozgással előbb-utóbb megállnak. A lassuló testek sebessége csökken, gyorsulásuk negatív értékű.

Megoldandó problémák, feladatok

1. A leeső tárgyak mozgását is vizsgáló Galilei foglalkozott a lejtőn leguruló golyók mozgásával is. Azt tapasztalta, hogy minél meredekebb egy lejtő, annál nagyobb lesz a leguruló golyó gyorsulása. Szerinted mekkora lehet elméletileg a legmeredekebb lejtő, és azon mekkora lenne a legnagyobb gyorsulás? És vajon mi történne, ha egyre laposabb lejtőkkel kísérleteznénk?

2. *A Galilei-lejtő a híres természettudósról elnevezett bemutató eszköz. Egy hosszú lejtő tetejéről egy vályúban lehet végiggurítani rajta egy golyót. A vályú felett több helyen, a starthelytől 1, 4, 9 és 16 egység távolságra egy-egy kis csengőt rögzítenek, melyet az alatta elguruló golyó megcsenget. Milyen időközönként hallanánk a csengéseket? Mit igazol ez a bemutatóeszköz?*



3. Szerinted hogyan lehetséges az, hogy egy jármű átlagsebessége a vizsgált időszakban 20 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$, és az elmozdulása nulla?

4. Szerinted hogyan, milyen módszerekkel lehetne meghatározni a következőket:

- a Duna áramlási sebességét,
- egy autó gyorsulását álló helyzetből,
- egy tekegolyó átlagsebességét a gurulása közben,
- egy biciklis gyorsulását, miközben állóra fékezi a biciklijét?



6. A mozgások megvalósulásának körülményei

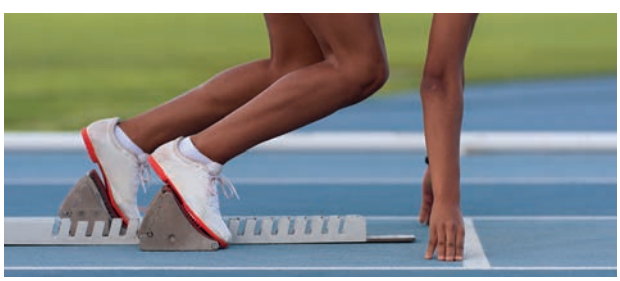
Melyből kiderül, hogy hogyan vagyunk képesek elindulni, mi biztosítja az egyenletes mozgást, és mire kell figyelni fékezéskor, valamint hogy mik a közlekedés biztonságtechnikai elemei.

Az elindulás sikere

Akár egy járművel szeretnénk elindulni, akár mi magunk kelnénk útra, az elinduláshoz külső segítségre lesz szükség. Ez a segítség legtöbbször a föld, a talaj, amihez hozzátapadunk, vagy amire megtámaszkodunk. Közlekedési eszközeink javarészt kerekeken gurulnak, és ha induláskor a kerék nem tapad, kipörög, sajnos a jármű nehezebben indul el vagy egy helyben marad. Ha csúszós talpú cipővel szeretnénk a jégen elindulni, kicsúszik a lábunk, de nem jutunk előbbre. Az autóknál ezért kipörgésgátló mechanizmust használnak. A sportolók a jó rajtot nem bízzák csak a tapadásra, megtámasztják magukat: az úszók például a rajtkövön, a futók a rajttámlán.

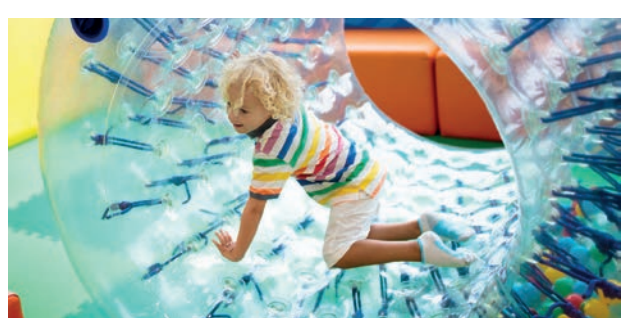






A kölcsönhatás

Az elindulást az okozza, hogy a jármű kerekére vagy az ember lábára hatással van a talaj. Ezt a hatást súrlódási erőnek nevezzük. A felületek súrlódásának két következménye lehet: tapadás vagy megcsúszás. Az elindulásunk oka a súrlódási erő, mégis azt érezzük, hogy mi indultunk el, hogy mi vagyunk az elindulás okozója. Ez azért van, mert két test találkozásakor, ha az egyik hatással van a másikra, akkor a másik erre reagálva szintén hatással lesz az elsőre, a két test **kölcsönhatás**ba kerül. A hatások tehát mindig párosával lépnek fel. Amikor elindulunk, a talpunkat hátratoljuk, mintegy hátralökve a földet. Ennek a hatásnak a párja, hogy a talaj minket tol előre. Ez a kölcsönhatás jól megfigyelhető a mókuskerékben gyalogló gyerekek esetében is.



Az egyenletes mozgás biztosítása

A járművek esetében az elinduláshoz a kerekeket meg kell forgatni. A meghajtáshoz különféle hajtóműveket, legtöbbször motort használunk, de lehet más módszer is (lábhajtás, szél, rugó, lendkerék). A hajtómű nemcsak elinduláskor dolgozik, hanem akkor is, amikor egyenletesen haladunk a járművel. Ez azért van így, mert a mozgó jármű több dologgal is kölcsönhatásba kerül. A járműre a levegő, a guruló kerekekre a talaj a haladással ellentétes, lassító hatást fejt ki. Ezeket légellenállásnak és gördülési ellenállásnak nevezzük. Ha nem lenne lég- és gördülési ellenállás, akkor az egyenletes mozgás fenntartásához meghajtás sem kellene. Például az űrhajó légüres térben csak gyorsításkor, lassításkor vagy irányváltoztatáskor kapcsolja be a hajtóműveit, és csak annyi ideig, amíg el nem éri a kellő sebességet vagy irányt.

Egyenes vonalú egyenletes mozgás esetén a testet gyorsító és a testet lassító hatások kiegyenlítik egymást, mintha nem is fejtenének ki hatást.



A hatékony fékezés

Ha egy járművel meg szeretnénk állni, azt gondolhatnánk, hogy egyszerűen csak meg kell állítani, blokkolni a kerekek forgását. Csakhogy ettől az autó csúszni fog, és irányíthatatlanná válik. Ezért az autóknál blokkolásgátlót használnak, amely megakadályozza, hogy az erős fékezés hatására az autó megcsússzon. A fékezés akkor hatékony, ha a kerekek forgását folyamatosan csökkentjük, hogy mindvégig tapadjon az úthoz. A fék és a kerék között létrejövő súrlódási erő hatására a forgó kerék mozgása folyamatosan lassul, sebessége csökken. Ha a féket gyengén nyomjuk be, akkor a súrlódási erő hatása kisebb, a járműnek lassan csökken a sebessége, és hosszabb ideig, nagy féktávon fog megállni. Ha a féket erősen nyomjuk, akkor a jármű hamarabb meg fog állni, és a féktáv is jóval kisebb lesz.

Tapasztalatból tudjuk, hogy nagyobb tömegű jármű ugyanazzal a fékhatással hosszabb idő alatt és nagyobb féktávon áll meg. Ezért a fékezés során figyelembe kell vennünk a fékezendő jármű tömegét is. Jól példázza a fékezés nehézségét a repülőgép-hordozóra leszálló vadászgép esete. A rövid leszállópálya miatt a repülőnek rövid féktávon kellene megállnia. A repülőgép tömege nagy, és nagy sebességről kell állóra fékeznie. Ezt a fékek súrlódási ereje nem tudja biztosítani, ezért a fékezéshez fékezőernyőt vagy megállító huzalt használnak. Ezek a súrlódással együtt már hatékonyan, rövid úton lefékezik a repülőt.



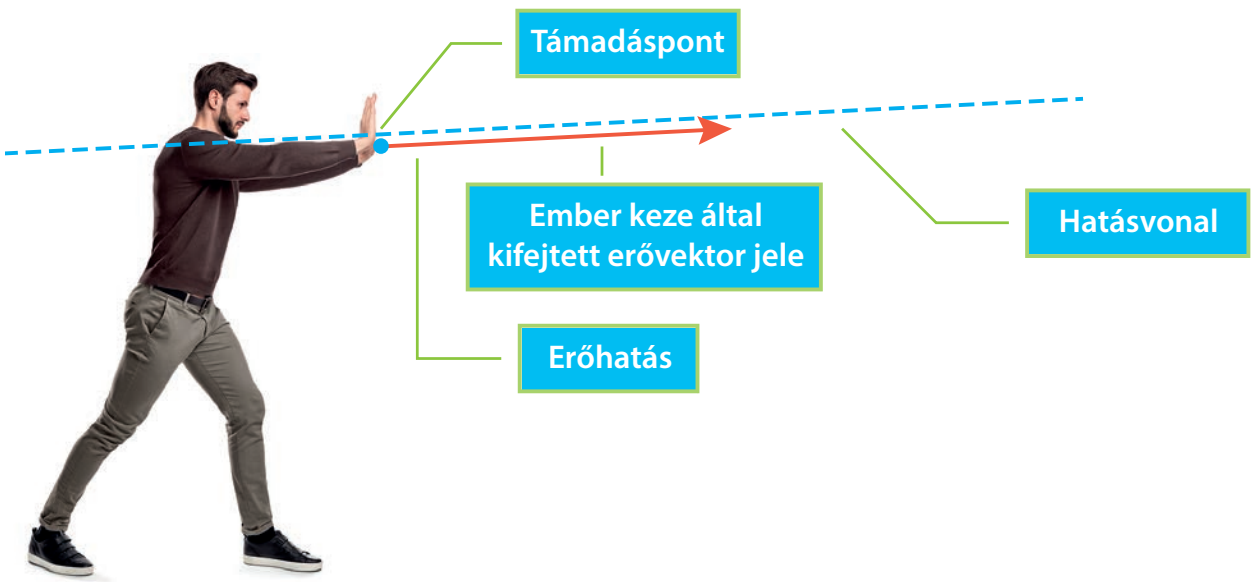


Az erő



A különféle mozgások létrejöttének okát természettudósok egész sora próbálta megmagyarázni már az ókortól kezdve több-kevesebb sikerrel. Végül Isaac Newton angol fizikusnak sikerült egy mindenre kiterjedő és alapos magyarázatot, egy egységes elméletet alkotnia. Elméletében a korábban megismert kölcsönhatásokat, az erőhatásokat használta.

Tapasztalataink szerint a kifejtett erőhatás lehet gyengébb és erősebb, ezért az erőt fizikai mennyiségnek tekintjük. Mivel az erőhatásnál fontos a kifejtés iránya, ezért az erő vektormennyiség, a nagysága mellett az irányát is meg kell adni. Az erő jele: *F*, mértékegysége a newton (N). Az erőt rugós erőmérővel tudjuk megmérni. Az erőhatásokat szemléltetni is tudjuk. Azt a helyet, ahol a kölcsönható test kifejti hatását a másik testre, támadáspontnak nevezzük. Azt az irányvonalat, amerre a hatás bekövetkezik, hatásvonalnak nevezzük, és általában vékony szaggatott vonalú egyenessel jelöljük. Az erőhatás szemléltetésére egy olyan nyilat, más néven vektort rajzolunk, amelyik a támadáspontból indul, és a hatásvonalra illeszkedik. A nyíl hossza szemlélteti az erőhatás nagyságát.



A mozgások megvalósulásának törvényei

Newton elmélete három alapvető pilléren nyugszik, amit Newton-törvényeknek nevezünk. A törvények csak akkor érvényesek, és a magyarázatunk csak akkor lesz helyes, ha megfelelő viszonyítási pontot választunk a mozgás leírásához. Leggyakrabban a földnek, a talajnak, vagy a talajon nyugvó bármely tárgynak egy pontját választhatjuk megfelelő viszonyítási pontnak.

Az első törvény azokra az esetekre vonatkozik, amikor egy test nem kerül kölcsönhatásba a környezetével, vagy a kölcsönhatások kiegyenlítik egymást. Ebben az esetben nem tudna elindulni egy jármű, vagy ha megy, akkor nem gyorsulna és nem is lassulna, magától nem képes a sebességét megváltoztatni. A testek maguktól nem képesek sebességük megváltoztatására, ezt a tulajdonságukat tehetetlenségnek nevezzük.

Newton 1. törvénye (tehetetlenség törvénye):

A testek nyugalomban maradnak, vagy megtartják egyenes vonalú egyenletes sebességű mozgásukat, ha a környezetükkel nem kerülnek kölcsönhatásba vagy a külső hatások kiegyenlítik, más szóval kiegyensúlyozzák egymást.

A második törvény azokra az esetekre vonatkozik, amikor egy test kölcsönhatásba kerül a környezetével, és az erő kiegyensúlyozatlan. Ebben az esetben a járművek elindultak, gyorsultak, vagy éppen lassultak és megálltak. Minden esetben a járműveknek változott a sebessége. Azt is mondhatjuk, hogy volt gyorsulásuk. Kiderült az is, hogy a gyorsulás mértékét befolyásolja a tömeg.

Newton 2. törvénye:

Ha egy test a környezetével kölcsönhatásba kerül, és a testre ható erő kiegyensúlyozatlan, akkor annak következménye a test sebességének megváltozása, a testnek gyorsulása lesz. Minél nagyobb az erőhatás, annál nagyobb lesz a test gyorsulása.

Newton 2. törvényében az összefüggés: az erő nagysága a test tömegének és a test gyorsulásának szorzata.

erő = tömeg · gyorsulás **$F = m \cdot a$**

Ha ugyanakkora erővel szeretnénk lefékezni egy kisebb és egy nagyobb tömegű testet, akkor a nagyobb tömegű testnek kisebb lesz a (negatív) gyorsulása és lassabban fog csökkenni a sebessége, mint a kisebb tömegű testnek. Ezáltal a két test közül a nagyobb tömegű hosszabb fékúton tud csak megállni, mint a másik.

Newton 3. törvényével majd a következő fejezetben ismerkedünk meg részletesen.









A biztonságos közlekedés megteremtése

A járművek mozgását nagyrészt a kerekekre ható erők befolyásolják. Egyrészt a tapadás, másrészt a motor, a tengely és a fék. Az utóbbiakat a vezető képes szabályozni, irányítja a járművet. A jármű irányításán túl a vezetőnek egyéb feladatai is vannak. Meg kell terveznie az útvonalat, figyelnie kell a közlekedést szabályozó jelzőlámpákat és útjelző táblákat, az útburkolati jeleket. Figyelemmel kell lennie az út mellett és az úton lévőkre, de még az utastársaira is. És minden váratlan helyzetre azonnal reagálnia kell. Ezt az összetett folyamatot nevezzük vezérlésnek. A fejlesztőmérnökök azon dolgoznak, hogy a vezérlés egyes részeit, vagy akár a teljes vezérlést a vezető helyett maga a jármű végezze. Ehhez érzékelőket, szenzorokat, számítógépes irányítást dolgoznak ki. Napjainkban már sok feladat automatizált a gépjárművekben. Például tempomat, automata sebességváltó, kipörgésgátló, blokkolásgátló, menetstabilizá-

tor, parkolásasszisztens segíti a sofőrök munkáját. De még sok fejlesztés kell ahhoz, hogy az utakon teljesen önvezérelt autók közlekedjenek. A biztonságos közlekedés része az utasok védelme is. Newton 1. törvénye értelmében az utas magától nem képes megváltoztatni sebességét, tehetetlen. Ahhoz, hogy a jármű sebességének változását kövesse, olykor kapaszkodnia kell. Gyors irányváltás vagy erős fékezés esetén életmentő a biztonsági öv. Balesetek estén az ütközéskor bekövetkező hirtelen sebességváltozás szintén súlyos sérülést, akár halált is okozhat. Ezt előzi meg a légzsák, amely pillanatok alatt felfúvódik, és egy puha anyagot képez, ami jobban felfogja az utas felsőtestét, fejét.



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

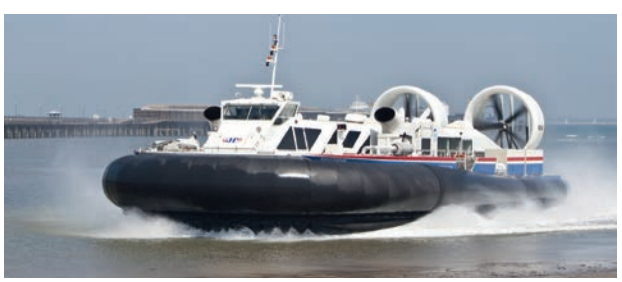
A testek maguktól nem képesek megváltoztatni sebességüket, tehetetlenek.

A mozgás jellegének megváltozásához a környezettel kölcsönhatásba kell lépni. A kölcsönhatást jellemző fizikai mennyiség az erő, melyet vektorral szemléltethetünk. A mozgás megvalósulásának törvényszerűségeit Newton törvényei írják le. A járművek mozgásának vezérlését egyre jobban átveszi az automatika. Az utasok védelmében biztonsági övet és légzsákot használnak.

Newton 1. törvénye **Newton 2. törvénye**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Érdekes dolog, hogy egyes hajók esetében légpárnás hajókat alakítanak ki, hogy minél kisebb legyen a kölcsönhatás a vízzel, a versenyautók esetében pedig az autót a légterelőkkel még inkább a talajhoz nyomják, hogy minél erősebb kölcsönhatás alakuljon ki a talajjal. Véleményed szerint mi lehet az oka ennek a két, egymásnak ellentétes eljárásnak?



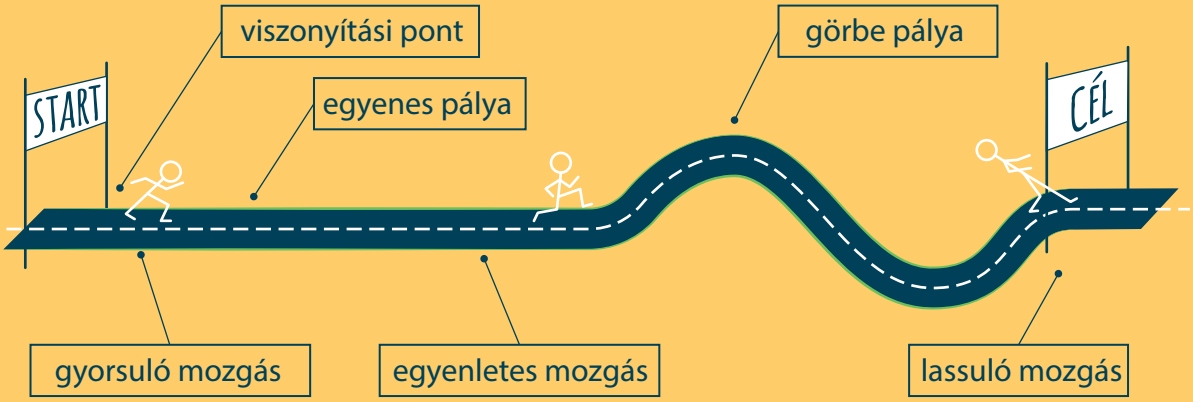
2. A rövidebb reptéri kifutópályák egyes gépeknek már túl rövid a felszálláshoz. Szerinted mi mindent kell figyelembe venni ahhoz, milyen hosszú kifutópályáról tud biztonságosan felszállni egy repülőgép?

3. Sportolás közben is fontos a hatékony fékezés, elsősorban a sérülések elkerülése miatt. Gyűjts össze és sorolj fel olyan eszközöket, alkalmazásokat, eljárásokat, amelyekkel a sportolók sérülésmentesen tudják lefékezni testüket vagy testrészüket!

4. Miért kell rögzíteni a teherautókon a rakományt? Mi történik a rakománnyal erős fékezéskor? Melyik kölcsönhatást tudjuk megnövelni a rögzítéssel, leszorítással? A válaszaidat részletesen fejtsd ki!



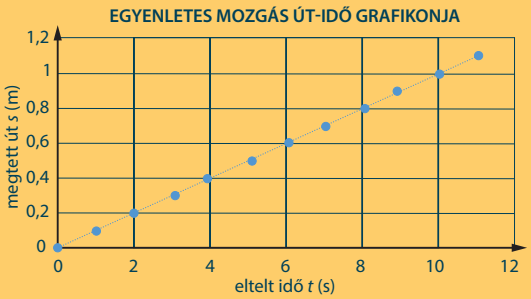
Mozgás jellemzői



Mozgás mérhető tulajdonságai

- megtett út
- elmozdulás
- menetidő

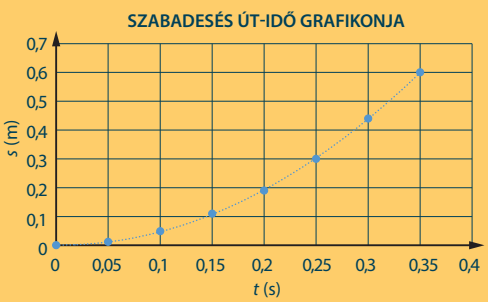
Egyenletes mozgás

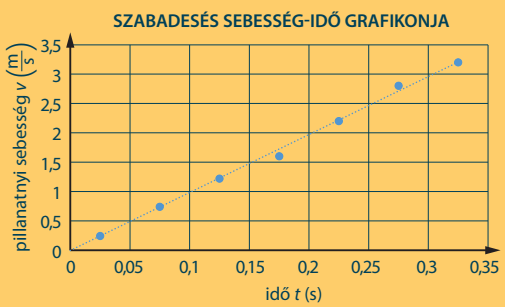


$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Szabadesés

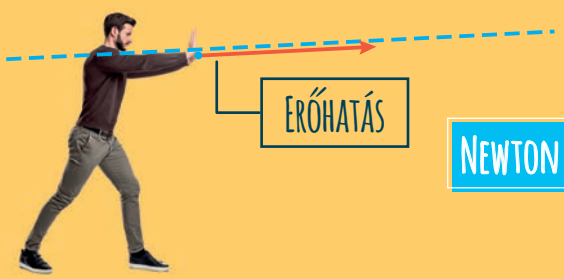






$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$g = 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



Erőhatás

Newton törvényei

A testek maguktól nem képesek megváltoztatni sebességüket, tehetetlenek.

A mozgás jellegének megváltozásához a környezettel kölcsönhatásba kell lépni.

III. LENDÜLET ÉS EGYENSÚLY

1. A mozgások jellemzése lendülettel

Melyből kiderül, hogy mit értünk egy test lendületén, miért tudunk lendületet szerezni vagy veszíteni, és hogy hogyan tehetünk szert nagy lendületre.

A lendület fogalma

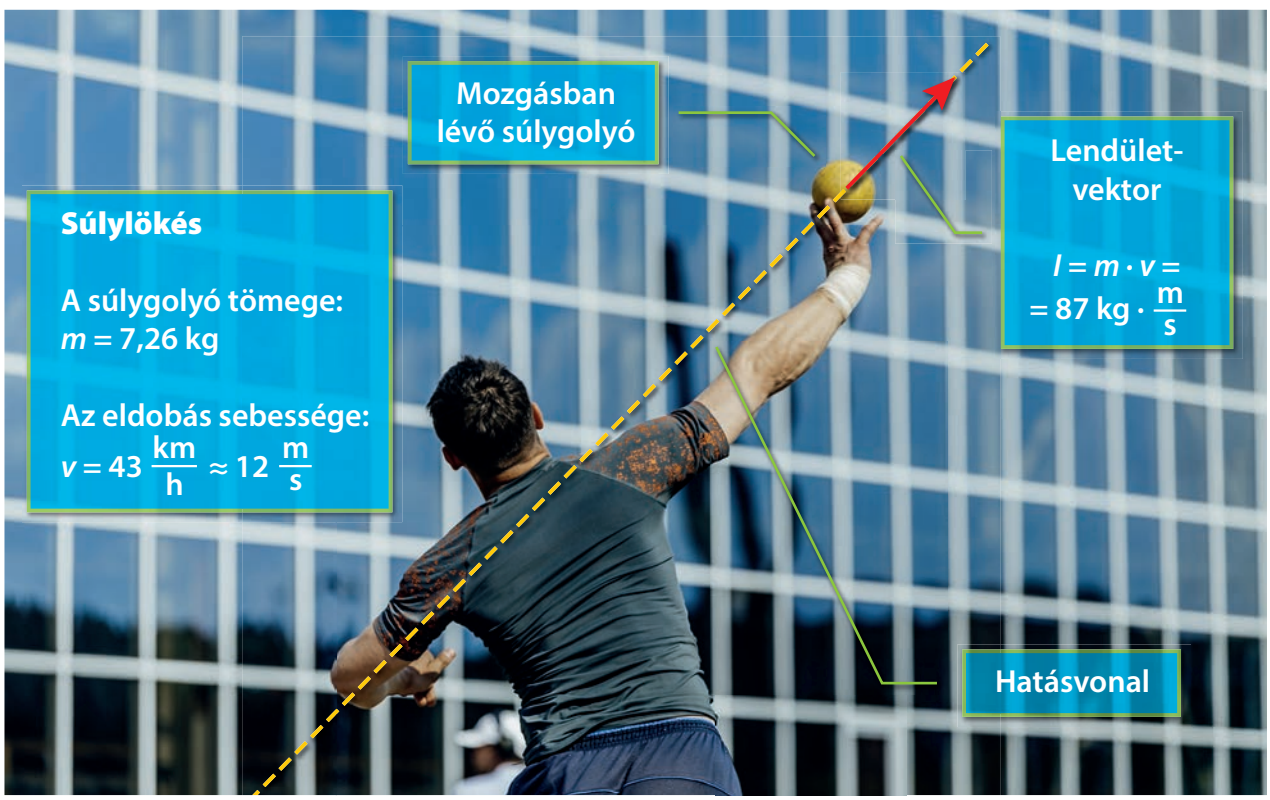
Sportközvetítések során gyakran halljuk: „A távolugró a nekifutással lendületet szerez…”, „A versenyautóval valami történt, vészesen veszít a lendületéből”, „A kajakos nagy lendülettel előzte meg ellenfelét”, „Ennek a bokszolónak lendületes bunyója van”. A lendülettel a mozgásban lévő testeket jellemezzük. Aminek lendülete van, az mozog. A lendületnek van mértéke, hiszen ami gyorsan mozog, arra azt mondjuk, hogy nagy lendülete van. Ha egy kisgyerek nekifut egy felnőttnek, a lendületével nem tudja feldönteni, de ha egy rögbijátékos fut ugyanolyan gyorsan, akkor könnyedén feldönti. A lendület többet jelent, mint a sebesség, fontos a mozgó test tömege is. A lendület a test tömegének és sebességének szorzata, jele: *I*.

lendület = tömeg · sebesség **$I = m \cdot v$**

A lendület mértékegysége a két mennyiség mértékegységének szorzata: $\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

A nyugalomban lévő, álló test lendülete nulla.

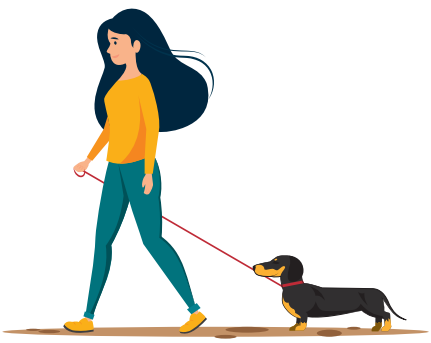
A lendület vektormennyiség, hiszen a mozgást jellemzi. A lendület iránya mindig a mozgás irányába, azaz a sebesség irányába mutat.



A lendület megváltozása

Newton 1. törvénye értelmében a testek tehetetlenek, maguktól nem képesek megváltoztatni a sebességüket. Ez azt jelenti, hogy maguktól a lendületüket sem tudják megváltoztatni. A fenti példamondatok is ezt sugallják: lendületet szerez, lendületet veszít. Newton 2. törvénye szerint, ha egy testre kiegyensúlyozatlan erő hat, akkor változni fog a sebessége.

Akkor változik meg egy test lendülete, ha bizonyos ideig erőt fejt ki a környezete. A lendületváltozás mértéke az erő és az időtartam nagyságától függ. Ha az erő a mozgás irányába hat, akkor a test lendülete növekszik, mozgása gyorsuló. Ha az erő a mozgással ellentétesen hat, akkor a test lendülete csökken, mozgása lassuló.





Példák lendületváltozásra

A súlylökő a lehető legnagyobb erejét beleadja a dobásba, ugyanakkor mélyről indítja és hosszú úton löki a súlygolyót, hogy nagy legyen a lökés időtartama. Így tudja nulláról a legnagyobb sebességre felgyorsítani a súlygolyót.

A lőszerek kilövésénél számít a fegyvercső hossza. Ha a kilövés azonos körülmények között zajlik, és azonos a lőszer is, akkor a hosszabb csövű fegyverben a hajtógáz több ideig hat a lőszerre, és ezzel nagyobb lendületváltozást, nagyobb torkolati sebességet ad.



Egy baleset során az utas a tehetetlensége miatt előrebukik, fejét a műszerfal nagyon rövid időtartam alatt állítaná meg. A rövid ideig tartó nagy lendületváltozást nagy erőhatás okozza, ami halálos is lehet. Ezt a nagy erőhatást képes enyhíteni az autó légzsákja. A légzsák ugyanekkora lendületváltozást hosszabb időtartam alatt hoz létre, így a kifejtett erő kisebb lesz, elkerülhető a súlyosabb sérülés.

A sportban is gyakran használják a veszélyesen nagy erők elkerülésére a hosszabb úton, hosszabb ideig történő lassítást. Ilyen az atléták rugalmas talaja vagy talajszőnyege, a bokszolók kesztyűje, a sisak és egyéb védőfelszerelések.



Érdekességek

Tábori játék a tojáselkapó verseny. Az eldobott tojást kell úgy elkapni, hogy közben ne törjön szét. Ennek technikája, hogy az elkapást hosszú úton, ezáltal hosszú ideig végezzük, folyamatosan lassítva a tojást, ezáltal az általunk kifejtett erő nem lesz túl nagy.



A visszapattanás

A labdajátékokban nagyon gyakori jelenség a visszapattanás. A labda nagy sebességgel közelít a talaj, az ütő vagy például a játékos feje felé. Az ütközéskor a labda nagyon rövid idő alatt megáll egy pillanatra, majd közel azonos sebességgel visszafelé fog haladni. A játékosok sokszor érzik is, hogy ez alatt a rövid idő alatt milyen nagy erőhatás jön létre. Erőhatás során pedig mindig lendületváltozásnak kell történnie.

A lendület vektormennyiség, a nagysága mellett az iránya is fontos, és visszapattanáskor éppen a lendület iránya változik meg. Visszafordítani egy test mozgását kétszer nagyobb erőbe telik, mint megállítani azt.

A visszapattanásokat általában rövid időtartam, nagy lendületváltozás és nagy erőhatás jellemzi.





Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

lendület

A mozgó tömegnek lendülete van. A lendület nagysága a mozgó test tömegének és sebességének szorzata. Ha egy testre bizonyos ideig erőt fejtünk ki, akkor a test lendülete megváltozik.

A lendület vektormennyiség, iránya a mozgás irányába mutat. Egy test visszapattanásakor rövid idő alatt a lendületének iránya megfordul, ez nagy lendületváltozást jelent, ami nagy erőhatásra utal.

Megoldandó problémák, feladatok

1. Szerinted mi lehet a különbség a tolás, a lökés, illetve az ütés között? Kezed erejével mindhármat könnyen alkalmazod, mégis nagy a különbség. Válaszodat a leckében tanult fogalmakkal fogalmazd meg!

2. A lendület fogalmát a fizikai jelenségeken kívül még más területeken, például a gazdasági életben, pénzügyekben, munkában is használják.
Keress ilyen jellegű kifejezéseket, és keress kapcsolatot a kifejezések jelentése és a most tanultak között! Mennyiben használják helyesen a lendület fogalmát?

3. *A teniszlabda lendülete az ütést követően elérte a* $-2{,}25\ kg \cdot \frac{m}{s}$ *értéket. Mi erről az állításról a véleményed? Nézz utána a teniszlabda tömegének és lehetséges sebességének, értelmezd a lendület értékét és előjelét!*

4. Azonos tömegű gyurmagolyót és kis acélgolyót azonos magasságból járólapra vagy csempére ejtünk. Mi fog történni a golyók és a felület találkozáskor és az után? A jelenséget a lendületváltozások, az időtartamok, az erőhatások és az anyagokban történő változások szempontjából gondold át, és fogalmazd meg előrejelzéseidet!



2. Kölcsönhatások

Melyből megtudjuk, hogy hogyan viselkednek a testek egy ütközés során, mi a rakétaelv, és hol találkozhatunk vele.

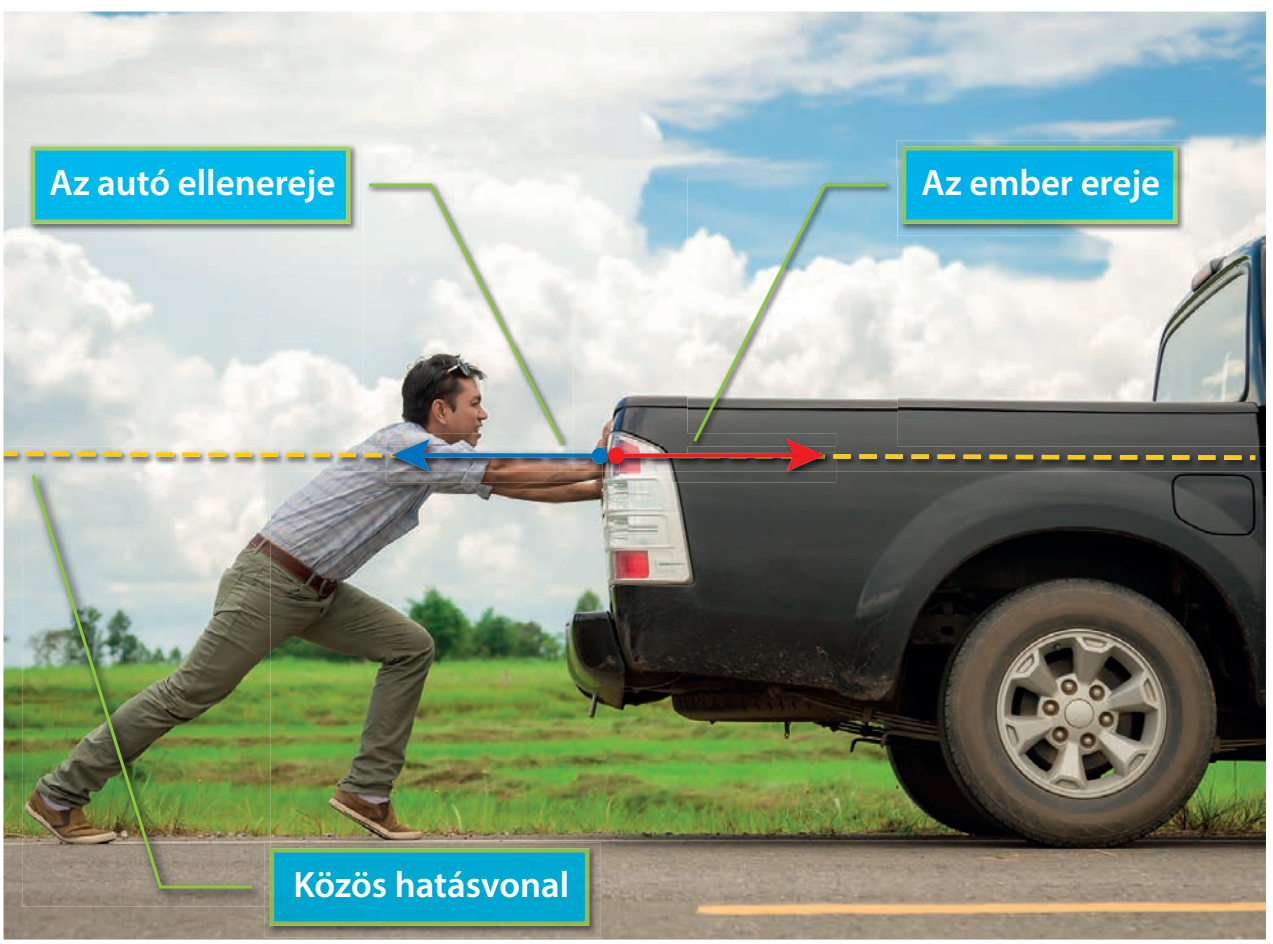
Newton 3. törvénye

Az előző fejezetben megtudtuk, hogy a hatások mindig párban jelentkeznek. A talpunk tolja hátrafelé a talajt, a talaj pedig előrefelé fejt ki erőt ránk. A kerék hátrafelé tolja az úttestet, az úttest előremutató erőt fejt ki a kerékre. Az evezős a lapátjával hátrafelé tolja a vizet, a víz a lapátra előremutató erőt fejt ki. A tornász lefelé húzza a gyűrűt, a gyűrű pedig felfelé tartja a tornászt. Newton elmélete szerint az erőhatások mindig párban alakulnak ki, a test és környezete kölcsönösen hat egymásra. A tapasztalatok szerint a két hatás ellentétes irányú, ezért az erőhatás kölcsönható párját ellenhatásnak vagy ellenerőnek nevezzük. Newton 3. törvénye az ellenerő jellemzőit sorolja fel.

Newton 3. törvénye (hatás-ellenhatás vagy erő-ellenerő törvény):

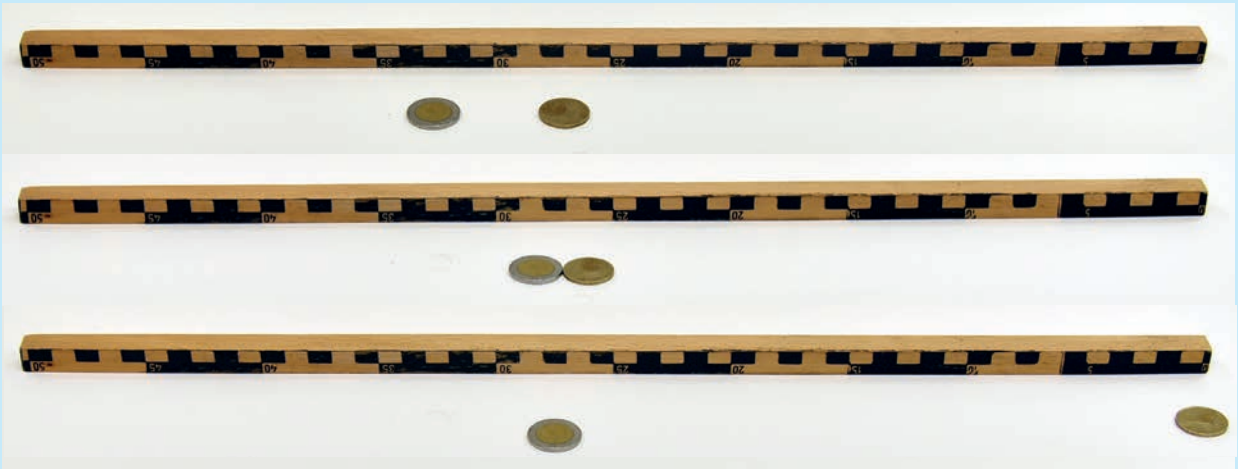
Két vagy több test kölcsönhatása során minden erőhatásnak van egy ellenhatása. Az ellenhatás megegyező nagyságú és ellentétes irányú a kifejtett hatással.

Egy erő-ellenerő párt vektorokkal szemléltethetünk. Az erő és ellenerő hatásvonala közös, a vektorok ellentétes irányúak. A támadáspontok különböznek: az egyik test ereje a másik testen fejti ki a hatását, míg a másik test ellenhatása az elsőn. Például egy ember autóra kifejtett ereje az autó felé hat, akkor az autó ellentétes irányba, azonos mértékben nyomja vissza az ember kezét.



Kísérlet

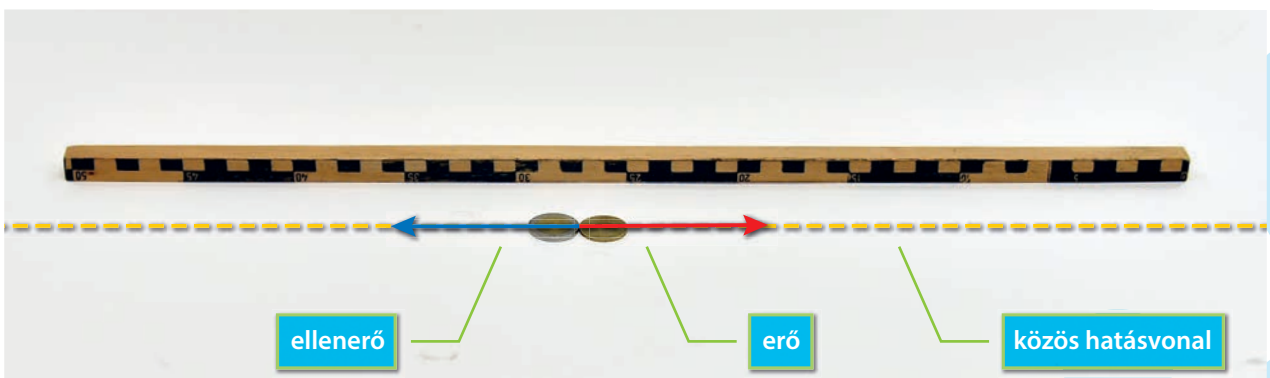
Vizsgáljuk meg öt- és százforintos pénzérmék egymásnak ütközését az asztalon! Először pöcköljünk neki egy ötforintost egy álló ötforintosnak! Azután egy ötforintosnak egy százforintost, végül egy százforintosnak egy ötforintost! Tapasztalataink szerint az első kísérletben a mozgó ötforintos megáll, míg az álló elindul, és a mozgó sebességével csúszik tovább. A második kísérletben a százforintos lelassult, de nem állt meg az ütközés következtében, az ötforintos viszont a százforintos eredeti sebességénél is nagyobb sebességgel kezdett el csúszni. Az utolsó kísérletben az ötforintos visszapattan a százasról, és lassabban csúszik visszafelé, míg a százforintos csak kis sebességgel csúszik arrébb.



Százforintos ütközése álló ötforintosnak. Sorozatfelvétel az ütközés előtti állapotról, az ütközés pillanatáról és az ütközés utáni állapotról

Ütközések

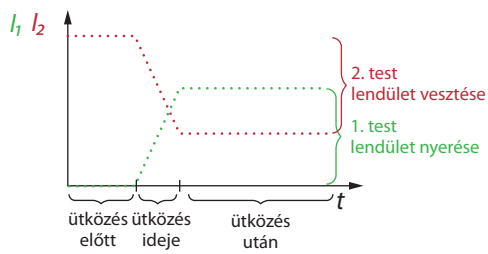
Amikor a két érme ütközik, kölcsönhatásba kerülnek egymással. Newton 3. törvénye értelmében egy erő-ellenerő pár fejti ki a hatását, a két hatás ugyanakkora és ellentétes irányú. Newton 2. törvénye értelmében az erőhatás következménye az érmék gyorsulása lesz. A mozgó érme ereje az álló érmét felgyorsítja, az álló érme ellenereje a mozgó érmét lassítja, megállítja, olykor visszapattanásra készteti. Newton 2. törvénye szerint adott erő esetén a gyorsulás mértékét a test tömege határozza meg. A százforintos közel kétszer akkora tömegű, mint az ötforintos, ezért látunk mindig nagyobb változást az ötforintos mozgásában, amikor a százforintossal ütközik.



A lendület megmaradása

Két test ütközésekor a hatás-ellenhatás törvény értelmében mindkét testre azonos ideig azonos nagyságú erő hat. Ez azt jelenti, hogy mindkét testnek egyenlő nagyságú a lendületváltozása, amit a másik test okozott. Az ellentétes irányú erő-ellenerő miatt a változások jellege is ellentétes, az egyik lendülete nő, a másiké csökken, de ugyanolyan mértékben. Ha összeadjuk az ütközésben részt vevő testek kölcsönhatás előtti lendületét, akkor ugyanakkora értéket kell kapnunk az ütközés utáni lendületek összegére is, hiszen amennyi lendületet veszít az egyik test, éppen annyit nyer a másik. Ez a fontos törvény **a lendület megmaradásának törvénye**.

A törvény akkor alkalmazható, ha az ütközésben lévő testek lendületváltozását csak a kölcsönható test okozza. A lendületmegmaradás törvénye akkor érvényesül, ha a kölcsönhatás külső hatásoktól mentes. A pénzérmék esetében ez történt, de amikor egy labda visszapattan a falról, akkor a fal lendülete mindvégig nulla, nem mozog. A fal nyugalmi helyzetét a labda ereje és a fal talajhoz való tapadása együtt eredményezte.



A lendület megmaradása a mindennapokban

A lendület megmaradását felismerhetjük közlekedési helyzetekben és sportolás közben is. A közlekedési balesetekben (belemenés, ráfutásos baleset, frontális ütközés) az ütköző járművek egymás lendületét változtatják meg. A járművek lendületváltozása egyenlő, ezért annak a járműnek, amelyik kisebb tömegű, nagyobb lesz a sebességváltozása az ütközés alatt, ezért súlyosabb sérülések, nagyobb károk keletkeznek. Különösen veszélyes autóval nagyobb járműnek (kamion, mozdony) ütközni.

Amikor a mozdony lassan nekifut az álló vagonnak, összekapcsolódnak, és együtt mozdulnak tovább, de már kisebb sebességgel. A mozdony annyit veszített a lendületéből, amennyit a vagon nyert.

Adogatásnál a teniszütő és a labda egymás felé halad. Ütéskor a teniszütő mozgása lelassul, a labda ereje fékezi a teniszütőt, amit a játékos a kezével tud ellensúlyozni. Az ütő a könnyű teniszlabdát lelassítja, megállítja, sőt visszafordítja.

A focikapus az erősen megrúgott labdát elkapja. Az elkapáskor a labda lelassul, a kapus keze kissé hátralökődik. Annyi lendületet veszített a labda, amennyit a kapus keze kapott a labdától.

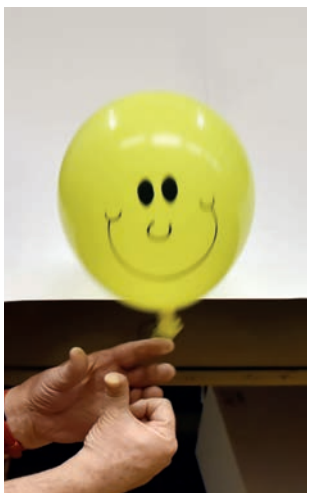






A rakétaelv

A kölcsönhatások és a lendület megmaradásának speciális esete az, amikor két összekapcsolt test robbanás vagy szétlökés hatására eltávolodik egymástól. Ennek egyik példája a rakéta mozgása, amiről az eset a nevét is kapta.



Modellezzük a rakéta mozgását egy felfújt lufival! A lufi szárát ne kössük el, hanem egyszerűen engedjük el. Azt tapasztaljuk, hogy a lufiból kiáramlik a levegő, miközben a lufi előrehalad. Newton 3. törvénye értelmében a levegő és a lufi kölcsönhatásba került egymással. A lufi ereje kinyomta a könnyű levegőt nagy sebességgel, miközben a levegő ellenereje a másik irányba mozdította el a lufit. A levegő és a lufi lendületváltozása egyenlő nagyságú volt, csak az egyik előre, a másik hátrafelé mozgott.

A rakétaelvnek számos példája van. Az ágyúból előre kilőtt lövedék az ágyút hátralöki. Hasonlóan a puska és a pisztoly lövedéke is, ezért kell a puskatust a vállhoz rögzíteni, a pisztolyt két kézzel, erősen fogni. Gördeszkáról lelépve, csónakból kilépve a deszka, illetve a csónak hátramozdul, miközben mi előre akarunk mozdulni.

A birkózó ellenfelét ellökve maga is hátra billen. A férfi jégtáncos előre dobja női párját. A női jégtáncos ezáltal nagyobb sebességgel csúszik tovább, míg a férfi lelassul.

A rakétaelv lényege a két test szétválása az erő-ellenerő következtében. A két test szétválásakor is érvényes a lendületmegmaradás törvénye.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

Minden erőhatásnak van egy ellenhatása. Az ellenhatás megegyező nagyságú és ellentétes irányú a kifejtett hatással. Ütközéskor a két test kölcsönhatásba kerül, mindkét test megváltoztatja a másik lendületét, és így a sebességét is. Két test szétválásakor is érvényes Newton 3. törvénye, az ilyen eseteket rakétaelvnek nevezzük.

Newton 3. törvénye **a lendület megmaradása**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Az asztalon álló vázára hat a Föld nehézségi ereje és az asztal tartóereje. A két erő egyenlő nagyságú és ellentétes irányú. Ez a két hatás erő-ellenerő párt alkot? Mi erről a véleményed?

2. Egy ötforintost és egy százforintost egymás felé pöckölünk. Lehetséges, hogy az ütközés következtében mindkettő megáll? Ha igen, szerinted milyen feltételek és körülmények kellenek ehhez? Ha nem, szerinted mi miatt hiúsul meg ez a jelenség?

3. Két artista egy magaslatról ugrik a mérleghinta egyik oldalára. A mérleghinta másik oldalán álló artista az ugrás következtében felrepül, a mérleghinta fellövi. A fellövés után az egyedül álló artista kétszer magasabbra emelkedett, mint ahonnan a társai leugrottak. Próbáld megmagyarázni a tanultak alapján az artista ilyen magasra emelkedését! Az artisták tömege közel azonos.

4. Régi magyar játék a méta, mely a kriketthez és a baseballhoz hasonlít a legjobban. A métaütővel megütve kell minél messzebbre juttatni a labdát. Az ütéskor azt látjuk, hogy a métaütő szép egyenletes ívet fut be, de ez nem igaz. Szerinted mi történik pontosan az ütés pillanatában? És utána?

3. Rugalmasság

Melyből kiderül, hogy pontosan hogyan is történik egy rugalmas ütközés, hogyan képzeljünk el egy rugalmas anyagot, valamint hogy mire használhatók a rugók.

Rugalmas ütközések

Az előzekben már megfigyeltük egy test merev falnak vagy talajnak, illetve egy másik testnek való ütközését. Ezeknél az ütközéseknél a testek a kölcsönhatást követően újra eltávolodnak egymástól, visszapattannak. Az ilyen ütközést rugalmasnak nevezzük. A leejtett gyurma és a talaj ütközése például nem rugalmas ütközés, mert a kölcsönhatás után a gyurma nem pattan vissza, ott marad a talajon.



Az erő alakváltoztató hatása

Figyeljük meg részletesen és alaposan a rugalmas ütközés jelenségét, például egy focista fejelését! Láthatjuk, hogy a kölcsönhatásban részt vevő erők nemcsak a labda sebességét változtatják meg, hanem az alakját is, kissé deformálják azt. Egy test keménységének nevezzük azt a tulajdonságát, hogy mennyire képes ellenállni a külső erőhatásoknak. Kemény az a test, amelyet nagy erő hatására is csak kissé tudunk deformálni, míg a test puha vagy lágy, ha kisebb erő hatására is jelentősebb alakváltozást szenved. Minden esetben az erőnek alakváltoztató hatása is van.

Tovább figyelve a rugalmas ütközést, azt is látjuk, hogy a kölcsönhatás után a labda visszanyeri alakját. Egy test rugalmasságának nevezzük azt a tulajdonságot, hogy mennyire képes visszakapni az eredeti alakját egy külső erőhatás megszűnte után. **Rugalmas alakváltozás** esetén a test képes visszanyerni eredeti alakját, rugalmatlan alakváltozás esetén deformált állapotban marad.

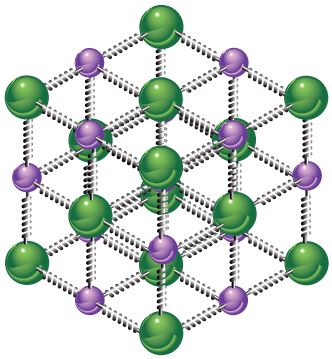
A keménység és a rugalmasság fogalmát nem szabad összetéveszteni. A focilabdát fújhatjuk keményre vagy puhára is, de rugalmasan fog visszapattanni. Az autó karosszériája, bár kemény, az ütközésekkor összegyűrődik és deformált marad.



A rugalmasság oka

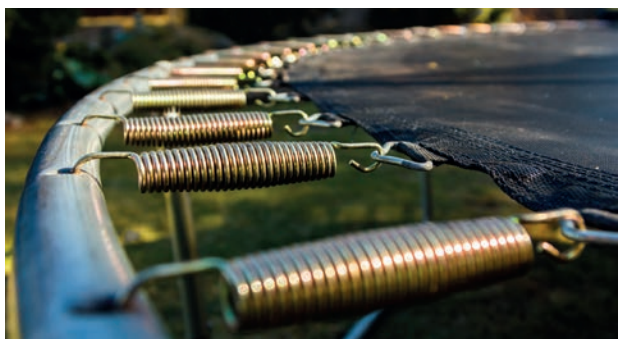
A testek rugalmasságának okát az anyagának szerkezetében találjuk. Az anyagok vizsgálatával a fizika és a kémia tudománya egyaránt foglalkozik. A szilárd anyagokat, amilyenekkel eddig foglalkoztunk, úgy képzelhetjük el, úgy modellezhetjük, mintha egymás mellett lévő kis részecskék (golyók) sora-

koznának a tér minden irányában. A szilárd anyagok sűrűsége nagy, ezért elképzelésünk szerint a golyókat nehéznek és egymás mellett viszonylag közel elhelyezkedőknek gondoljuk. Az alakváltozást és a rugalmasságot ebben a modellben úgy képzelhetjük el, mintha a golyókat apró kis rugócskák kapcsolnák össze, melyek egyrészt engedik a golyók kisebb elmozdulását, másrészt visszarendezik a golyókat eredeti helyükre. Hasonlóan, mint az ágyakban a rugós matrac.



Rugók alkalmazása

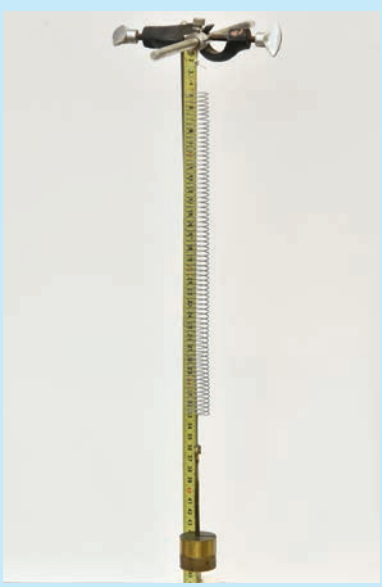
Az anyagok rugalmas tulajdonságát elsősorban a különféle rugókban használjuk ki. A rugók kialakítása többféle lehet, leggyakrabban csavarrugókkal találkozunk. Rugókat használunk testek mozgatásához (rugós puska, felhúzhatós játékok, rugós óra), ütközések esetén az ütközési időtartam növeléséhez (vasúti ütköző) vagy egy rezgő rendszer kialakításához (lengéscsillapító, trambulin). Egyes csavarrugók képesek húzásra és nyomásra is reagálni.



Kísérlet

Vizsgáljuk meg a csavarrugóra kifejtett erő alakváltoztató hatását! A felfüggesztett csavarrugóra akasszunk egyre több 50 g-os nehezéket! Azt tapasztaljuk, hogy a rugó alakja, hossza (l) megváltozik, ezt a megváltozott hosszt mérjük. A mérés során figyeljünk, hogy a nehezék ne mozogjon!





Rugó megnyúlásának mérése különböző nehezékek esetén

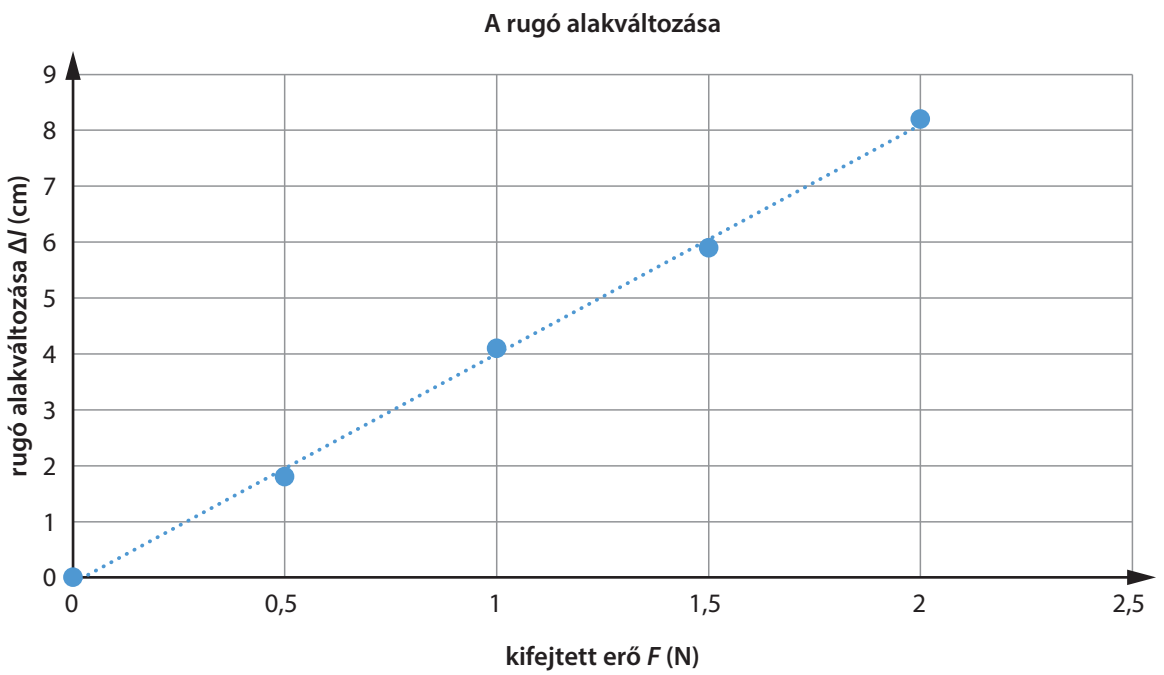
Kapcsolat az erő és az alakváltozás között

A rugó nélkül a nehezékek leesnének, gyorsulásuk a korábban tanult 10 $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ nehézségi gyorsulás lenne. Az erő a test tömegének és gyorsulásának szorzata, így egy nehezékre ható nehézségi erő: $F = m \cdot a = m \cdot g = 0{,}05\ \text{kg} \cdot 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0{,}5\ \text{N}$. Tehát minden egyes 50 g-os nehezék a Föld tömegvonzása miatt 0,5 N erővel hat a rugóra. Kiszámítjuk minden esetben a hosszváltozást.

hosszváltozás = megváltozott hossz – eredeti hossz $\quad \Delta l = l_{\text{nehezék}} - l_{\text{eredeti}}$

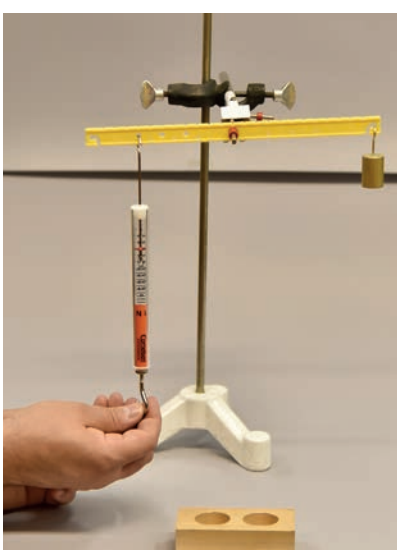
A mérési eredményekről táblázatot és grafikont készítünk.

Nehezékek száma	0	1	2	3	4
F (N)	0	0,5	1	1,5	2
l (cm)	13	14,8	17,1	18,9	21,2
Δl (cm)	0	1,8	4,1	5,9	8,2



A grafikonról megállapíthatjuk, hogy a rugóra kifejtett erő és a rugó alakváltozásának mértéke között egyenes arányosság van, a mérési pontok egy egyenesre illeszkednek. Minél nagyobb erővel feszítettük a rugót, annál jobban megnyúlt, ezért a rugókat használhatjuk erőmérésre is. A rugó megnyúlt hosszából következtetni lehet az alkalmazott erőre. Így működik a rugós erőmérő.

A további vizsgálatok azt mutatják, hogy minden rugalmas anyag esetében van egy bizonyos erő, melynél nagyobb hatás következtében az anyag már nem tudja visszanyerni eredeti alakját. Az anyag nyúlik, de nem veszi fel újra az eredeti alakját. A nyújtást tovább folytatva elérünk egy olyan nagyságú erőt, amelynél az anyag már elszakad.



Rugós erőmérő használata tartóerő mérésére



Rugós erőmérő használata húzóerő mérésére

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

rugalmas alakváltozás

A szilárd testekre ható erőnek van alakváltoztató hatása is. Ha az erő alkalmazása után a test visszanyeri alakját, akkor azt rugalmas alakváltozásnak nevezzük. Rugalmas ütközés után a testek visszapattannak egymásról. A szilárd anyagokat apró, egymással kis rugókkal összekapcsolt golyócskák rendszerének képzeljük. A rugókat jó rugalmas tulajdonságuk miatt alkalmazzuk. A rugóra kifejtett erő egyenesen arányos a rugó alakváltozásának mértékével. Ez alapján működik a rugós erőmérő is.

Megoldandó problémák, feladatok

1. *Tanultad, hogy visszapattanáskor kétszer nagyobb erő szükséges a test visszafordításához, mint ha ugyanannyi idő alatt csak meg kellene állítani. Azt is tudod, hogy rugalmas ütközéskor a test visszapattan, rugalmatlan ütközéskor pedig odatapad a másik testhez. Mi a véleményed, miért alkalmaznak a mérnökök az autók elején rugalmatlan, gyűrődni képes fémeket?*



2. Nézz utána, és hasonlítsd össze az ólom és a gumi eddig tanult tulajdonságait (sűrűség, keménység, rugalmasság)! Ezek alapján fogalmazd meg, hogy milyen apró eltérések vannak a két szilárd anyag általunk tanult, rugókkal összekapcsolt golyók elképzelésében!

3. Keress a környezetedben rugókat! Készíts fotókat róluk, és mutasd is be azokat! Próbáld megmagyarázni, hogy hogyan működnek ezek a rugók használat közben!

4. Gondold végig újra a leckében elvégzett rugós mérést, és az alapján döntsd el, hogy vajon lehet-e a rugós erőmérőt tömegmérésre használni! Válaszodat támaszd alá az eddig tanultakkal!

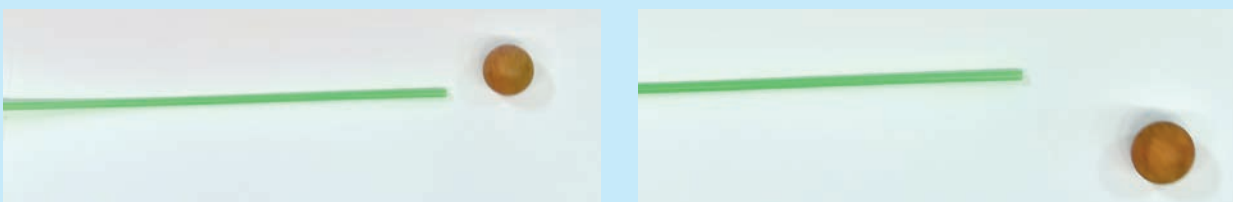
4. Az irányváltoztató mozgások vizsgálata

Melyből megtudjuk, hogy hogyan lehet egy mozgó test irányát megváltoztatni, és hogyan lehet gyorsan hintázni.

Kísérlet

Eddig olyan mozgásokat vizsgáltunk, amelyeknek pályája egyenes vonalú volt. Most vizsgáljuk meg azokat a mozgásokat is, melyeknek görbe vonalú pályája van! Gurítsunk el lassan egyenes vonalban egy pingponglabdát, majd szívószál segítségével fújjunk rá vízszintesen különböző irányokból, és figyeljük meg a mozgását!

A pingponglabda fújásával erőt fejtünk ki a mozgó labdára. Ha hátulról, a mozgás irányával megegyezően, vagy szemből, a mozgás irányával ellentétesen fújunk, a labda irányváltoztatás nélkül felgyorsul, illetve lelassul, megáll, akár vissza is fordul a korábban tanult törvények szerint. Ha a mozgó labdát oldalról fújjuk meg, akkor azt tapasztaljuk, hogy a labda irányt változtat, a pálya a fújás irányába elgörbül. Az alábbi fotókon felülnézetből látható, ahogy a fentről lefelé guruló labda az oldalirányú fújástól jobbra kanyarodik.

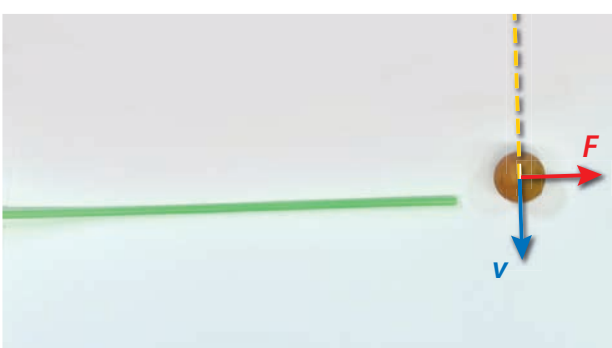


Pingponglabda mozgásának irányváltoztatása oldalba fújással

Az irányváltoztatás

A görbe pályát Newton 2. törvényével magyarázhatjuk. Az alkalmazott erő következménye a test gyorsulása, ami sebességváltozást jelent. Emlékezzünk vissza, hogy a sebesség vektormennyiség. Ebben az esetben a sebességváltozás nem a gyorsaság megváltozását, hanem a mozgásirány megváltozását jelenti. Gyengébb fújás kisebb eltérülést, az erősebb fújás nagyobb eltérülést eredményez.

A következőkben néhány jellegzetes irányváltoztató mozgást elemzünk.





Az egyenletes gyorsaságú körmozgás jellemzői

Vizsgáljuk meg az egyenletesen mozgásnál használt játék mozdony mozgását körpályán! A körpályát nyolc körív alakú sínpárból építhetjük össze. Az egyenletes mozgás során már megmértük, hogy a játékmozdony mintegy 10 $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$ sebességgel képes mozogni.

A mozdony mozgásáról most a következőket mondhatjuk: A pálya alakja egy 20 cm sugarú kör, amit többször is befut. Minden egyes körív alakú sínpár körülbelül 16 cm hosszú, és a mérések szerint mintegy 1,6 másodpercig tart végighaladni rajta. Ez igazolja a mozdony egyenletes, 10 $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$ nagyságú sebességét. A körmozgást a sínek oldalirányú erőhatása biztosítja, a sebesség iránya folyamatosan változik. A mozdony lendületének nagysága állandó a mozgás alatt, azonban a lendület iránya is folyamatosan változik, a változás a sínek oldalirányú erőhatásának következménye.



Elektromos játék mozdony mozgása körpályán

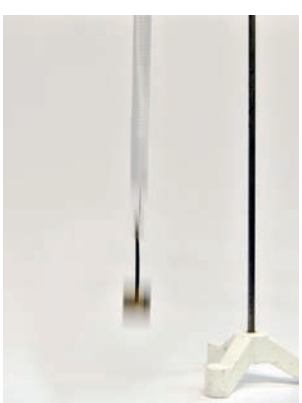
A lengőmozgás jellemzői

Figyeljük meg a játszótéren hintázó gyerekek mozgását! A hintázó pályája körív alakú, amit többször is befut. A hintázó mozgása nem egyenletes, a körív egyik végétől a körív közepéig mozgása gyorsuló, onnan a körív másik végéig lassuló. A körív két végén, a legmagasabb helyzetben a hintázó egy pillanatra megáll, mozgásiránya megfordul. A hintázó a körív közepén, a legalacsonyabb helyzetben a leggyorsabb. A lengőmozgást a Föld nehézségi ereje és a lánc vagy kötél tartóereje együttesen alakítja ki. A hintázó lendülete a pálya két végén egy pillanatra nulla, amikor ereszkedik, lendülete nő, amikor emelkedik, lendülete csökken.



A rezgőmozgás jellemzői

Akasszunk egy nehezéket felfüggesztett csavarrugóra, majd kissé megemelve a nehezéket engedjük el, és figyeljük meg a rezgését! A nehezék egyenes pályán föl-le haladó mozgást fog végezni, a pályáját többször is befutja. A pálya két vége felé közeledve a nehezék lassul, a legmagasabb és legalacsonyabb helyzetben egy-egy pillanatra megáll és irányt vált. A nehezék a pálya közepe felé haladva gyorsul, legnagyobb sebességét a pálya közepén éri el. Mozgását a Föld nehézségi ereje és a rugó ereje együttesen ala-





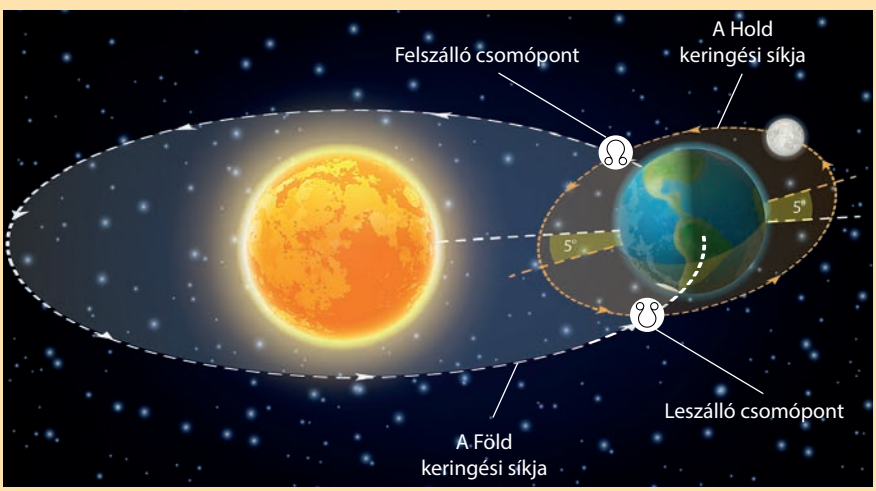
kítja. A nehezék lendülete folyamatosan nő, illetve csökken, a legmagasabb és legalacsonyabb helyzetben lendülete nulla, legnagyobb lendületét középen éri el.

A periódusidő

Az irányváltoztató mozgások közös jellemzője, hogy mozgásuk ismétlődő elemekből, úgynevezett ciklusokból vagy periódusokból áll. Az is megfigyelhető, hogy egy ciklus mindig ugyanannyi ideig tart. Az ismétlődő mozgások időbeli jellemzője az egy ciklus vagy periódus időtartama, amit **periódusidő**nek nevezünk, jele: *T*. Alapmértékegysége a másodperc (s). A periódusidőt a körkörös mozgásnál keringési időnek vagy forgásidőnek, lengőmozgásnál lengésidőnek, rezgőmozgásnál rezgésidőnek is nevezik.

Érdekességek

Az ismétlődő mozgásokat használták régen időmérésre és naptárkészítéshez, ugyanis úgy találták, hogy a periódusidő nem változott. Így a Föld keringési ideje 1 év, forgásideje 1 nap, a Hold keringési ideje 1 hónap. A Hold forgásideje is 1 hónap, hiszen mindig ugyanazt a felét fordítja felénk. Hasonlóképpen használták az ingaórákat is, amelyek azonos lengésidővel lengtek, ezzel egyenletesen hajtva az óra mutatóit. Az ingaórák felfedezése előtt az emberek a pulzusukkal is mértek időt, de az nem volt pontos.





A lengőmozgás vizsgálata

A lengőmozgást egy felfüggesztett fonalra akasztott nehezékkel vizsgáljuk.

Mérjük meg a lengésidőt kisebb, majd nagyobb tömegű nehezék esetén is. Azt tapasztaljuk, hogy a lengésidő mindkét esetben ugyanakkora. Ha egymás mellett hintázik két gyerek, és egyszerre lendülnek, akkor a lengésük mindvégig szinkronban marad, függetlenül a tömegüktől.

Mérjük meg a lengésidőt kisebb, majd nagyobb kilendülést alkalmazva. Lengő- és rezgőmozgás esetén a pálya közepétől a pálya széléig tartó kilendülést vagy kitérítést **amplitúdó**nak nevezzük. Akár kis, akár nagy amplitúdót alkalmazunk, a lengésidő változatlan lesz. Ha egymás mellett hintázik két gyerek, és egyszerre lendülnek, csak az egyik kis, a másik nagy amplitúdóval, a lengésük akkor is mindvégig szinkronban marad.

Mérjük meg a lengésidőt rövidebb, majd hosszabb fonalszárral! Tapasztalatunk szerint a rövidebb fonálon függő nehezék lengésideje kisebb, mint a hosszabbon függő nehezék lengésideje. Ha egymás mellett hintázik két gyerek, és a két hinta közül az egyiknek hosszabb a szára, akkor azon hosszabb ideig tart egy lengés, mint a másikon.

Összefoglalva: A lengésidőt a felfüggesztő fonal hossza befolyásolja, a nehezék tömege és lengés amplitúdója nem.

Az ismétlődés gyorsasága

Gyorsan ismétlődő mozgások esetén nem könnyű periódusidőt mérni. Egyszerűbb lehet, ha azt számoljuk meg, hogy bizonyos idő alatt hány ciklus történt. Körmozgás vagy forgómozgás esetén az egy másodperc vagy egy perc alatt bekövetkezett ciklusok számát keringési számnak vagy **fordulatszám**nak nevezzük, jele: *n*. Mértékegységei az $\frac{1}{\text{s}}$ vagy az $\frac{1}{\text{min}}$. Például egy helikopter propellerének fordulatszáma 370 $1\frac{1}{\text{min}}$, ez azt jelenti, hogy 1 perc alatt 370 fordulatot tesz meg.

Lengőmozgás és rezgőmozgás esetén a másodpercenként lezajlott ciklusok számát nevezzük lengésszámnak, illetve rezgésszámnak. A **rezgésszám**, más néven frekvencia jele: *f*. Mértékegysége az $\frac{1}{\text{s}}$, amit Heinrich Hertz német fizikus tiszteletére hertznek (Hz) nevezünk. Például egy dekopírfűrész rezgésszáma 3000 $\frac{1}{\text{min}}$, ami azt jelenti, hogy a fűrészlap ide-oda mozgó szála percenként 3000 rezgést végez. Ha ezt 60-nal elosztjuk, megkapjuk, hogy másodpercenként 50 rezgést végez, azaz frekvenciája 50 Hz.





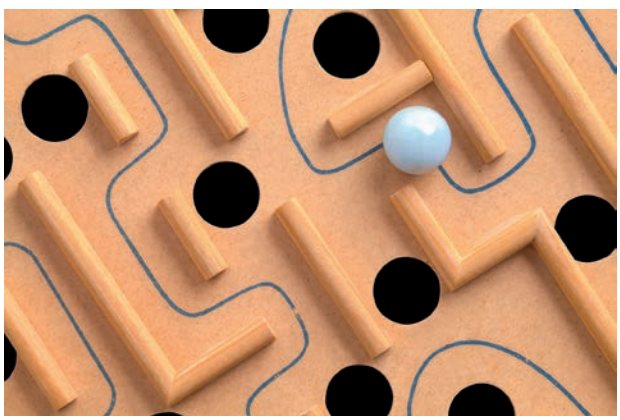
Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

Irányváltoztatáshoz egy mozgásra merőleges, oldalirányú erő szükséges. Az erő hatására a mozgó test sebességének iránya változik meg. Az ismétlődő mozgások egyforma ciklusok egymásutánja. Egy ciklus időtartamát periódusidőnek nevezzük. A lengőmozgás periódusidejét a felfüggesztő fonal hossza befolyásolja. A lengésidőt nem befolyásolja a nehezék tömege és a lengés amplitúdója sem. Az ismétlődés gyorsaságát a fordulatszámmal vagy a rezgésszámmal jellemezzük.

periódusidő **amplitúdó** **fordulatszám** **rezgésszám**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Egy nagy asztalfelületen építs több tárgyból akadálypályát a pingponglabda számára. Az asztal egyik sarkából az átellenes sarkába juttasd el a labdát szívószál segítségével megfújva úgy, hogy egyik tárgyhoz se érjen hozzá, és ne is essen le az asztal széléről! Gondold végig, hogyan és mikor gyorsítod, fékezed, vagy éppen kanyarítod a labdát!



2. Erősen kanyarodó buszon oldalra dőlünk. Melyik oldalra? Newton 1. törvénye segítségével magyarázd meg a jelenséget! Ezt a tapasztalatot felhasználva szerinted miért dőlnek be kanyarodás közben a motorosok, a síelők vagy a gyorskorcsolyázók?



3. Egy ingaóra lengő nehezékéről letört egy kis darabka, és a felfüggesztő drót az idők során kissé megnyúlt. Szerinted problémát okoznak ezek a pontos időmérésben? Ha igen, miben? Sietni vagy késni fog az óra? Ha nem, miért nem?



4. Tudjuk, hogy a Mars keringési ideje 687 nap, és az is kiszámolható, hogy a pályája 1432 millió km hosszú. Szerinted ezekből az adatokból kiindulva egyenletesen kering? Véleményedet részletesen támaszd alá az eddig tanultakkal!



5. A nyugalomban lévő testek vizsgálata

Melyből kiderül, hogy hogyan maradhatunk egy helyben, és ez miért nem elég a mozdulatlansághoz, valamint mi kell ahhoz, hogy egy test teljesen mozdulatlan legyen.

Az egy helyben maradás feltétele

A nyugalmi állapot, amikor a test nem mozog, azt jelenti, hogy a test megőrzi helyét és helyzetét. Newton 1. törvénye szerint egy test akkor marad nyugalomban, ha a testre a környezete nem hat, vagy ha az erők kiegyenlítik egymást. A Föld tömegvonzása minden környezetünkben lévő jelenségben előfordul, így röviden azt mondhatjuk, hogy egy test akkor áll egy helyben, ha az erők kiegyenlítik, más szóval kiegyensúlyozzák egymást.

Egy épületet vonz a Föld és tart a talaj. Mindkét erő az épületre hat, egyenlő nagyságú és ellentétes irányú, kiegyenlítik egymást.

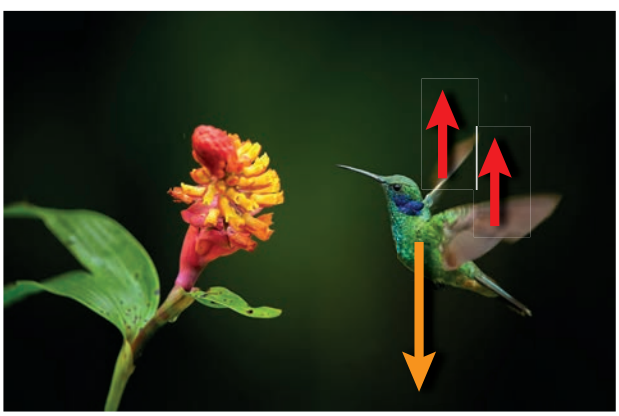
Egy kötélhúzó versenyen a két csapat ellentétes irányú erőkkel húzza a kötelet. Ha a jobbra mutató erők együttes hatása kiegyenlíti a balra mutató erőket, a kötél egy helyben marad.

A kolibrire hat a Föld tömegvonzása, de szárnyaival csapkodva a levegő mindkét szárnyánál felfelé tolja. Ha a három erő kiegyenlíti egymást, a kolibri egy helyben marad.

A példákból is látjuk, hogy az egy helyben maradás feltétele az, hogy a testre ható erők kiegyenlítsék egymást.







Kísérlet

Vizsgáljuk meg egy úgynevezett lyuksoros mérleg terhelését! A mérleg lyukacsos karját szeretnénk vízszintesen tartani. A kar egy helyben áll, mert a Föld vonzóereje és a mérlegrúd tartóereje kiegyenlíti egymást. Tegyünk két 50 g-os nehezéket a mérlegkar jobb oldalára, majd tegyünk különböző számú nehezékeket a bal oldalra úgy, hogy a kar ne forduljon el, mozdulatlan maradjon.

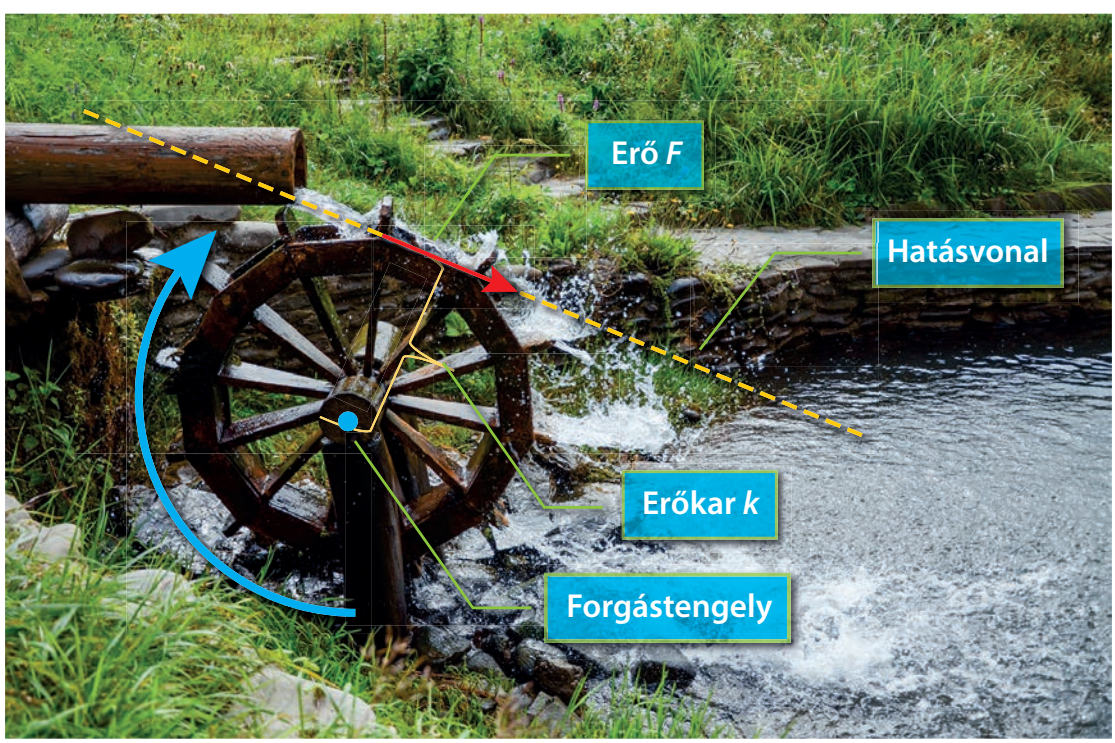
Tapasztalataink szerint, ha csak a jobb oldalra teszünk nehezéket, akkor a kar elfordul. Mindkét oldalon terhelve ki tudtuk egyensúlyozni a kart. A kiegyensúlyozásnál figyelembe kellett venni a nehezékek számát és a terhelés helyét is. Minél több nehezékkel próbáltuk kiegyensúlyozni a kart, annál közelebb kellett akasztani az alátámasztási ponthoz.



Lyuksoros mérleg kiegyensúlyozása különböző nehezékekkel

Az erő forgató hatása

Ha egy test egy helyben van, még nem jelenti azt, hogy mozdulatlan is lenne. Ledőlhet, elbillenhet, elfordulhat, megfordulhat, egyszóval megváltozik a helyzete. A kísérletből kiderült, hogy egy testre ható erőnek lehet forgató hatása. Ha a terhet a kar jobb oldalára tettük, akkor a kar az óramutató járásának irányába kezdett elfordulni, ha a bal oldalt terhelnénk csak, akkor a kar ellentétes irányba fordulna. A kar akkor nem fordul el, ha a rá ható erők forgató hatása egyik, illetve másik irányba kiegyenlítik egymást. A nehezékek forgató hatása nemcsak a tömegük miatti húzóerejüktől függ, hanem attól is, hogy a forgástengelytől milyen távol fejti ki a hatását. Ezt a távolságot erőkarnak nevezzük, jele: *k*. Az erő forgató hatása egy fizikai mennyiség, amit for-



gatónyomatéknak, röviden nyomatéknak nevezünk, jele: M. Az erő forgatónyomatékát megkapjuk, ha az erő nagyságát összeszorozzuk az erőkarral. Az erő forgató hatása lehet óramutató járásával megegyező vagy ellentétes.

forgatónyomaték = erő · erőkar **$M = F \cdot k$**

A forgatónyomaték alapmértékegysége a Nm, de használhatjuk a Ncm egységet is.

A nyugalmi állapot feltételei

Két fontos feltétel szükséges ahhoz, hogy egy test nyugalomban maradjon. Az egyik, hogy a rá ható erők kiegyenlítsék egymást. A másik, hogy a rá ható erők forgató hatásai is kiegyenlítsék egymást. Ezáltal a test helye és helyzete sem tud megváltozni, a test ebben az állapotban marad. Az ilyen állapotot egyensúlyi helyzetnek nevezzük, vagy azt mondjuk, hogy a test **egyensúly**ban van.

Az egyensúlyi helyzet megvalósítása

Egy test nyugalomban tartásának első feltétele, hogy alátámasszuk vagy felfüggesszük, hiszen a Föld tömegvonzását ki kell egyenlítenünk. Az alátámasztott testet oldalirányú erők (másik test nyomása, széllökés) még felbillenthetik, elfordíthatják, ez ellen széles alappal, a test talajhoz való rögzítésével, oldalirányú kikötésével védekezhetünk. Épületek, építmények alkotásánál nagyon fontos feladat a stabilitás megtervezése.

Kidolgozott feladat

Példa egyensúlyi helyzet meghatározására

Kérdés: Egy mérleghintán a 40 kg tömegű Bori és a 35 kg tömegű Tomi libikókázik. Mindketten 120 cm-re ülnek az alátámasztástól, így nincsenek egyensúlyban. Hova üljön fel Gabi, a 15 kg tömegű kistestvérük, hogy a mérleghinta egyensúlyba kerüljön?



Válasz: Először határozzuk meg a két nagyobb testvér forgató hatását! Bori a bal oldalon ül az alátámasztástól 120 cm-re, tehát $k_{\text{Bori}} = 120$ cm. A mérleghintát lefelé nyomja, mert őt meg a Föld vonzza. Ez az erő $F_{\text{Bori}} = m_{\text{Bori}} \cdot g = 40 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 400 \text{ N}$. Bori a mérleghintát az óramutató járásával ellentétesen billenti el a testével, a forgatónyomaték nagysága

$M_{\text{Bori}} = F_{\text{Bori}} \cdot k_{\text{Bori}} = 400 \text{ N} \cdot 120 \text{ cm} = 48\,000 \text{ Ncm}$.

Tomi a jobb oldalon ül az alátámasztástól 120 cm-re, tehát $k_{\text{Tomi}} = 120$ cm. A mérleghintát a Föld vonzása miatt lefelé nyomja:

$$F_{\text{Tomi}} = m_{\text{Tomi}} \cdot g = 35 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 350 \text{ N}.$$

Tomi a mérleghintát az óramutató járásával megegyezően billenti el a testével, a forgatónyomaték nagysága:

$M_{\text{Tomi}} = F_{\text{Tomi}} \cdot k_{\text{Tomi}} = 350 \text{ N} \cdot 120 \text{ cm} = 42\,000 \text{ Ncm}$.

Látható, hogy a két érték nem egyenlő nagyságú, tehát tényleg nincs egyensúlyban a mérleghinta. Az egyensúly akkor következik be, ha a kétféle irányba billentés kiegyenlíti egymást ($M_{\circlearrowright} = M_{\circlearrowleft}$). Ha Tomi oldalára ül a kis Gabi, akkor együtt kiegyensúlyozhatják Borit. Gabi forgatónyomatékának 6000 Ncm-nek kell lennie, mert

$$48\,000\ \text{Ncm} = 42\,000\ \text{Ncm} + 6000\ \text{Ncm}$$

Gabit a Föld $F_{\text{Gabi}} = m_{\text{Gabi}} \cdot g = 15\ \text{kg} \cdot 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 150\ \text{N}$ erővel húzza, ő is ekkora erővel nyomja a libikókát, ha ráül. Gabi forgatónyomatékába behelyettesítünk, és azt kapjuk, hogy

$$M_{\text{Gabi}} = F_{\text{Gabi}} \cdot k_{\text{Gabi}}$$
$$6000\ \text{Ncm} = 150\ \text{N} \cdot k_{\text{Gabi}}$$
$$40\ \text{cm} = k_{\text{Gabi}}$$

Gabinak tehát Tomi oldalára kell ülnie az alátámasztástól 40 cm távolságra, így a libikóka a három gyerekkel egyensúlyba kerül.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

egyensúly

A nyugalmi állapot feltétele az, hogy a test ne változtasson se helyet, se helyzetet, azaz ne mozogjon és ne forogjon. Az egy helyben maradást a kiegyenlített erők biztosítják. Az elfordulás oka az erő forgató hatása, amit forgatónyomatéknak nevezünk. A forgatónyomaték az erő és az erőkar szorzata. Az elfordulást a kiegyenlített forgatónyomatékok gátolják meg. Egy test egyensúlyban van, ha a rá ható erők és a rá ható forgatónyomatékok is kiegyenlítik egymást.

Megoldandó problémák, feladatok

1. A kötélhúzó versenyen az egyik csapat összereje egyenlő nagyságú és ellentétes irányú a másik csapat összerejével. Ezek szerint a két csapat erő-ellenerő párt alkot és kölcsönhatásba került egymással. Mi erről az állításról a véleményed?

2. Az elfordulás vizsgálatakor a lyuksoros mérlegre a két nehezékkel párban a másik oldalra 1, 2, majd 4 nehezéket akasztottunk, hogy a kar egyensúlyba kerüljön. Miért hagytuk ki a három nehezéket? Számolj utána, hogy hova kellene akasztani!

3. A képen egy mianmari falusi szárazmalom látható, amelyet egy ökör forgat körbe, hogy kókuszlét préseljen a gazdájának. Hogyan, milyen módszerekkel lehetne növelni az eszköz forgató hatását? Keress több megoldást!



4. A képen egy vízhordó látható, aki a vállán egyensúlyozva vizet hoz. Mire kell figyelnie a vödrök feltöltésekor? Mi történik, ha figyelmen kívül hagyja ezt? Problémát okoz-e az, ha a vízhordó rúd nem szimmetrikus? Válaszaidat részletesen fejtsd ki, és támaszd alá a leckében tanultakkal.



6. Mozgatás emberi erővel

Melyből kiderül, hogy miért nehéz nagy terheket arrébb vinni vagy megemelni, és erre milyen megoldásokat találtak már az ókorban is.

Mozgatás vízszintesen

Az ember az izomzata segítségével képes mozgatni saját magát és más terheket. Ha egy nagyobb tömegű terhet szeretnénk megmozdítani, először is a talajon biztosítani kell, hogy a talpunk jól tapadjon. A teher oldalirányú elmozdításakor a tapadást és a gördülési ellenállást kell legyőznünk. Akkor mozdul meg a teher, ha a tolóerő vagy húzóerő nagyobb, mint a tapadásnál és a gördülési ellenállásnál jelentkező súrlódási erő. Ezt az erőt a láb-, a kar-, a has- és hátizmunk együttesen alakítja ki, és nagysága nagyban függ a teher tömegétől és a talajjal való kapcsolatától. Nagyobb tömegű terhet vagy érdesebb felületen állót nehezebb megmozdítani. Ilyenkor több ember együttes ereje már kimozdíthatja a terhet álló helyzetéből.





Mozgatás függőlegesen

Vannak olyan helyzetek, amikor egy terhet meg kell emelni. Ilyenkor a teherre ható nehézségi erőt kell legyőznünk. A súlyemelés világcsúcsa 2021-ben 263 kg volt. A súlyra a Föld vonzereje $F_{neh} = m \cdot g =$ $= 263\ \text{kg} \cdot 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2630\ \text{N}$ erővel hat, tehát a súlyemelőnek ennél egy kicsit nagyobb erőre van szüksége, hogy felemelje a súlyt. A feje fölötti megtartáshoz már elegendő a 2630 N. A terhek megemelésében alkalmazunk alátámasztást és felfüggesztést, az előbbiben alulról toljuk felfelé a testet, az utóbbiban felülről húzzuk felfelé.





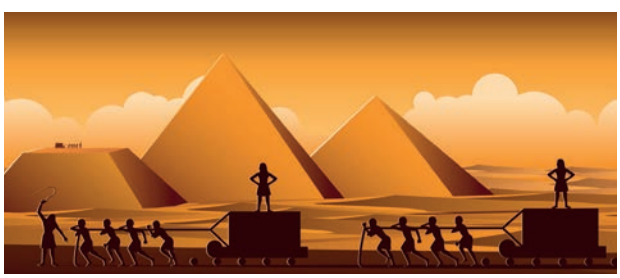
Eszközök alkalmazása

Az emberi erőnek is vannak határai. Van olyan nehéz teher, amit már nem vagyunk képesek arrébb tolni, elhúzni vagy megemelni. Az őskortól kezdve nagy kihívás az embereknek a nagy terhek mozgatása, amire az idők során többféle módszert is kidolgoztak. A következőkben a legrégibbeket és legegyszerűbbeket tekintjük át. Mindegyikben valamilyen eszközt vagy berendezést alkalmaztak a mozgatás elősegítésére, amit összefoglalóan gépnek nevezünk. Azokat az egyszerű eszközöket, amiket emberi vagy állati erővel kell használni, egyszerű gépeknek nevezzük. Az egyszerű gépek legfontosabb feladata a mozgás megvalósítása úgy, hogy közben az alkalmazott emberi erő nagyságát megsokszorozza.



A kerék

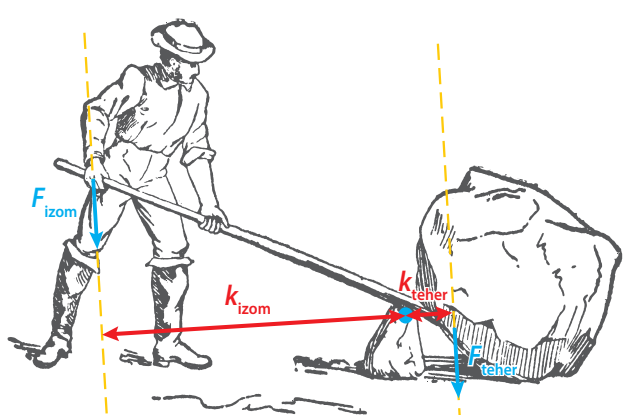
A nagy terhek elmozdításának legfőbb akadálya a teher talajhoz való tapadása. Ezen úgy lehet könnyíteni, ha csúszósabb felületeket alkalmazunk, így született meg az első szállítóeszköz, a talpas szán. A szánnal kisebb erőt kellett kifejteni, mint nélküle. A szánnál is jobb megoldás lett a kerék felfedezése. A keréken guruló teher gördülési ellenállása sokkal kisebb, mint a nélküle létrejövő csúszási súrlódási erő. Kerekekkel a nehéz terhet sokkal kisebb erővel is el lehetett húzni. Ezért tettek az ókorban a kőtömbök alá rönköket. Manapság szinte minden szárazföldi közlekedési eszközünk kerekeken gurul.





Az emelő

A terhek megemelésére többféle eszközt is használtak. Ezek egyike egy hosszú rúd, az emelő, amelyet aszimmetrikusan támasztottak alá. Az egyik végén volt a teher, a másik végét mozgatva lehetett felemelni a terhet. Már az ókorban használtak emelőt terhek mérlegelésére, a gémes kúthoz hasonló vízhúzáshoz, az obeliszkek megemelésére. Az emelő működési elve a forgási egyensúllyal magyarázható. Az emelő egyik végét a teher nagy erővel (F_{teher}) nyomja lefelé. Az alátámasztást a teherhez közel alakítjuk ki, így a teher erőkarja (k_{teher}) rövid lesz. Az emelő másik



végén alkalmazzunk akkora izomerőt (F_{izom}), hogy a teher éppen megemelkedjen egy kicsit, és egyensúly alakuljon ki.

$M_{\circlearrowright} = M_{\circlearrowleft}$ $\quad$ $F_{izom} \cdot k_{izom} = F_{teher} \cdot k_{teher}$

Ahányszor nagyobb az izomerő erőkarja (k_{izom}) a teher erőkarjánál, az alkalmazott izomerőnek ugyanannyiszor kell kisebbnek lennie a teher nyomóerejénél, hogy az egyenlőség fennálljon. Az emelővel sokkal kisebb erővel tudjuk megemelni a terheket, mint nélküle.

Lejtő, ék, csavar

Az emelés másik módja egy lejtő vagy rámpa alkalmazása. Már az őskortól tudjuk, hogy egy terhet kisebb erővel lehet feltolni egy lejtőn, mint függőlegesen felemelni. Rámpákat, lejtőket, lépcsőket, szerpentinutat használtak az egyiptomi építkezéseken is. Lejtő alakú az ék is, melyet szintén használtak terhek megemelésére, de testek szétválasztására, hasítására, elvágására is. Az első vágó- és szúróeszközök mind ékek voltak. Ha egy lejtőt összetekernénk, akkor csavar alakot kapnánk. A csavart az ókori egyiptomiak vízkiemelésre használták, később préselésre és szorításra is alkalmazták. Előnye, hogy kis forgatónyomatékkal nagy erőt tudunk vele kifejteni.





A csiga

Az emelés egy harmadik módja a csigák alkalmazása. A csiga egy olyan kerék, amelynek kerületén két karima között bemélyedés, horony található, ebben vezetik az emeléshez használt kötelet. Több csiga használatával kis erővel is fel tudunk emelni nagy terheket. Az ókor óta használt csigákat és csörlőket gyakran alkalmazták a hajóvitorlák kezelésében.



Erőátvitel

Láthattuk, hogy az egyszerű gépek mindegyike az általunk kifejtett izomerőt sokszorozza meg, így megkönnyíti a nagy terhek mozgatását. Az egyszerű gépeket erőátviteli gépeknek is nevezzük. Annál jobb egy egyszerű gép, minél kisebb izomerővel minél nagyobb erőt tud kifejteni a teher megemeléséhez. A két erő hányadosát áttételnek nevezzük. Összekapcsolódó fogaskerekekkel az erők forgatóhatását tudjuk megnövelni. Ha a hajtókerék kicsi, és kevés foggal rendelkezik, a meghajtott kerék pedig nagy, és sok foga van, akkor a forgatónyomatékot megsokszoroztuk. Ilyenkor az áttétel a fogszámok hányadosa.

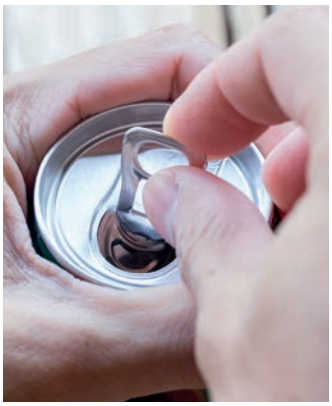


A képen két fogaskerék látható, a kicsi fogszáma 8, a nagyé 12. Az áttétel így $\frac{12}{8} = 1{,}5$. Ha a kisebb kereket 20 Nm forgatónyomatékkal meghajtom, akkor a nagy kerék 1,5-szer nagyobb, 30 Nm forgatóhatásra képes.

Egyszerű gépek a ház körül

Napjainkban is használunk egyszerű gépeket a mindennapi életben. A konyhai eszközök és a barkácsszerszámok között is találhatók olyanok, amelyek az emelő, az ék vagy a csavar erősokszorozó elvét alkalmazza. Az emelő elvét alkalmazzuk például a feszítővasban, a különféle fogókban, a villáskulcsban, a konzervnyitóban, a sörnyitóban. Az éket ismerhetjük fel például a baltában, fejszében, fűrészben, késben, ollóban, tűben, tojásszeletelőben. Csavarral találkozunk például a facsavarnál, a kézifúrónál, az üvegek kupakjánál, a különféle darálókban.





Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

erőátvitel

Nagy teher megmozdításához a tapadás vagy a gördülési ellenállás súrlódási erejét kell legyőzni, vagy emelésnél a nehézségi erőt. Az egyszerű gépek az emberi izomerőt megsokszorozva elősegítik a mozgást. A teher mozgatóerejének és az izomerőnek a hányadosát áttételnek nevezzük. Egyszerű gép a kerék, a fogaskerék, az emelő, a lejtő, az ék, a csavar és a csiga. Egyszerű gépeket ma is sok területen használunk.

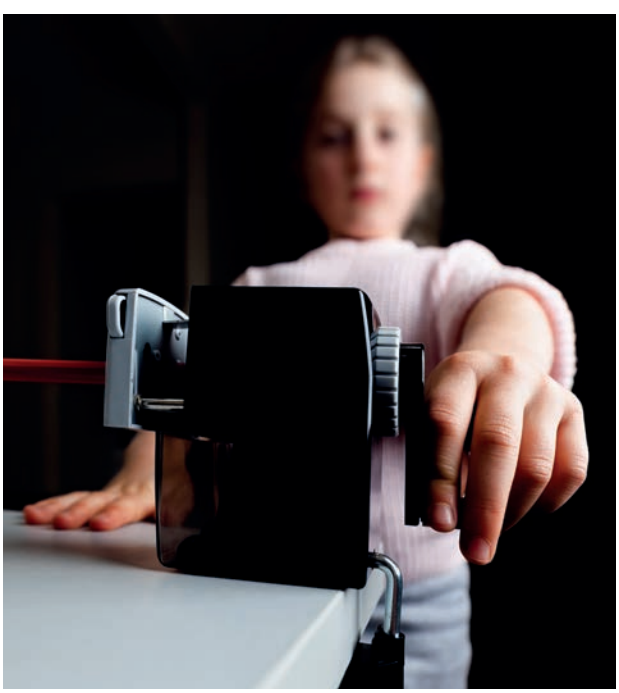
Megoldandó problémák, feladatok

1. Egy autó elakadt a mély sárban. A motor működik, forgatja a kerekeket, de azok kipörögnek. Az autó nehéz, emberi erővel nem lehet kitolni a sárból. Gyűjts minél több, egymástól különböző módszert arra, hogy az autó kimozduljon a sárból. Melyikhez kell a legegyszerűbb eszköz, a legkevesebb segítség?

2. Az ókori mérlegek speciális, két, egyenlő karral rendelkező emelők voltak. Miért volt egyszerű a tömegmérés vele? Fejtsd ki részletesen a leckében tanultak segítségével!

3. A kerékpárok meghajtására fogaskerekekből álló váltóberendezést használunk. A váltókkal kiválaszthatjuk az első, hajtó fogaskerék méretét és a hátsó, meghajtott fogaskerék méretét is. Elinduláskor, vagy még inkább emelkedőn felfelé haladva a hátsó fogaskeréknek nagy forgatónyomatékot kell adnia a biciklinek, és ezt mi szeretnénk kis erejű lábhajtással elérni. Szerinted hogyan váltsunk, melyik fogaskerék legyen a kisebb fogszámú, és melyik a nagyobb? Fejtsd ki válaszodat a tanultak segítségével!

4. Az irodaszerek között is találhatunk egyszerű gépeket. A képen látható ceruzahegyező többfélét is tartalmaz. Melyek ezek, és hogyan fejtik ki hatásukat?



Lendület

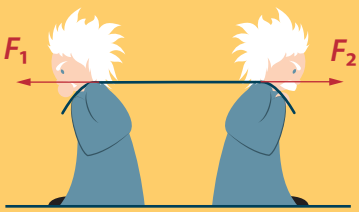




$$I = m \cdot v$$



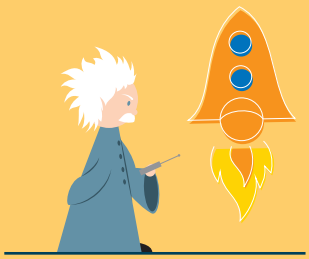
Kölcsönhatás



Newton 3. törvénye
$F_1 = F_2$
irányuk ellentétes



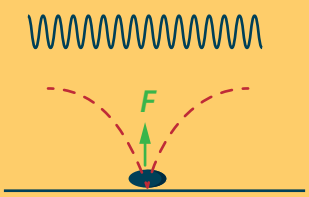
Ütközések
Lendületváltozás



Rakéta-elv

Az erők különféle hatásai

Alakváltoztató hatás

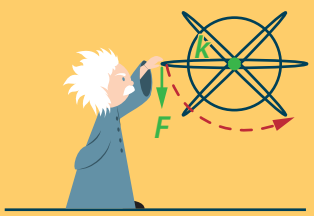


Visszapattanás

Irányváltoztató hatás



Forgató hatás



$M = F \cdot k$

Ismétlődő mozgások jellemzői

- Periódusidő
- Fordulatszám
- Rezgésszám
- Amplitúdó

Egyensúly

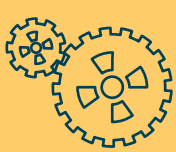
Az erők és forgatónyomatékok kiegyenlítik egymást



Egyszerű gépek



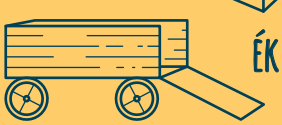
Kerék



Fogaskerék



Emelő



Lejtő



Ék



Csavar



Csiga

IV. AZ ENERGIA

1. A jelenségek értelmezése energiával

Melyből kiderül, hogy mi is pontosan az energia, milyen fajtái vannak, és miként változhat egy jelenség során.

Egy meteorbecsapódás elemzése

Gondoljuk végig egy meteorbecsapódás folyamatát! A Föld felé zuhanó meteor belép a légkörbe, a légkör fékezi a mozgását, a hőmérséklet megemelkedik, a meteor fénylik. A meteor mérete csökken az égés következtében, de ha elég nagy volt eredetileg, elérheti a földfelszínt is. A talajba csapódva hatalmas krátert üthet maga alatt, melynek a közepén állapodik meg.

Az eddig tanultak alapján meg tudjuk állapítani a meteor mozgásának jellemzőit: pályaalakját, a mozgás lefolyását, sebességét, gyorsulását. Magyarázni tudjuk mozgását a rá ható erővel, becsapódását a lendülettel. Most azt szeretnénk megtudni, hogy mi idézte elő ezt a mozgásfolyamatot. A meteor azért tudott lezuhanni, és belépni a légkörbe, mert *messze volt a Földtől*. A levegő azért préselődött össze és forrósodott fel, mert a *gyorsan mozgó meteor* összenyomta maga előtt. A meteor azért kezdett felforrósodni és a felszíne égni, mert érintkezett a *forró levegővel*. A meteor azért fékeződött le és került végül nyugalomba, mert a *kiöblösödő kráter* felfogta a mozgását.



Mechanikai és termikus jelenségek

Az elemzés során kiderült, hogy a mozgásfolyamatok közben változhat a testek hőmérséklete, halmazállapota is. A mechanikai jelenségeket termikus (hőtani) jelenségek kísérik. Azt is észrevettük, hogy ezeket a mechanikai és termikus jelenségeket, a hozzájuk kapcsolódó kölcsönhatások előidézését a testek megfelelő állapota hozta létre. A meteor elemzésekor dőlt betűvel kiemeltük azokat az állapotokat, amelyek a becsapódás folyamatának lépéseit kiváltották (messze volt, gyorsan mozgó, forró, kiöblösödő).

Az energia fogalma

A környezetünkben zajló folyamatok, jelenségek értelmezéséhez fontos a jelenségben részt vevő testek, anyagok állapotának megismerése abból a szempontból, hogy képesek-e újabb változást előidézni. A fizikusok ehhez a képességhez egy fizikai mennyiséget kapcsoltak, és az energia nevet adták neki. Az **energia** a testek, anyagok jelenség-előidéző képességének a mértéke. A talajon álló tekegolyónak nincs ener-

giája, nem képes a környezetében változást okozni. Ha gurul, akkor van energiája, képes változást okozni, például akkor, ha elébe teszünk tekebábukat. Ekkor az ütközés hatására szétlöki azokat. Ha nem teszünk elé semmit, attól még ez a képessége megvan, csak a kölcsönhatás nem következik be. A guruló tekegolyó alig képes felmelegíteni a körülötte lévő levegőt, illetve a talajt, a száguldó meteor viszont felforrósította. A száguldó meteornak nagyobb energiája van, mint a guruló tekegolyónak, mert kölcsönhatása nagyobb változást okozott a levegő hőmérsékletében.



A belső energia

A különféle állapotok energiáját energiafajtákba soroljuk. A forró levegő felmelegíti a meteort, a jégkocka lehűti az üdítőt. Minden testnek a hőmérsékletéből adódóan van olyan képessége, amellyel termikus jelenséget tud előidézni. Az ehhez kapcsolódó energiafajtát **belső energiá**nak nevezzük. Minél nagyobb a test hőmérséklete, annál nagyobb a belső energiája. A langyos fűtőtest kisebb változást tud okozni a hideg lakásban, mintha ugyanaz a fűtőtest forró lenne. A hőjelenségekről részletesen a következő fejezetben tanulunk.





A mechanikai energiák

A testek mozgásával, helyzetével, alakjával kapcsolatos energiafajtákat összefoglalóan mechanikai energiának nevezzük. Ezek közül az egyik a **mozgási energia**. A száguldó meteor, a guruló tekegolyó a mozgásukból adódóan képesek voltak változást előidézni. A mozgási energia nagysága a test sebességétől és a tömegétől is függ. A nagy tömegű és nagy sebességű testeknek nagy mozgási energiája van. Az álló testeknek nulla a mozgási energiája.

A **helyzeti energia** a testek azon állapotával kapcsolatos, amikor a test a Földhöz viszonyított helyze-



te miatt volt képes változást előidézni. Az elengedett labda leesik a földre vagy legurul a lejtő tetejéről, a magasról elengedett hinta lengésbe kezd. A jelenségek azért jöttek létre, mert a test messze volt a Földtől, magasan volt. Minél messzebb, minél magasabban van a test a földtől, annál nagyobb a helyzeti energiája. A földön lévő testnek nulla a helyzeti energiája.

A megfeszített rugó kilövi a flipper játék golyóját, a nehezékkel összenyomott rugó rezgésbe jön, a



megfeszített íj kilövi a nyilat. Ezeket a jelenségeket egy rugalmas test megfeszített alakja idézte elő, az ehhez kapcsolódó energiafajtát **rugalmas energiának** nevezzük. Egy jobban megfeszített flipperrugó nagyobb kilövést tud eredményezni, mint az enyhébben megfeszített. A feszítetlen rugalmas testeknek nulla a rugalmas energiájuk.



A jelenségek energetikai vizsgálata

A folyamatokban részt vevő testek energiáját vizsgálva rájöhetünk, hogy bizonyos testek energiája kisebb lesz, másoké nagyobb. Úgy tűnik, mintha egyes testek a jelenség közben energiát veszítenének, mások energiát nyernek. Amikor a flipper megfeszített rugóját elengedjük, mozgásba hozza az elé helyezett



golyót. A rugó folyamatosan veszít feszességéből, egyre kisebb lesz a rugalmas energiája. Eközben a golyó egyre nagyobb lendületet szerez a rugótól, egyre gyorsabban gurul előre, egyre nagyobb lesz a mozgási energiája. A bicikli kerekének blokkolásakor a kerék nem forog tovább, megcsúszik az aszfalton. A bicikli csúszik, majd megáll, sebessége rohamosan csökken. A jelenség alatt a bicikli mozgási energiája nullára csökken, eközben az aszfalt és a kerékgumi felmelegszik, amit az aszfalton hagyott keréknyom is jelez. A gumi és az aszfalt melegebb, belső energiájuk nagyobb lett.

A fizikusok kidolgoztak egy számítást, ami alapján pontosan meghatározhatják a testek különféle energiáinak nagyságát. Ez alapján igazolódott, hogy egy jelenségben részt vevő testek mechanikai és belső energiája a jelenség lezajlása alatt megváltozhat, de a testek összenergiája mindig ugyanakkora marad. Ez az **energiamegmaradás** törvénye. Ezért tűnik úgy, hogy a kölcsönhatás során energiaátadás történik, az egyik test energiát ad a másiknak. Az energia jele: *E*, mértékegysége James Joule angol fizikus tiszteletére: a joule (J). Nagy mennyiségek jelölésére használjuk a kilojoule (kJ) és a megajoule (MJ) mértékegységeket is. 1 kJ = 1000 J és 1 MJ = 1000 kJ

A munkavégzés

Tegyük fel, hogy egy ember akkora sebességgel sétál rá egy mozgólépcsőre, amekkora sebességgel az továbbviszi. Felemelkedik vele 5,2 m magasra, és a végén ugyanakkora sebességgel sétál le róla. A jelenség elején és végén az ember mozgási energiája ugyanakkora volt, a helyzeti energiája viszont változott, nagyobb lett, magasabbra került. A jelenséget a mozgólépcső okozta, hiszen az a talpát felfelé nyomta, méghozzá akkora erővel, amekkora nehézségi erő a talaj felé húzta az embert. Egy 80 kg tömegű ember esetében a nehézségi erő $F = m \cdot g = 80\ kg \cdot 10\ \frac{m}{s^2} = 800\ N$*, tehát a mozgólépcső 800 N-nal nyomta felfelé az embert. Ez az erőkifejtés eredményes is volt, mert az ember felemelkedett 5,2 m magasra. Az erőkifejtés eredményességét, tehát amikor egy test az erő hatására az erő irányába elmozdul, munkavégzésnek nevezzük, jele: W. Úgy is mondhatjuk, hogy a munkavégzés, vagy röviden munka az erőhatás sikere. A munka a kifejtett erő és az erő irányába tett elmozdulás szorzata.*

munka = erő · elmozdulás **$W = F \cdot \Delta x$**

Az erőt N-ban, az elmozdulást m-ben kell megadnunk a számításkor, így a munka mértékegysége Nm lesz, amit az energia mértékegységéhez hasonlóan joule-nak (J) jelölünk. A mozgólépcső munkája tehát $W = F \cdot \Delta x = 800\ N \cdot 5{,}2\ m = 4160\ J$*. Ugyanezzel az értékkel megadhatjuk a helyzeti energia megváltozását is, az ember helyzeti energiája nulláról 4160 J-ra nőtt.*

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A kölcsönhatásokat az abban részt vevő testek megfelelő állapota idézte elő. Az energia a testek, anyagok ezen jelenség-előidéző képességének a mértéke. A megismert energiafajták: a belső, a mozgási, a helyzeti és a rugalmas energia. Az energiamegmaradás törvénye szerint egy jelenségben részt vevő testek mechanikai és belső energiája a jelenség lezajlása alatt megváltozhat, de a testek összenergiája mindig ugyanakkora marad.

Az erőhatás sikere a munkavégzés, a munka az erő és az erő irányába történő elmozdulás szorzata.

energia **belső energia** **mozgási energia** **helyzeti energia**

rugalmas energia **energiamegmaradás**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Korábban tanultál a visszapattanásról. Írd le részletesen egy le-, majd visszapattanó labda energetikai elemzését! Használd a tanult energiafajtákat!

2. Ha összedörzsöljük a két kezünket, a súrlódás hatására felmelegszenek, belső energiájuk megnő. Keress még olyan jelenségeket, amelyekben mechanikai kölcsönhatás, vagyis erő hatására belsőenergia-változás történik!

3. Az elgurított labda a vízszintes talajon folyamatosan lassulva előbb-utóbb megáll. Hogyan tudod ezt a jelenséget az energiamegmaradás törvényével magyarázni? Térj ki az elgurítás folyamatára és a gurulásra külön-külön!

4. *Egy 160 g tömegű jégkorong csúszik egyenletes sebességgel a jégen, mivel a súrlódás fékező hatása elhanyagolható. A korongra a lefelé mutató nehézségi erő és a jég felfelé mutató tartóereje hat. A jégkorong jól láthatóan 0,8 métert elmozdult. Mi a véleményed a jelenségről, történt-e munkavégzés? Ha nem, szerinted miért nem? Ha igen, melyik erőnek tulajdonítod, és mekkora a munka nagysága?*

2. Az ember energiaszükséglete

Melyből kiderül, hogy honnan van az embernek energiája, és ha kevés van, honnan szerezhet még, hogy mik azok az energiahordozók, és hogyan működik egy erőmű.

Az ember biológiai energiaszükséglete

Eddigi vizsgálataink során a mozgás előidézői sokszor mi magunk voltunk. Összenyomtunk egy rugót, felemeltünk egy labdát, elgurítottunk egy kiskocsit. Ez azt jelenti, hogy nekünk is van energiánk, és a mozgatás során el is fáradunk, csökken az energiánk. Izmaink a létfenntartásért folyamatosan dolgoznak, mozgásban vannak, energiánk folyamatosan csökken. Az átadott energiát máshonnan kell pótolni, és ezt a szervezet a táplálékból nyeri. A táplálkozás során az élelmiszer energiája csökken, a szervezet energiája ugyanannyival nő. Az átadott energia az élelmiszer tápértéke, más néven energiatartalma.





Az ember kényelmi energiaszükséglete

Az őskortól kezdve az ember maga körül olyan körülményeket próbál teremteni, hogy létét kényelmesebbé, komfortosabbá tegye. Ehhez eszközöket, gépeket, eljárásokat használ, melyek működéséhez szintén energiára van szüksége. Egyszerű gépeket használva kevesebb izomerővel lehet a terheket mozgatni, de ugyanannyi energiát emészt fel a használatuk, mintha azok nélkül dolgoznánk. Az igazi kényelmi megoldás, ha az energiát nem mi, hanem valami más adja. **Energiahordozó**nak nevezzük azt az anyagot vagy jelenséget, melyből megfelelő eljárással energiát nyerünk ki, és azt saját hasznunkra fordítjuk. Ezek szerint energiahordozó lehet például az élelmiszer is, az eljárás pedig a táplálkozás, amivel energiát nyerünk. A következőkben a legfontosabb energiahordozókkal ismerkedünk meg.



Zöldenergia

Az ember tápláléka állati és növényi eredetű. A tápláléklánc végén a növények állnak, a láncban a kapcsolatok jelzik az energiaátadást. A növények az energiát a Napból nyerik. A napfény tehát energiahordozó, energiáját napenergiának nevezzük. A Nap sugárzása folyamatosan napenergiát szállít a Földre. A napsugarak energiáját fel is tudjuk használni. A napkollektorok a napenergiát a bennük keringő víz vagy egyéb folyadék melegítésére fordítják, a napelemek a napenergiával elektromos áramot termelnek. A napsugarak a levegőben légmozgást, szelet idéznek elő, illetve a Földön a víz körforgásának fenntartója: a pára felemelkedik, ami után az aláhulló csapadékból patakok, folyók lesznek. A szél és a lefolyó víz szintén energiahordozó, a szélenergiát és a vízenergiát régen áruszállításra, közlekedésre (vitorlás, tutaj, uszály), vagy például a malomkő megforgatására használták (szélmalom, vízimalom). A napsugarak által melegen tartott talaj és légkör belső energiájának egy része szintén kinyerhető, az ebből származó energiát geotermikus energiának nevezzük.

A fenti energiahordozók közös tulajdonsága, hogy a Nap sugárzása miatt folyamatosan rendelkezésünkre állnak. A belőlük kinyert, gyakorlatilag kimeríthetetlen energiát **zöldenergiá**nak nevezzük. A zöldenergiát megújuló energiahordozók szolgáltatják.







Fosszilis energia

Az évmilliárdok alatt elhullott és lebomlott növények és állatok maradványaiból, a fosszíliákból képződik a talajban a kőszén, a kőolaj és földgáz. Ezen anyagok – melyeket gyűjtőnéven fosszilis tüzelőanyagoknak nevezünk – energiahordozók, hiszen elégetésükkel energiát nyerünk belőlük, például kellemes meleget, fényt adnak. A fosszilis tüzelőanyagok kitermelése nem könnyű feladat, és a belőlük kinyerhető, korlátozott mennyiségű **fosszilis energia** előbb-utóbb el fog fogyni.

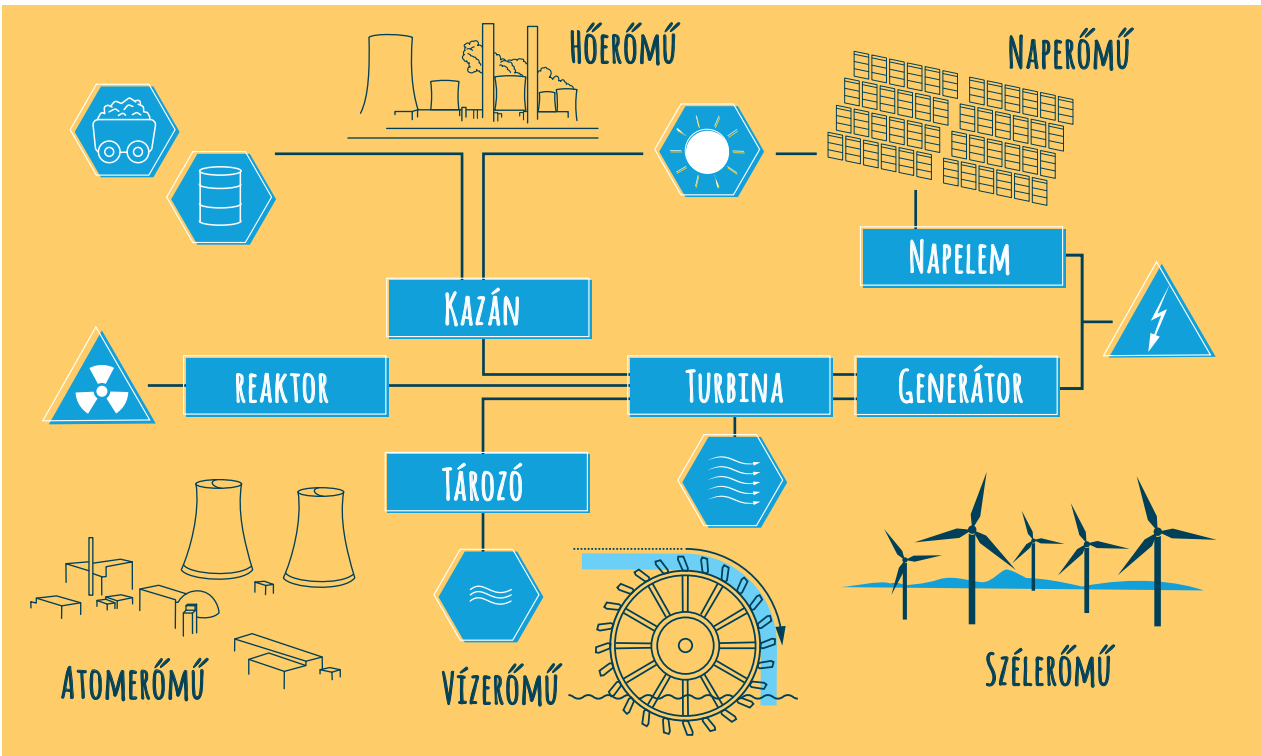




Erőművek

A zöldenergiát és a fosszilis energiát szolgáltató energiahordozókat sok esetben nem közvetlenül használják fel, hanem átalakítják más, könnyebben kezelhető energiahordozóvá. Például a kőolajból benzin, dízelolaj vagy kerozin készül, melyek a járművek üzemanyagai lehetnek. Kőszénből készítenek kokszot vagy brikettet, melyek nagyon jó fűtőanyagok.

Napjaink legfontosabb átalakított energiahordozója az elektromos áram, mely elektromos, más néven villamos energiát biztosít számunkra. A különféle erőművek feladata a természetből kinyert energiahordozók átalakítása elektromos árammá. Az erőművek legfontosabb berendezése a generátor, mely mozgási energiát alakít át villamos energiává. A generátort egy másik berendezés, a turbina forgatja meg. A lapátkerekek általában a gőz, a víz vagy a szél áramlásából származó energiát alakítják át mozgási energiává. Az alkalmazott mód határozza meg az erőmű fajtáját. Az erőműfajták energiaátalakítása az alábbi grafikán látható.



Energiahordozók a háztartásban

A háztartásokban sokféle energiahordozót használnak. A legfontosabbak az elektromos áram, valamint a különféle tüzelő- és üzemanyagok. Az utóbbiak tulajdonsága, hogy elégetésükkel kapjuk az energiát, a kinyerhető energiatartalomról a tüzelő- és üzemanyagok fűtőértéke tájékoztat. Ez a fizikai mennyiség megmutatja, hogy az anyagból egységnyi mennyiséget, általában 1 kg-ot vagy 1 m^3-t elégetve hány J energiához jutunk. Néhány anyag fűtőértéke az alábbi táblázatban látható.

Ezeken kívül a földgáz fűtőértéke 37 $\frac{MJ}{m^3}$.

Üzemanyag/ tüzelőanyag	Fűtőérték $\left(\frac{MJ}{kg}\right)$
Fa	15
Szalma	17
Kőszén	30
Viasz	45
Benzin	43
Gázolaj	43
Alkohol	20
Petróleum	43

Ez azt jelenti, hogy 1 m^3 földgáz elégetésével 37 MJ energiát nyerünk.

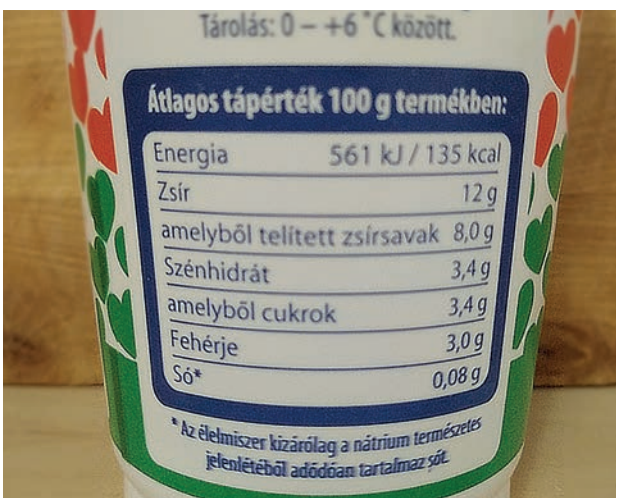
A háztartásokban tüzelőanyagként leggyakrabban földgázt használnak, de melegítenek és fűtenek fával, szénnel is. A nagyvárosok soklakásos társasházaiban távfűtést is alkalmaznak, ilyenkor a háztartás az égetéssel felforrósított vizet kapja, az energiahordozó ebben az esetben a meleg víz.

A háztartások használhatnak zöldenergiát, elsősorban napenergiát és geotermikus energiát, amelyeket napkollektorok, napelempanelek, hőszivattyúk alakítanak át. A járművek működtetéséhez elektromos áramot, benzint, dízelolajat, sőt autógázt (LPG) is használunk. És ne feledkezzünk meg az élelmiszerekről sem, melyek szintén fontos energiahordozók egy háztartásban. Az élelmiszerekből kinyerhető energiáról a címkén lévő tápérték ad információt. Régen az élelmiszerekből kinyerhető energiát kalória (cal) vagy kilokalória (kcal) egységekben adták meg, ma már emellett kJ-ban is fel kell tüntetni a tápértéket.









Kidolgozott feladat

Példa a fűtőérték felhasználására

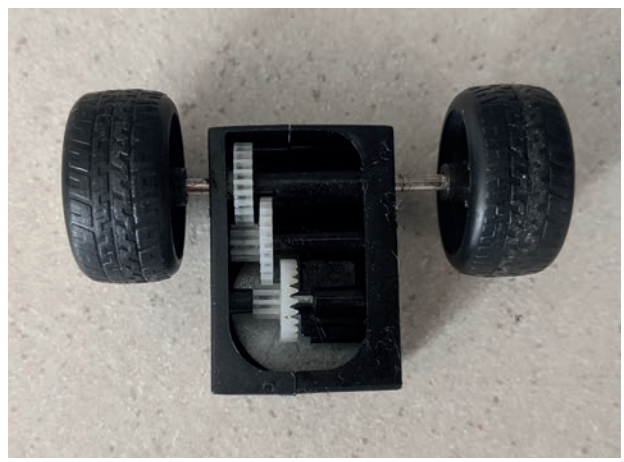
Kérdés: Mennyi energiát biztosít az önkormányzattól kapott 5 mázsa tűzifa?

Válasz: A táblázatból kikeressük a fa fűtőértékét. Ez egy átlagérték, mert a fűtőérték függ a fa fajtájától és nedvességtartalmától is. A 15 $\frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$ fűtőérték azt jelenti, hogy 1 kg tűzifa elégetésével 15 MJ, azaz 15 millió J energiát nyerünk ki. Az 5 mázsa tűzifa 500 kg tömegű, így a kinyerhető összes energia a 15 MJ 500-szorosa, azaz 500 · 15 MJ = 7500 MJ. Tehát mintegy 7500 MJ energiát biztosít a kapott 5 mázsa tűzifa.

Energiatárolók

A legtöbb energiahordozót akkor alakítjuk át és nyerünk ki belőle energiát, amikor éppen szükségünk van rá. Néhány esetben erre nincs mód, ilyenkor megpróbáljuk valamilyen eljárással megőrizni, felhalmozni a kinyert energiát. Az elektromos áramot kis mennyiségben akkumulátorokban tudjuk tárolni. A gyenge sodrású folyókat gátokkal fel lehet duzzasztani, a víztározóból pedig a kellő időben erős vízáramlatot tudunk biztosítani. Egy összenyomott rugó vagy a sűrített levegő is energiatároló, hiszen a kellő időben képes energiát biztosítani. A lendkerekes játékautó felpörgetésekor a gyorsan forgó lendkerék tárolja az energiát, majd adagolja a kerekeknek, hogy előre tudjon haladni az autó.







Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

Az embereknek biológiai és kényelmi szempontból is fontos a környezetéből energiát nyernie. Az energiahordozókból megfelelő eljárással energia nyerhető ki, ez lehet zöldenergia vagy fosszilis energia is. Legfontosabb energiahordozók a napfény, az áramló víz, a szél, a tüzelő- és üzemanyagok, az élelmiszerek. Különféle erőművekkel elektromos áramot állítanak elő, mely villamos energiát biztosít. Az égetéssel vagy emésztéssel kinyerhető energia mennyiségét a fűtőértékből, illetve a tápértékből határozhatjuk meg. Bizonyos eljárásokkal megoldható az energiatárolás is.

energiahordozók **zöldenergia** **fosszilis energia**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Reggelizz úgy, mint egy király, ebédelj úgy, mint egy polgár, és vacsorázz úgy, mint egy koldus – tartja a közmondás. Szerinted mi ennek a kapcsolata a leckében tanultakhoz?



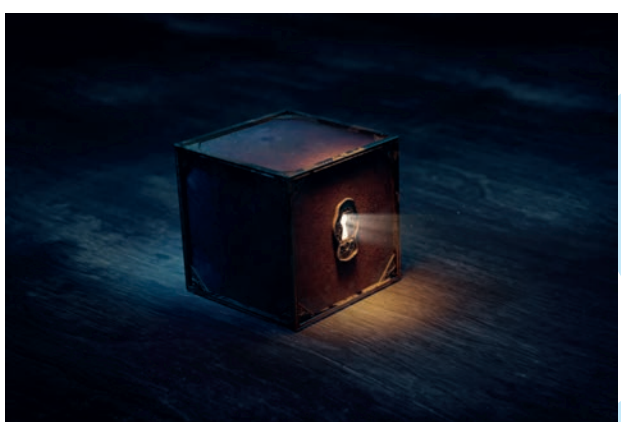


2. Keress különleges, a leckében nem említett energiahordozókat, amelyekkel járműveket működtetnek, házakat vagy lakásokat fűtenek, esetleg valamilyen háztartási gépet üzemeltetnek! Mutasd be a talált példákban a különleges energiahordozót és az energiaátalakítás módját is!

3. Készíts egy tablót, térképet vagy infografikát a magyarországi erőművek rövid bemutatásáról (hol találhatók, milyen energiahordozót használnak, milyen régóta működnek és hazánk villamos energiájának körülbelül hány százalékát adják)!



4. Nézz utána, hogy az őskortól napjainkig milyen energiahordozókkal és milyen eljárásokkal, eszközökkel világítottak az emberek a sötétben! Keress minél többféle megoldást!



3. Az energia felhasználása a háztartásokban

Melyből megtudjuk, hogy mit árul el egy gép teljesítménye és fogyasztása, és miért érdemes ismerni ezeket, valamint hogy miért kell rezsit fizetni.

A folyamatok energetikai vizsgálata

Egy meteorhullás természeti jelenség, tőlünk független körülmények idézik elő a folyamat lezajlását. Ez alatt bizonyos energiafajták megváltoznak: a meteor helyzeti és mozgási energiája csökken, miközben a meteor és a levegő belső energiája nő. De minden pillanatban az összenergia ugyanannyi marad. Azt mondjuk, energiaátalakulás történt, a mozgási és helyzeti energia egy része átalakult belső energiává.

Egy folyamatot mesterségesen is elő tudunk idézni, ilyenkor energiaátalakításról beszélünk. Az energiahordozókból gépekkel, berendezésekkel, eljárásokkal energiát nyerünk, pontosabban energiaátalakítást végzünk a magunk hasznára. Ennek az energiaátalakításnak két jellemző fizikai mennyisége van: az energiaváltozás mértéke és az energiaátalakítás időtartama.

Energiaváltozás: $\Delta E = E_{\text{végállapot}} - E_{\text{kezdeti állapot}}$

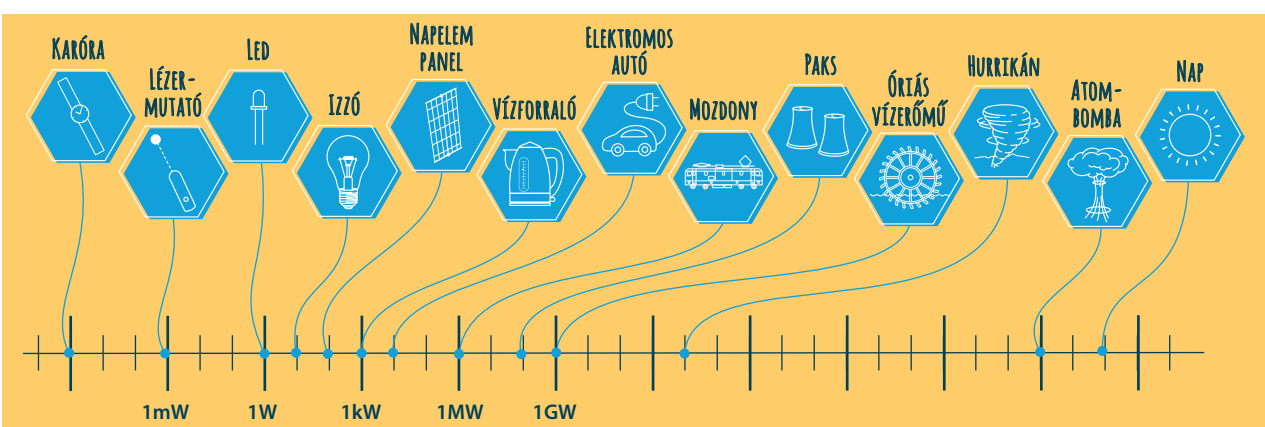
Időtartam: $\Delta t = t_{\text{végállapot}} - t_{\text{kezdeti állapot}}$

Az energiaátalakítás gyorsasága

Számunkra akkor kedvező az energiaátalakítás, ha minél rövidebb időtartam alatt minél nagyobb energiaváltozást tudunk előidézni, hiszen így gyorsan sok energiát nyerünk. Az energiaátalakítás gyorsaságát jól kifejezi a folyamat alatt történt energiaváltozásnak és a folyamat időtartamának a hányadosa. Ezt a hányadost **teljesítmény**nek nevezzük, jele: *P*.

$$\text{teljesítmény} = \frac{\text{energiaváltozás}}{\text{időtartam}} \qquad P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

A teljesítmény mértékegysége a $\frac{\text{J}}{\text{s}}$, amit James Watt skót mérnök tiszteletére wattnak (W) nevezünk. Watt az általa fejlesztett gőzgépek teljesítményét még nem számítással határozta meg, hanem az akkori bányalovak teljesítményével hasonlította össze. Innen származik a teljesítmény régi mértékegysége, a lóerő (LE). 1 LE körülbelül 740 W teljesítménynek felel meg. A teljesítmény nagyságrendi skáláját néhány példával az alábbi ábra tünteti fel:



Néhány háztartási berendezés teljesítménye:

kvarcóra	0,001–0,005 mW	**mikrohullámú sütő**	600–2500 W
számológép	1–50 mW	**porszívó**	~700 W
okostelefon	~200 mW	**mosógép**	1500–2500 W
LED lámpák	7–18 W	**vasaló**	1200–1800 W
televízió	50–100 W	**villanytűzhely**	1500–4500 W
számítógép (laptop)	40–250 W	**bojler**	1200–3000 W
hűtőszekrény	60–100 W	**klímaberendezés**	2000–3000 W

Gépek energiafogyasztása

Egy mosógépen elindítunk egy mosási programot. A mosás folyamatához a mosógép villamos energiát, vizet és tisztítószereket használ. A felvett villamos energia egy részét mozgási energiává alakítja a szivattyú, hogy képes legyen be- és kiszivattyúzni a vizet, és a motor, hogy képes legyen megforgatni a dobot. A felvett villamos energia másik részét a fűtőszál belső energiává alakítja, így képes a beszívott víz melegítésére. A felvett elektromos energia maradék része a kijelzők világítását szolgálja. A mosási idő, azaz a gép működési idejének hossza a mosógép programjától függ.

A háztartási gépek, eszközök és berendezések az általuk felvett energiát a teljesítményüknek megfelelően bizonyos idő alatt átalakítják. Ezt az időt üzemidőnek vagy üzemeltetési időnek is nevezzük. A gépek által felvett energia mennyiségét **energiafogyasztás**nak nevezzük. Az energiafogyasztás mértékét (ΔE) az előbb megismert teljesítményből (P) és az üzemidőből (Δt) kiszámíthatjuk: $\Delta E = P \cdot \Delta t$. A számítás alapján a watt és másodperc szorzatából (Ws) joule mértékegységet (J) kapunk. A legtöbb háztartási gép teljesítménye a kilowatt (kW) nagyságrendjébe esik, üzemidejüket legkényelmesebb órában (h) megadni, ezért az energiafogyasztásnak egy másik, háztartásokban használt mértékegysége a kilowattóra (kWh), melyet szükség esetén J-ba is átválthatunk.

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} =$$
$$= 3{,}6 \text{ millió Ws} = 3{,}6 \text{ millió J}$$



Kidolgozott feladat

Példa a gépek teljesítményének, energiafogyasztásának meghatározására

Kérdés: Egy mosógép műszaki adatai között feltüntetik, hogy évi 220 mosáshoz 122 kWh energiát használ fel. A használati útmutató szerint 94 perc alatt végez a mosással. Mekkora a mosógép teljesítménye?

Válasz: Egy adag ruha mosásához a 122 kWh energiafogyasztás 220-ad része szükséges, ami 0,555 kWh energiaváltozásnak felel meg. Használjuk a teljesítmény kiszámításához a tanult összefüggést: $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$. Gondoljuk végig, hogy ha a számlálóban lévő kWh mértékegységet a nevezőben h mértékegységgel oszt-

juk, akkor az eredményt kW-ban kapjuk meg. Ehhez váltsuk át a mosási időt órába: 94 min = 1,57 h. Tehát:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{0{,}555 \text{ kWh}}{1{,}57 \text{ h}} = 0{,}354 \text{ kW} = 354 \text{ W}$$

Tehát a mosógép teljesítménye a számítások szerint 354 W. Az eredmény azt is jelenti, hogy másodpercenként 354 J energiát alakít át a mosógép.



Kérdés: Peti és Pali ikrek. Peti segít a szüleinek, levágja a kertben a füvet. Pali inkább a számítógépes játékával van elfoglalva. Ki használt több energiát? Peti fűnyírója 1400 W-os és 18 perc alatt végzett a munkával, Pali 2,5 óra játékidőt töltött a gépén, miközben a laptop teljesítménye 170 W volt.

Válasz: Az energiafogyasztásokat kWh mértékegységben adjuk meg, ehhez az adatokat a megfelelő mértékegységre váltjuk át.

Peti energiafogyasztása: $\Delta E_{\text{Peti}} = P \cdot \Delta t =$
$= 1400 \text{ W} \cdot 18 \text{ perc} = 1{,}4 \text{ kW} \cdot 0{,}3 \text{ h} = 0{,}42 \text{ kWh}$

Pali energiafogyasztása: $\Delta E_{\text{Pali}} = P \cdot \Delta t =$
$= 170 \text{ W} \cdot 2{,}5 \text{ h} = 0{,}17 \text{ kW} \cdot 2{,}5 \text{ h} = 0{,}425 \text{ kWh}$

Tehát Pali valamivel több energiát használt el, de gyakorlatilag azonos volt a fogyasztásuk.



Az ember energiafogyasztása

A szervezetünk az élelmiszerekben lévő tápanyagokból veszi fel az energiát. Alapvetően háromféle tápanyag biztosít energiát: a szénhidrátok (köztük a cukrok), a fehérjék és a zsírok. A felvett tápanyagokból nem azonnal nyeri ki a szervezet az energiát, hanem raktározza azt. A fehérjéket az izmok, a zsírokat a zsírszövetek, a cukrokat kis mennyiségben a vér és az izmok tárolják, a többi szénhidrát zsírrá alakul, és raktározódik. A felhalmozott energiát az izmok használják a mozgáshoz. Rendszeres és egyenletes mozgás esetén erre a zsírokból nyerik az energiát. Hirtelen, gyors és erős izommozgás esetén viszont rövid idő alatt sok energiára van szükség, ilyenkor a cukrok és a fehérjék is besegítenek. A mozgáson





kívül energiát használunk a testhőmérséklet fenntartásához, az agyműködéshez. A szellemi tevékenység sok energiát emészt fel. A fel nem használt energia a szervezetben marad a zsírszövetekbe elraktározva. Egészséges életünket a megfelelő mértékű táplálkozás és testmozgás egyensúlya biztosítja.

Az energia piaca

A háztartások számára szükséges energiát meg kell vásárolnunk, az energiának ára van. Különféle energiaszolgáltatók kínálják a villamos energiát, a gázt, a távfűtést. De meg kell vásárolnunk az üzemanyagot és az élelmiszert is.

A háztartások villamosenergia-fogyasztását a villamos fogyasztásmérő, villanyóra méri kWh-ban. A gázfogyasztást a gázmérő m^3-ben méri, a távfűtés esetében az épületbe szállított melegvíz által leadott energiamennyiséget határozzák meg gigajoule-ban (GJ), 1 GJ = 1000 MJ. A szolgáltatók a mérés alapján a díjak figyelembevételével számlát állítanak ki, melyen a felhasznált energia ellenértéke, ára szerepel.

A háztartás fenntartásához és működéséhez tartozó költségeket a köznyelv röviden rezsinek nevezi.



Kidolgozott feladat

Példa a gépek energiafogyasztásának árára

Kérdés: Samu a konyhai vízforralóval készített reggel forró vizet. A gépen látta, hogy 2200 W a teljesítménye, és azt is megmérte, hogy 2 perc 25 másodperc alatt forrt fel a víz. Ki akarta számolni, hogy mennyibe kerül a vízforralás, ezért elkérte édesapjától a villanyszámlát. Ezen azt látta, hogy az előző hónapban összesen 350 kWh energiát fogyasztottak, és ezért 13 300 Ft-ot fizettek. Hogyan számolhatott Samu?

Válasz: Samu először kiszámolta a vízforraló energiafogyasztását:

$$\Delta E = P \cdot \Delta t = 2200\ \text{W} \cdot 2\ \text{min}\ 25\ \text{s} =$$
$$= 2{,}2\ \text{kW} \cdot 0{,}0403\ \text{h} = 0{,}08866\ \text{kWh}$$

Ezután Samu arányosan következtetett. Ha 350 kWh energia 13 300 Ft-ba kerül, akkor 1 kWh energia a 350-ed részébe, azaz $\frac{13\,300\ \text{Ft}}{350} = 38$ Ft-ba. Így 0,08866 kWh energia 0,08866-szor 38 Ft-ba, azaz 3,37 Ft-ba kerül.



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A természeti jelenségekben energiaátalakulás, a mesterségesen előidézett folyamatokban energiaátalakítás történik. Az energiaváltozás gyorsasága a teljesítmény, ami az energiaváltozásnak és a folyamat időtartamának hányadosa. A gépek által felvett energiamennyiséget energiafogyasztásnak nevezzük.

Az ember a tápanyagokban lévő szénhidrátokból, fehérjékből és zsírokból nyeri az energiát, a szervezet nagyrészt zsírok formájában tárolja a fel nem használt energiát.

Az energiának ára van, a rezsit a különféle szolgáltatóknak fizetjük.

teljesítmény **energiafogyasztás**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Egy úszóverseny döntőjében nyolc, egyenlő tömegű úszó versenyez. Hasonlítsd össze a dobogós versenyzők futamidejét, teljesítményét, energiafogyasztását a verseny ideje alatt!



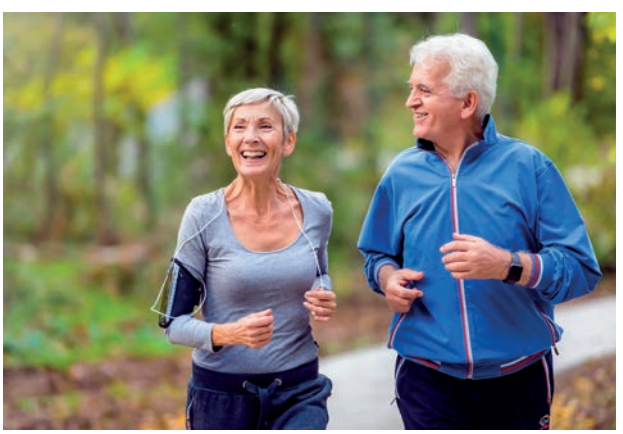
2. Egy versenyautó és egy versenykamion teljesítménye is 1000 lóerő körüli. Csúcssebességük mégis jelentősen különbözik. Mit gondolsz, mi lehet ennek az oka?



3. A leckében lévő mosógép energiafogyasztásának elemzéséhez hasonlóan vedd végig, és mutasd be társaidnak egy hajszárító és egy benzines fűnyíró energiafogyasztását!



4. Az emberi szervezet energiaifogyasztását több tényező is befolyásolja, például az életkor, a nem, a testsúly, a különféle tevékenységek (fizikai aktivitás), a környezet hőmérséklete. Mit gondolsz, hogyan? Milyen esetekben nagyobb, illetve kisebb az energiafogyasztás mértéke?

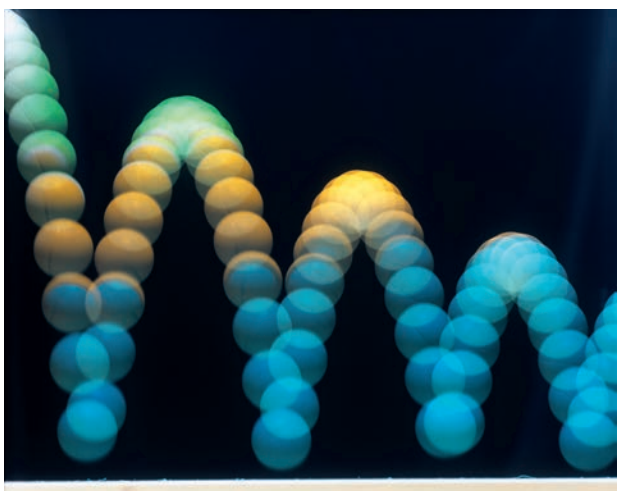


4. Az energiaátalakítások környezeti hatásai

Melyből kiderül, hogy miért nem pattan vissza a labda az eredeti magasságára, valamint hogy miért és hogyan takarékoskodjunk az energiával.

Az energiaátalakítás hatékonysága

Engedjünk el egy labdát! A labda pattan, de az emelkedése nem éri el az eredeti szintet.



A labdának kezdetben helyzeti energiája volt. Az esés alatt ez folyamatosan átalakult mozgási energiává. Az ütközéskor átalakult egyrészt rugalmas energiává, másrészt belső energiává, amivel a labda és a talaj valamivel melegebb lett. Visszapattanáskor a rugalmas energia átalakult mozgási energiává, majd az emelkedés alatt folyamatosan helyzeti energiává. A folyamatban az energia egy része olyan energiává alakult (belső energia), amely a visszapattanás szempontjából szükségtelen volt. Egy folyamat vagy egy gép működésének hatékonysága azt mutatja meg, hogy a felvett energia mennyi részét fordítja az adott feladat elvégzésére. A felvett energia többi része a feladat szempontjából haszontalan, ezt energiaveszteségnek nevezzük. Minden energiaátalakításnak van valamekkora energiavesztesége.

Kidolgozott feladat

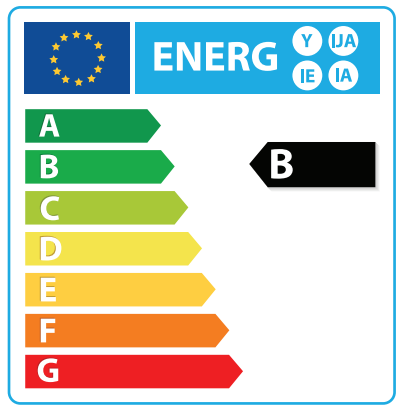
Példa az energiaveszteség meghatározására

Nézzük meg egy kerti szivattyú műszaki adatait! Feltüntetik a teljesítményt, az átáramlott vízhozamot, valamint a szállítási magasságot. Például egy ilyen gép teljesítménye 1100 W, azaz másodpercenként 1100 J villamos energiát használ fel a működéséhez. A vízhozama 2500 $\frac{liter}{óra}$*, tehát másodpercenként* $\frac{2500}{3600}$ *= 0,694 liter vizet szivattyúz fel, ami a víz sűrűségének ismeretében 0,694 kg tömeget jelent. A szállítási magassága 46 méter, ez azt is jelenti, hogy a szivattyú 1 másodperc alatt a 0,694 kg tömegű vizet* $F = m \cdot g = 0{,}694\ kg \cdot 10\ \frac{m}{s^2} = 6{,}94\ N$ *erővel emel fel 46 m magasra. A szivattyú munkája:* $W = F \cdot \Delta x = 6{,}94\ N \cdot 46\ m = 319\ J$ *minden másodpercben. Tehát a szivattyú 1 másodperc alatt 1100 J energiát vesz fel és 319 J energiát használ el a szivattyúzásra. Az energiaveszteség másodpercenként 781 J, ez az energia a talaj, a víz, a szállítócső és a szivattyú belső energiáját növeli, azaz melegednek. Az energiaátalakítás hatékonyságát az elhasznált és a felvett energia arányával is kifejezhetjük, ez az érték a hatásfok. A szivattyú hatásfoka* $\frac{319}{1100} = 0{,}29$*, azaz 29%.*



Az energiacímke

Az általunk használt gépek, berendezések akkor hatékonyak, ha minél kevesebb energiafogyasztással és minél kevesebb energiaveszteséggel működnek. Vásárláskor a műszaki adatok mellett ma már külön energiacímke tájékoztat bennünket ezekről. Az energiacímkén az energiafogyasztás mértéke mellett az energiahatékonyságot egy színsávon jelölt, *A*-tól *G*-ig betűzött kategóriába sorolják. A zöld színű *A* jelzés a leghatékonyabb berendezés.



Az energiatermelés

A szükséges energia előállítása, azaz az energiatermelés költséges, és terheli a környezetet is. A fosszilis tüzelőanyagokat ki kell termelni. A szénbányák eltüntetik a talajvizet, az olajfúrók a tengervizet szennyezhetik. A fakitermeléssel az erdőterületek csökkennek. Nagy kár éri az állat- és növényvilágot is. Meg kell oldani az energiahordozók szállítását is. A szenet leginkább vagonokban, az olajat, földgázt tartályokban szállítják hajón, vasúton, esetleg repülőn, de csővezetéken is szállítható. Az elektromos áramot távvezetékeken szállítják a felhasználóhoz. A fosszilis energiát égetéssel alakítják át az erőművek vagy például a gépjárműmotorok, az égés melléktermékei: a hamu, korom, füst, szén-monoxid, kén-dioxid, szén-dioxid. Ezek szennyezik a levegőt, egészségkárosítók.



Energiabiztonság

Az emberiség egyre több gépet használ és egyre több energiát fogyaszt, miközben a fosszilis tüzelőanyagok lelőhelyei kimerülőben vannak. A szén és az olaj ugyan még nem mondható drága energiahordozónak, de idővel egyre drágább lesz. A kimeríthetetlen zöldenergiát eddig kevésbé használtuk ki, de a mérnöki fejlesztéseknek köszönhetően egyre nagyobb szerepet kap. A harmadik lehetőség a nukleáris energia felhasználása atomerőművekben, illetve egy fúziós erőmű működtetésének lehetősége, amin napjainkban is sok kutató dolgozik.

Az **energiabiztonság** azt jelenti, hogy az emberiség számára a szükséges mennyiségű energia elérhető legyen megfizethető áron, és úgy, hogy a környezetet a lehető legkevésbé terheljük. Ennek megvalósításán nemzetközi szervezetek, államok, cégek, tudósok és mérnökök dolgoznak.



Energiatakarékosság a háztartásban

Környezetünkért és az energiabiztonságért mi magunk is tehetünk. Az **energiatakarékosság** révén egyrészt kevesebbet fizetünk, másrészt a fel nem használt energiát nem kell kitermelni, szállítani, tárolni, és kevésbé szennyeződik a környezet is.

A háztartások energiaszükségletének jelentős része fűtésre, hűtésre fordítódik. Ezt az energiát csökkenthetjük például termosztát beszerelésével, amit akár már okostelefonról is szabályozhatunk. A termosztát érzékelői segítségével vezérli a fűtőberendezést, hogy csak a szükséges mennyiségben szolgáltasson energiát, ne legyen túlfogyasztás. Sokat jelent a falak hőszigetelése vagy korszerű, több légkamrás nyílászárók használata. Ezek nagymértékben csökkentik az épületből eltávozó energia mértékét. Megoldást jelenthet a fűtésrendszer korszerűsítése, cseréje, ami nagy, ám kifizetődő beruházás lehet. Energiát takaríthatunk meg a megfelelő módú szellőztetéssel is.





A villamos energiával is takarékoskodhatunk. Célszerű a világítást a drágább, de korszerű LED-lámpákkal megoldani, és akkor és ott világítsunk csak, amikor és ahol szükség van rá. Sok elektromos berendezés alkalmazza a készenléti üzemmódot, amelyben ugyan keveset, de mégis fogyaszt energiát. Ezeket a készülékeket hosszabb távollét esetén áramtalanítsuk. Ha módunk van rá, cseréljük le régi berendezéseinket energiatakarékos készülékekre, illetve használjuk a gépek energiatakarékos (ECO) üzemmódját, ha van ilyen.

Új épületeket, házakat már csak olyan technológiával lehet építeni, illetve ellátni, amely közel nulla energiaigényű (KNE). A passzívházakhoz hasonlóan ezek az épületek kevés energiával fenntarthatók, energiahatékonyak, és energiaigényük legalább negyedét zöldenergiából fedezik.



Energiatakarékosság a közlekedésben

Magyarország teljes energiafelhasználásának mintegy harmadát a közlekedésre (személy- és áruszállítás, posta) fordítja. A közlekedés jelentősen szennyezi a levegőt, a dugókban a hatás még jobban felerősödik, a benzin ára is fokozatosan emelkedik. Mindezek miatt fontos az energiatakarékosság a közlekedésben. A fejlesztőmérnökök munkája következtében egyre korszerűbb, energiahatékony járművek, új technológiák születnek, a közlekedésmérnökök újratervezik és újraszervezik az útvonal-

hálózatot, a forgalomirányítást. Mi magunk is takarékoskodhatunk, ha előnyben részesítjük a gépjármű helyett a kerékpározást, gyaloglást, a személygépkocsik helyett a közösségi közlekedést, a benzines vagy dízelautó helyett a hibrid vagy elektromos meghajtású autókat.

Megoldás lehet az is, ha magát a közlekedést próbáljuk csökkenteni. Ha helyi árut vásárolunk, ha közel van az iskola, munkahely, ha lehetőség van távoktatásra, távmunkára, akkor jelentősen csökkenhet a személy- és áruszállítás.



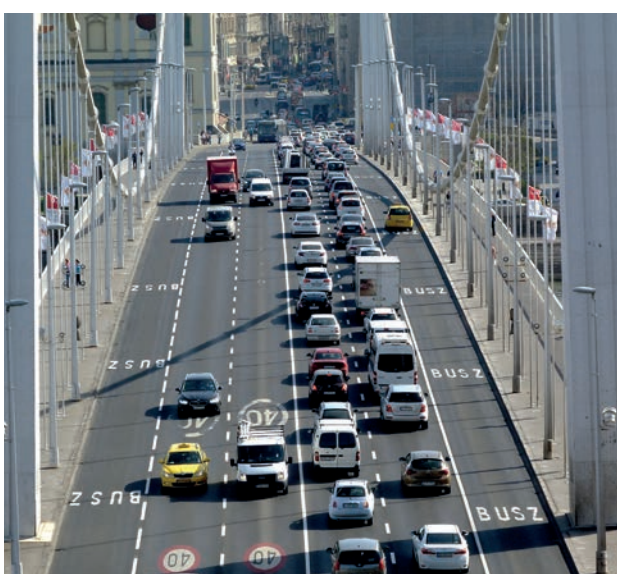
Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

Egy folyamat vagy gép az általa felvett energia egy részét hasznosítja, a többi része energiaveszteség. A két energia aránya határozza meg egy gép hatékonyságát. A gépek energiahatékonyságát energiacímkén tüntetik fel. Az energiatermelés megterheli, szennyezi a környezetet, melléktermékei károsítják az egészséget. A lakosság megfizethető áron, a számára szükséges energiához tud jutni, miközben igyekszik kevésbé szennyezni környezetét, ez az energiabiztonság. Mérnökök, állami és gazdasági szereplők, de mi magunk is sokat tehetünk az energiatakarékosság jegyében.

energiabiztonság **energiatakarékosság**

Megoldandó problémák, feladatok

1. A budapesti utcákon rengeteg autót látni, amelyikben csak a vezető utazik. Tudni való, hogy a benzin elégetésével nyert energia mintegy ötöde fordítódik a meghajtásra, a négyötöde a motort és a környezetet melegíti. Ráadásul a 80 kg tömegű utason kívül az 1100 kg tömegű autót is mozgatni kell. Mit gondolsz, mennyire hatékony egyedül autózni? Számszerűen is ki tudod ezt fejezni?



2. Porszívót szeretnél vásárolni, és több porszívó közül kell választanod. Szerinted mik azok a szempontok, amiket figyelembe kell venni a vásárlásnál? Segít, ha megnézed egy porszívó energiacímkéjét, de ezen kívül biztos van még egyéb szempont is.

3. A zöldenergia felhasználása környezetkímélőbb megoldásnak tűnik a fosszilis energiánál. Azonban a zöldenergia felhasználásának is vannak korlátai, és adódhatnak környezetkárosítások. Mit gondolsz, mik lehetnek ezek?

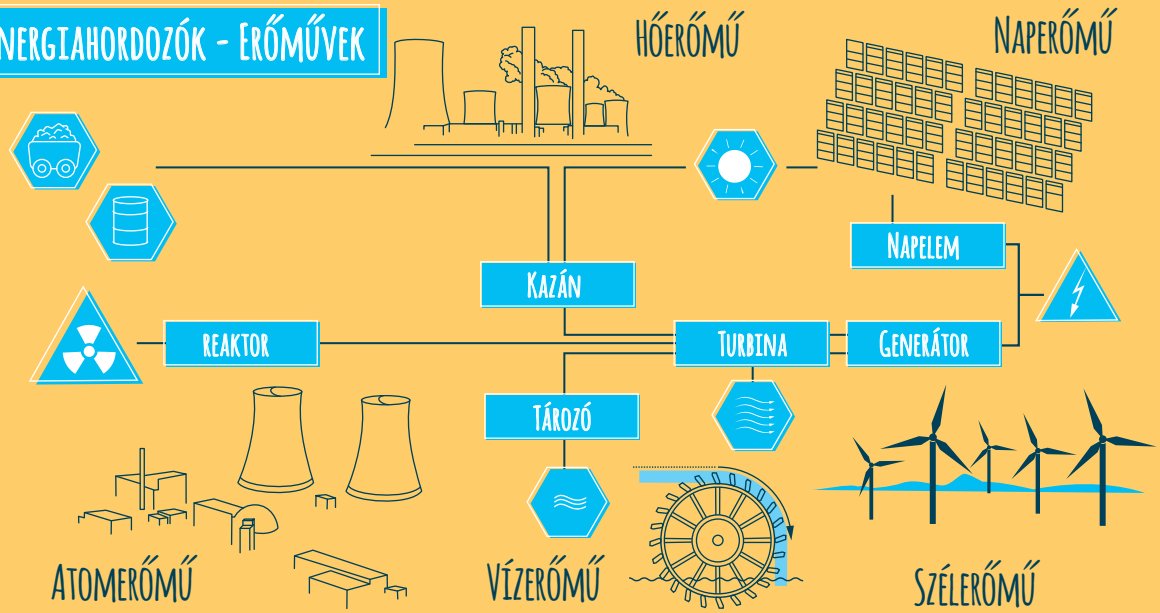
4. Mutasd be osztálytársaidnak, hogy te és a családod milyen energiatakarékossági megoldásokat, módszereket, ötleteket alkalmaztok, vagy esetleg milyeneket terveztek a közeljövőben akár a háztartásban, akár a közlekedésben!

Energia = jelenség-előidéző képesség mértéke

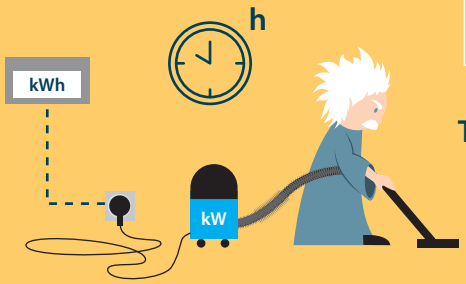


Fajtái: Belső energia | Mozgási energia | Helyzeti energia | Rugalmas energia

Energiahordozók - Erőművek



Energiafogyasztás



Teljesítmény: $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$

Fogyasztás: $\Delta E = P \cdot \Delta t$



Energia és a környezet



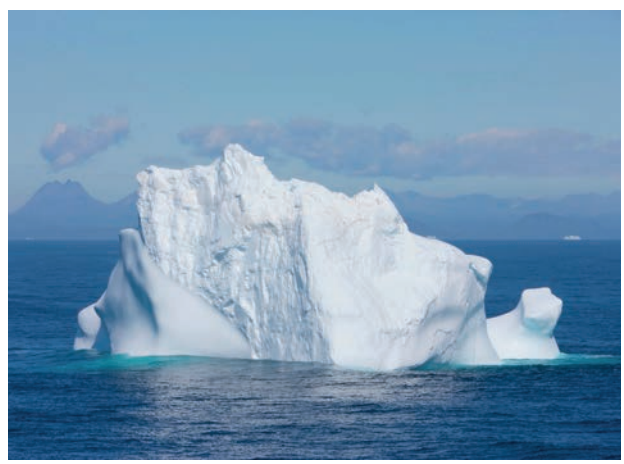
V. HÉTKÖZNAPI ANYAGOK A HÁZTARTÁSBAN ÉS A KÖRNYEZETÜNKBEN

1. Anyagok körülöttünk

Melyből kiderül, hogy az anyagoknak hányféle megjelenési formája van, miben különböznek egymástól, valamint hogy milyen elképzelésünk lehet az anyag szerkezetéről.

Az anyag megjelenési formái

Szűkebb és tágabb környezetünk, sőt mi magunk, tehát az egész világegyetem anyagból épül fel. Az anyagnak négy, egymástól eltérő és jól megkülönböztethető megjelenési formája van: szilárd, folyékony, légnemű és plazmaállapot. Az anyagok általában csak az egyik állapotban fordulnak elő a földi környezetben, de elméletileg átalakíthatók a másik három állapotba is. Az érceket a szilárd anyagokhoz soroljuk, bár egy tűzhányóban vagy egy kohóban folyékony állapotúak. A víz az egyetlen olyan anyag, melynek három állapota is tartósan jelen van Földünkön: szilárd jég, folyékony víz és légnemű vízgőz formájában. A szilárd, a folyékony és a légnemű anyagok fizikai tulajdonságaikban különböznek egymástól. A mechanikai tulajdonságokat részben már tanulmányoztuk, a hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságokkal majd a következő fejezetekben ismerkedünk meg részletesen. Tekintsük át vázlatosan a háromféle anyag tulajdonságait!







A szilárd anyagok tulajdonságai

Az előző fejezetekben már sokszor kísérleteztünk **szilárd** anyagokkal. Megtapasztaltuk, hogy alakjuk és térfogatuk néhány kivételtől eltekintve állandónak tekinthető. A mechanikai tulajdonságok közül a keménységet és rugalmasságot már vizsgáltuk. Jellemző rájuk a nagy sűrűség (3000–10 000 $\frac{kg}{m^3}$). Hőtani szempontból a szilárd anyagok inkább hővezetők, mint hőszigetelők. Némelyek vezetik az áramot, mások nem. A legtöbb szilárd anyag színes, átlátszatlan, de vannak például átlátszó kristályok, műanyagok is.



A folyékony anyagok tulajdonságai

A **folyékony** anyagok közül leggyakrabban a vízzel és vizes oldatokkal találkozunk, de jól ismert anyag az olaj, a benzin vagy a méz is. A folyadékok térfogata is állandónak tekinthető, azonban alakjuk igen változó, a földi tömegvonzás következtében felveszik az edény alakját. Egyedi tulajdonságuk az önthetőség vagy folyékonyság, amiről a nevüket kapták. Sűrűségük jellemzően 1000 $\frac{kg}{m^3}$ körüli. Általában rossz hővezetők, de hőáramlásra képesek. Egyes folyadékok vezetik az áramot, mások nem. A legtöbb folyadék átlátszó vagy áttetsző, de például a higany átlátszatlan, fémesen csillogó. Az üveg különleges anyag, egyedi tulajdonságai miatt hol a szilárd, hol a folyékony anyagok közé sorolják.



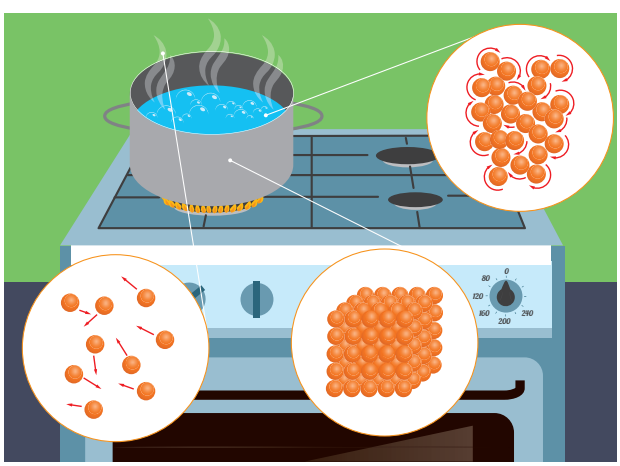
A légnemű anyagok tulajdonságai

A **légnemű** anyagok a levegőről kapták a nevüket. A hétköznapokban találkozunk még szén-dioxiddal, földgázzal, vízgőzzel és héliummal. A légnemű anyagok sajátos tulajdonsága, hogy nincs állandó térfogatuk, kitöltik a rendelkezésre álló teret. Éppen ezért tartályban vagy gázpalackban kell tárolni. A Föld légkörét viszont nem kell tartályban tárolni, azt a tömegvonzás tartja a Föld körül. A légnemű anyagok sűrűsége változó, a körülményektől függ, de általában sokkal kisebb a folyékony és szilárd anyagokénál. Hőtani és elektromos szempontból is jó szigetelők, hőáramlásra képesek. A legtöbbjük színtelen, átlátszó.

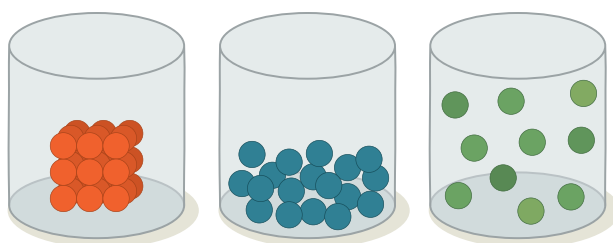


Az anyag részecskemodellje

Az anyagok különféle megjelenési formáit, jellemző fizikai tulajdonságait a korábban megismert részecskemodellel tudjuk megmagyarázni. Ahogy azt már a rugalmasságnál tanultuk, az anyagokat úgy képzeljük el, mintha apró golyócskákból, részecskékből épülnének fel, és egy nagy halmazt alkotnának. A megjelenési formákat ezért is hívják halmazállapotnak.



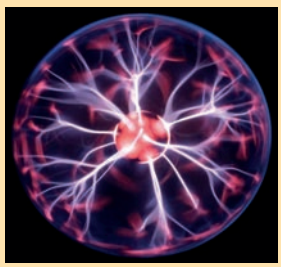
A halmazállapotok közti különbségeket a részecskék elhelyezkedésével, mozgásával és a köztük lévő kapcsolattal magyarázhatjuk. A szilárd anyag modelljét szorosan egymás mellett rezgő, erős rugókkal összekapcsolt golyócskák sorozatával képzeltük el. A folyékony anyagok modellje annyiban tér el, hogy az elhelyezkedés nem olyan szoros, a kapcsolat is kevésbé erős, talán tépőzárnak képzelhetjük. A golyócskák továbbra is egyben maradnak, de képesek egymáson elgördülni. A légnemű anyagok modelljében a golyócskák kapcsolat nélkül, szabadon röpködnek. Úgy képzeljük, hogy mozgásukat az egymással való ütközések és pattanások szabályozzák és tartják fent.



Érdekességek

A plazmaállapot a légnemű halmazállapothoz hasonló anyagállapot, melyben az anyagnak nagyon magas a hőmérséklete, akár több millió Celsius-fok is lehet. A plazmában a részecskékről leválik egy-két elektron, így elektronok és ionok halmazává válnak. Úgy képzelhetjük el, mint a légnemű anyagok modelljét, csak a golyócskákról kis törmelékek is leváltak. A plazmaállapotú anyag nagyon jól vezeti az áramot, és fényt sugároz magából, azaz fénylik. A látható világegyetem 99%-a plazmaállapotú anyagból áll. Jól ismert plazmaállapotú anyagok a csillagok (például a Nap), a villám vagy a láng.





Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

Az anyagnak négy különböző halmazállapota van: szilárd, folyékony, légnemű és plazma. Az eltérő halmazállapotú anyagoknak eltérő fizikai tulajdonságaik vannak.

A szilárd anyagok többségének alakja és térfogata állandó. A folyadékok térfogata is állandó, önthetők és felveszik az edény alakját. A légnemű anyagoknak nincs állandó térfogatuk, kitöltik a rendelkezésre álló teret. Az anyagok átalakíthatók egyik halmazállapotból a másikba. Földünkön a víz szilárd, folyékony és légnemű halmazállapotban is tartósan jelen van.

szilárd folyékony légnemű

Megoldandó problémák, feladatok

1. Szerencse kell a kő-papír-olló páros játékhoz. Mindhárom anyag szilárd, a fizikai tulajdonságaik mégis különböznek. A kő legyőzi az ollót, az olló a papírt, a papír a követ. Milyen tulajdonságokban jobb az egyik, mint a másik? Próbálj te is kitalálni három anyagot, amiből hasonló játékot lehet alkotni! Mutasd be társaidnak!

2. Egy korábbi fejezetben már említettük a légzsák használatának fontosságát. Az ütközést érzékelve egy patronban kémiai folyamat során egy szempillantás alatt nagy mennyiségű nitrogéngáz fejlődik. A nitrogéngáz milyen fizikai tulajdonságait lehet bemutatni egy baleset során működésbe lépő légzsákon?

3. A folyékonyság és a sűrűség két különböző fizikai tulajdonság. A higany, az olaj, a méz, a bitumen folyékonysága lényegesen eltér. A legkevésbé folyó anyag az üveg. Nézz utána a sűrűségüknek, és hasonlítsd össze a folyékonyságukkal!

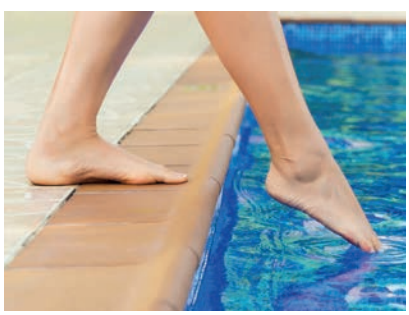
4. Az alumínium, az ezüst és az arany három különböző fém, szilárd anyag. A vegyészek bonyolult eljárással megállapították, hogy mindhárom fémben a szomszédos részecskék ugyanakkora távolságra vannak egymástól, részecskéik ugyanolyan sűrűn helyezkednek el. Sűrűségük mégis jelentősen eltér egymástól. Nézz utána a sűrűségüknek! Szerinted hogyan magyarázható ez a látszólagos ellentmondás?

2. Az anyagok hőállapota

Melyből kiderül, hogy hogyan mérnek a hőmérők, és mit is mérnek igazán, valamint hogy ha egy tárgynak magasabb lett a hőmérséklete, akkor látható-e rajta.

A hőérzet

A strandon a medence vizébe dugva a lábujjunkat el tudjuk dönteni, hogy hideg vagy meleg-e a víz. A levesből az első kanállal az ajkunkhoz vagy nyelvünkhöz érve meg tudjuk állapítani, hogy túl forró-e a leves, vagy már ehető. Az édesanya a kezét vagy arcát gyermeke homlokához érintve meg tudja becsülni, hogy lázas-e a gyermek vagy nem. Ezekben a példákban mindig az ember hasonlította össze saját testét egy másik anyaggal úgy, hogy érintkeztek egymással. Az érintkezés hatására az emberben hőérzet alakult ki, amit szavakban sokféleképpen ki lehet fejezni, leggyakrabban a meleg, hideg kifejezéseket használjuk. Az ember ilyenkor a vele érintkező anyag tulajdonságát vizsgálja. A hőérzet azonban nem jó mérőeszköz, mert sok körülmény befolyásolja. Ha az egyik kezünket sokáig meleg vízben tartjuk, másik kezünket pedig sokáig hideg vízben, majd ezután mindkét kezünket ugyanabba a langyos vízbe mártjuk, akkor azt nem egyforma langyosnak fogjuk érezni.







Mérés hőmérővel

Az anyagoknak azt a tulajdonságát, amellyel azt fejezzük ki, hogy meleg-e vagy hideg, és hogy mennyire meleg, az anyag hőállapotának nevezzük. Az anyag hőállapotát kifejező mennyiség az anyag hőmérséklete. Az ember hőérzete helyett sokkal megbízhatóbb mérőeszközzel, a hőmérővel tudjuk megállapítani egy anyag hőmérsékletét. A hőmérő annak az anyagnak a hőmérsékletét mutatja meg, amely közvetlenül körülveszi. Lázméréskor ezért szükséges a hónalj alá vagy a nyelv alá helyezni a lázmérőt, és időt hagyni, hogy átvegye a környezete hőállapotát. Sütéskor a húshőmérőt bele kell szúrni a sült hús közepébe. Ha a ház kültéri hőmérője szorosan a falhoz van rögzítve, akkor télen a belülről melegített fal torzíthatja a hőmérő mérési eredményét. A hőmérő mérőfeje nagyon kicsi, az érintkezés hatására felveszi a környező anyag hőállapotát, tehát a hőmérő és a mérendő anyag azonos hőmérsékletű lesz. A hőmérő mindig a saját hőmérsékletét jelzi.



Kísérlet

Tegyünk ugyanannyi mennyiségű hideg és forró vízbe pirosgyümölcsös teafiltert. Figyeljük meg a teában lévő színezőanyagok oldódásának folyamatát! Azt tapasztaljuk, hogy mindkét vízben elkezdődik az oldódás folyamata, a teafilterből a színezőanyag elkezd szétterülni a vízben. A szétterülés gyorsasága azonban jelentősen eltér, a forró vízben a folyamat sokkal gyorsabban megy végbe.



Hideg és forró vízbe merített teafilterek

Az anyagok belső energiája

Korábban már tanultuk, hogy minden anyagnak a hőmérsékletéből adódóan van olyan képessége, amellyel termikus jelenséget tud előidézni. Az ehhez kapcsolódó energiafajtát belső energiának neveztük. Minél nagyobb egy anyag hőmérséklete, annál nagyobb a belső energiája. A részecskemodellel úgy képzelhetjük ezt el, hogy az anyagot alkotó golyócskák szüntelenül mozognak, tehát minden részecskének van mozgási energiája. A forró anyagokban a részecskék heves mozgásban vannak, nagy mozgási energiával rendelkeznek. A részecskék szüntelen mozgását hőmozgásnak is nevezik. A heves hőmozgással magyarázhatjuk a forró vízben történt gyors oldódást is.

Kísérlet

Egy kis méretű vasgolyó akkora, hogy egy vasgyűrűn éppen átfér. Tartsuk a golyót lángba! A hideg vasgolyó elkezdi felvenni a környezete forró hőállapotát, azaz melegebb lesz. Egy idő után emeljük ki a golyót a lángból, majd próbáljuk áttenni a vasgyűrűn!

Azt tapasztaljuk, hogy a golyó most nem fér át a gyűrűn. Ahogy megváltozott a golyó hőmérséklete, vele együtt megváltozott a mérete is. Kitágult, nagyobb lett a térfogata. Ezt úgy magyarázhatjuk a részecskemodellel, hogy magasabb hőmérsékleten a részecskék ide-oda jobban mozognak, ezáltal nagyobb hely alakul ki körülöttük, és a szomszédok messzebb kerülnek. Így az egész anyag térfogata nagyobb lesz.



Hőtágulás bemutatása golyóval és gyűrűvel:
1. A golyó éppen átfért a gyűrűn. 2. A golyót melegítjük. 3. A felmelegített golyó nem fér át a gyűrűn

A hőtágulás jelensége

Az előző kísérlet nemcsak a vasra, hanem minden anyagra jellemző. Ha egy anyagnak megváltozik a hőállapota, azaz megváltozik a hőmérséklete, akkor megváltozik a mérete, vagyis a térfogata. A melegedő anyagok – egy-két kivételtől eltekintve – tágulnak. Ez a tágulás minden anyagnál más és más mértékű, általában nem jelentős változás. Akkor válik jelentőssé, ha jó hőtágulású anyagot választunk, például folyadékot,



vagy eleve nagy méretű a tárgy, például egy sín. A hosszú vonatsínek között kis hézagok vannak (halljuk is a zakatolást), hogy ha a sín hőmérséklete megemelkedik a napsütésben, akkor legyen hova tágulnia. A folyadékos hőmérőkben a folyadék hőtágulása szemmel látható a skála melletti vékony üvegcsőben. Magunk is készíthetünk hőmérőt, ha nem is pontosat. Egy talpas lombikot megtöltünk vízzel, majd lezárjuk egy dugóval, amiben egy üvegcső van. Az üvegcsőben megjelenik a vízszint. Ha a lombikot meleg vízbe tesszük, a lombik közvetítésével a benne lévő víz is meleg lesz, kitágul, és az üvegcsőben a vízszint feljebb kúszik.



Érdekességek



A sivatagokban nagy a napi hőingás, a leghidegebb éjszakainál akár 70 °C-kal melegebb nappali hőmérsékletet is mérhetünk. A sivatagi kőzetek különböző anyagokból állnak, melyeknek különböző mértékű a hőtágulásuk. Az eltérő hőtágulás a kőzetben repedéseket, idővel töréseket okoz, végül a kőzet darabokra törik. Ezt a folyamatot nevezik aprózódásnak.

Érdekességek

Amikor egy anyagnak megváltozik a hőállapota, melegebb vagy hidegebb lesz, akkor a térfogatán kívül más fizikai tulajdonsága is megváltozhat, például a színe, vagy hogy mennyire vezeti az áramot. Az újabb serpenyőkön lévő hőmérsékletjelző színkorongnál az előbbit, a digitális hőmérőkben az utóbbit alkalmazzák.



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

Az anyag hőállapotát kifejező mennyiség az anyag hőmérséklete. A hőmérsékletet hőmérővel mérjük. Az anyag részecskéi hőmozgást végeznek, mozgási energiával rendelkeznek, ebből származik az anyag belső energiája. Ha egy anyagnak magasabb lesz a hőmérséklete, akkor kissé nagyobb lesz a mérete is.

A melegedő anyagok tágulnak, ezt a jelenséget hőtágulásnak nevezzük. A hőtágulás akkor jelentős, ha nagy méretű anyag tágul, vagy ha folyadék tágul.

Megoldandó problémák, feladatok

1. Egy időjárás-jelentésben hangzott el a következő: „Holnap napközben a hőmérséklet elérheti a 18 °C-ot, azonban ezt csak 13-14 °C-nak fogjuk érezni.” Mi a véleményed erről? Lehet-e ilyen? Ha igen, milyen körülmények kellenek hozzá? Ha nem, mi alapján cáfolnád meg?



2. Adj magyarázatot a részecskemodell segítségével arra a jelenségre, hogy amikor a szoba egyik sarkában valaki körömlakklemosót használ, azt a szoba másik sarkában nagyon hamar meg lehet érezni!



3. *A bakonyi vonatok lassú zakatolással szelik át a hegységet. Úgy hallatszik, mintha télen erősebb lenne a zakatolás, mint nyáron. Szerinted miért halljuk másképp a zakatolást?*



4. *A leckében leírt kísérletben, amikor saját magunk készítettünk hőmérőt, ha figyelmesen nézzük, akkor a meleg vízbe helyezés után az üvegcsőben a vízszint először egy kicsit csökken, majd rövid időn belül megindul a vízszintemelkedés. Vajon mi történhetett az elején, mielőtt a víz hőtágulása beindult volna? Miért csökkent egy kicsit a vízszint?*

3. Az anyagok melegítése és hűtése

Melyből megtudjuk, hogyan melegszik fel és hűl le egy anyag, valamint kiderül, hogy hogyan képesek az anyagok egymásnak átadni az energiát.

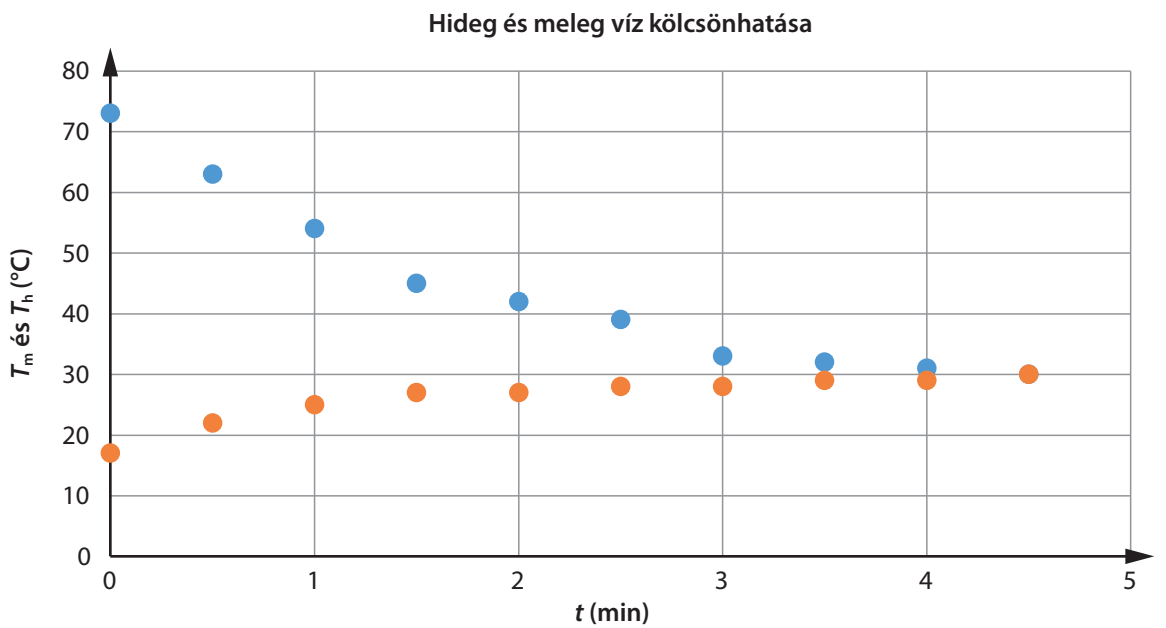
A termikus kölcsönhatás

Tegyünk egymásba két edényt, az egyikben hideg víz, a másikban meleg víz legyen. A belső, vékony falú edénytől eltekintve a hideg és a meleg víz érintkezik egymással. Az érintkezést követően mérjük folyamatosan félpercenként a két víz hőmérsékletét! A mérési adatokat táblázatba rendezzük, majd közös hőmérséklet-idő grafikonon ábrázoljuk.



Egymással kölcsönhatásban lévő hideg és meleg víz hőmérsékletének mérése digitális hőmérővel

t (min)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
T_{meleg} (°C)	73	63	54	45	42	39	33	32	31	30
T_{hideg} (°C)	17	22	25	27	27	28	28	29	29	30



Azt tapasztaljuk, hogy az érintkezés hatására változik mindkét víz hőmérséklete: a kezdetben 17 °C-os hideg víz melegedni kezd, míg a kezdetben 73 °C-os meleg víz elkezd lehűlni. A folyamat 4-5 perc alatt ment végbe, majd mindkét folyadék hőmérséklete megállapodott egy közös, 30 °C-os hőmérsékleten.

Ha két, egymással érintkező anyag eltérő hőmérsékletű, akkor köztük **termikus kölcsönhatás** jön létre. A hidegebb anyag a melegebbet hűti, a melegebb anyag a hidegebbet melegíti mindaddig, amíg ki nem alakul egy közös hőmérséklet. Röviden úgy fogalmazhatjuk meg, hogy hőmérséklet-kiegyenlítődés történt.

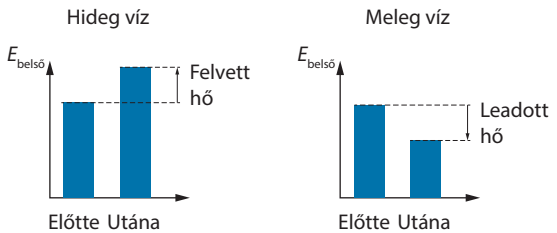
Azt is megfigyelhetjük, hogy a közös hőmérséklet nem a két kezdeti hőmérséklet átlaga lett, de a két hőmérsékleti érték közé esett. A hideg víz keveset melegedett, a meleg víz sokat hűlt.

A termikus kölcsönhatás magyarázata

A részecskemodellel úgy képzeljük el a folyamatot, hogy az anyagok érintkezésekor a meleg víz hevesebben mozgó részecskéi (a vékony falú edény közvetítésével) ütköznek a hideg víz kevésbé hevesen mozgó részecskéivel. Az ütközés következtében a hideg víz részecskéi nagyobb sebességgel pattannak vissza, gyorsabb lesz a mozgásuk, míg a meleg víz részecskéi kisebb sebességgel pattannak vissza, lassúbb lesz a mozgásuk. Előbb-utóbb majd minden részecske közel azonos sebességű lesz.

A belső energia változása

A termikus kölcsönhatás során a hideg és a meleg víz hőmérséklete is megváltozott. Ebből következik, hogy a belső energiájuk is megváltozott. A hideg víz belső energiája nagyobb lett, míg a meleg vízé kisebb. Az energiamegmaradás törvénye értelmében a hideg víz belső energiája pontosan annyival nőtt, amennyivel a meleg víz belső energiája csökkent. Olyan, mintha a meleg víz az energiájának egy részét átadta volna a hideg víznek. A termikus kölcsönhatás során létrejövő energiaátadást hőnek nevezzük, jele: Q. Alapmértékegysége a joule (J). Azt mondjuk, hogy a meleg víz **leadott hőt**, a hideg víz pedig **felvett hőt**, pontosabban a hideg víz a meleg víz által leadott hőt vette fel.



A hővezetés

A hideg és a meleg víz részecskéi el voltak választva, nem keveredtek egymással. Csak hő jutott az egyik vízből a másikba. Ha csak hőátadás történik, de közben nincs részecskeáramlás, akkor a folyamatot hővezetésnek nevezzük. Két anyag között ez a leggyakoribb energiaátadási mód. Ha a két vizet vastag falú edénnyel választottuk volna el, a termikus kölcsönhatás akkor is bekövetkezett volna, csak hosszabb idő alatt. A meleg víz a hőt az edény falának adja, részecskéi az edény falánál lévő részecskéket késztetik hevesebb mozgásra. Ezek a részecskék újabb ütközések révén a szomszédaikat, majd azok a további szomszédaikat hozzák gyorsabb mozgásba, míg végül az edény túlsó falánál lévők is hevesen mozognak. A szilárd anyagok belsejében az energiaátadás szintén hővezetéssel történik. A fémek igen jó hővezetők, míg például a kerámiák rossz hővezetők, vagyis hőszigetelő anyagok.





A hőáramlás

A hideg víz falnál lévő részecskéi a kapott energiát továbbadhatnák szomszédaiknak hővezetéssel, de ennél sokkal hatékonyabb módon teszik ezt. Mégpedig úgy, hogy elgördülnek, helyet cserélnek egy kevésbé hevesen mozgó szomszéddal. A víz részecskéi folyamatos kavargásba kezdenek, ezzel jut el a hő a víz teljes térfogatába, így lesz az egész víz meleg. Ha a hőátadás során anyagáramlás is történik, a folyamatot hőáramlásnak nevezik. A folyadékok és a gázok nagyon rossz hővezetők, a hőátadást hőáramlással teljesítik.



Érdekességek

Az energiaátadásnak van egy harmadik módja is, amihez a két anyagnak még érintkeznie sem kell: ez a hősugárzás. Minden anyag folyamatosan bocsát ki magából több-kevesebb hősugarat. A magasabb hőmérsékletű, forró anyagoknál ez már jelentős mennyiségű lehet. Például jelentős meleget érzünk a Naptól, a parázstól, a lávától. A tábortűz melege is sugárzás útján jut el hozzánk. A hősugárzáshoz közvetítő anyag sem szükséges, a Naptól a Földig a hősugarak a légüres térben haladnak.







Melegítés, hűtés

Egy anyag **melegítés**ekor termikus kölcsönhatást alakítunk ki közte és egy nála melegebb anyag között. Ilyen megoldások például, amikor kitesszük az anyagot a napra, tűzhelyre tesszük, tűzbe tartjuk. A lakás levegőjét a meleg fűtőtestekkel, esetleg padló- vagy falfűtéssel oldjuk meg. A teavizet és a fürdővizet elektromos fűtőszál segítségével is fel tudjuk melegíteni. Figyeljük meg! A kölcsönhatásban lévő melegebb anyag (tűzhely, fűtőtest, fűtőszál) átadott energiáját pótolnunk kell, hogy fenntartsuk a hőállapotát, meleg maradjon.



A hűtés hasonló módon történik, csak egy hidegebb anyaggal való kölcsönhatással. Ilyen megoldás például, amikor jégkockát teszünk az üdítőbe, vagy kevés hideg vizet öntünk a forró teához. A hűtőszekrény hideg légterébe vagy fagyasztóterébe tett étel lehűl. A szoba levegőjét klímaberendezéssel hűthetjük, mely hideg levegőt kever a szoba levegőjébe, de megoldás lehet a mennyezethűtés is.



Az anyagok melegítési ideje

Borszeszégővel melegítsünk azonos tömegű hideg vizet és hideg étolajat! Tegyünk hőmérőt mindkét hideg folyadékba, és mérjük meg, hogy mennyi idő múlva lesznek 5-10-15 °C-kal melegebbek!



Azonos mennyiségű víz és étolaj hőmérsékletének mérése digitális hőmérővel a folyadékok melegítése közben

A mérési adatokból nyert egyik tapasztalatunk, hogy mindkét anyag egyenletesen melegedett, közel azonos időtartamok alatt emelkedett újabb 5 °C-kal a folyadékok hőmérséklete. A melegítési idő tehát attól függ, hogy mennyire szeretnénk megváltoztatni az anyag hőmérsékletét. A másik tapasztalatunk az, hogy a víz sokkal lassabban melegedett, mint az étolaj, az adatok szerint ugyanahhoz a változáshoz közel kétszer annyi idő szükséges a víz esetében, mint az olajnál. Azonos hőközlés esetén az anyagok különböző mértékben melegednek, mert eltérő a hőbefogadó képességük. Az általunk használt anyagok közül a víz melegítése a legidőigényesebb folyamat. A víz nagyon lassan melegszik, igaz, nagyon lassan hűl is le. A melegítési időt tehát befolyásolja, hogy milyen anyagot szeretnénk melegíteni. Mérések nélkül is tudjuk, hogy a melegítési idő függ a melegítendő anyag mennyiségétől, tömegétől. Sokkal több időbe kerül felmelegíteni egy nagy fazék levest, mintha csak egy adagot kellene felmelegíteni.



Az anyagok fajhője

Az előző mérés tapasztalatából tudjuk, hogy az anyagoknak eltérő a hőbefogadó képességük. Ezt a hőtani tulajdonságot mérni is lehet, és az anyag fajhőjének nevezzük. A fajhő értéke megadja, hogy mennyi hőt kell közölni 1 kg anyaggal ahhoz, hogy a hőmérséklete 1 °C-kal megemelkedjen. A fajhő jele: c, mértékegysége a $\frac{kJ}{kg \cdot °C}$. *Néhány anyag fajhőjét az alábbi táblázat tartalmazza.*

A táblázatból kitűnik a víz magas fajhőadata, ez is azt mutatja, hogy a felsorolt anyagok közül a vizet lehet a leglassabban felmelegíteni. A fajhőadatokkal a hőközlés nagyságát is meghatározhatjuk.

Anyag	Fajhő $\left(\frac{kJ}{kg \cdot °C}\right)$	Anyag	Fajhő $\left(\frac{kJ}{kg \cdot °C}\right)$
Ablaküveg	0,8	Alkohol	2,4
Alumínium	0,9	Arany	0,1
Benzin	2,1	Beton	0,9
Cement	0,8	Cukor	1,2
Ezüst	0,2	Éter	2,3
Étolaj	1,5	Higany	0,14
Jég	2,1	Homok	1,0
Konyhasó	0,9	Levegő	1,0
Ólom	0,1	Petróleum	2,0
Porcelán	0,8	Réz	0,4
Szén	0,7	Tégla	0,9
Vas	0,4	Víz	4,2

Kidolgozott feladat

Példa a felvett hő és a leadott hő meghatározására

Kérdés: *Mennyi hőt kell felvennie az 1,7 liter, 22 °C-os teavíznek, hogy 100 °C-os legyen? Menynyi ideig tart a melegítés, ha a fűtőszál teljesítménye 2 kW?*

Válasz: *A kérdés megválaszolásához induljunk ki a víz adataiból. A víz térfogata 1,7 liter, és tanultuk, hogy 1 liter víz 1 kg tömegű, tehát a teavíz tömege 1,7 kg. A víz kezdeti hőmérséklete 22 °C, a végső hőmérséklete 100 °C, tehát a hőmérsékletét 78 °C-kal szeretnénk megváltoztatni. A víz fajhője a táblázat szerint 4,2* $\frac{kJ}{kg \cdot °C}$, *ez azt jelenti, hogy 1 kg víz 1 °C-kal* való *felmelegítéséhez 4,2 kJ hőre van szükség. Az arányos következtetés módszerét használva:*

Tehát a teavíznek 557 kJ hőt kell felvennie. Látható, hogy az arányos következtetés során a fajhő számértékét az anyag tömegével és a hőmérséklet-változással szoroztuk össze, így kaptuk meg a felvett hőt. Ez általánosan is használható:

hőátadás = fajhő · tömeg · hőmérséklet-változás

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t$$

A melegítés idejének meghatározásához most is két módszert mutatunk:

a) Arányos következtetéssel

A 2 kW teljesítmény azt jelenti, hogy a fűtőszál másodpercenként 2 kJ energiát ad a víznek, így az 557 kJ átadásához $\frac{557\ kJ}{2}$ *= 278,5-szer annyi idő*



szükséges, azaz 278,5 másodperc, ami kevéssel több, mint 4,5 perc.

b) Képlettel:

A teljesítmény képlete: $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$, *ezt korábban már átalakítottuk:* $\Delta E = P \cdot \Delta t$. *Az energiaátadás mértéke 557 kJ, a teljesítmény pedig 2 kW =* $2\ \frac{kJ}{s}$. *Helyettesítsük be az adatokat:*

$$557\ kJ = 2\ \frac{kJ}{s} \cdot \Delta t$$

Figyeljünk az egyenlet két oldalán az azonos mértékegységekre! Osszuk el mindkét oldalt a teljesítménnyel:

$$278{,}5\ s = \Delta t$$

Így is ugyanazt az eredményt kaptuk.

Kérdés: *Mennyi hőt ad le fél liter forró, 120 °C-os étolaj a levegőnek, amikor télen kitesszük a teraszra? A teraszon a hőmérséklet mindvégig 5 °C.*

Válasz: *Az étolaj által leadott hőt határozzuk meg az előbb megállapított képlet alapján. Ehhez az étolaj fajhője, tömege és hőmérséklet-változásának értéke szükséges. A fajhő a táblázatból kikereshető, a hőmérséklet-változás kiszámítható, hiszen a 120 °C-os étolajból előbb-utóbb 5 °C-os lesz a teraszon, azaz a hőmérséklet-változás 115 °C. Az étolaj tömegét a sűrűség segítségével határozhatjuk meg. Az olaj sűrűsége táblázatból kikeresve* $0{,}9\ \frac{g}{cm^3}$, *a térfogata:* $0{,}5$ *liter =* $0{,}5\ dm^3 = 500\ cm^3$.

A sűrűség képlete: $\rho = \frac{m}{V}$, *azaz* $0{,}9\ \frac{g}{cm^3} = \frac{m}{500\ cm^3}$.

Az egyenlet mindkét oldalát $500\ cm^3$*-rel megszorozzuk, így* $450\ g = m$. *Azaz az étolaj tömege* $450\ g = 0{,}45\ kg$. *A hőátadás képlete:*

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T = 1{,}5\ \frac{kJ}{kg \cdot °C} \cdot 0{,}45\ kg \cdot 115\ °C = 77{,}6\ kJ$$

Tehát az étolaj a levegőnek 77,6 kJ hőt adott le, amíg lehűlt.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

Két anyag termikus kölcsönhatásakor hőmérséklet-kiegyenlítődés történik. A folyamat során bekövetkezett energiaátadást hőnek nevezzük. A melegebb anyag által leadott hőt a hidegebb anyag veszi fel. A szilárd anyagokban hővezetéssel, folyadékokban és gázokban hőáramlással terjed a hő. Melegítés során az anyagot egy nála melegebb anyaggal hozzuk kölcsönhatásba. A melegítés ideje függ az anyag fajtájától, mennyiségétől és a hőmérséklet-változás mértékétől.

termikus kölcsönhatás **felvett és leadott hő** **melegítés**

Megoldandó problémák, feladatok

1. A termikus kölcsönhatást vizsgáló mérésben nem azonos mennyiségű hideg és meleg vízzel mértünk. Szerinted melyikből volt több? Mi alapján alakítottad ki a véleményedet? Válaszodat indokold meg minél részletesebben!

2. Nézz utána, hogy ki és mikor fedezte fel a termoszt! Milyen egy termosz felépítése? Hogyan működik, miért tudja melegen tartani a forró teát? Szerinted lehet-e tökéletes termoszt készíteni, ami semennyire sem engedi lehűlni a beletöltött folyadékot? Véleményedet a tanultak alapján támaszd alá!

3. A levegő nagyon rossz hővezető, vagyis jó hőszigetelő anyag, míg nem engedjük áramolni, ugyanis hőáramlással könnyen tudná továbbítani a hőt. Magyarázd meg, hogy az alábbi esetekben hogyan működik a hőszigetelés: állatok vastag bundája, többrétegű ablak, réteges öltözködés, pehelypaplan.

4. Melegítésre, hűtésre is alkalmazni szoktuk a vízfürdőt! A fazékban lévő forró levest hideg vizes lavórba tesszük hűlni, a lázas beteget hűtőfürdőre küldik, a csokoládét gőz vagy forró víz fölött olvasztják. Mit gondolsz, miért lehet jó megoldás vízzel melegíteni vagy hűteni? Ötleteidet oszd meg a többiekkel!

4. A párolgás és a lecsapódás jelensége

Melyből kiderül, hogy hogyan párolog és milyen esetekben párolog intenzíven egy folyadék, valamint hogy mi történik páralecsapódáskor.

A folyadékok párolgásának vizsgálata

Tegyünk az asztalra két, vízzel teli poharat! Az egyiket légmentesen fedjük be átlátszó fóliával, a másik felszínét hagyjuk szabadon. Két-három nap múlva térjünk vissza a kísérlethez, és figyeljük meg a vizeket a poharakban. Azt tapasztaljuk, hogy a lefedett víz mennyisége megmaradt, míg a másiké, amelyik a levegővel érintkezett, csökkent. Víz párolgott a levegőbe.

Cseppents egy pár csepp körömlakklemosót a kézfejedre! A körömlakklemosó a levegőbe párolgott, ezt érezzük is az illatából. Azt is tapasztaljuk, hogy a csepp helyén hideget érzünk. Tehát a még el nem párolgott körömlakklemosó hidegebb lett, lehűlt a folyamat során.

Az előbbi megfigyelésekből megállapíthatjuk, hogy a folyadékok a szabad felszínükön párolognak, a folyadék egy része halmazállapotot vált, és légnemű lesz, miközben a megmaradó folyadék hidegebb lesz, hőt veszít.



A párolgás magyarázata

A folyadékok viselkedését a részecskemodellel magyarázhatjuk. A **párolgás**t úgy képzelhetjük el, hogy a szabad felszínen lévő részecskéket csak az egyik oldalról (ahol a folyadék van) kapcsolják magukhoz a szomszédok, a másik oldalon (ahol a levegő van) csak szabadon mozgó részecskék vannak. Ha egy ilyen folyadékrészecske kicsit hevesebben mozog, kiszakad a szomszédok kötelékéből, és szabadon mozoghat a levegőrészecskék között. A kiszakadáshoz szükséges energia a folyadék belső energiájából származik, ezért a párolgás során a folyadék belső energiája csökken. Ezért is izzadunk a melegben. Ugyanis az izzadságcseppek belső energiája a párolgás során csökken, vagyis hidegebbek lesznek a bőrünknél, így a termikus kölcsönhatás következtében hűteni fogja a bőrünket.



A folyadékok eltérő párolgása



Cseppentsünk egy csepp körömlakklemosót és egy csepp vizet fémlapra! A körömlakklemosó sokkal hamarabb elpárolgott, mint a víz. A folyadékok párolgásának erőssége eltérő az egyes folyadékok esetében. Vannak erősen párolgó, illékony folyadékok, például a körömlakklemosó, a sebbenzin, az ecet, az alkohol. Más anyagok, például a víz vagy a higany, a gyengén párolgó, nem illékony anyagok közé tartoznak.

Sportsérüléseknél használnak illékony anyagot tartalmazó spray-t, amit a sérült testrészre fújva azonnali hűsítést biztosít.

Párolgás eltérő hőmérsékleten



Egy folyadék erősebben, intenzívebben párolog, ha magasabb a hőmérséklete. A víz szobahőmérsékleten gyengén párolog, magas hőmérsékleten, például egy forró leves esetében a párolgás sokkal erősebb, intenzív, olyannyira, hogy az elpárolgott víz láthatóvá válik. Gőzölög a leves.

Párolgás különböző méretű felszínen



Ha egy folyadék szabad felszínét megnöveljük, akkor elősegítjük a párolgását, azaz erőteljesebben tud párologni. A tengerek partján kialakított sólepárlókban a tengervizet vékony rétegben, de hatalmas területen terítik szét, így a sós vízből hamar elpárolog a víz, és kiülnek a sókristályok.

Párolgás száraz és párás levegőben

Párás levegőben a párolgás intenzitása lelassul. Ezt tapasztaljuk akkor is, amikor meleg, párás időben csorog rólunk az izzadság, de nem tud elpárologni. Ennek az az oka, hogy a levegő már sok párát, azaz vízrészecskét tartalmaz, újabbak befogadására már alig képes. Ha a levegő száraz, kevés benne a vízrészecske, könnyebben megvalósul a párolgás. Például, ha gőzölgő leves fölül elfújjuk a párás levegőt, akkor intenzívebben tud párologni, ezáltal jobban le is tud hűlni a leves. Ezért fújjuk a levest, pontosabban a leves fölül a párás levegőt.

A páralecsapódás jelensége



Ha a levegőben túl sok a pára, túl sok vízrészecske van jelen, akkor a felesleg lecsapódik. Ez a párolgással ellentétes folyamat. A párából folyékony víz lesz, a részecskék kevésbé hevesen mozognak és összekapcsolódnak. A **lecsapódás**hoz mindig kell egy felület, amin létrejön a halmazállapot-változás, a lecsapódott pára a felesleges energiáját a felületnek adja át. A páralecsapódás megfigyelhető zuhanyzáskor a tükrön, vagy főzés közben egy üvegfedőn.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

párolgás lecsapódás

A folyadékok a szabad felszínükön párolognak. A párolgás halmazállapot-változás, melyben az anyag légneművé válik, eközben hűti a környezetét. Az erőteljesen párolgó folyadékokat illékony anyagoknak nevezzük. A párolgás akkor válik intenzívebbé, ha a folyadék hőmérséklete magasabb, vagy nagyobb a szabad felszíne, vagy fölötte szárazabb a levegő. A levegőben lévő pára egy része lecsapódhat, ekkor az anyag folyékonnyá válik, eközben melegíti a környezetét.

Megoldandó problémák, feladatok

1. Nagy hőség idején a köztereken megjelennek a párakapuk, az éttermek teraszán a páraventillátorok, sőt még a családi házak napsütötte teraszát is fel szokták locsolni. Szerinted miért használjuk ezeket a megoldásokat, és miért hatékonyak?



2. A kimosott ruhát napos helyre szoktuk kitenni, kiteregetjük teljes méretében, és lehetőleg olyan helyre tesszük, ahol van légmozgás. A leckében leírtak alapján magyarázd meg, miért célszerű ezekkel az eljárásokkal kiteríteni a kimosott ruhát!

3. Régi, ötletes találmány a cserép borhűtő. Nem mázas cserépből egy váza alakú tárolót készítenek. Ha a cserepet pár percig hideg vízbe áztatjuk, majd a cserépbe egy borospalackot teszünk, akkor a bor órákig hűtött állapotban marad. Szerinted hogyan működhet ez a találmány?



4. Nyáron, egy zivatar után, mikor már kisütött a nap, a mezőkön nagyon hamar felszáradnak a tócsák, alig látni egyet-kettőt. Ugyanakkor, ha hetek óta nem esett, az erdőben, az árkok mélyén, a keréknyomok alján még mindig találni számos kis pocsolyát. Mi lehet ennek a két teljesen eltérő megfigyelésnek az oka? Te mit csinálnál, hogy a járdáról a tócsa minél hamarabb felszáradjon?

5. Az anyagok olvadása, fagyása és forrása

Melyből megtudjuk, hogy mi a különleges a jég olvadásában és a víz fagyásában, valamint hogy hogyan képzeljük el a halmazállapot-változások folyamatát.

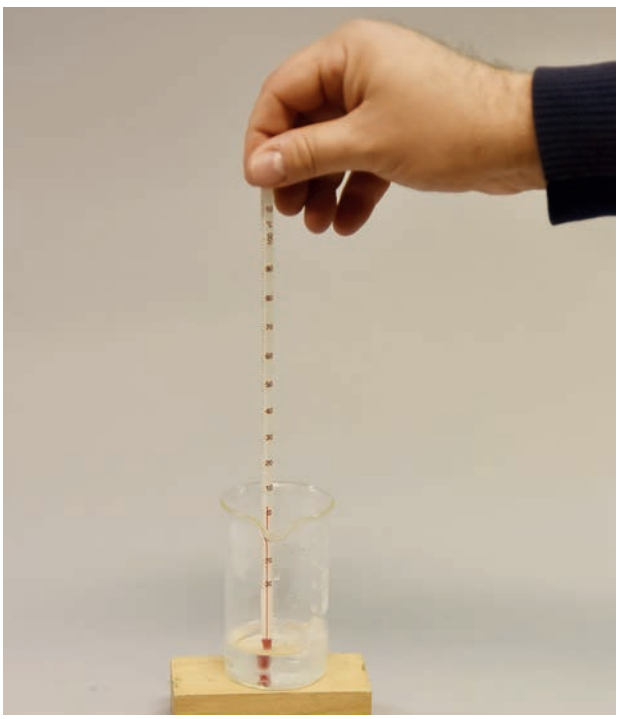
A jég olvadása

Tegyünk apróra tört jeget főzőpohárba, hagyjuk az asztalon, és mérjük a jég hőmérsékletét! A mérési eredményekből hőmérséklet-idő grafikont készítünk!

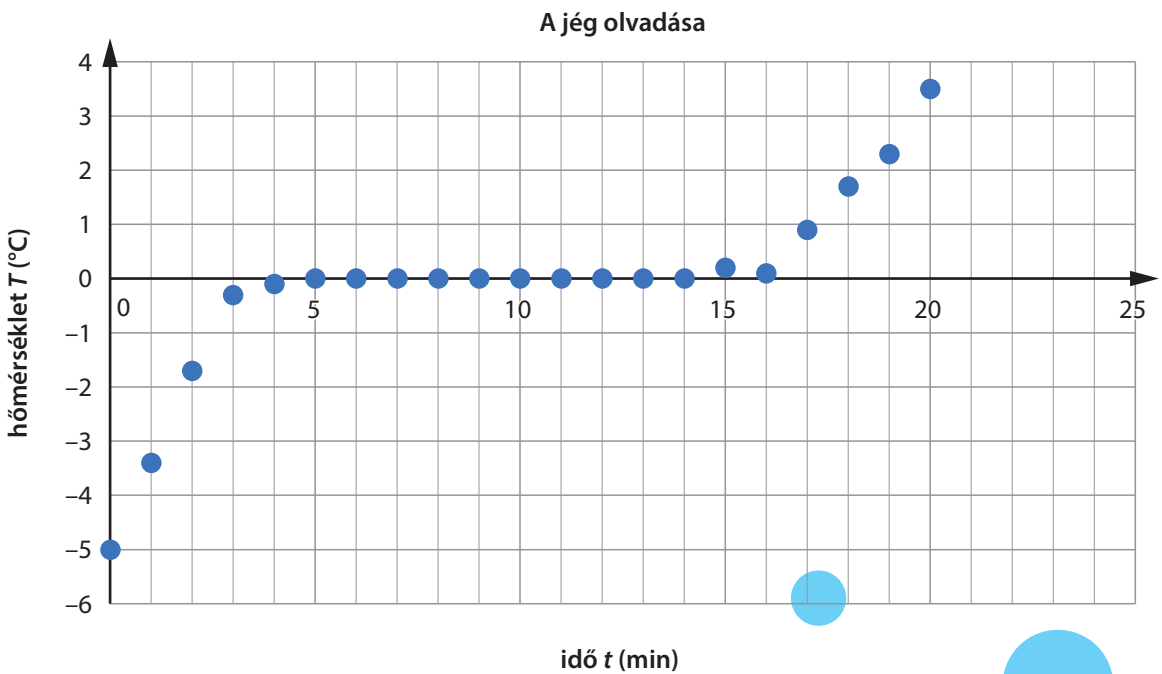
A grafikonról leolvasható, hogy a jég kezdetben –5 °C hőmérsékletű volt. A szobahőmérsékletű levegővel termikus kölcsönhatásba került, és elkezdett egyenletesen melegedni. 3-4 perc elteltével a jég elérte a 0 °C hőmérsékletet, és olvadni kezdett. Amíg olvadt, addig a jég és az olvadék víz hőmérséklete mindvégig 0 °C maradt. Az olvadás 12-13 percig zajlott. Miután az összes jég elolvadt, az olvadék víz hőmérséklete tovább emelkedett egyenletesen.

Melegedés és olvadás sosem történt egyszerre, amíg a jég melegedett, addig nem kezdett el olvadni, és amíg olvadt, nem emelkedett a hőmérséklete.

A grafikon alapján még arra a következtetésre is juthatunk, hogy a jég olvadása a melegedéséhez képest lassú, tehát nagy energiafelvételt jelentő folyamat.



Olvadó jég hőmérsékletének mérése folyadékos hőmérővel



A szilárd anyagok olvadásának körülményei

Olvadásnak nevezzük azt a jelenséget, amikor egy szilárd anyag folyékonnyá válik. A legtöbb szilárd anyagnak olvadás közben nem változik a hőmérséklete. Ezt az anyagra jellemző hőmérsékletet olvadáspontnak nevezzük, a jég (víz) esetében ez 0 °C. A szilárd anyagok olvadásához a környezetükből energia szükséges, ezt legtöbbször hő formájában, melegítéssel kapják. Az olvadás a melegedésnél időigényesebb folyamat, az olvadáshoz lényegesen több energia kell, mint a melegítéshez. Az 1 kg tömegű szilárd anyag olvadásához szükséges hőt olvadáshőnek nevezzük, jele: L_o. Mértékegysége a $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$. Néhány szilárd anyag olvadáspontját és olvadáshőjét a mellékelt táblázat tartalmazza.

A legtöbb szilárd anyagnak az olvadás során megnő a térfogata, az olvadék nagyobb térfogatú, és így kisebb sűrűségű, mint a szilárd anyag. Ez azt is jelenti, hogy az olvadásponton lévő szilárd anyag a saját olvadékában elmerül. A jég ebből a szempontból különleges anyag, mert a víz felszínén úszik, tehát kisebb a sűrűsége a víznél. Ezt megerősíti az előbbi kísérlet is, amikor a jég elolvadt, az olvadék víz térfogata kisebb lett, mint a jégdarabok térfogata volt.

Az anyag neve	Olvadáspont (°C)	Olvadáshő $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$
Acél	1500	205
Alkohol	–112	107
Alumínium	660	361
Arany	1063	65
Cukor	160	60
Ezüst	961	104
Éter	–116	98
Glicerin	18	201
Hidrogén	–259	59
Higany	–39	12
Konyhasó	820	517
Naftalin	80	151
Nitrogén	–210	26
Ólom	327	24
Ón	232	59
Oxigén	–219	14
Réz	1083	204
Vas	1536	272
Víz (jég)	0	333

Kidolgozott feladat

Példa az olvadáspont és az olvadáshő alkalmazására

Kérdés: Mennyi hőt vett fel a –5 °C-os, 10 cm^3 térfogatú jégkocka, amíg teljesen elolvadt?

Válasz: A jég olvadáspontja 0 °C, tehát csak 0 °C-os jég kezd el olvadni. Így, ahogy a mérésnél és a grafikonon is láttuk, a –5 °C-os jég a hőközlés hatására először felmelegszik 0 °C-ra, és csak utána olvad el. A melegedéshez szükséges hőt a jég fajhőjének segítségével határozhatjuk meg:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t$$

A jég fajhőjét a fajhőtáblázatból kereshetjük ki, a hőmérséklet-változás 5 °C, a jég tömegét a térfogatából a sűrűsége segítségével határozhatjuk meg. A jég sűrűsége 0,9 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, tehát 1 cm^3 jég tömege 0,9 g. A 10 cm^3-es jégkocka tömege ennek tízszerese, 9 g, azaz 0,009 kg. Ezután már behelyettesíthetünk a képletbe:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T =$$

$$= 2{,}1 \ \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}} \cdot 0{,}009 \text{ kg} \cdot 5 \text{ °C} = 0{,}0945 \text{ kJ}$$

A melegedés után a jég olvadásnak indul. A jég olvadáshője a táblázat alapján 333 $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, ez azt jelenti, hogy 1 kg jég 333 kJ hő hatására olvad el. 1 g jégnek ennek az ezredrésze szükséges, azaz 0,333 kJ, míg 9 g jégnek az előző 9-szerese, tehát 9 · 0,333 = 2,997 kJ. Összefoglalva: először a melegedéshez 0,0945 kJ hő szükséges, majd az olvadáshoz 2,997 kJ. Ez kerekítve összesen 3,09 kJ hő. A jégkocka a teljes elolvadásához 3,09 kJ hőt vett fel.

A fagyás jelensége

A **fagyás** jelenségét kevésbé tudjuk végigkövetni úgy, mint a jég olvadását. Fedél nélküli műanyag dobozt töltsünk meg félig vízzel, és a vízszintet jelöljük be a doboz külső oldalán. Tegyük a dobozt fagyasztóba egy napra. Figyeljük meg másnap a változásokat! A vízből jég lett, miközben a térfogata a víz térfogatánál nagyobb lett. A folyékony anyagok fagyása éppen a fordítottja a szilárd anyagok olvadásának. A folyékony anyagok hőmérséklete nem változik fagyás közben, a fagyás az olvadásponton megy végbe. A legtöbb folyadéknak fagyás közben csökken a térfogata, a víz ebből a szempontból különleges anyag, hiszen megfagyásakor jelentősen nő a térfogata. A vízvezetékeket ezért mélyen a föld alatt, fagymentes helyen vezetik a házakhoz. Ha a kőzetek apró repedéseibe beszivárgó víz megfagy, akkor szétrepeszti a kőzetet, így az előbb-utóbb aprózódik, elmállik. Így keletkeznek az utakon a kátyúk.





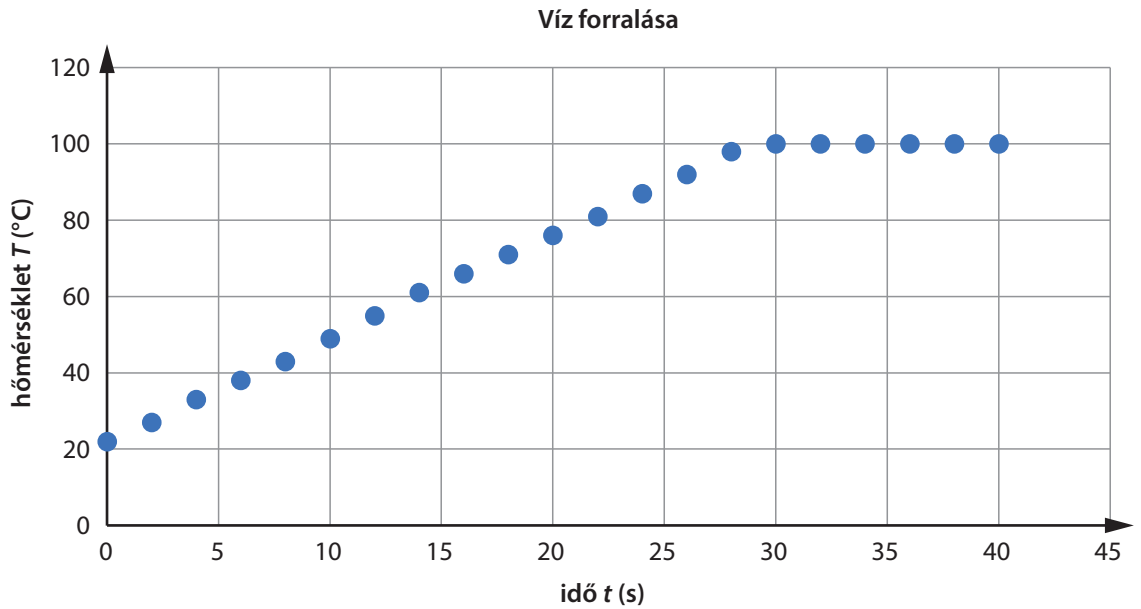
A víz forrása

Melegítsünk borszeszégővel főzőpohárban vizet, és mérjük meg időnként a hőmérsékletét!

Tapasztaljuk, hogy a melegítés során folyamatosan emelkedik a víz hőmérséklete. Láthatjuk, hogy a felszínén egyre intenzívebb a párolgás, gőzölög a felszíne, vízgőz kerül a levegőbe. 90 °C-os hőmérséklet környékén a pohár falán a vízben apró buborékokat lehet látni. 100 °C hőmérsékletet elérve a víz belsejében mindenhol nagy vízgőzbuborékok képződnek és bugyognak a felszínre, forrni kezd a víz. Forrás közben a hőmérő folyamatosan 100 °C-ot mutat, a hőmérséklet nem emelkedik tovább, miközben a víz belsejéből folyamatosan vízgőz bugyog a levegőbe. Melegedés és forrás sosem történt egyszerre, amíg a víz melegedett, addig nem kezdett el forrni, és amíg forrt, nem emelkedett a hőmérséklete. A kísérlet időtartamából és a megmaradt vízből arra a következtethetünk, hogy a víz forrása a melegedéséhez és a korábbi olvadáshoz képest is lassú, tehát nagy energiafelvételt jelentő folyamat. A vizet nem forraljuk el teljesen, de az előző méréshez hasonló grafikont rajzolhatunk a kísérlethez.



Forrásban lévő víz hőmérsékletének mérése digitális hőmérővel



A folyadékok forrásának körülményei

Forrásnak nevezzük azt a jelenséget, amikor a folyadék teljes térfogatában megindul a légnemű állapotba alakulás. A forrásban lévő folyékony anyagoknak nem változik a hőmérsékletük. Ezt a folyadékra jellemző hőmérsékletet forráspontnak nevezzük. A kísérletünkben a víz esetében ez 100 °C. A folyékony anyagok elforralásához a környezetükből energia szükséges, ezt melegítéssel kapják. Az 1 kg tömegű folyékony anyag elforralásához szükséges hőt forráshőnek nevezzük, jele: L_f. Mértékegysége a $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$. Néhány folyékony anyag forráspontját és forráshőjét az alábbi táblázat tartalmazza. Az elforralás az elolvasztásnál is időigényesebb folyamat, a forráshoz több energia kell, mint az olvadáshoz.

Az anyag neve	Forráspont (°C)	Forráshő $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$
Alkohol	78	906
Arany	2 970	1 759
Ezüst	2 210	2 177
Éter	35	377
Hidrogén	–253	461
Higany	357	285
Konyhasó	1 440	2 847
Levegő	–192	209
Oxigén	–183	213
Szén	4 830	50 244
Víz	100	2 260

Kidolgozott feladat

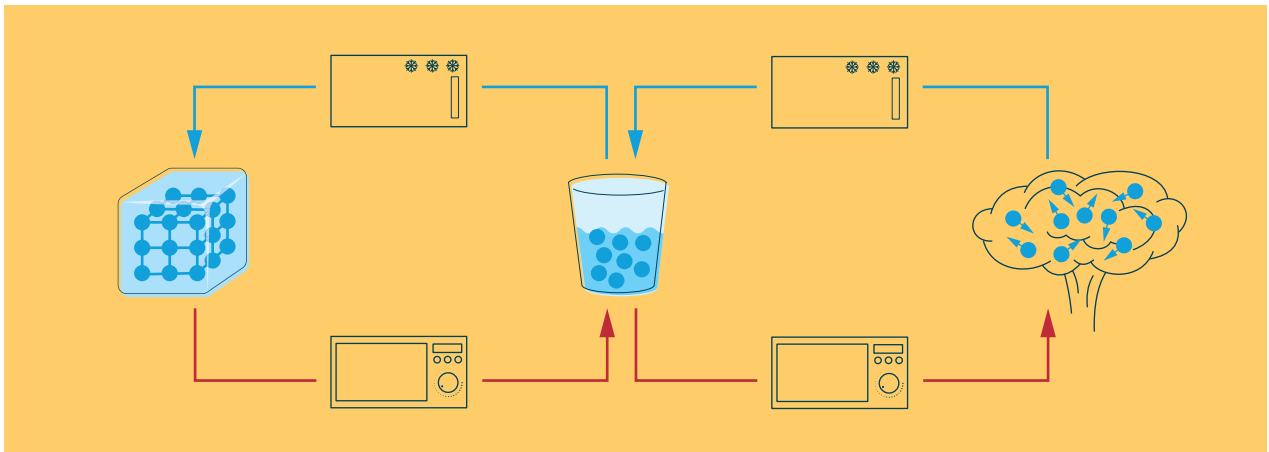
Példa a forráshő alkalmazására

Kérdés: A forrásban lévő levest addig főztük, amíg 3 cl vizet el nem forraltunk belőle. Mennyi hőt közöltünk ezalatt?

Válasz: A leves fő alkotórésze víz, így a víz hőtani jellemzőivel számolhatunk. A víz forrásban van, tehát a hőmérséklete 100 °C. Elkezdődött a halmazállapot-változás. A feladat szerint 3 cl, azaz 0,03 liter vizet forralunk el belőle, ami a víz sűrűsége miatt éppen 0,03 kg. A táblázat szerint 1 kg víz elforralásához 2260 kJ hő szükséges, így 0,01 kg víz elforralásához századannyi, vagyis 22,6 kJ hő. Ebből következik, hogy 0,03 kg víz elforralásához az előző hő háromszorosa, azaz $22{,}6 \cdot 3 = 67{,}8$ kJ hő kell.
Tehát a levessel 67,8 kJ hőt közöltünk.

A halmazállapot-változások értelmezése

Az olvadás, a fagyás és a forrás jelenségét a részecskemodellel érthetjük meg. A szilárd anyagban lévő részecskék egymást feszesen tartó kapcsolódásai a hőközléssel kapott energia segítségével fellazulnak, így már könnyen elgördülhetnek egymáson. A szilárd anyag folyékonnyá vált. Ha a folyékony anyagtól hőt vonunk el, akkor a részecskék közötti laza kapcsolódás szorosabbá, merevebbé válik, a részecskék sorba rendeződnek, az anyag megszilárdul. Ha a folyékony anyaggal hőt közlünk, a részecskék laza kapcsolódásai teljesen felbomlanak, a részecskék szabaddá válnak. A folyadék elforrt.



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A szilárd anyagok az olvadáspontjukon olvadnak meg. Az olvadásukhoz szükséges hőt az olvadáshőből számíthatjuk ki. Az olvadás fordított jelensége a fagyás. A folyékony anyagok is az olvadáspontjukon fagynak meg. A fagyáskor a keletkező szilárd anyagok térfogata kisebb az eredeti folyadék térfogatnál. A víz fagyásakor kivételesen a jég térfogata jelentősen nagyobb lesz. A folyékony anyagok a forráspontjukon forrnak el. A forráshoz szükséges hőt a forráshőből számíthatjuk ki. A halmazállapot-változásokat a részecskék közötti kapcsolódás lazításával és felbomlásával tudjuk megérteni.

olvadás **fagyás** **forrás**

Megoldandó problémák, feladatok

1. A vajnak nincs konkrét olvadáspontja. 30 °C körül lágyul, és 35-40 °C körül olvad meg. Szerinted hogyan nézhet ki a vaj olvadásának hőmérséklet-idő grafikonja?

2. Ha a melegedő levesre nem teszünk fedőt, akkor a melegedése 80-90 °C körül lelassul, és több időbe telik elérnie a 100 °C-ot, mintha lefednénk. Szerinted miért lehet ez? A válaszodban segíthet a párolgás jelenségének felidézése is.

3. Időnként befagy a Balaton felszíne, ilyenkor a part menti nagy kőtömböket a jég képes átmozgatni. Amikor a Balaton jege olvadásnak indul, repedések, úgynevezett rianások jelennek meg rajta. A rianás néha jellegzetes recsegő hangot is ad. Adj magyarázatokat a leckében tanultak alapján ezekre a jelenségekre!

4. Nézz utána, miért alkalmazunk kuktát! Milyen rendkívüli körülmények alakulnak ki a kuktában?

6. A szilárd anyagok jellegzetes tulajdonságai

Melyből kiderül, hogy mitől függ egy tárgy talajba nyomódásának a mértéke, és hogyan befolyásolhatjuk azt, valamint hogy milyen anyagokat használhatunk hőszigetelésre.

A szilárd anyagok mechanikai tulajdonságai

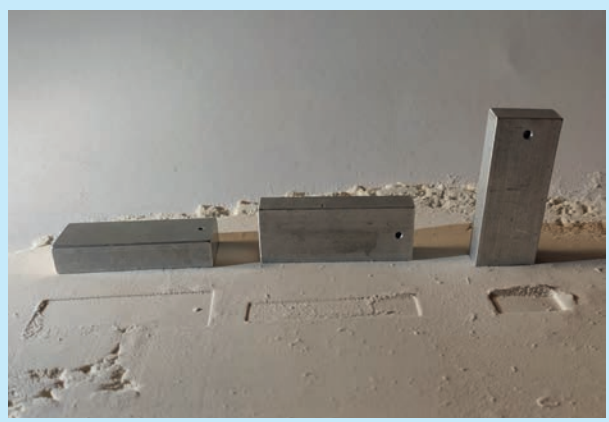
A szilárd anyagok mechanikai tulajdonságai közül eddig a keménységet és a rugalmasságot említettük, amikor az ütközéseket vizsgáltuk. Két szilárd anyag az ütközés következtében egymásnak nyomódott, deformálta egymást. Most ezt az egymásnak nyomódást szeretnénk részletesebben megvizsgálni.

Kísérlet

Különböző testek összenyomódását vizsgáljuk az alátámasztásával. Az összenyomódást úgy tesszük láthatóvá, hogy az alátámasztásra vékony, finom lisztréteget teszünk. Először azonos méretű, de különböző tömegű hengereket helyezünk a lisztre. Amikor elvesszük a hengereket, a lisztben a benyomódás mértéke láthatóvá válik. Megfigyelhető, hogy a nagyobb tömegű vas- vagy rézhenger mélyebb benyomódást okozott, mint a kisebb tömegű alumínium- vagy fahenger.



Ezután vizsgáljuk meg az egyforma, azonos tömegű és méretű alumíniumhasábok benyomódását, ha a hasábokat a különböző méretű lapjaival helyezzük a lisztre. Jól látható, hogy eltérő a benyomódás mértéke. A legkisebb lapján álló hasáb benyomódása volt a legmélyebb.



Végül nézzük meg, milyen lesz a benyomódása különböző méretű alumíniumhasáboknak, ha a legkisebb lapjukon állnak. Azt tapasztaljuk, hogy a 2-szer, 3-szor nagyobb méretű és tömegű hasábok, melyeknek legkisebb lapjuk 2-szer, 3-szor akkora volt, mint az elsőnek, azonos mértékben nyomódtak a lisztbe.



A szilárd testek nyomása

A kísérletek azt mutatják, hogy ha két szilárd test valamilyen összenyomó erő hatására egymáshoz kerül, akkor összenyomódnak, az érintkező felületeknél benyomódás keletkezhet. A kölcsönhatáskor létrejövő összenyomódás mértékét **nyomás**nak nevezzük, jele: p. Az első kísérletben azt láttuk, hogy minél nagyobb a henger tömege, azaz minél nagyobb az alátámasztást nyomó erő, annál nagyobb lett a nyomás. A második kísérletben pedig azt láttuk, hogy azonos összenyomó erő esetén minél kisebb az egymásnak érintkező felület, annál nagyobb a nyomás. E két tapasztalatból a nyomás meghatározására a következő összefüggést alkothatjuk:

$$\text{nyomás} = \frac{\text{felületeket összenyomó erő}}{\text{érintkező felület}}$$

$$p = \frac{F}{A}$$

A nyomás mértékegysége az összefüggés alapján $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$, amit Blaise Pascal francia természettudós tiszteletére pascalnak (Pa) nevezünk.

Kidolgozott feladat

Példa a nyomás meghatározására és alkalmazására

Kérdés: Egy régi íróasztal 54 kg tömegű, négy lába a talajjal összesen 40 cm²-en érintkezik. Mekkora az asztal talajra kifejtett nyomása?

Válasz: Az 54 kg tömegű asztalt a nehézségi erő nyomja a talajhoz. Az erő meghatározása:

$$F = m \cdot g = 54\ \text{kg} \cdot 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 540\ \text{N}$$

A kifejtett nyomás a tanult összefüggés szerint:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{540\ \text{N}}{40\ \text{cm}^2} = \frac{540\ \text{N}}{0{,}004\ \text{m}^2} = 135\,000\ \text{Pa}$$

Figyeljünk a helyes mértékegységekre a számolás során!

Tehát az íróasztal 135 000 Pa nyomást fejt ki a talajra.

Kérdés: A befagyott Balaton jege 40 000 Pa nyomást bír ki. Beszakad-e egy ember alatt, ha rááll? Az érintkezési felület a jég és a talp között 480 cm².

Válasz: A válaszhoz a nyomóerőt kell meghatároznunk. A számolást két módon is bemutatjuk.

a) Arányos következtetéssel:
A 40 000 Pa nyomás azt is jelenti, hogy 1 m² felületen a nyomóerő 40 000 N nagyságú lehet. Akkor 1 cm² felületen ennek tízezrede lehet csak, azaz 4 N. Tehát a 480 cm² talpfelületen legfeljebb 480-szor annyi, azaz 480 · 4 N = 1920 N nyomóereje lehet az embernek.

b) Képlettel:
A nyomás képletébe behelyettesítjük az ismert adatokat:

$$p = \frac{F}{A}$$

$$40\,000\ \text{Pa} = \frac{F}{0{,}048\ \text{m}^2}$$

Figyeljünk a helyes mértékegységek alkalmazására a számolás során!
Az egyenlet mindkét oldalát 0,048 m²-rel megszorozzuk, így azt kapjuk, hogy

$$1920\ \text{N} = F$$

Végül a nyomóerőből meghatározzuk a tömeget. A nehézségi erő $F = m \cdot g$ képlete alapján legfeljebb 192 kg tömegű lehet az ember, hogy kibírja a jég alatta. Ez nagy valószínűség szerint teljesül is!

A nyomás csökkentése

Sok esetben hátrányos, ha két tárgy úgy nyomódik egymáshoz, hogy túl nagy lesz a benyomódás mértéke. Ekkor a fenti összefüggés alapján a nyomás csökkenthető: vagy a nyomóerőt csökkentjük, vagy

az érintkező felületet növeljük. A felületnövelést alkalmazzuk a hótalpaknál, a sílécnél, a traktorkeréknél, a lánctalpnál és még számos helyen. A nyomóerő csökkentését pedig akkor, amikor lazítunk a szorításon, vagy a sárba süppedt autóból minden terhet kipakolunk, hogy könnyebben szabaduljon.





A nyomás növelése

Sok esetben hasznos is tud lenni a mély benyomódás. Ekkor a nyomást növelni igyekszünk: vagy a nyomóerőt növeljük, vagy az érintkező felületet csökkentjük. A felületcsökkentést alkalmazzuk a szúró-vágó eszközök élezésénél, hegyezésénél. A nyomóerő növelését pedig például a préselésnél.





A szilárd anyagok hőtani tulajdonságai

A hőtani tulajdonságok közül eddig a hőtágulást, a hővezetést és a hőbefogadó képességet említettük. A szilárd anyagok esetében a hőtágulás csak nagy méretek vagy nagy hőmérséklet-változások esetén válik jelentőssé, így például egy hosszú sínnél vagy hidak esetében, vagy ha egy berendezés felforrósodik.

A szilárd anyagok hővezetéssel adják át a hőt az egyik helyről a másikra. A háziasszonyok nem hagyják a fém merőkanalat a forró levesben, az ételt fakanállal készítik. A főzőedények fémfülét ronggyal vagy kesztyűvel fogják meg, illetve találkozhatunk már kerámiafülű edénnyel is. A szilárd anyagok közül a fémek igen jó hővezetők, ugyanakkor a fa, a kerámia, a szövet rosszul vezetik a hőt, hőszigetelő anyagok. Az épületek falai szintén rossz hővezető anyagból épülnek, ilyen a beton, a tégla, az agyag, a fa vagy az üveg. Ezen felül a falak külső felületére még egy műanyag réteget is erősítenek, mely nagyon jó hőszigetelő.

A szilárd anyagok hőbefogadó képessége, pontosabban a fajhője általában kicsi, ami azt jelenti, hogy kevés energiával magas hőmérsékletre melegíthetők. Könnyen melegíthetők, és könnyen is hűlnek le. A napon felejtett fémtárgy hamar felmelegszik, este viszont hamar le is hűl.



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

nyomás

A kölcsönhatáskor létrejövő összenyomódás mértékét nyomásnak nevezzük. A nyomás az anyagokat összenyomó erő nagyságának és az érintkező felület nagyságának hányadosa. A nyomás csökkenthető az érintkező felület növelésével vagy a nyomóerő csökkentésével. Ellenkező esetben a nyomás növekedni fog.

A szilárd anyagok hőtágulása csak nagy méretekben jelentős, a hőátadást hővezetéssel végzik. A fémek jó hővezető anyagok, de vannak rossz hővezető szilárd anyagok, azok a hőszigetelők.

A szilárd anyagok könnyen melegíthetők, és könnyen is hűlnek le.

Megoldandó problémák, feladatok

1. A klasszikus rajzszög egyik fele hegyes, másik fele nagy fejű lap. A leckében tanultak alapján magyarázd el, miért tudjuk könnyedén beszúrni a rajszöget a parafa táblába!

2. Az aszfaltburkolat nagy igénybevételnek kitett felület. Az aszfaltot úthenger teríti egyenletesen simára. A felületen igen nehéz járművek, kamionok, teherautók, buszok járnak. Mégis előfordul, hogy a keréknyom-besüppedés meglátszik az aszfalton. Szerinted hogyan lehetséges ez? Fejtsd ki véleményedet!

3. A cipekedésnél a teher belenyomódhat az ember testébe, ami fájdalmas is lehet. Gondold végig, hogy te mi mindent cipeltél már (a nehéz tárgyakra gondolj: hátizsák, bevásárlótáska), és milyen módon tudtál vagy lehetne könnyíteni a benyomódás mértékén?

4. *Lekvárfőzés idején, amikor a befőttesüvegbe beleöntjük a forró lekvárt, az üveg elpattanhat. Vajon melyik hőtani tulajdonság miatt? A háziasszonyok ennek elkerülése érdekében egy lapos fémkés hegyét tették az üveg alá, és ezután öntötték csak a lekvárt. Miért? A fémkés melyik hőtani tulajdonsága érvényesül itt?*

7. A folyékony anyagok jellegzetes tulajdonságai

Melyből megtudjuk, hogy merre és milyen mértékben hat egy folyadék nyomása, hogy mik azok a közlekedőedények, valamint hogy miért fő lassan a leves.

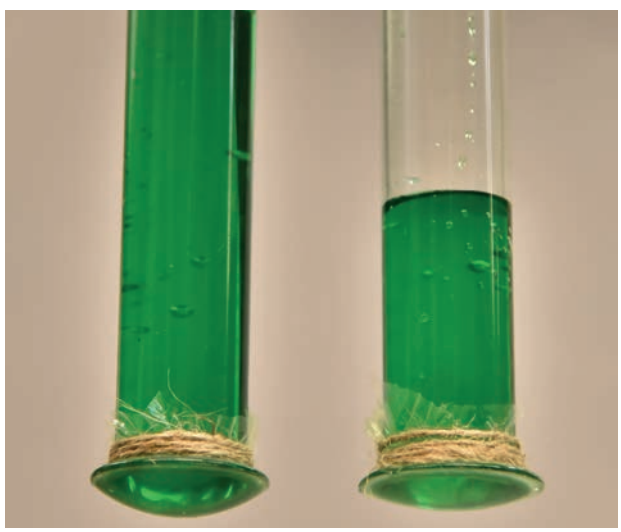
A folyékony anyagok mechanikai tulajdonságai

Korábban tanultuk, hogy a folyékony anyagok térfogata állandó, szinte összenyomhatatlanok. A Föld tömegvonzása formálja őket, önthetők, felveszik az edény alakját. A tömegvonzás hatására nekinyomódik az edény falának, ezért érdemes részletesen megvizsgálnunk a folyadékok nyomását.

A folyadékok nyomása

Egy üvegcső aljára rögzítsünk gumihártyát, majd öntsünk a csőbe lassan, egyenletesen vizet. Figyeljük meg a hártya alakját! Azt tapasztaljuk, hogy a hártyára nehezedő víz nyomja a hártyát, a hártya benyomódik. A benyomódás mértéke a víz mennyiségétől függ, minél magasabban áll a vízszint, annál nagyobb a benyomódás.

A kísérlet alapján elmondható, hogy a folyadékoknak is van nyomásuk, méghozzá azért, mert ránehezednek a nyomott felületre. A folyadékok nyomását külön kifejezést használva **hidrosztatikai nyomás**nak nevezzük. Az ógörög eredetű szó a nyugalomban lévő vízre utal.



Gumihártyára nehezedő magasabb és sekélyebb vízoszlop

Érdekességek

A hidrosztatikai nyomás nyomóereje abból adódik, hogy a Föld vonzza a folyadékot, az edény pedig megtartja. A világűrben ez a hatás nem érvényesül, ott nincs hidrosztatikai nyomás. A hidrosztatikai nyomás nyomóerejét csak úgy tudjuk megnövelni, ha a folyadékot bezárjuk, és nem engedünk szabad felszínt.

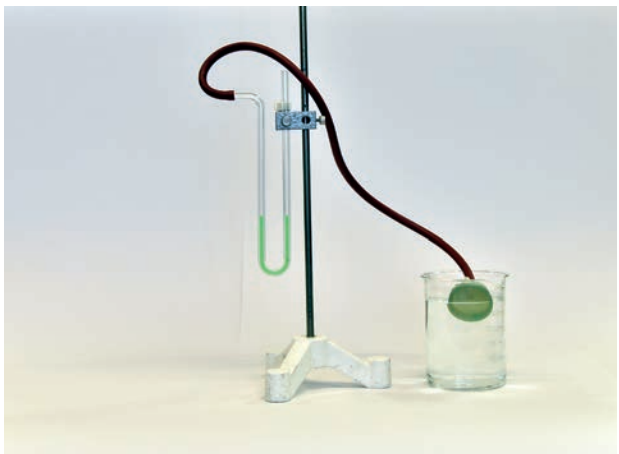


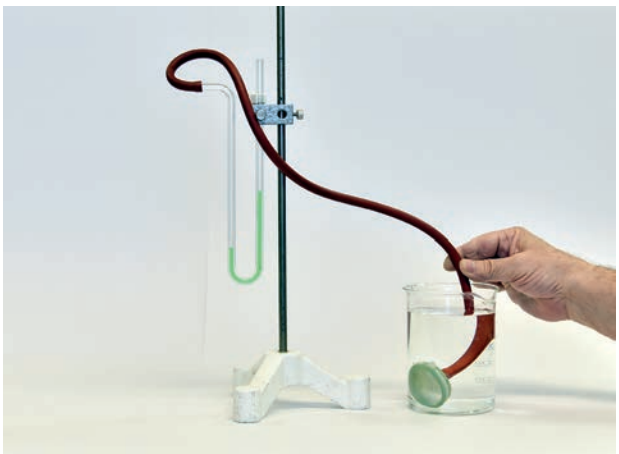
Például a fecskendő dugattyúját benyomva a szérum a fecskendőtűn keresztül tud távozni.



Hidrosztatikai nyomás a folyadék belsejében

Mérjük meg egy nyomásmérő eszközzel a hidrosztatikai nyomást egy főzőpohárban lévő víz belsejében, a vízfelszín alatt különböző mélységekben és különböző irányokban! A nyomásmérő eszköz egyik vége egy érzékeny gumihártyából áll, ami a nyomást érzékeli, a másik vége egy U alakú csőből, melyben színezett folyadék található. Ezt a kettőt egy zárt gumicső köti össze. Minél nagyobb nyomást érzékel a hártya, annál nagyobb lesz az U alakú cső két szárában a folyadékszint-különbség.





Hidrosztatikai nyomás mérése a víz felszínén és a belsejében nyomásmérő eszközzel

Már az első mérésből is kiderül, hogy a folyadékok belsejében is van hidrosztatikai nyomás. Ha azt vizsgáljuk, hogy a vízben egy adott helyen a gumihártya különböző irányokba állítva mekkora hidrosztatikai nyomást érzékel, akkor azt tapasztaljuk, hogy a nyomás értéke minden irányban ugyanakkora. Azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a folyadékok a felszínük alatt a tér minden irányában fejtenek ki hidrosztatikai nyomást, amit egy oda helyezett anyag felületén érzékelni is lehet.

Ha azt vizsgáljuk, hogy a vízben a felszíntől különböző mélységben a gumihártya mekkora hidrosztatikai nyomást érzékel, akkor azt tapasztaljuk, hogy a nyomás értéke annál nagyobb, minél mélyebben van a hártya. Ugyanezeket a tapasztalatokat kapjuk, ha más folyadék nyomását vizsgáljuk.

Kidolgozott feladat

A hidrosztatikai nyomás meghatározása

Próbáljuk meg meghatározni egy uszoda vizének fenéknyomását. A nyomás a nyomóerő és a nyomott felület hányadosa, ezért ezeket kell először meghatároznunk. A nyomott felület a medence aljának területe, amit könnyen megmérhetünk: $A = 136\ \text{m}^2$. A nyomóerőhöz szükségünk van a víz mennyiségére is, ezért megmérjük a víz mélységét: $h = 1{,}2\ \text{m}$. Ebből meg tudjuk határozni a víz térfogatát, majd a sűrűség segítségével a víz tömegét:

$$V = A \cdot h = 136\ \text{m}^2 \cdot 1{,}2\ \text{m} = 163{,}2\ \text{m}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 1000\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 163{,}2\ \text{m}^3 = 163\,200\ \text{kg}$$

A vizet a Föld vonzóereje nyomja a medence aljához, a nehézségi erő:

$$F = m \cdot g = 163\,200\ \text{kg} \cdot 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1\,632\,000\ \text{N}.$$

Tehát a nyomóerő 1 632 000 N. Most már kiszámolható a nyomás:

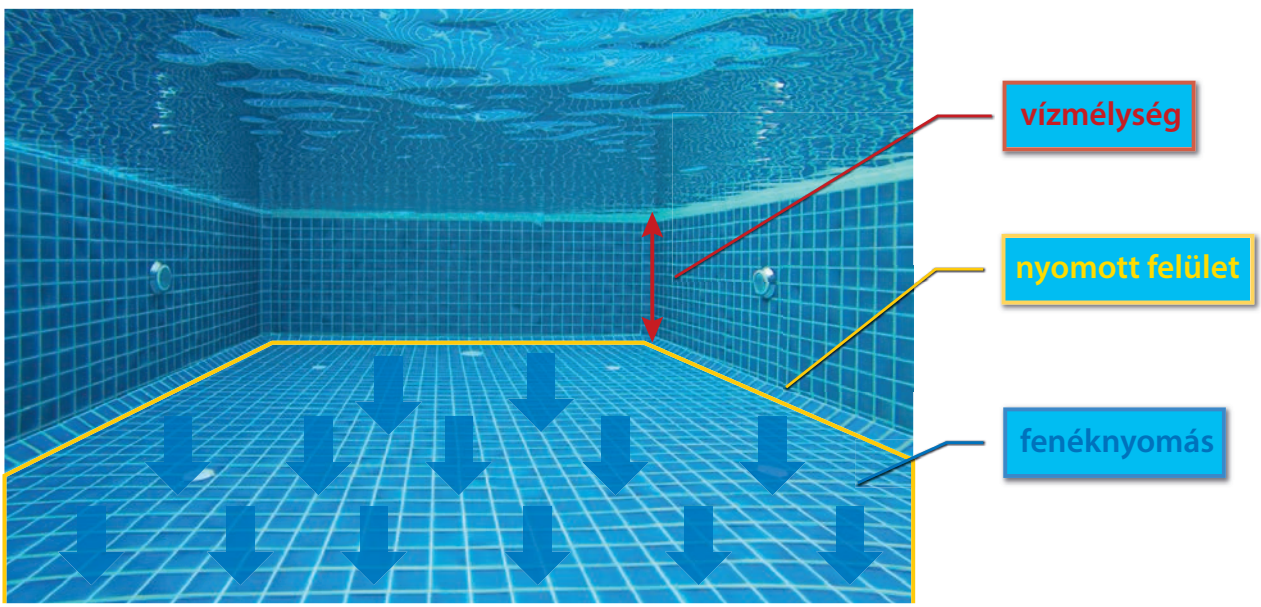
$$p = \frac{F}{A} = \frac{1\,632\,000\ \text{N}}{136\ \text{m}^2} = 12\,000\ \text{Pa}$$

A számolás során a nyomott felülettel szoroztunk, majd osztottunk is vele, az eredményt megkaphatjuk e nélkül is. A hidrosztatikai nyomás tehát a folyadék sűrűsége, a nehézségi gyorsulás és a vízmélység szorzatából adódik.

hidrosztatikai nyomás = folyadék sűrűsége · nehézségi gyorsulás · folyadék mélysége

$$p_h = \rho_{folyadék} \cdot g \cdot h$$

Fontos megjegyezni, hogy a nyomást akkor számoljuk helyesen, ha a sűrűséget $\frac{kg}{m^3}$-ben, a folyadék mélységét pedig méterben adjuk meg. Ekkor a nyomást Pa-ban kapjuk meg. Az összefüggés azt is jól mutatja, hogy minél nagyobb vízmélységgel számolunk, annál nagyobb a hidrosztatikai nyomás értéke.



Nyomásviszonyok a víz alatt

Minél mélyebbre búvárkodunk a víz alatt, annál nagyobb nyomás nehezedik ránk, és ezt a legérzékenyebben a dobhártyánk tapasztalja meg. Nagy mélységekben a tengeralattjárókra is hatalmas nyomás nehezedik, ezért vastag fala és ablaküvegei vannak. A folyó- vagy állóvíz nem csak a meder alját, hanem az oldalát is nyomja, ezért például a gátakat kellő vastagságúra kell építeni. A gátak fentről lefelé egyre vastagabbak, hiszen a víz nyomása a vízmélységgel egyenesen arányos. Hasonló okok miatt a kerti fürdőmedence oldala is a beleengedett víz nyomása miatt az alján türemkedik ki jobban. Nagy állatkerti akváriumok oldalsó üvegeit is megfelelően vastag üvegből kell készíteni.

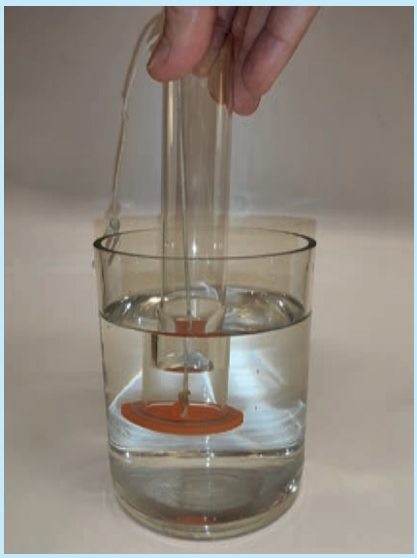






Kísérlet

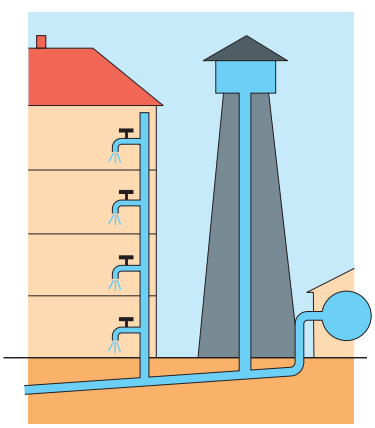
Egy üvegcső aljára szorítsunk egy műanyag korongot, nyomjuk víz alá úgy, hogy a cső felső része kiérjen a vízből, majd engedjük el a korongot. Nem lepődünk meg, hogy a korong nem süllyed le, hiszen a víz minden irányba képes kifejteni nyomását, még felfelé is. A korong mellett a csőbe víz szivárog. Várjunk addig, amíg a korong el nem válik teljesen a csőtől. Azt tapasztaljuk, hogy a csőbe addig a szintig emelkedett a víz, ameddig a csövön kívüli vízszint volt. Ekkor vált el a korong a csőtől.

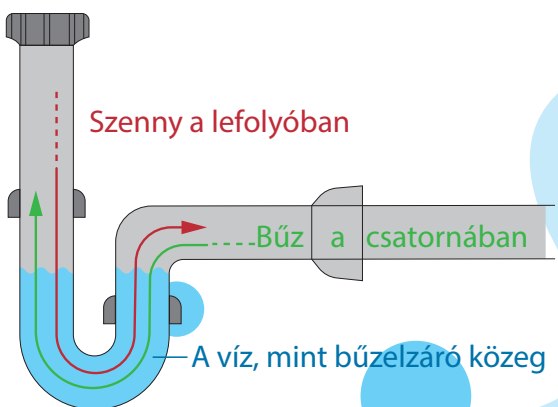


A közlekedőedények elve

A kísérletet úgy magyarázhatjuk, hogy a korongot alulról és felülről is hidrosztatikai nyomás érte. Amíg alulról nagyobb volt a nyomás felfelé, mint fentről lefelé, addig a korong a csőhöz nyomódott, ha egyenlő nagyságúak lettek, akkor a korong elkezdett lesüllyedni. A szivárgás, a víz áramlása akkor szűnt meg, amikor a két vízszint egyenlő lett. Egy tárolóedény egyes részeiben, elágazásaiban addig áramlik és mozog (közlekedik) a víztömeg, amíg a nyitott, szabad felszíneken azonos lesz a vízszint. Ezt a jelenséget nevezzük a közlekedőedények elvének. Emiatt áll például azonos szinten a tea a kannában és a csőrben. A víztoronyban lévő vízzel egy szintben igyekszik állni a vízvezetékben lévő víz, ezért tud folyni a csapból a víz. A mosdók alatt, a vécékben az U alakú bűzelzáróban is mindkét szárban azonos magasságig áll a vízszint, így a csatornából a bűz nem jut vissza a lefolyón át a lakótérbe.







A víznyomás nagysága

A hidrosztatikai nyomás összefüggéséből könnyen kiszámítható, hogy a vízszint alatt 1 m mélységben a víznyomás $1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 1\ m = 10\ 000\ Pa$. Nagyobb egységre váltva: 10 000 Pa = 100 hPa = 10 kPa. A víznyomás a felszíntől méterenként ereszkedve 10 kPa-lal nő, így 10 méter mélyen már 100 000 Pa = 100 kPa. Ezt a nagyságrendet barnak nevezzük, és bárnak ejtjük. 1 bar = 100 kPa. Az 1,2 m mély tanmedence alján a víznyomás 0,12 bar, a Balaton legmélyebb pontján, 12 méteren 1,2 bar, a margitszigeti víztoronyban, amikor még üzemben volt, 50 méter magasan állt a víz, az alján 5 bar hidrosztatikai nyomást lehetett mérni.

A mai vízvezetékekbe már más módon, víztározókból szivattyúk segítségével juttatják el a vizet, a vízvezetékben a víznyomás ebben az esetben 4-6 bar körüli.



A folyadékok hőtani tulajdonságai

A folyékony anyagok hőtágulása sokkal jelentősebb azonos körülmények között, mint a szilárd anyagoké. A hőmérő üvege és folyadéka is tágul melegedés során, de a folyadék sokkal jobban, ezért kúszik fel a folyadékszint az üvegcsőben. A folyadékok hőáramlással adják át a hőt egyik helyről a másikra. A hőáramlás természetes módon is kialakulhat, mint például a tengeráramlatokban vagy a fel-felbugyogó forró levesben, de mesterségesen is keringtethetjük, mint például a fűtőtestben.

A folyékony anyagok fajhője általában nagy értékű, a vízé a legnagyobb fajhő. Ez azt jelenti, hogy a vizet nehéz felmelegíteni, de nehezen is hűl le. A folyók, tavak nyár elején lassan melegszenek, ősz elején lassan hűlnek le. A vizet sokáig tart felforralni, a levesek lassan készülnek. Ugyanakkor a forró víz lassan is hűl ki, érdemes vele a fűtőtestekben a lakás levegőjét melegíteni. Az ételek gyors melegedésétől, leégésétől véd meg a vízfürdőben való melegítés, a főzés.





Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

hidrosztatikai nyomás

A folyadékoknak is van nyomásuk, amit hidrosztatikai nyomásnak nevezünk. A hidrosztatikai nyomás a folyadék belsejében mindenhol jelen van, és bármely irányba kifejtheti hatását. A hidrosztatikai nyomás annál nagyobb, minél mélyebben vizsgáljuk a felszíntől a folyadékot. A közlekedőedények elve szerint egy tárolóedény egyes részeiben, elágazásaiban addig áramlik a víztömeg, amíg a nyitott, szabad felszíneken azonos lesz a vízszint.

A folyadékok hőtágulása jelentősebb a szilárd anyagokénál. A hőátadást hőáramlással biztosítják. A víz fajhője a legnagyobb az anyagok közül, nehezen melegíthető fel, de nehezen is hűl le.

Megoldandó problémák, feladatok

1. Amikor egy folyadékot felmelegítünk, kitágul az edényben. Szerinted változik a fenéknyomás értéke? Ha igen, kisebb vagy nagyobb lesz, és miért? Ha nem, miért nem?

2. El tudnád magyarázni, hogyan működik egy vízipisztoly? Próbáld meg osztálytársaidnak bemutatni!

3. Keress magyarázatot arra, hogy miért tárolják szokatlanul vastag üvegcsében a higanyt a vegyészek!

4. *Keress olyan példákat, amikor hideg vízfürdőt alkalmazunk. Mit hűtünk vele? Szerinted miért ezt a megoldást alkalmazzuk?*



8. Folyékony és szilárd anyag találkozása

Melyből kiderül, hogy merre mozdulnak a folyadékba merített testek, valamint hogy mik azok a kapilláriscsövek, és miben vannak.

Kísérlet

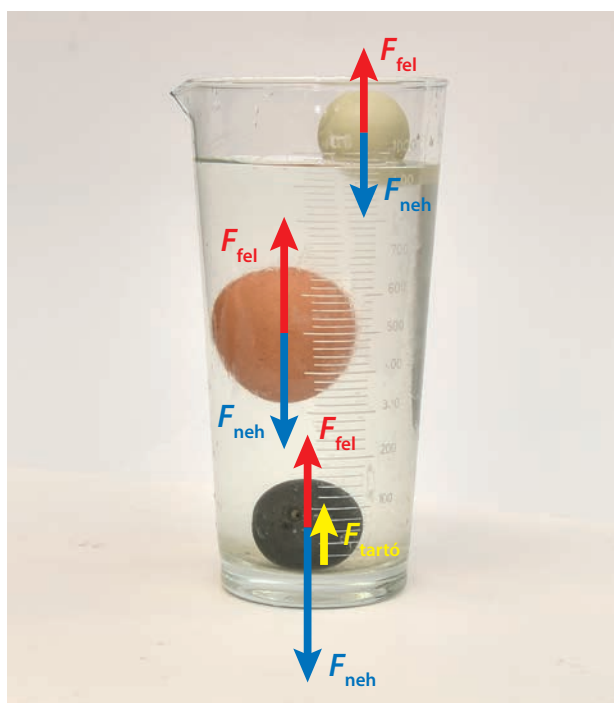
Tegyünk enyhén sós vízbe pingponglabdát, főtt tojást és fémgolyót. Figyeljük meg, mi történik a testekkel az elengedésük után! Azt tapasztaljuk, hogy a pingponglabda felemelkedik a víz felszínére, a tojás a vízben lebegve egy helyben marad, míg a fémgolyó lesüllyed a víz fenekére. Korábban már említettük, hogy a jelenség az anyagok sűrűségével kapcsolatos, de magyarázatot akkor nem adtunk rá.



A felhajtóerő

A kísérletből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy ahhoz, hogy a tojás egy helyben maradjon, a nehézségi erőt egy másik erőnek ki kell egyensúlyoznia. Ennek az erőnek az iránya felfelé mutató kell legyen. A pingponglabda felemelkedéséhez olyan felfelé ható erő kell, mely nagyobb a nehézségi erőnél. A testek a folyadékkal vannak kölcsönhatásban, az erő a folyadéktól kell hogy származzon. A folyadékok által a belehelyezett testekre felfelé kifejtett erőt **felhajtóerő**nek nevezzük, jele: F_{fel}. Mértékegysége a newton (N).

A felhajtóerő nagyságától függően a folyadékba merített testeknek háromféle helyzete, illetve mozgása alakulhat ki. Ha a felhajtóerő kisebb, mint a testet húzó nehézségi erő, akkor a test elindul lefelé a folyadékban, elmerül benne, lesüllyed a folyadék aljára. Ha a felhajtóerő nagyobb a nehézségi erőnél, akkor



a test elindul felfelé a folyadékban, felemelkedik benne, sőt részben kiemelkedik belőle. Ahogy kiemelkedik, úgy elkezd csökkenni a felhajtóerő nagysága, és végül, amikor a felhajtóerő egyenlő nagyságú lesz a nehézségi erővel, megállapodik a folyadék felszínén. Ezt a végső helyzetet nevezzük a fizikában **úszás**nak. Ha a két erő éppen egyenlő nagyságú, akkor kiegyensúlyozzák egymást, a test a folyadékban nyugalomban marad, ezt az állapotot **lebegés**nek nevezzük.

A felhajtóerő vizsgálata

Mérjük meg rugós erőmérővel, hogy mekkora erővel kell tartani egy fémhengert! Ezután merítsük a fémhengert vízbe, és így is mérjük meg a tartóerőt! A vízbe helyezett fémhengert kevesebb erővel kellett tartani, mint levegőben. A fémhenger megtartásában a második esetben a víz felhajtóereje segített, tehát a két mérési eredmény különbsége a felhajtóerő nagysága.

Vegyünk egy akkora űrtartalmú kis vödröt, amekkora a fémhenger térfogata, és akasszuk a rugós erőmérőre, majd próbáljunk meg a vödörbe annyi vizet önteni, amelyet éppen akkora erővel kell tartani, mint az előbbi felhajtóerő. A próbálgatásból kiderül, hogy éppen tele kell töltenünk a vödröt vízzel, hogy az erőmérő a felhajtóerő nagyságát mutassa.



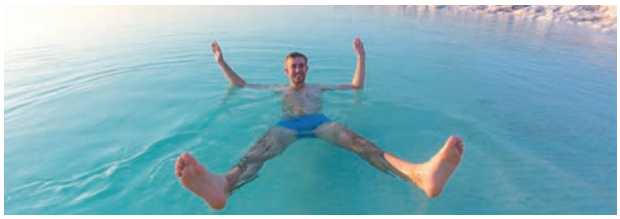
Fémhengert tartó erő mérése levegőben és vízben rugós erőmérővel. A tartóerők különbségének kialakítása vödörbe öntött vízzel.

Arkhimédész törvénye

A legenda szerint egy ókori király tanácsadója, Arkhimédész oldotta meg azt a feladatot, hogy hogyan lehet megállapítani egy koronáról, hogy színaranyból van-e, vagy hamisítvány, anélkül, hogy bármilyen módon is roncsolnánk azt. Hosszas töprengés után találta ki a megoldást, azt kiabálva: „megtaláltam” (görögül: heuréka). A megoldásához a testek elmerülését és a felhajtóerő jelenségét használta. Tiszteletére az ebből született törvényt Arkhimédész törvényének nevezzük, amely így szól:

Minden folyadékba merített testre felhajtóerő hat. A felhajtóerő nagysága éppen akkora, mint amekkora erővel a test által kiszorított folyadékot egyensúlyban tudjuk tartani.





Tehát a felhajtóerő nagysága azzal a folyadékkal kapcsolatos, amelynek a helyébe került az adott test. A sós víz valamivel nagyobb sűrűségű az édesvíznél, ezért a sós vízben valamivel nagyobb felhajtóerő jön létre. A Holt-tengerben fürdőzők jobban kiemelkednek a tengerből, mint a Balatonban fürdőzők.

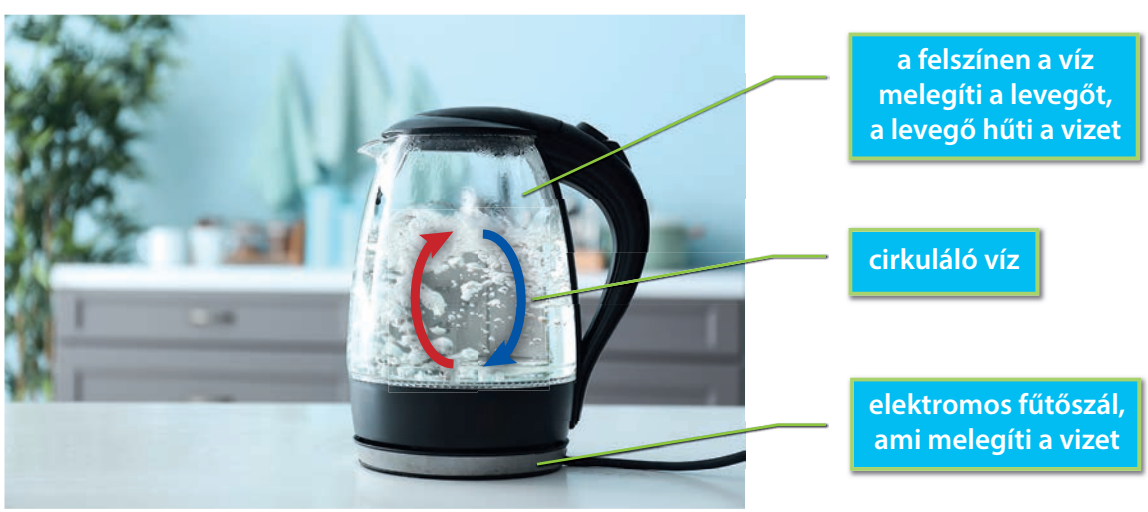
A sűrűségfeltétel

Mi határozza meg, hogy egy test folyadékba kerülve úszni, lebegni vagy elmerülni fog? A válasz: a felhajtóerő és a nehézségi erő nagyságának viszonya. A nehézségi erőt a test tömegéből, a felhajtóerőt pedig a kiszorított folyadék tömegéből határozzuk meg. A test tömege a sűrűségének és térfogatának szorzata. A kiszorított folyadék tömege pedig a sűrűségének és ugyancsak a test térfogatának a szorzata. Így érthető, hogy az erők összehasonlításához elegendő a test és a folyadék sűrűségét összehasonlítani. A folyadéknál nagyobb sűrűségű testek elmerülnek, a kisebb sűrűségűek úsznak, az azonos sűrűségűek pedig lebegnek. Ezt a szabályt **sűrűségfeltétel**nek nevezzük. A testet akár többféle anyag is alkothatja, tehát a test sűrűsége átlagsűrűség. Például az acél tengerjáró hajók úsznak a tengervíz felszínén, tehát átlagsűrűségük kisebb, mint a tengervíz sűrűsége. Az acél sűrűsége ugyan körülbelül nyolcszor nagyobb a vízénél, de a hajó belseje egyéb anyagokat is tartalmaz, legfőképpen levegőt, aminek a sűrűsége viszont ezrede a vízének. Így alakulhat ki a víznél kisebb átlagsűrűség.



Hőáramlás felhajtóerővel

A teavizet, a kazán vizét vagy a levest elég az alján melegíteni. Ugyanis a legalsó réteg felmelegített víz kissé kitágul, sűrűsége kisebb lesz, így saját környezete a felhajtóerő segítségével felemeli a legmagasabb rétegekig, miközben a felsőbb rétegek lejjebb kerülnek. A legalulra kerülő új, még hidegebb réteget tovább melegítve a folyamat állandósul, folyamatos hőáramlás, cirkuláció, magyarul körforgás jön létre. Ilyen természetes cirkuláció alakul ki a tengeráramlatok esetében.



A felhajtóerő magyarázata

Képzeljünk el egy tengerben lebegő medúzát! A könnyű, átlátszó testétől eltekintve szinte csak tengervízből áll. A belsejében lévő tengervizet a környezetében lévő tengervíz tartja. A víz ott lebegne akkor is, ha a medúza teste nem venné körül. De miért lebeg a medúza a vízben? Mert az alsó részére valamivel nagyobb hidrosztatikai nyomás hat felfelé, mint a felső részére lefelé, hiszen egy kissé mélyebben van. A hidrosztatikai nyomás miatt a víz a saját anyagát megtartja. Gondolatban töltsük meg a medúza testét apró kavicsokkal! A környező víz még mindig a saját anyagát tartaná, csakhogy belül víz helyett kavics van, ezért a medúza lemerül a tengerfenékre. Ha a medúzát gondolatban levegővel töltöttük volna meg, akkor a belül lévő víz helyett a sokkal könnyebb levegő lenne benne, így felemelkedne. A felhajtóerőt tehát úgy számolhatjuk ki, mintha a test folyadékba merülő térfogatát kicserélnénk a folyadékra, és erre a folyadékra ható nehézségi erőt számolnánk ($F = m \cdot g$ és $m = \rho \cdot V$ alapján):



felhajtóerő = folyadék sűrűsége · folyadékba merülő térfogat · nehézségi gyorsulás

$$F_{fel} = \rho_{foly} \cdot V_{mer} \cdot g$$

Érdekességek

A felhajtóerő nemcsak szilárd anyagokra, hanem más folyadékokra és gázokra is hat. Ezért süllyed le a méz, a szirup a víz aljára, ugyanakkor ezért emelkedik fel a buborék a vízben, illetve terül el az olajszennyezés a víz felszínén. A csíkos koktélok készítésének sikere az egyre kisebb sűrűségű folyadékok rétegezése.

Mivel a felhajtóerő a hidrosztatikai nyomás következménye, ezért a világűrben, ahol nincs hidrosztatikai nyomás, felhajtóerő sem alakul ki a folyadékokban. Ott a vízbe merített pingponglabda a víz alatt marad, de ugyanúgy a vízben lebegne a fémgolyó is.







Kísérlet

Tegyünk kockacukortornyot egy tálkába, majd a tálkába öntsünk kevés kávét! Figyeljük meg a változást! Az alsó kockacukorban emelkedni kezd a kávé szintje, és egyre feljebb emelkedik.





Kockacukor és kávé kölcsönhatása

Kapilláris jelenségek

A tapasztaltakból azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a cukorban lévő apró, mikroszkopikus járatokon keresztül a kávé igyekszik ellepni az egész kockacukrot. A jelenség csak akkor következik be, ha a járatok tényleg hajszálvékonyak, ezért kapta a hajszálcsövesség, idegen szóval kapillaritás nevet. Sokféle szilárd anyag tartalmaz ilyen **kapilláris csöveket**, például a papírfélék, szövetek, rongyok, agyag. Nedvszívó anyagoknak is nevezzük ezeket, többek között a papírtörlőt, a szivacsot, a felmosórongyot. A téglafalak is nedvszívók, ezért az építkezéskor a falak alapzatát vízzáró szigeteléssel kell ellátni, nehogy magukba szívják a talajnedvességet. A növények szintén a gyökerükben, a szárukban lévő kapilláris csöveken keresztül veszik magukhoz a vizet és a tápanyagot a talajból.







Érdekességek

A hajszálcsövesség jelenségét azzal magyarázhatjuk, hogy bizonyos szilárd és folyékony anyagok között viszonylag erős kapcsolódás tud kialakulni, mintegy egymáshoz vonzzák a részecskéiket. Egy pohár víz esetében az üveg és a víz találkozásánál a víz felszíne kissé felkúszik az üveg oldalára, vagy mosogatás után a vízcseppek odatapadnak az edényekre. Ugyanakkor a víz és a viasz között nem jön létre ilyen erős kapcsolódás, a viaszosvászon nem szívja magába a vizet, a viasszal kezelt sátorponyva vagy nagykabát szintén nem szívja magába a vizet.



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

Minden folyadékba merített testre felhajtóerő hat. *A felhajtóerő oka a test aljára és tetejére ható nyomáskülönbség.* A felhajtóerő nagysága éppen akkora, mint amekkora erővel a test által kiszorított folyadékot egyensúlyban tudjuk tartani. A folyadékba merített testek lemerülhetnek, lebeghetnek vagy úszhatnak a folyadék felszínén. A sűrűségfeltétel dönti el, hogy ezek közül melyik teljesül. A kapilláriscsöveket tartalmazó szilárd anyagok nedvszívók, belsejükbe gyűjtik a vizet.

felhajtóerő **úszás** **lebegés** **sűrűségfeltétel** **kapilláriscsövek**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Keresd meg a táblázatban és hasonlítsd össze az alumínium és a víz sűrűségét! Ez alapján szerinted mi történne egy alumíniumgombóccal, ha vízbe merítjük? Otthon alufóliából könnyen gyúrhatsz alumíniumgombócot. Ellenőrizd le kísérlettel az előrejelzésedet! Mit tapasztaltál? Fejtsd ki a feladatról a véleményedet!

2. Készíts úgynevezett Cartesius-búvárt! Egy nagy műanyag flakont tölts tele vízzel, majd fordíts bele fejjel lefelé egy vízzel félig töltött kémcsövet! Csavard rá a kupakot a flakonra, majd nyomd össze egyre jobban a flakont a két kezeddel! Figyeld a kémcsövet, annak helyzetét, valamint a benne lévő víz szintjét! Fogalmazd meg tapasztalataidat, és próbálj magyarázatot is adni a látottakra!

3. *A víznél kisebb sűrűségű testek felemelkednek a vízben, mert a felhajtóerő nagyobb a nehézségi erőnél. A felszínre kerülő test úszik a víz felszínén, nyugalomba kerül. Úszó állapotban viszont az erők kiegyensúlyozottak, tehát az úszó testre ható felhajtóerőnek és a nehézségi erőnek egyenlő nagyságúnak kell lennie. Hogyan lehetséges, hogy a folyamat során a felhajtóerő lecsökkent?*

4. A bőrcipőt, a serpenyőt, az autó szélvédőjét védőbevonattal látják el. Miért? Mi ennek a védőbevonatnak a feladata?





9. A légkör jellegzetes tulajdonságai

Melyből megtudjuk, hogy miért van a levegőnek nyomása, miből vesszük észre és milyen nagy, valamint hogy miként jönnek létre a felhők és a csapadékok.

A légóceán fölöttünk

A Földet mintegy 100 km vastagságú levegő veszi körül, amit légkörnek vagy atmoszférának szoktunk nevezni. Most inkább egy régies elnevezést használjunk, a légóceánt. Úgy képzelhetjük el, mintha a bolygónkon egy 100 km mély egybefüggő óceán lenne, aminek a legmélyén élünk. Így könnyebben megérthető, hogy a föld közelében a levegőnek van nyomása, ugyanúgy, ahogy a medence alján a víznek. A légóceánban mindenhol van a levegőnek nyomása, amit légnyomásnak nevezünk. A légóceánban a légnyomás mellett megmérhetjük a levegő hőmérsékletét is, ezzel meghatározhatjuk a hűvösebb és melegebb helyeket. A Földön rengeteg víz található, ami a napsütés hatására párolog. A párolgás során vízpára, vagyis vízgőz kerül a levegőbe, ennek mértéke a páratartalom. A légkör egy adott tartományának így három fontos fizikai adata van: a légnyomás, a hőmérséklet és a páratartalom.



A légnyomás



Szájával lefelé fordított kémcső kiemelése vízből

Fordítsunk meg a víz alatt egy üvegedényt (pl. kémcsövet, poharat), majd szájával lefelé fordítva lassan emeljük ki félig a vízből! A pohárban bennmaradt a víz, nem folyt ki. A közlekedőedények elve most nem érvényesül, mert a pohárban lévő víznek nincs szabad felszíne. De mi tartja bent a sok vizet? A poháron kívül lévő vízre nehezedő levegő, azaz a légnyomás.

Szorítsunk vízzel teli pohárra kartonlapot, fordítsuk fejjel lefelé, majd engedjük el a kartont. A pohárban megint bennmaradt a víz. A légnyomás tartja megint bent a vizet, csak most a légnyomás felfelé hat. Ahogy a hidrosztatikai nyomás, úgy a légnyomás is minden irányba képes kifejteni hatását, most éppen felfelé.



Vízzel teli pohár szájára szorított karton elengedése

Nyomjunk tapadókorongot egy üveglapra, és emeljük meg vele! Az üveglap és a tapadókorong összetapad mindaddig, amíg közéjük levegő nem kerül. Ugyanis a légnyomás az üveget és a korongot egymáshoz nyomja (a közéjük kerülő levegő pedig szétnyomja).



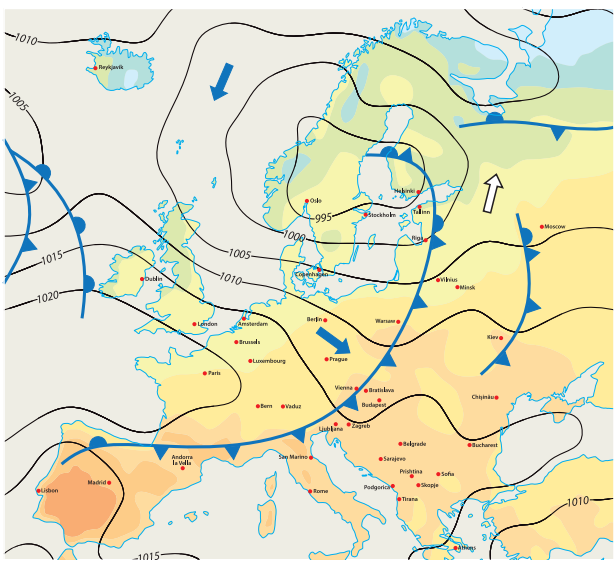
Üveglap megemelése tapadókoronggal

A légnyomás mérése



A légnyomás értékét először Evangelista Torricelli mérte meg, aki Galilei tanítványa volt. Híres kísérletében, melynek alapja az előbbi poharas kísérlet, víz helyett higanyt használt, pohár helyett pedig egy hosszú kémcsövet. A hosszú kémcső alsó részében higany maradt, a higany felett légüres tér, vákuum keletkezett. Mérése szerint tengerszinten a levegő nyomása 76 cm magas higanyoszloppal tartott egyensúlyt. Ebből kiszámolható, hogy a légnyomás értéke körülbelül 10 000 Pa = 1000 hPa = 100 kPa. Ez megfelel 1 bar nyomásnak, ami vízben 10 méter mélyen mérhető.

Nyomásviszonyok a levegőben



A légnyomás értéke a tengerszinttől emelkedve csökken, a mérések szerint nem egyenletesen. Magas hegyek tetején a Torricelli-kísérlet higanyoszlopa nem éri el a 76 cm magasságot, mert a hegyek fölött valamivel sekélyebb a légóceán, kevesebb levegő nyomja a higanyt.

Egy adott helyen mérve a légnyomást kiderült, hogy az értéke függ a levegő hőmérsékletétől és a páratartalomtól. A légnyomás folyamatos mérésével a meteorológusok időjárási előrejelzést is tudnak adni.

A légáramlás



Ha az időjárási viszonyok miatt két, egymáshoz közeli helyen a légnyomás értéke eltérő, **nyomáskülönbség** alakul ki. Ennek hatására a nagyobb légnyomású hely felől levegő fog áramlani a kisebb légnyomású hely felé, amíg a légnyomások azonosak nem lesznek, vagy új időjárási helyzet alakul ki. Az ilyen légáramlást szélnek nevezzük. Annál erőteljesebb a szél, minél nagyobb a nyomáskülönbség.

Nyomáskülönbséget mesterségesen is létre lehet hozni, például a be- és kilélegzéskor, szívószál használatakor, pumpával, légszivattyúval, porszívóval. Ilyenkor mindig légáramlat keletkezik.

Felhajtóerő a levegőben

A légóceánban, hasonlóan a folyadékokhoz, a légnyomásból adódóan felhajtóerő hat a levegőben lévő testekre. A legtöbb test sűrűsége a levegőnél nagyobb, ezért lesüllyed a légóceán aljára, de például a héliumos lufi kisebb sűrűségű, ezért felemelkedik.

Régen léghajókat is használtak közlekedésre. A léghajókat a levegőnél könnyebb hidrogén gázzal töltötték meg, így a felhajtóerő miatt képes volt felemelkedni. A hidrogén gyúlékony gáz, a léghajók többször kigyulladtak, ezért ma már nem repülnek léghajók.



A levegő hőtani tulajdonságai

A levegő nagyon rossz hővezető, tehát jó hőszigetelő, ha megakadályozzuk a hőáramlásban. Az állatok sűrű bundája sok levegőt rejt, ugyanakkor nehezen áramlik, megreked benne a levegő. Hasonló meggondolásból készítenek dupla falú üvegablakokat, használunk pehelypaplant, ezért öltözködünk hidegben rétegesen.

A levegő melegítés hatására tágul, ezáltal sűrűsége csökken. A felhajtóerő miatt, a sűrűségszabály alapján a környező levegő felemeli a melegebb levegőt, feláramlás következik be. A feláramlás miatt a légnyomás is kisebb lesz. A levegő hűlésekor fordított folyamat játszódik le: a lehűlt levegő zsugorodik, sűrűsége nagyobb lesz, lesüllyed a környező levegőben, ahol a légnyomás megnő.



A levegő páratartalma

A levegő, kis sűrűsége miatt, nagyobb mennyiségű vízgőzt, azaz párát tud magába fogadni. Ennek mennyisége a páratartalom. Amikor a levegő eléri a maximális páratartalmat, akkor már több pára nem tud képződni, a felesleges vízgőz lecsapódik. A levegő maximális páratartalma hőmérsékletfüggő, magasabb hőmérsékleten több párát képes befogadni. A relatív páratartalom százalékos formában határozza meg a maximális páratartalomhoz viszonyított páratartalmat.



Felhőképződés



A meleg, páradús levegő a felhajtóerő miatt felszáll a magasba, ahol lehűl. A hűvösebb levegő azonban kevesebb párát tud magba fogadni, a felszálló levegőben felesleg keletkezik. A felesleges pára lecsapódik, apró cseppek, hidegebb körülmények között jégkristályok keletkeznek a magasban. Ezt látjuk felhőnek. A jelenség a fölközelben is létrejöhet, ha a levegő a talaj mentén hűl le. Ilyenkor köd képződik.

Csapadékképződés

Ha a felhőben folytatódik, sőt felerősödik a páralecsapódás, akkor az apró vízcseppek vagy jégkristályok növekedni, hízni kezdenek, eközben tovább emelkednek. Ha elérnek egy kritikus tömeget, a meleg feláramlás már nem képes tovább fenntartani azokat és aláhullanak, csapadék képződik. Az eső ilyen vízcseppek aláhullása.

A jégeső során az egyre hízó és emelkedő vízcseppek 0 °C hőmérséklet alatti légrétegbe kerülnek, ahol megfagynak, és ezután hullanak alá. Ez a jelenség zivatarok idején fordul elő, amikor a feláramlás nagyon erőteljes.

Ha a felhőben az alacsony hőmérséklet miatt jégkristályok képződnek, akkor ezek hópelyhekké állhatnak össze. Bizonyos méret felett ezek is aláhullanak, hó keletkezik.

A talajközelben is keletkeznek csapadékok. A talajközeli levegő egy bizonyos hőmérsékletre hűlve eléri a 100%-os relatív páratartalmat, ezt harmatpontnak nevezzük. A harmatpont alatti hőmérsékleten a felesleges vízgőz már lecsapódik a felszíni tárgyakra. A lecsapódás következtében harmat vagy dér képződik aszerint, hogy a felszíni tárgy fagypont feletti vagy fagypont alatti hőmérsékletű.











Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

nyomáskülönbség

A levegő jellemző fizikai adatai: a légnyomás, a hőmérséklet és a páratartalom. A légnyomás értéke az egyre magasabb helyeken egyre alacsonyabb, és függ a hőmérséklettől és a páratartalomtól. Nyomáskülönbség hatására légáramlás jön létre. A levegő jó hőszigetelő, ha megakadályozzuk a hőáramlásban. Ha a levegő lehűl, a felesleges pára lecsapódik, és beindul a felhőképződés, illetve a csapadékképződés.

Megoldandó problémák, feladatok

1. Magashegyi túrázók tapasztalják, hogy időnként pattog a fülük, pattan egyet a dobhártyájuk, és nagy magasságban nehezebben is veszik a levegőt. Szerinted mi lehet a magyarázata ezeknek a jelenségeknek?



2. Nézz utána, hogyan lehet egy hőlégballont feljebb, illetve lejjebb kormányozni! Fogalmazd meg, hogy mit csinál a vezető és miért? A megfogalmazáshoz használd a tanult sűrűségfeltétel és a felhajtóerő fogalmakat.



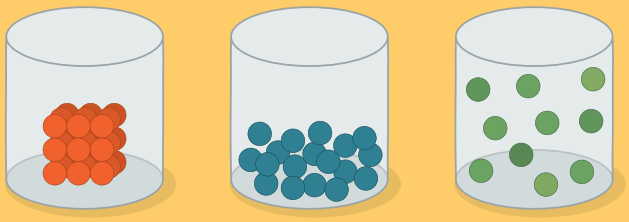
3. Nagy tavak, tengerek partján nappal, frontmentes időben is érzékelünk gyenge légmozgást. A magyarázathoz tudni kell, hogy a víz lassan melegedő anyag, így napközben a fölötte lévő levegő is hűvösebb, mint a part felett lévő levegő. Szerinted mekkora légnyomás alakul ki a parton a víz fölöttihez képest, és miért? Vajon milyen irányba fúj a szél ilyenkor napközben?



4. Képzeljük el, hogy egy zárt fürdőszoba levegőjének hőmérséklete 22 °C, relatív páratartalma 50%. Szerinted változik-e, és ha igen, melyik irányba a levegő relatív páratartalma, ha az alábbi esetek történnek. A válaszodat minden esetben indokold!

a) Egy ember bemegy zuhanyozni.
b) Bekapcsolják a fűtést.
c) Kinyitják az ablakot és a szemközti ajtót is.
d) Kinyitják az ablakot nyári zivatar idején.
e) Két nő bemegy sminkelni.

Halmazállapot



szilárd folyékony gáz

Anyagok hőállapota



forró hideg

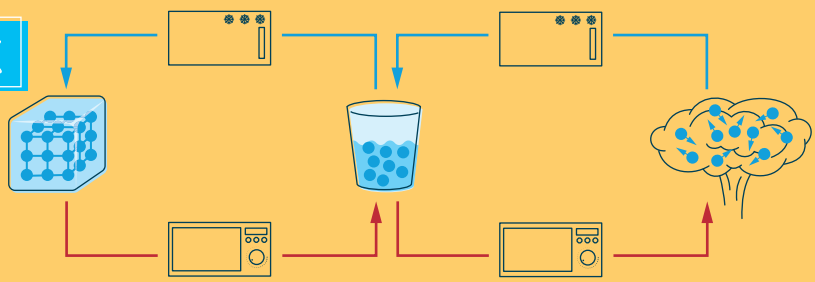
Melegítés

A MELEGÍTÉS IDEJE FÜGG:

- az anyag fajtája
- mennyisége
- hőmérséklet-változása



Halmazállapot-változások



Szilárd anyagok

MECHANIKAI TULAJDONSÁGOK:

- keménység
- rugalmasság
- nyomás $p = \frac{F}{A}$



HŐTANI TULAJDONSÁGOK:

- hőtágulás
- hővezetés vagy hőszigetelés
- fémek könnyen melegíthetők

Folyadékok

MECHANIKAI TULAJDONSÁGOK:

- hidrosztatikai nyomás $p = \rho gh$
- önthetők
- közlekedőedények elve



HŐTANI TULAJDONSÁGOK:

- hőtágulás
- hőáramlás
- a víz nehezen melegíthető

ARKHIMÉDÉSZ TÖRVÉNYE

- ÚSZÁS
- LEBEGÉS
- ELMERÜLÉS

Felhajtóerő



Légkör

A LEVEGŐ JELLEMZŐI:

- hőmérséklet
- légnyomás
- páratartalom

Nyomáskülönbség hatására légáramlás, szél. Felhőképződés, csapadékképződés.



VI. ELEKTROMOSSÁG A HÁZTARTÁSBAN

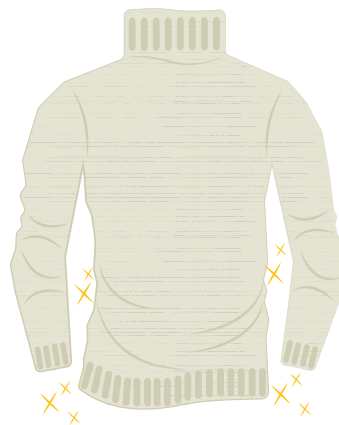
1. Elektromos állapot

Melyből kiderül, hogyan kerülhetnek elektromos állapotba a testek, hogyan jellemezhetjük ezt az állapotot, és hogy mi a létező legkisebb elektromos töltés.

Dörzsölési elektromosság

Ha egy műszálas pulóvert leveszünk magunkról, apró szikrákat figyelhetünk meg, és pattogó hangot hallhatunk. Kosárlabdázás közben előfordul, hogy a közelünkbe érő társunkkal érintkezés nélkül is megcsípjük egymást.

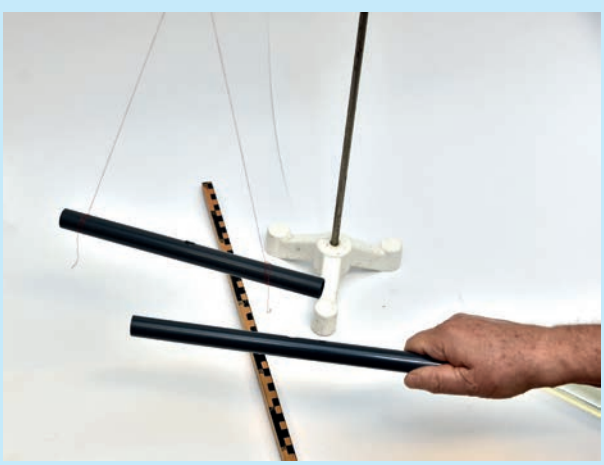
Dörzsölés hatására a testek olyan állapotba kerülhetnek, amelyben más testeket vonzani vagy taszítani tudnak. Ezt az állapotot **elektromos állapotnak** nevezzük.



Kísérlet

A dörzsölési elektromosság jelenségét jól lehet vizsgálni műszálas szőrmével megdörzsölt PVC-rudak és papírral megdörzsölt üvegrúd segítségével.

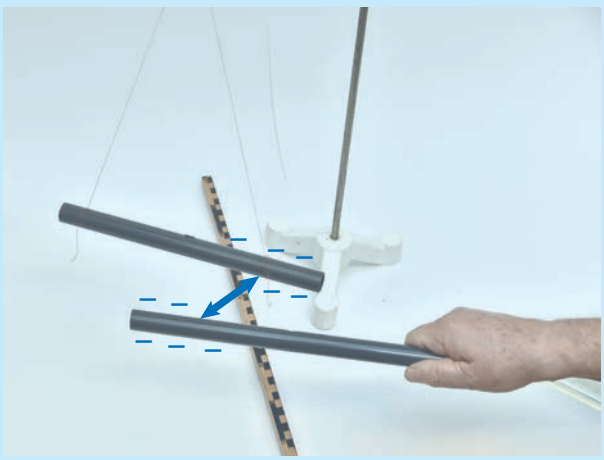
Azt tapasztaljuk, hogy a két megdörzsölt PVC-rúd taszítja egymást, míg a megdörzsölt PVC-rúd és az üvegrúd vonzza egymást.





A kísérlet alapján megállapíthatjuk, hogy az elektromos állapot kétféle lehet. Az egyiket pozitív elektromos állapotnak, a másikat negatív elektromos állapotnak nevezzük. A kísérletünkben a megdörzsölt PVC-rúd negatív, a megdörzsölt üvegrúd pozitív. Hasonló vizsgálódással kideríthető, hogy

a szőrme pozitív, a papírlap negatív töltésű lett. Az azonos elektromos állapotban lévő testek közt taszítást, míg a különböző elektromos állapotban lévő testek közt vonzást tapasztalunk. Az elektromos állapot mértékét az **elektromos töltéssel** jellemezzük, amely az előbbieknek megfelelően lehet negatív (–) vagy pozitív (+). Az elektromos töltés egy fizikai mennyiség, jele: *Q*, mértékegysége Charles Augustin de Coulomb francia fizikus tiszteletére a coulomb (C). Az egy coulombot (1 C) úgy határozták meg, hogy ha két 1-1 C töltésű pontszerű test légüres térben (vákuumban) épp 1 méterre van egymástól, akkor egymásra 9 000 000 000 N erőt fognak kifejteni.



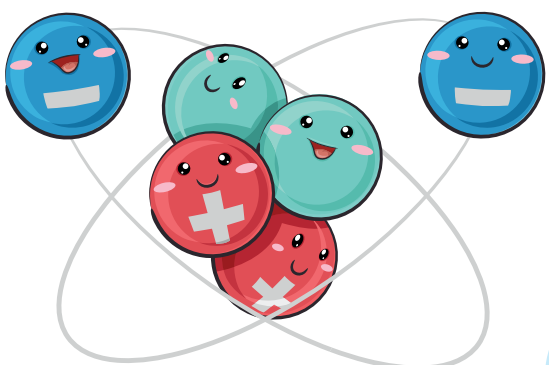


Elemi részecskék elektromos állapota

Egy test vagy részecske elektromos állapotát az okozza, hogy az egyik fajta töltésből több van, mint a másikból. A kémiából ismert negatív ionok elektrontöbblettel rendelkeznek, a pozitív ionok elektronhiányban szenvednek.

Az elektron különleges részecske, mert nem osztható tovább kisebb részecskékre. Ez a részecske önmagában hordozza a negatív elektromos állapotot. Töltésének nagysága (pontosabban ennek abszolút értéke) a természetben előforduló legkisebb elektromos töltés, amit **elemi töltés**nek nevezünk.

Az anyagok elemi építőkövei az atomok, amelyek kémiai kötésekkel kapcsolódnak egymáshoz. Az atomok negatív elektromos állapotú elektronokból és pozitív elektromos állapotú atommagokból állnak. Az atomok magjában neutronok és protonok találhatók. A neutronok elektromosan semlegesek. A protonok száma megegyezik az elektronok számával, és a proton elektromos töltése az elektron töltésének pontosan az ellentettje, ezért az atom elektromosan semleges. A hélium atommagjában például két proton és két neutron található, a mag körül pedig két elektron kering.



Az elektromos állapot kimutatása

Egy elektromos állapotban lévő testen nem látszik, hogy negatív vagy pozitív többlettöltéssel vagy töltéshiánnyal rendelkezik. Az elektromos állapot kimutatása elektroszkóppal lehetséges.

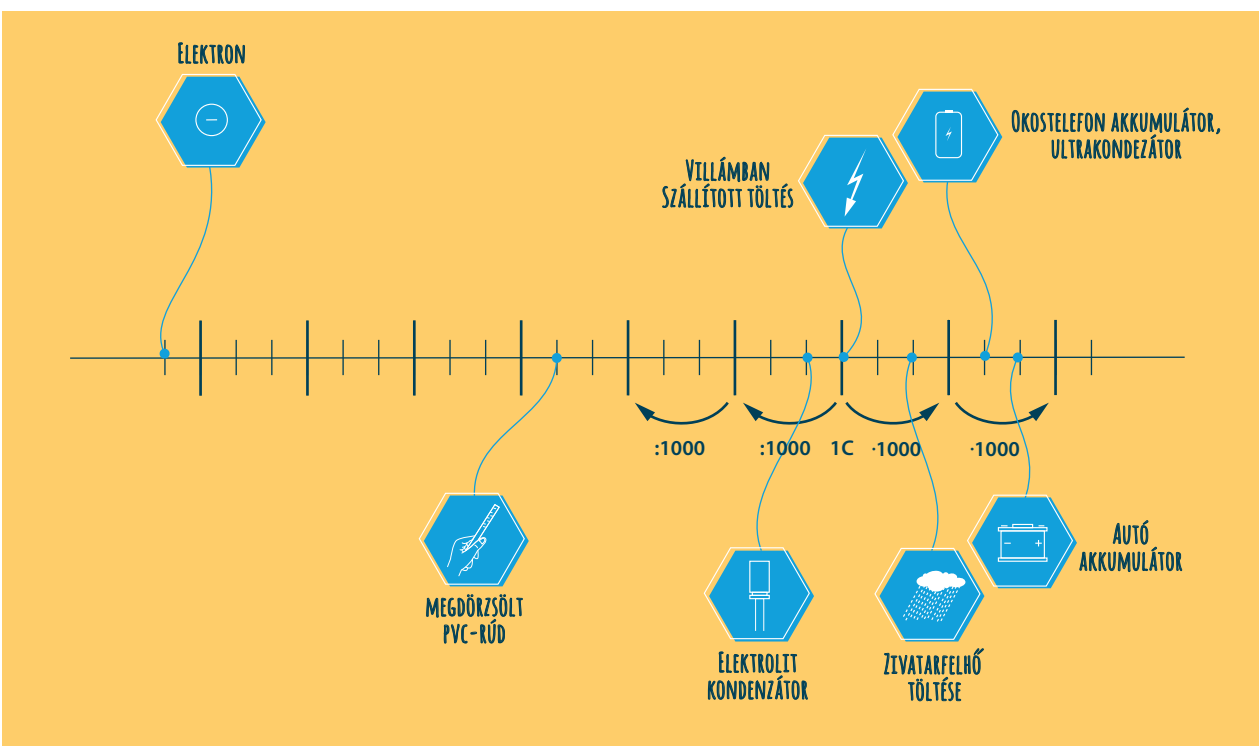
Kísérlet

Egy szőrmével megdörzsölt PVC-rudat többször végighúzunk az elektroszkóp tetején található fémgömbön. Azt tapasztaljuk, hogy az elektroszkóp mutatója kitér. A kitérés megmarad akkor is, amikor a PVC-rudat elvesszük. A PVC-rúddal azonos (negatív) töltésű lesz a mutató és a mutató tengelyét tartó, fémből készült felfüggesztő rész is, ezért taszítani fogják egymást.



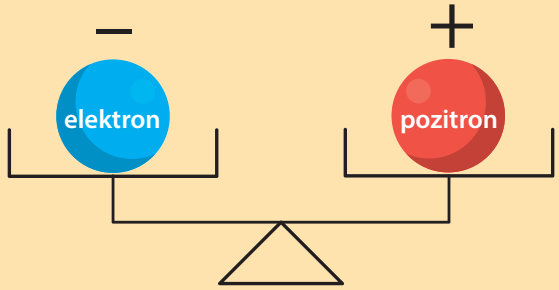


Környezetünkben sokféle elektromos jelenséggel, eszközzel találkozunk. Az ábrán azt láthatod, hogy a jellemző töltésmennyiségek milyen széles skálán mozognak.



Érdekességek

- A protonról a 20. század második felében fedezték fel, hogy az elektronnal ellentétben további kisebb részecskékből épül fel. Ezek a kvarkok, amelyekből a protonban három darab található. A kvarkok elektromos töltése kisebb, mint az elektroné, de mivel szabad állapotban nem fordulnak elő, így elemi töltésnek továbbra is az elektron töltésének abszolút értékét tekintjük.
- A 20. század első felében a tudósok megjósolták, majd fel is fedezték, hogy létezik egy olyan részecske, amely pontosan ugyanakkora tömegű, mint az elektron, és a töltése épp az elektron töltésének ellentettje. Ez a részecske a pozitron.



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A testeket dörzsöléssel elektromos állapotba lehet hozni. Az elektromos állapotot a töltéssel jellemezzük. Az elemi részecskéknek is van töltésük, épp ezek okozzák a testek elektromos állapotát.

elektromos állapot **elektromos töltés** **elemi töltés**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Fésülködéskor tapasztalhatod, hogy a hajszálaid felállnak. A lecke alapján hogyan magyaráznád meg ezt a jelenséget?

2. A gépkocsik egyik üzemanyagát, a benzint csak olyan kannában szabad tárolni, amely „nem töltődik fel sztatikusan”. Mit jelent ez? És miért veszélyes, ha nem ilyen kannában tároljuk a benzint?



3. Nézz utána, hogy mit jelent a zivatar szó! Milyen elektromos állapotban vannak a zivatarfelhő különböző részei? Rajzold le a füzetedbe!



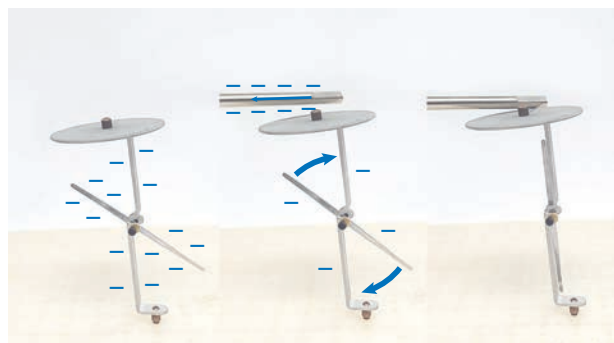
4. Egy zivatarfelhőben vagy egy okostelefon akkumulátorában van több töltés? Hányszor több töltés van az egyikben, mint a másikban? Használd a nagyságrendi skálát!

2. Vezetők, szigetelők, elektromos áram

Melyből kiderül, hogy az elektromos töltések is mozoghatnak, hogy ezt a mozgásukat hogyan jellemezhetjük, és hogy milyen tulajdonságú anyagokban jöhet létre ez a mozgás.

Az elektromos állapotban lévő testek bizonyos körülmények között elveszíthetik elektromos töltésüket. Egy feltöltött elektroszkóp a tanteremben sokáig ugyanolyan állapotban marad. Ha azonban egy acél kötőtűt megfogunk, és hozzáérintjük, akkor igen hamar elveszti a töltését.

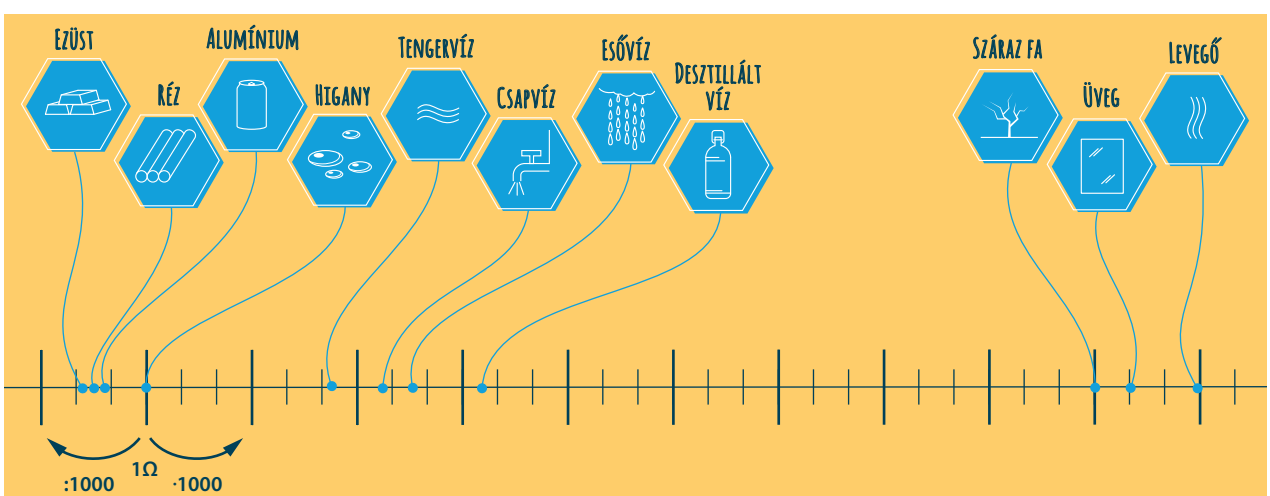




Vezetők és szigetelők

A töltések bizonyos anyagokban könnyedén, más anyagokban nem, vagy csak igen csekély mértékben képesek mozogni, áramlani. Azokat az anyagokat, amelyekben az elektromos töltések könnyedén elmozdíthatók, bennük a töltések áramlani tudnak, elektromos **vezetők**nek nevezzük. Azokat az anyagokat pedig **szigetelők**nek nevezzük, amelyekben a töltések nem tudnak elmozdulni, áramlani, és emiatt rossz vezetők.

Az előző leckében láttuk, hogy a részecskék között is vannak töltéssel rendelkezők (proton, elektron, ion). Ha egy anyagban ezek a részecskék viszonylag könnyen el tudnak mozdulni, akkor az az anyag jó vezető. A fémekben az elektronok egy része nincs helyhez kötve, ezért az anyagon belül könnyen el tudnak mozdulni, ezért a fémek jó vezetők. Ha vízben konyhasót oldunk fel, akkor az oldatban pozitív nátriumionok és negatív kloridionok lesznek,



amelyek a folyadékban könnyedén tudnak mozogni, így a sós víz is vezető. Az emberi test és a föld is jó vezető. Kémiai szerkezete miatt rossz vezető, azaz jó szigetelő a legtöbb műanyag, a száraz fa, a kémiailag tiszta víz, a levegő, az üveg.

Később tanulni fogjuk az elektromos ellenállás fogalmát. A jó vezetőknek kicsi az ellenállásuk, a rossz vezetőknek pedig nagy. Az anyagok ellenállása igen széles skálán mozog. Az előző nagyságrendi skála az adott anyag 1 mm^2 keresztmetszetű, 1 m-es darabjának ellenállását mutatja. Jobb oldalán a szigetelőanyagok, bal oldalán a jó vezető anyagok találhatóak. Középtájon a víz különböző előfordulásait találjuk.

Az elektromos eszközeinkben és az elektromos hálózatban fémből készült vezetékeket használunk, amelyeket drótnak, kábelnek, huzalnak is szoktunk nevezni. Ezeket gyakran szigetelőanyaggal vonják be. A szigetelés megóvja a vezetéket a korróziótól, és érintésvédelmi szempontból is fontos.

Villámok

A szigetelőanyagok rossz vezetők, de bizonyos körülmények közt vezetővé válhatnak. Erre jó példa a **villámlás**, amely során az egyébként szigetelő levegő egy szűk csatornában vezetővé válik. Zivataros időben erős légköri mozgások jellemzők. A levegőben lévő vízcseppek és jégkristályok súrlódás következtében feltöltődnek, illetve ütközések során széttöredeznek. A különböző töltésű szemcsék, cseppek a zivatarfelhő különböző részein felhalmozódnak, a földfelszín és a zivatarfelhő (vagy két zivatarfelhő) közt igen nagy töltéskülönbség jön létre, azaz az egyiken nagy elektronhiány, a másikon nagy elektrontöbblet lesz. A folyamat részleteit ma is kutatják a tudósok. Ez a töltéskülönbség igyekszik kiegyenlítődni a villámlás során. A villámlásnak számos következménye van. A nagy mennyiségű töltésáramlás magas hőmérsékletet eredményez, majd a felforrósodott levegő a villám környezetében hirtelen kitágul: ezt halljuk dörgésként. Amikor az ionok ütköznek a levegő részecskéivel, gerjesztik őket. Amikor a gerjesztett atomok a mélyebb energiájú alapállapotukba jutnak, látható fényt bocsátanak ki. A villámlás során más elektromágneses sugárzás is keletkezik.

A földfelszínt is elérő, lecsapó villámok tüzet okozhatnak, illetve az elektromos eszközökben jelentős kár keletkezhet, ezért sok épületet, építményt villámvédelemmel látnak el. A villámhárító alapvetően három részből áll: az épület tetején elhelyezett felfogórúdból, egy ehhez kapcsolódó és az épület oldalán lefutó levezető acélsodronyból, valamint a sodronyhoz csatlakozó, földben elhelyezett cölöpből. Ennek a rendszernek az a szerepe, hogy a villám kialakulását okozó felhalmozódó töltések egy részét elvezesse, így csökkentse a villám kialakulásának esélyét, illetve az, hogy villámcsapás esetén ezen keresztül történjen a töltések elvezetése.



Elektromos áram

A villámlás során, illetve amikor az elektroszkóphoz hozzáérünk, a töltött részecskék rendezetten, egy irányba kezdenek mozogni valamilyen külső hatás következtében. A töltéseknek ezt a fajta áramlását **elektromos áram**nak nevezzük. A fémekben a nem helyhez kötött elektronok tudnak áramlani, miközben a pozitív atomtörzsek a helyükön maradnak. A sós vízben létrejövő elektromos áram esetén a negatív kloridionok és a pozitív nátriumionok egymással ellentétes irányban mozognak, itt tehát mindkétféle töltés mozog. A vezetőképességet az elektromos áram segítségével úgy is megfogalmazhatjuk, hogy a vezető anyagokban folyhat elektromos áram, a szigetelőkben pedig nem. Ne feledjük azonban, hogy a szigetelők is vezetőkké válhatnak, tehát bizonyos körülmények között a szigetelőkben is folyhat áram.

Érdekességek

- A gyertyalángban magas hőmérséklet uralkodik, ezért az atomok és molekulák több elektronjukat is elveszíthetik. A lángban így negatív elektronok és pozitív ionok keletkeznek, ezért a láng is jó vezető.
- Elektromos motorokban, transzformátorokban nagyon hosszú huzalok vannak feltekercselve. Ezeket a huzalokat igen vékony, ám emellett jól szigetelő lakkréteggel vonják be.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

Az anyagokat a szigetelők és vezetők csoportjába lehet sorolni az alapján, hogy vezetik-e vagy sem az elektromos áramot. Elektromos áramon a töltések rendezett mozgását értjük. Megtudtuk, hogy a villámlás során az egyébként szigetelő levegő elektromos vezetővé válik. A villámlás kialakulásának pontos körülményei ma is aktívan kutatott területe a fizikának.

vezető **szigetelő** **villám** **elektromos áram**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Magyarázd meg a lecke bevezetőjében leírt jelenséget a lecke alapján! Szerinted miért jó vezető az emberi test?

2. A kémiatankönyvedben keresd meg a korrózió fogalmát! Miért kell a fémből készült vezetékeket megóvni a korróziótól?

3. Mit gondolsz, más égitesteken is kialakulhatnak villámok? A lecke alapján mit gondolsz, milyen feltételek kellenek ahhoz, hogy villámok létrejöjjenek? Nézz utána, hogy észleltek-e már másik bolygón vagy holdon villámlást!

4. Nézz utána, hogy ki és mikor fedezte fel a villámhárító működési elvét! Az elektromossághoz kapcsolódóan milyen elnevezéseket, felfedezéseket köszönhetünk neki?



3. Áramerősség, feszültség

Melyből kiderül, hogy mi az az áramerősség, hogy az elektromos áramnak milyen fajtái vannak, és hogy mi hozza létre és tartja fenn a töltések rendezett mozgását.

Az elektromos áram erősségének jellemzése

Az elektromos vezetőkben, például az elektromos eszközeink vezetékeiben vagy a háztartási elektromos hálózatban kialakuló elektromos áram erősségét egy új fizikai mennyiséggel, az elektromos **áramerősség**gel jellemezzük. Ha egy vezetéken ugyanannyi idő alatt több töltés áramlik át, mint egy másik vezetéken, akkor azt mondjuk, hogy az előbbiben nagyobb az áramerősség. Ha ugyananynyi töltés egy vezetőn rövidebb idő alatt áramlik át, mint egy másikon, akkor az előbbi vezetéken nagyobb az áramerősség. A fizikában ezt pontosabban is meg kell fogalmaznunk. A vezető egy adott keresztmetszetén egy rövid Δt időtartam alatt átáramlott töltésmennyiséget (ΔQ) elosztjuk a Δt időtartammal. Ez lesz az áramerősség. Az áramerősség jele: *I*, mértékegysége André-Marie Ampère francia fizikus, kémikus, matematikus tiszteletére az amper (A). Kiszámítása:



$$\text{áramerősség} = \frac{\text{a vezető keresztmetszetén átáramlott töltésmennyiség}}{\text{időtartam}} \qquad I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Egy amper az áramerősség, ha a vezető keresztmetszetén egy másodperc alatt egy coulomb elektromos töltésmennyiség áramlik át. Kis áramerősségek esetén gyakran használjuk a milliampert (mA), illetve nagy áramerősségek esetén a kiloampert (kA). 1000 mA = 1 A és 1 kA = 1000 A.

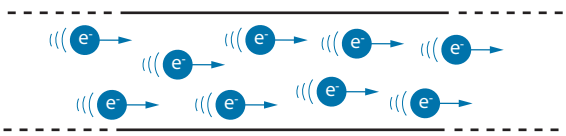
Az elektromos áram fajtái

Az elektronikai eszközeinkben, például az okostelefonokban, okosórákban, tabletekben, illetve a legtöbb elektromos gyermekjátékban (kisvasút, távirányítású autó) *egyenáram*, míg a háztartási elektromos hálózatban *váltakozó áram* folyik. A töltések rendezett áramlását, azaz az elektromos áramot többféleképpen tudjuk létrehozni, előállítani.

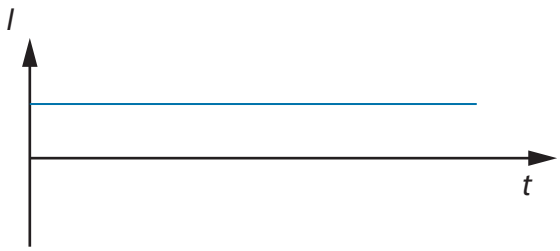
A kémiai úton működő elemek, például a galvánelemek hosszú ideig időben állandó elektromos áramot tudnak létrehozni. Ez azt jelenti, hogy bármikor is mérjük az áramerősséget, mindig ugyanazt az értéket fogjuk kapni. Az ilyen tulajdonságú áramot nevezzük **egyenáram**nak. Egyenáram ese-



tén a töltések áramlási sebessége állandó és egyirányú.

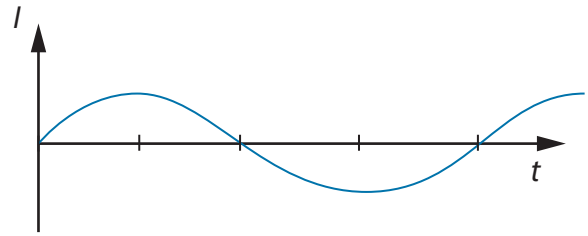


A grafikonon egy konstans függvényt látunk, ez fejezi ki, hogy az áramerősség időben állandó.

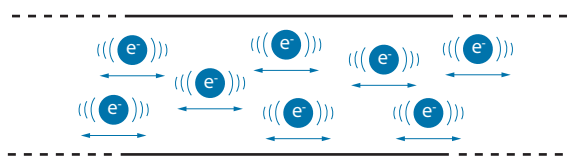


A háztartási elektromos hálózatban létrejövő elektromos áram nem egyenáram. Az alábbi grafikon azt mutatja meg, hogy hogyan változik az időben az elektromos áram erőssége és iránya ebben az esetben.

Ezen a grafikonon az látszik, hogy az áramerősség folyamatosan változik: először növekszik egy maximális értékig, azaz a töltések egyre nagyobb sebességgel mozognak, majd csökkenni kezd, azaz a



töltések egyre lassabbak lesznek. Eléri a 0 áramerősséget, azaz a töltések egy pillanatra megállnak. Ezután negatív irányba kezd növekedni. Ez fizikailag azt jelenti, hogy az áram iránya megfordul, azaz a töltések az előzővel ellentétes irányban mozognak, egyre gyorsabban. Itt is elér egy maximumot, amelynek abszolút értéke megegyezik az előbbi maximummal. Az elektromos áramnak ezt a fajtáját **váltakozó áram**nak vagy röviden váltóáramnak nevezzük. Váltóáram esetén a töltések áramlási sebessége és iránya is változik. Ilyenkor a töltések rendezett rezgőmozgást végeznek a vezetékben, tehát egyszerre mozdulnak el az egyik, majd a másik irányba. Ez a rezgés a hálózati váltakozó áram esetén elég szapora, 1 másodperc alatt 50 rezgést végeznek a töltések.



Feszültség

A fémből készült vezetékekben ott vannak a szabadon elmozdítható töltéshordozók, a delokalizált elektronok. A sós vízben a pozitív nátriumionok és negatív kloridionok tudnak könnyedén elmozdulni. Ahhoz, hogy mozgásba jöjjenek, rendezetten mozogjanak, és így elektromos áram jöjjön létre, szükség van valamilyen külső hatásra. Az *Energia* fejezetben láttuk, hogy fizikai változást olyan testek, anyagok tudnak létrehozni, amelyeknek energiájuk van. Az elektromos töltések mozgásba hozásához, gyorsításához elektromos energiára van szükség. Az egyenáramú készülékeinkben lévő elemekben és akkumulátorokban kémiai energia alakul át elektromos energiává, tehát ezek képesek a töltéseket elmozdítani, rendezett mozgásra bírni.

Különböző elemek és akkumulátorok különböző mértékben tudják a töltéseket mozgásba hozni, gyorsítani, ezért egy bizonyos vezetékben az egyik kisebb, a másik nagyobb áramerősséget tud létrehozni és fenntartani. Azt a fizikai mennyiséget, ami az elemeknek, akkumulátoroknak ezen tulajdonságát jellemzi, **feszültség**nek nevezzük, jele: *U*, mértékegysége Alessandro Volta olasz fizikus tiszteletére a volt (V). Kis feszültségekre gyakran használjuk a millivoltot (mV), nagy feszültségekre a kilovoltot (kV). 1 V = 1000 mV és 1 kV = 1000 V.



Kiegészítő anyag

A feszültséget a munkavégzés fogalmával lehet pontosabban megadni. Ha az elem két sarka közt 1 C töltést pontosan 1 J munkavégzéssel sikerül átjuttatni, akkor az elem két sarka közt 1 V a feszültség. Eközben az elem energiája 1 J-lal csökken. Ha szintén 1 C töltést 2 J munkavégzéssel sikerül átjuttatni, akkor a feszültség 2 V. Ez képlettel így néz ki:

$$\text{feszültség} = \frac{\text{munkavégzés}}{\text{töltésmennyiség}} \qquad U = \frac{W}{Q}$$

A feszültség és az áramerősség mérése

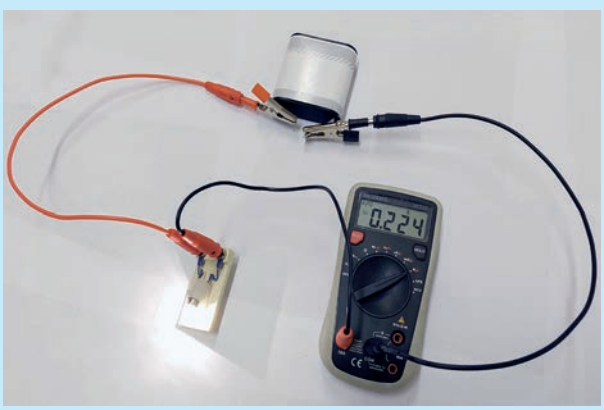
A mérnökök, fizikusok a fizikai mennyiségek mérésére különböző eszközöket találnak ki. Mint sok más területen, ma már itt is a digitális eszközök az elterjedtebbek. Az elektromos mennyiségek mérésére digitális multimétert használunk. Segítségével többféle fizikai mennyiséget is mérhetünk, ezek egyike a feszültség, egy másik pedig az áramerősség. Megjelenésüket tekintve igen sokfélék lehetnek, de a mérendő mennyiséget mindegyik multiméternél egy körbeforgatható kapcsolóval választhatjuk ki.

Kísérlet

1. kísérlet:
Egy elem feszültségét egyszerűen úgy mérhetjük meg, hogy a multimétert a megfelelő állásba kapcsoljuk, majd a két vezetékét az elem két sarkához érintjük, és a kijelzőn leolvassuk az értéket. A képen egy zsebtelep feszültségét mértük meg. A kijelzőről leolvashatjuk, hogy a feszültség 4,37 V.



2. kísérlet:
A zsebtelepre rákötünk egy zsebizzót, majd az áramerősség-mérés üzemmódba kapcsolt multimétert. A kijelzőről most az áramerősség értékét olvashatjuk le: 0,224 A.



A váltakozó áramot biztosító áramforrásokat (mint például a háztartási elektromos hálózat) szintén jellemezhetjük a feszültséggel, de ebben az esetben a feszültség is váltakozó lesz. Jellemzésére érdemes egy olyan értéket használni, amely összehasonlíthatóvá teszi az egyenáramú áramforrások feszültségével. Amikor azt mondjuk, hogy a hálózati váltakozó feszültség 230 V-os, az azt jelenti, hogy ugyanannyi elektromos energiát tudunk felhasználni ebből a forrásból egy adott idő alatt, mintha egy 230 V-os egyenfeszültségű áramforrásunk lenne.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

Az elektromos áramot az áramerősséggel jellemezzük. Az áramerősség a vezető keresztmetszetén átáramlott töltés és az idő hányadosa. Egyenáram esetén a töltések egyenletesen és mindig ugyanabba az irányba mozognak, míg váltakozó áram esetén a részecskék együtt rezegnek, és így az áram nagysága és iránya is változik. A feszültség az áramforrás töltésmozgató-képességét jellemzi.

Az elektromos feszültség a munkavégzés és a töltésmennyiség hányadosa.

egyenáram **váltakozó áram** **áramerősség** **feszültség**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Nézz utána, hogy milyen felfedezések kapcsolódnak Ampère nevéhez!

2. Keresd meg, hogy hogyan jelölik az elektromos eszközökön az egyenáramot, és hogyan a váltakozó áramot! Rajzold le a füzetedbe! Keress a környezetedben okostelefon-, tablet-, laptop-, vagy akkumulátortöltőt, és nézd meg a készüléken vagy a használati útmutatójában, hogy töltéskor mekkora töltőáram folyik át rajta!





3. Írd össze az otthonodban, környezetedben lévő elektromos eszközöket! Melyik működik hálózatról, melyik elemmel vagy akkumulátorral? Csoportosítsd őket aszerint, hogy egyenárammal vagy váltakozó árammal működnek-e!

4. Az egyenáramú eszközeinkben sokféle elemet, akkumulátort használunk. Gyűjtsd össze, hogy a te vagy a családod eszközeiben milyen elemek, akkumulátorok vannak! Mekkora ezeknek a feszültsége? Készíts számítógéppel vagy a füzetedbe táblázatot a gyűjtésedről! Ha számítógéppel dolgozol, a táblázatba illessz be képeket is!

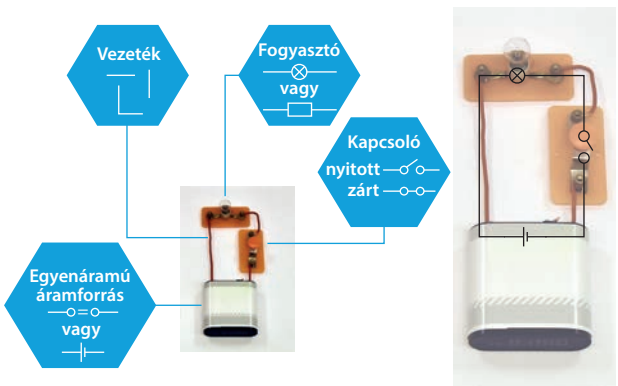


4. Az elágazás nélküli áramkör

Melyből kiderül, hogy miből áll a legegyszerűbb áramkör, milyen kapcsolat van az áramerősség és a feszültség közt. Találkozunk ismét egy egyenes arányossággal, és megismerünk egy új fogalmat, az ellenállást.

Az elemek kémiai energiája használat közben elektromos energiává alakul át, ezt használjuk fel, amikor az elektromos eszközeinket bekapcsoljuk. A háztartási hálózatról működő eszközeink az erőművekben létrehozott energiát használják. A napelemes eszközökben a napelem közvetlenül a napfény energiájából állít elő elektromos energiát. Az elektromos energiát biztosító eszközöket, berendezéseket **feszültségforrás**nak vagy **áramforrás**nak nevezzük. Az elektromos melegítő, forraló, pirító berendezéseink belső energiává, a villanymotoros játékok mozgási energiává alakítják az elektromos energiát. Úgy mondjuk, hogy elektromos energiát fogyasztanak, ezért **fogyasztók**nak nevezzük őket. Ahhoz, hogy egy elektromos eszköz működőképes legyen, az egyes részeit **vezeték**ekkel, vezető anyagokkal kell összekapcsolnunk. Ezzel már el is jutottunk az áramkör fogalmához: az **áramkör** olyan elektromos eszköz, amely tartalmaz legalább egy áramforrást, egy fogyasztót és az ezeket összekötő vezetékeket. A gyakorlatban a legtöbb áramkörben található **kapcsoló** is. Legegyszerűbb fajtája a kétpólusú kapcsoló, amely a két pólusához kötött vezetékeket bekapcsoláskor összeköti, kikapcsoláskor megszakítja. Bekapcsoláskor zárt, kikapcsoláskor pedig nyitott áramkörről beszélünk. Utóbbi esetben az áramkörben nem folyik áram.

Sokféle méretű, kinézetű áramforrás, vezeték, fogyasztó létezik. Amikor egy áramkör fizikai viselkedését szeretnénk megvizsgálni, megérteni, akkor az áramkör lerajzolásához célszerű egy egységes jelölésrendszert választani ahelyett, hogy magukat a tényleges eszközöket rajzolnánk le. Az alábbi ábrán azt láthatod, hogy egy egyszerű áramkör részeit hogyan szoktuk jelölni.



A feszültség és az áramerősség kapcsolata

Az előző leckében azt mondtuk, hogy a nagyobb feszültségű áramforrás nagyobb áramerősséget tud létrehozni. A fizikában ennél pontosabb összefüggésekre vagyunk kíváncsiak, ezért az alábbi kísérletben megvizsgáljuk, hogy mi az a pontos összefüggés, amely a feszültség és az áramerősség közt van.

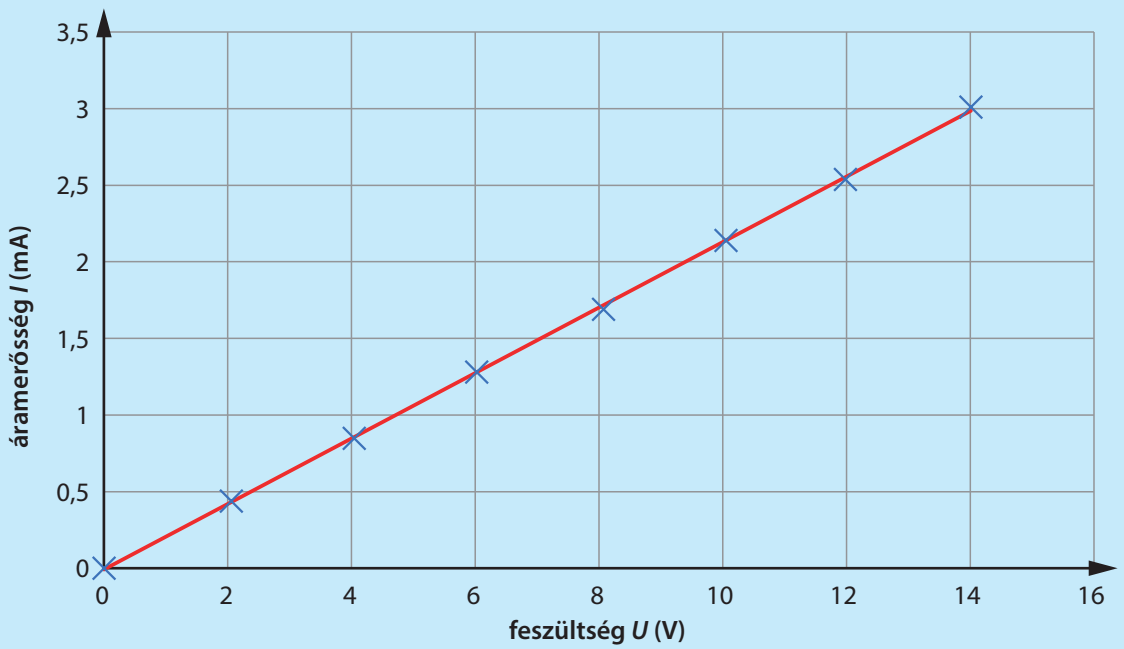
Kísérlet

A képen látható összeállításban a fogyasztó két kivezetésére kapcsolunk egy digitális multimétert feszültségmérő üzemmódban. Az áramkörbe bekötünk egy másik multimétert, amit áramerősség-mérő üzemmódra állítunk be. Az áramforrásunk egy olyan berendezés (tápegység), amely egyenáramot biztosít, és a feszültsége változtatható. A mérés során a tápegység feszültségét változtatjuk, és minden beállításnál leolvassuk a multiméterek által mutatott értékeket.



A mérési eredményeinket táblázatba foglaljuk, majd az adatpárokból grafikont készítünk.

	Feszültség U (V)	Áramerősség I (mA)
1.	0	0
2.	2,06	0,44
3.	4,04	0,85
4.	6,02	1,28
5.	8,07	1,69
6.	10,05	2,14
7.	11,98	2,54
8.	14,01	3,01



A grafikonon az látszik, hogy a mérési pontjaink nagyon jól illeszkednek egy olyan egyenesre, amely az origóból indul. Ebből arra következtethetünk, hogy a vízszintes tengelyen ábrázolt feszültség és a függőleges tengelyen ábrázolt áramerősség egyenesen arányos. Ha a következtetésünk helyes, akkor az egyenes arányosság alapján a feszültség és a hozzá tartozó áramerősség hányadosának ugyanannyinak kell lennie. Számoljuk ki ezeket a hányadosokat!

A táblázatból az látszik, hogy a kiszámolt $\frac{U}{I}$ hányadosok közel azonosak. Az eltéréseket a mérési hibáknak tudhatjuk be.

	$\frac{U}{I}\left(\frac{\text{V}}{\text{mA}}\right)$
1.	–
2.	4,68
3.	4,75
4.	4,70
5.	4,78
6.	4,70
7.	4,72
8.	4,65

A mérésünkből tehát arra a következtetésre jutottunk, hogy egy fogyasztón mérhető feszültség és a fogyasztón áthaladó áramerősség egyenesen arányos. Erre az összefüggésre Georg Simon Ohm német fizikus, matematikus jött rá, ezért az ő tiszteletére **Ohm-törvény**nek nevezzük.

Az ellenállás

Az előbbi mérést más fogyasztókkal is elvégezhetjük. Az eredmény más fogyasztóknál is igazolja az Ohm-törvényt. A kiszámolt hányados viszont a különböző fogyasztókra más-más lesz. Ebből arra következtethetünk, hogy az a hányados, amit kiszámolunk, a fogyasztó saját jellemzője, egy tulajdonsága, ami az elektromos áramkörben való viselkedését határozza meg. Ezt a hányadost elektromos **ellenállás**nak nevezzük, mert minél nagyobb ennek az értéke, egy adott feszültség esetén annál kisebb áram tud folyni a fogyasztón. A fogyasztó elektromos ellenállása tehát a rákapcsolt feszültség és a rajta átfolyó áramerősség hányadosa. Az ellenállás jele: R, mértékegysége Georg Simon Ohm tiszteletére az ohm, amit a görög Ω (nagy ómega) betűvel rövidítünk. Kiszámítása:



$$\text{fogyasztó elektromos ellenállása} = \frac{\text{fogyasztóra kapcsolt feszültség}}{\text{fogyasztón áthaladó áramerősség}} \qquad R = \frac{U}{I}$$

Nagy ellenállásokra gyakran használjuk a kiloohmot (kΩ) és a megaohmot (MΩ). 1 kΩ = 1000 Ω, 1 MΩ = 1000 kΩ = 1 000 000 Ω. Az ellenállást digitális multiméterrel közvetlenül is megmérhetjük.

Kidolgozott feladat

Kérdés: Egy játékvonatkészletben a mozdony elektromos motorral működik, melynek áramforrása egy 1,2 V-os tölthető akkumulátor. A motor ellenállása 3,4 Ω. Szeretnénk megtudni, hogy mekkora áram folyik benne. Azt is szeretnénk tudni, hogy milyen nagyságú áram folyna, ha az akkumulátort kicserélnénk egy 9 V-os elemre.



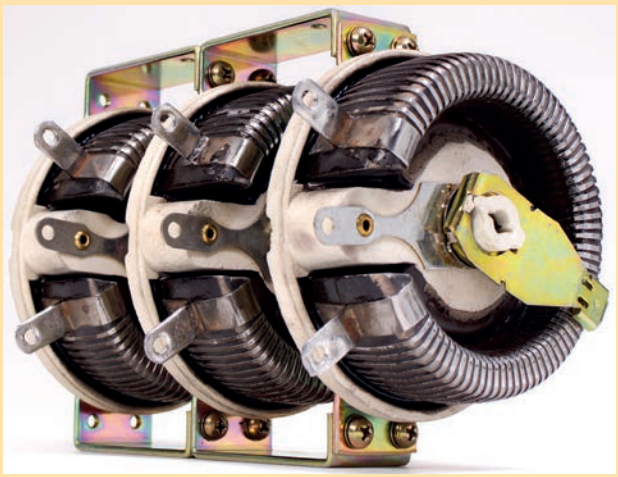
Válasz: Az ellenállásra vonatkozó összefüggés alapján az áramerősséget az $I = \frac{U}{R}$ összefüggésből számíthatjuk ki. Ezek szerint $I = \frac{1{,}2\ \text{V}}{3{,}4\ \Omega} \approx 0{,}35\ \text{A}$. Tehát a motoron 0,35 A erősségű áram folyik. A másik kérdés megválaszolásához kétféleképpen is eljuthatunk:

a) Az Ohm-törvény alapján:
Ohm törvénye szerint az áramerősség és a feszültség egyenesen arányos a motor esetében is. A feszültség $\frac{9\ \text{V}}{1{,}2\ \text{V}} = 7{,}5$-szeresére nőtt. Az egyenes arányosság miatt az áramerősségnek ugyanannyiszorosára kell nőnie, azaz $7{,}5 \cdot 0{,}35\ \text{A} = 2{,}625\ \text{A}$ lenne az új áramerősség.

b) Az ellenállásra vonatkozó összefüggés alapján:
Hasonlóan a feladat első részéhez, az $I = \frac{U}{R}$ képletbe behelyettesítve $I = \frac{9\ \text{V}}{3{,}4\ \Omega} \approx 2{,}64\ \text{A}$.

Az *a)* megoldás során kerekített értékkel, a *b)* megoldás során pedig pontos értékkel számoltunk, ezért a két módszerrel kicsit más eredményt kapunk. Láthatjuk, hogy az áramforrást jóval nagyobb feszültségűre cserélve ugyanolyan arányban nő az áramerősség. Egy későbbi leckében látni fogjuk, hogy ez a normálisnál sokkal jobban melegíti a motort, és emiatt a motor tönkremegy.

Érdekességek



- Elektromos eszközökben gyakran használnak olyan áramköri elemeket, amelyeknek változtatható az ellenállásuk. Ennek segítségével változtathatjuk a fogyasztón folyó áramerősséget, és így például egy botmixer motorjának a fordulatszámát.
- Az áramforrás energiája biztosítja azt, hogy a töltések mozgásba jöjjenek, gyorsuljanak. A töltések mozgását azonban az anyag akadályozza, például a fémekben az atomtörzseknek ütközve lassulnak. Éppen emiatt van az anyagoknak ellenállása. A két hatás együttesen azt eredményezi, hogy a töltések gyakorlatilag egyenletesen mozognak (egyenáram esetén).

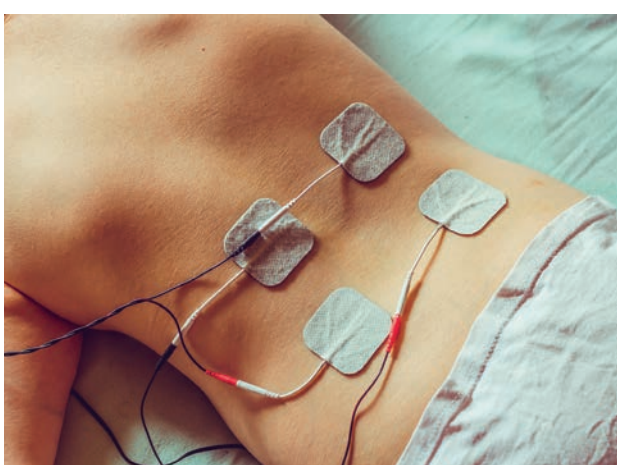
Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A legegyszerűbb áramkör áramforrásból, fogyasztóból, vezetékekből és kapcsolóból áll. Ohm törvénye szerint a fogyasztóra jutó feszültség és a rajta folyó áram erőssége egyenesen arányos. Az elektromos feszültség és az elektromos áramerősség hányadosa az elektromos ellenállás.

áramforrás **fogyasztó** **Ohm-törvény** **ellenállás**

Megoldandó problémák, feladatok

1. A mi testünk is vezető. Nézz utána, hogy körülbelül mekkora ellenállással számolhatunk az emberi test esetén! A kísérletben szereplő tápegység 24 V-os beállítása esetén mekkora áram folyna a testünkön, ha véletlenül rajtunk keresztül záródna az áramkör?



2. A multiméter ellenállása nagyon kicsi, amikor áramerősség-mérő üzemmódba van kapcsolva. Milyen mértékű áramerősségre számíthatunk, ha az áramforrásra csak áramerősség-mérőt kapcsolunk? Miért rossz ez? Fogalmazz meg egy ehhez kapcsolódó szabályt!

3. Keresd meg az áramerősség-mérő és a feszültségmérő áramköri jelét! Rajzold meg a lecke kísérletében összeállított áramkör kapcsolási rajzát! Ne felejtsd ki a két multimétert sem!

4. Számold ki a kísérletben használt fogyasztó ellenállását az $\frac{U}{I}$ hányadosok átlagolásával. Keresd meg azt az $\frac{U}{I}$ hányadost, amelyik a leginkább eltér az átlagtól, és számold ki, hány százalékkal tér el! Szerinted ez alapján mennyire tekinthető jónak a mérés?

5. Több fogyasztót tartalmazó áramkörök (Kiegészítő anyag)

Melyből kiderül, hogy mit jelent a soros és párhuzamos kapcsolás. Megtudjuk, hogy hogyan alakulnak a feszültség- és áramerősség-értékek az elágazás nélküli és az elágazást tartalmazó áramkörökben.

Az elektromos eszközeinkben gyakran több fogyasztó is található. A kenyérsütő gépben van fűtőszál és motor is, az okostelefonban van kijelző, hangszóró és a rezgő jelzést biztosító kicsi motor. Egy személyautó akkumulátorára számtalan elektromos fogyasztó kapcsolódik: világítótestek, ventilátor, rádió, hangszórók, ablakemelő motorok. A legegyszerűbb eset az, amikor két fogyasztót kapcsolunk egyazon áramforráshoz. Ezt kétféleképp tehetjük meg, és amint látni fogjuk, a két eset jelentősen különbözik egymástól.

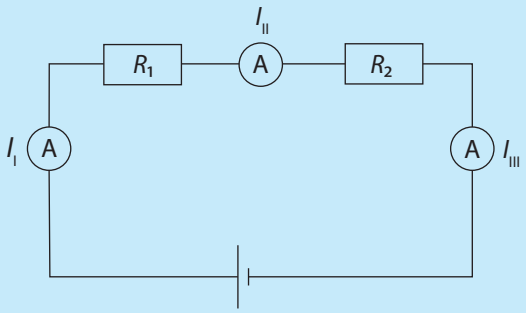
Elágazás nélküli kapcsolás

Ha az áramkör két fogyasztóját úgy kapcsoljuk össze, hogy az őket összekötő vezetéken nincs elágazás, akkor azt mondjuk, hogy ***sorosan*** *vannak kapcsolva. Érdemes megvizsgálni, hogy az áramkör egyes részein mekkora áramerősség folyik, valamint hogy az egyes fogyasztókra mekkora feszültség jut.*

Kísérlet

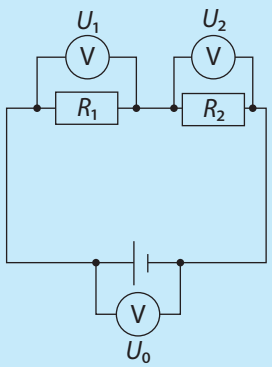
Kapcsoljunk össze sorosan két fogyasztót, az egyik $R_1 = 220\ \Omega$, a másik $R_2 = 320\ \Omega$ ellenállású! Kössük ezeket egy 4,5 V-os zsebtelepre!

a) Mérjük meg az áramkör különböző részein az áramerősséget multiméter segítségével!



Mérési eredményeink: $I_I = 8{,}44$ mA, $I_{II} = 8{,}44$ mA, $I_{III} = 8{,}44$ mA. Azt tapasztaljuk, hogy az áramkör minden részén ugyanakkora erősségű áram folyik. Ebből következik, hogy a két fogyasztón átfolyó áramerősség is megegyezik, azaz $I_1 = I_2$, és ebben a kísérletben 8,44 mA-ral egyenlő.

b) Mérjük meg szintén multiméter segítségével a zsebtelepen és a fogyasztókon a feszültséget!



Mérési eredményeink: az áramforráson mért feszültség $U_0 = 4{,}56$ V, az 1-es fogyasztón mért feszültség $U_1 = 1{,}86$ V, a 2-es fogyasztón mért feszültség $U_2 = 2{,}70$ V. Ezekből az adatokból a következőket állapíthatjuk meg:

- *Az egyes fogyasztókra kisebb feszültség esik, mint az áramforrás feszültsége.*

- *A nagyobb ellenállású fogyasztón nagyobb feszültséget mértünk, mint a kisebben.*
- *Ha összeadjuk a két fogyasztón mért feszültséget, akkor éppen az áramforrás feszültségét kapjuk meg.*
- *A fogyasztókon mért feszültségek aránya éppen az ellenállásaik arányával egyenlő, hiszen* $\frac{220}{320} = 0{,}6875$ *és* $\frac{1{,}86}{2{,}70} = 0{,}6889$. *A kis eltérést a kerekítésnek és a mérési hibáknak tudhatjuk be.*

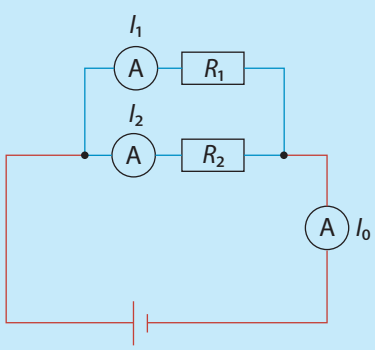
Elágazást tartalmazó áramkör

Ha most az áramkör két fogyasztóját úgy kapcsoljuk össze, hogy a belőlük kifutó vezetékek a kapcsolási rajznak megfelelően egy-egy pontban, egy-egy elágazásban találkoznak, akkor azt mondjuk, hogy a két fogyasztó ***párhuzamosan*** *van kapcsolva. Itt is érdemes megvizsgálni, hogy az áramkör egyes részein mekkora áramerősség folyik, valamint hogy az egyes fogyasztókra mekkora feszültség jut.*

Kísérlet

Kapcsoljuk össze az előbbi két fogyasztót párhuzamosan, tehát most is $R_1 = 220\ \Omega$, *és* $R_2 = 320\ \Omega$ *a két ellenállás! Kössük ezeket egy 4,5 V-os zsebtelepre!*

a) Mérjük meg az áramkör különböző részein az áramerősséget multiméter segítségével! Az áramkörnek azt a részét, amely a két elágazást köti össze, és tartalmazza az áramforrást, főágnak nevezzük (az áramköri rajzon pirossal jelöltük). Az elágazások közti szakaszok, amelyek a fogyasztókat tartalmazzák, a mellékágak (az áramköri rajzon kékkel jelöltük).

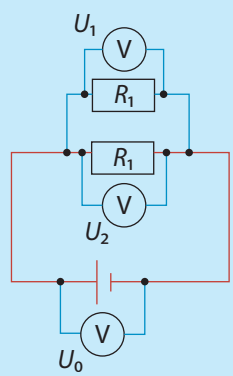


Mérési eredményeink:
$I_1 = 20{,}72\ mA$, $I_2 = 14{,}25\ mA$, $I_0 = 34{,}97\ mA$.

Ezekből az adatokból a következőket állapíthatjuk meg:

- *A mellékágakban kisebb áramerősség folyik, mint a főágban.*
- *A nagyobb ellenálláson kisebb áramerősség folyik.*
- *Ha összeadjuk a mellékágakban folyó áramerősségeket, éppen a főág áramerősségét kapjuk meg.*
- *A mellékágak áramerőssége éppen fordítottan arányos a fogyasztók ellenállásaival, hiszen* $\frac{320}{220} = 1{,}45$ *és* $\frac{20{,}72}{14{,}25} = 1{,}45$.

b) Mérjük meg szintén multiméter segítségével a zsebtelepen és a fogyasztókon a feszültséget!



Mérési eredményeink: az áramforráson mért feszültség $U_0 = 4{,}56\ V$, *az 1-es fogyasztón mért feszültség* $U_1 = 4{,}56\ V$, *a 2-es fogyasztón mért feszültség* $U_2 = 4{,}56\ V$. *Azt tapasztaljuk, hogy a fogyasztókon ugyanazt a feszültséget mérjük, mint az áramforráson.*

Érdekességek

- *Nemcsak fogyasztókat, hanem áramforrásokat is lehet sorosan vagy párhuzamosan kapcsolni. A gyakorlatban mindkettő előfordul. Egy 4,5 V-os zsebtelepben például 3 darab 1,5 V-os elem, a 12 V-os autóakkumulátorokban pedig 6 darab 2 V-os cella van sorosan kapcsolva. A sorosan kapcsolt áramforrások feszültségei összeadódnak.*

- *A leckében láttuk, hogy a főágban folyó áramerősség egyenlő a mellékágakban folyó áramerősségek összegével. Ez egy általánosabb fizikai elv, a töltésmegmaradás miatt van így: az elágazásba egy bizonyos idő alatt beáramló töltések mennyiségének meg kell egyeznie az ugyanennyi idő alatt az elágazásból kiáramló töltések mennyiségével.*

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A fogyasztók két legegyszerűbb kapcsolási módja a soros kapcsolás, amikor nincs köztük elágazás, és a párhuzamos, amikor a kivezetéseik egy-egy elágazásba futnak össze. Soros kapcsolás esetén a fogyasztókon azonos áramerősség folyik, az áramforrás feszültsége az ellenállások arányában oszlik meg a fogyasztókon. Párhuzamos kapcsolás esetén a fogyasztók feszültségei megegyeznek egymással és az áramforrásával, a főágban folyó áramerősség pedig az ellenállásokkal fordított arányban oszlik meg a mellékágakban.

soros kapcsolás **párhuzamos kapcsolás**

Megoldandó problémák, feladatok

1. *A mosógépben egy fűtőszál és egy motor is található. A mosási program alatt a két fogyasztó külön-külön is működik. Szerinted sorosan vagy párhuzamosan vannak egymással kapcsolva? Rajzolj le egy egyszerű áramköri rajzot, amelyben ez a két fogyasztó található! Hova tennél kapcsolókat? Ezeket is rajzold bele!*

3. *Most már ismered a soros és párhuzamos kapcsolás fogalmát. Figyeld meg a lecke kísérleti összeállításában, hogy a multimétert hogyan kellett bekötni, amikor áramerősséget, és hogyan, amikor feszültséget mértünk vele! Egy-egy mondatban fogalmazd meg ezt a két fontos szabályt!*

3. *Keress olyan elektromos eszközt, amelyben több fogyasztó van sorosan kapcsolva! Szerinted mi az előnye az adott eszközben a soros kapcsolásnak, és mi a hátránya?*

4. *Hogyan változik a főágban folyó áramerősség értéke, ha újabb és újabb fogyasztókat kapcsolunk párhuzamosan az áramkörbe? Miért lehet ez probléma?*



6. Energia az elektromos áramkörben

Melyből kiderül, hogy mivé alakulhat az áramkörökben az elektromos energia, és hogy megéri-e tölthető elemet, azaz akkumulátort használni.

Az elektromos áramköreink célja, hogy az elektromos energiát átalakítsuk valamilyen másik energiafajtává, ami számukra hasznos. Készülékeinket, illetve azok részeit csoportosíthatjuk aszerint, hogy milyen, számunkra kívánatos energiaátalakulás megy bennük végbe.

Elektromos energiából belső energia

Az egyik leggyakoribb igényünk az, hogy valamit felmelegítsünk. Lehet ez a szoba levegője, egy teához vagy főzéshez víz, vagy vasaláshoz a ruháink. Olyan is van, hogy valaminek a megolvasztására van szükség, például forrasztáshoz a forrasztóónt kell az olvadáspontjáig melegíteni, majd felolvasztani. Ezekben az esetekben az anyagok belső energiája növekszik. A szükséges energiát nyerhetjük elektromos energiából. A fűtésre, melegítésre, olvasztásra használt elektromos fogyasztót fűtőszálnak nevezzük. Ilyen található a vasalóban, a vízforralóban, a hajszárítóban, az elektromos hősugárzókban, a mosógépben. A padlófűtésnek is létezik olyan változata, amikor a burkolat alatt elektromos fűtőszálrendszer található.





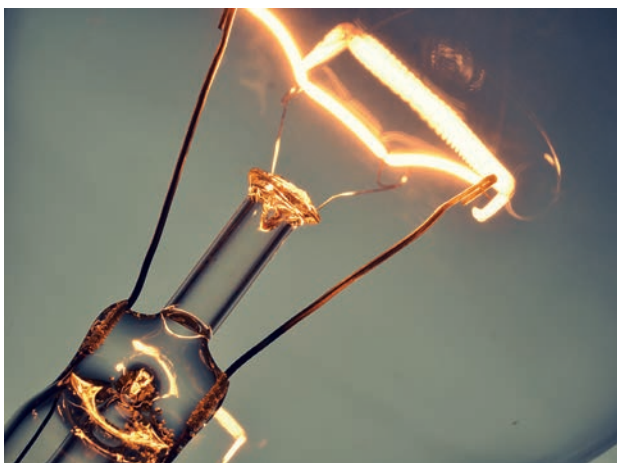
Elektromos energiából mozgási energia

Sokszor azt szeretnénk, hogy egyes tárgyak mozgásba, forgásba jöjjenek, gyorsuljanak, illetve a súrlódás ellenére mozgásban is maradjanak. A motoroknak azt a fajtáját, amelyben elektromos energia alakul mozgási energiává, elektromos motornak nevezzük. Ilyenek találhatók a ventilátorban, a hajszárítóban, a turmixgépben is. Ma már egyre több olyan gépkocsi fut az utcákon, amelyben kizárólag elektromos motor található.

Elektromos energiából fényenergia

Ma már nehezen tudjuk elképzelni az életünket világítás nélkül. Egy esti áramszünet esetén elsőként a világítás hiányzik a legjobban. A történelem során az ember a tűz különféle fajtáival oldotta meg a vi-

lágítást. Az első elektromos fényforrást a 19. század legelején készítették el. A 20. század első felében rohamosan terjedtek az egyre jobb és egyre olcsóbb elektromos világítótestek. A 21. században a működést tekintve alapvetően háromféle világítótestet használunk. Az első az izzószálas égő, amely azon az elven működik, hogy ha egy fűtőszál kellően magas hőmérsékletre melegszik, akkor izzani, és így világítani fog. Bár ez a fajta világítótest ma már egyre kevésbé elérhető, még sok helyen használják. A következő az úgynevezett fénycső. A benne lévő gázrészecskéket a nagy sebességgel mozgó elektronok gerjesztik, és amikor a gerjesztett atomok visszakerülnek eredeti állapotukba, fényt sugároznak ki. Ez a fény nem látható, ultraibolya fény, amely a fénycső belső oldalán található port kényszeríti immár számunkra is látható fénylésre. A harmadik a LED fényforrás, ahol szintén az elektronok gerjesztik az atomokat, de itt nem gázban, hanem szilárd, úgynevezett félvezető anyagokban történik a gerjesztés.





Elektromos energiából mágneses energia

Az elektromos árammal átjárt vezetékek körül mágneses tér jön létre. Ezt a jelenséget később részletesebben is megvizsgáljuk. Ha a vezetéket megfelelően feltekercseljük, és a közepébe vasmagot helyezünk, egy erős mágnest kapunk, amit elektromágnesnek nevezünk. A mágneses térnek is van energiája, amire jó példa, hogy a hulladékválogatókban a mágnesezhető anyagokat elektromágnesekkel emelik ki a többi hulladék közül. Az indukciós főzőlapban a működés során váltakozó áram folyik, amely mágneses teret hoz létre. Ez a mágneses tér a főzőedény anyagában elektromos áramot hoz létre (áramot indukál, innen ered az elnevezése), amely áram pedig már az edényt melegíti. Láthatjuk, hogy a mágneses energiát ezekben az esetekben nem közvetlenül, hanem közvetetten használjuk fel.

A Joule-hő

Az elektromos vezetékekben áramló elektronok folyamatosan ütköznek az atomtörzsekkel, azokat intenzívebb mozgásra kényszerítik. A vezeték felmelegszik, a belső energiája növekszik. Ezt az energiát hő formájában átadja a környezetének. Ezt a jelenséget nem tudjuk elkerülni. Amikor elektromos energiával fűteni szeretnénk, akkor ez hasznos, de egyéb esetekben felesleges energiaveszteség, hiszen ez az energia is az áramforrásunk energiáját csökkenti.

Elektromos áram hatására a vezető anyagokban létrejövő hőt **Joule-hő**nek nevezzük. A Joule-hőt *Az energia* fejezetben tanultak alapján az elektromos eszköz teljesítménye *(P)* és a használat ideje *(Δt)* alapján következő képlet segítségével számolhatjuk ki.

$$\textit{Joule-hő} = \Delta E_{\text{belső}} = P \cdot \Delta t$$

Fentebb láttuk, hogy az izzószálas égőket egyre kevésbé használjuk. Nézzük meg, hogy mi ennek az oka! A háztartásokban az egyik leggyakoribb a 60 W-os izzó volt. Ha naponta 3 órát használjuk ezt az izzót, akkor egy hónapban ez $30 \cdot 3 = 90$ óra. Az izzón létrejövő Joule-hő: $60\ \text{W} \cdot 90\ \text{h} = 5400\ \text{Wh} = 5{,}4\ \text{kWh}$. Ha kWh-ként 38 Ft-os villamosenergia-díjjal (köznyelvben áramdíjjal) számolunk, akkor ez $5{,}4 \cdot 38 = 205{,}2$ Ft. Az izzót világításra használjuk, vagyis azt szeretnénk, hogy a befektetett és kifizetett energiából fényenergia legyen. A probléma viszont az, hogy az izzószálas égőben a Joule-hőnek csak körülbelül 3-4%-a alakul át fényenergiává, a többi a környezetet melegíti, és így energiaveszteségnek számít. Ha 3%-kal számolunk, akkor a 205,2 Ft 97%-a, azaz 199 Ft veszteség keletkezik.

A Joule-hőt az áramló töltések hozzák létre, a töltések mozgásba hozását, és mozgásuk fenntartását pedig a feszültséghez kötöttük. A feszültség meghatározásából $\left(U = \frac{W}{Q}\right)$ *és az áramerősség-töltésmennyiség összefüggéséből* $(Q = I \cdot t)$ *a* munkavégzésre *az alábbihoz jutunk:*

$$W_{\text{elektromos}} = U \cdot I \cdot t$$

A képen egy ma kapható LED fényforrás dobozát láthatod. A bal felső sarokban az olvasható, hogy „10 W = 60 W”, ahol a 60 W egy villanykörtében van benne. Mit jelenthet ez a furcsa „egyenlőség”? A LED gyártója arra hívja fel a figyelmet, hogy ezzel a 10 W-os fényforrással ugyanazt a fényességet érhetjük el, mint egy régi 60 W-os izzóval. Másképp megfogalmazva ez a LED ugyanannyi idő alatt ugyanannyi fényenergiát bocsát ki, mint egy régi 60 W-os izzó. Számoljuk ki, hogy mennyi akkor a LED hatásfoka. A 60 W-osé 3%, tehát a hasznos teljesítménye $\left(\frac{60}{100}\right) \cdot 3 = 1{,}8$ W. A 10 W-os LED-nek is ugyanennyi a hasznos teljesítménye, ezért a hatásfoka $\left(\frac{1{,}8}{10}\right) \cdot 100 = 18\%$.

Láthatod, hogy a LED világítótestek hatásfoka sokkal jobb az izzókénál.



Elektromos energiából kémiai energia

A kémiai áramforrások közül elemeknek nevezzük azokat, amelyek kimerülésük után többet nem használhatók. Azokat, amelyeket újra fel lehet tölteni, akkumulátoroknak hívjuk. Amikor az akkumulátort feltöltjük, akkor egy *másik* áramforrásból származó elektromos energiát alakítunk át kémiai energiává.

A népszerű kerti lámpák akkumulátorait napelem mint áramforrás tölti. Legtöbbször háztartási hálózatról működő töltőket használunk.



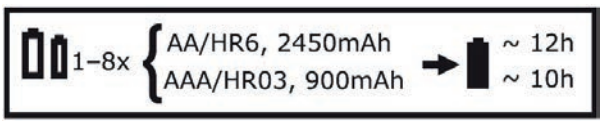


Kidolgozott feladat

Kérdés: *Nézzük meg, hogy amikor a háztartási hálózatról töltünk fel akkumulátort, akkor milyen energiafelhasználással és milyen költséggel számolhatunk.*

MŰSZAKI ADATOK
Modell: [illegible]
Bemenet: 100–240 V váltóáram, 0.11 A
Kimenet: AA 8 × 1.5 V, 0.21 A
AAA 8 × 1.5 V, 0.11 A

Az egyik, többféle akkumulátor töltésére is alkalmas töltőberendezés használati útmutatójában ezeket az adatokat találhatjuk:



Válasz: *Láthatod, hogy az AA típusú elem töltésének ideje ezzel a töltővel körülbelül 12 óra. A töltéskor a töltő feszültsége 1,5 V, és 0,21 A erősségű a töltőáram. Ezek alapján a töltéshez szükséges elektromos munka így számítható:*

$$W = U \cdot I \cdot t =$$
$$= 1{,}5\ V \cdot 0{,}21\ A \cdot 12\ h =$$
$$= 3{,}78\ Wh = 0{,}00378\ kWh$$

38 Ft-os kWh-kénti árral számolva ez 0,14 Ft.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy…

Az elektromos energiát igen sokféle módon használjuk fel: melegítünk, mozgatunk, világítunk, mágnesezünk. Sőt olyan is van, hogy elektromos energiát kémiai energiává alakítunk. Kiderült, hogy a melegedést egy áramkörben nem tudjuk elkerülni, az elektromos energia ilyenkor Joule-hővé alakul. Azt is láthattuk, hogy egy tipikus tölthető elem töltési költsége igen csekély.

Megoldandó problémák, feladatok

1. Nézz utána, hogy milyen technikai újítások születtek Magyarországon az izzószálas világítótestekkel kapcsolatban, és kiknek a nevéhez fűződnek ezek!

2. Válassz ki három különböző elektromos eszközt, amit rendszeresen szoktál használni! Írd össze, hogy milyen fogyasztók vannak bennük, és ezekben a fogyasztókban milyen energiává alakul az elektromos energia!

3. Az elektromos energiával is takarékoskodnunk kell. Te hogyan figyelsz oda erre a hétköznapjaidban? Szerinted mivel tudsz a legtöbbet takarékoskodni? Gondold végig, hogy tudnál-e esetleg még többet tenni, hogy kevesebb elektromos energiát használj fel!

4. Ha tölthető elemet használunk, akkor figyelembe kell vennünk, hogy ez az elemtípus drágább, és a töltőberendezést is meg kell vásárolnunk. Az is fontos, hogy nem lehet akárhányszor feltölteni. Nézz utána, hogy hányszor lehet feltölteni egy ilyen elemet! Egyszerű számítással próbáld meg megmondani, hogy hány töltés után lehet azt mondani, hogy megtérült a befektetés!

7. Az elektromosság veszélyei

Melyből kiderül, hogy az elektromos áram használatának milyen veszélyei vannak, hogyan védekezhetünk ezek ellen, és milyen szabályokat kell betartanunk, hogy biztonságban legyünk, valamint mi a helyes magatartás áramütés esetén.

Emberre gyakorolt hatás

Korábban tanultad, hogy az emberi test is vezető. Ennek az az oka, hogy a szervezetünk sok folyadékot és benne oldott ionokat tartalmaz. A saját testünk egyes részei, egyes folyamatai szintén elektromos jelenségek alapján működnek. Ilyen az idegrendszerben az ingerület terjedése, az izmok összehúzódása és elernyedése. A felsoroltak miatt egy külső, a szervezetünkön kívülről érkező elektromos áram a szervezetünkben hibás működést, és így egészségkárosodást okozhat.

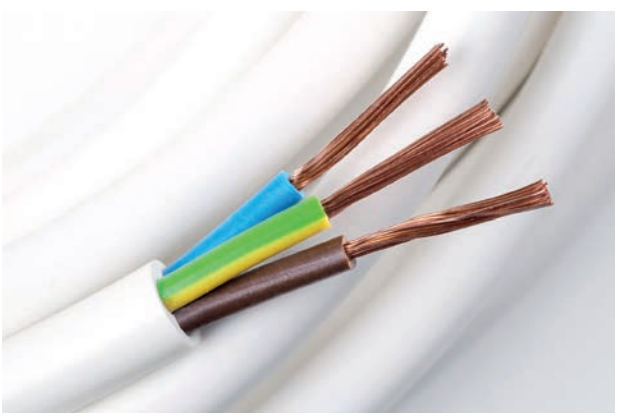
A két legveszélyesebb következmény közül az egyik az, ha a külső forrásból származó elektromos áram a szívizmot rendellenes összehúzódásra kényszeríti, és így keringési zavart, legrosszabb esetben szívmegállást okoz. A másik pedig az, hogy az elektromos áram a szervezetünk belső energiáját növeli, vagyis felmelegíti, és ennek következtében égési sérülést okoz. Mindkét esetben sürgős orvosi segítségre van szükség.

Anyagi kár

Ha valamely elektromos eszközünk hibás működés vagy helytelen, nem előírásszerű használat miatt túlmelegszik, akkor a vezetékek szigetelése, illetve az eszköz éghető részei is felforrósodnak, megolvadnak, és a legrosszabb esetben kigyulladnak. A keletkező tűz egy háztartásban igen gyorsan tud terjedni és nagyon komoly anyagi kár keletkezik.

Egy elektromos eszköz több ok miatt válhat balesetveszélyessé, vagy mehet tönkre.

- **Rövidzárlat**
  Az elektromos áramköreinkben található vezetékek ellenállása általában lényegesen kisebb, mint a fogyasztóké. Ha a vezetéken fogyasztó nélkül folyik elektromos áram, akkor az áramerősség a vezeték kicsi ellenállása miatt igen nagy lesz. Ez normális működés esetén nem következik be. De ha például a vezetékek szigetelése megsérül, és két, addig egymástól elszigetelt vezeték összeér, akkor az áram ezen keresztül „kikerüli” a fogyasztót, és rövidzárlatot okoz. A túl nagy áramerősség olyan mennyiségű Joule-hőt termelhet, amelynek következtében az eszköz felforrósodik, kigyullad.
- **Szigetelés sérülése**
  Az elektromos eszközök csatlakozó vezetékeit és többnyire az eszköz belsejében található vezetékeket érintésvédelmi okok miatt szigetelőanyag-





gal vonják be. Ez a szigetelés többféle hatás miatt is sérülhet, például nagy hőhatás miatt elolvadhat, vagy nagy mechanikai hatás miatt eltörhet. A sérült szigetelésű vezetékhez hozzáérve áramütést szenvedhetünk, illetve két sérült vezeték összeérve az előbb ismertetett rövidzárlatot okozhatja.

- **Előírástól eltérő használat**
  A gyártó a termékismertetőben köteles leírni, hogy mire és milyen körülmények közt szabad használni az adott eszközt. Egy parkettacsiszoló gépet vagy egy fúrógépet úgy terveznek meg, hogy poros környezetben is lehessen használni, de például egy általános használatra készült laptop igen hamar tönkremegy, ha nagy mennyiségű por kerül bele. Az okosórák közül van olyan kialakítású, amely vízálló, más típusok viszont használhatatlanná válnak, ha vízbe kerülnek. Ha egy okostelefont tűző napon felejtünk, a telefon automatikusan lekapcsol minden funkciót, hogy megvédje a felforrósodástól, de még így is tönkremehet. Emiatt is fontos, hogy a készülékeink használati utasításait megőrizzük.

A védekezés lehetőségei

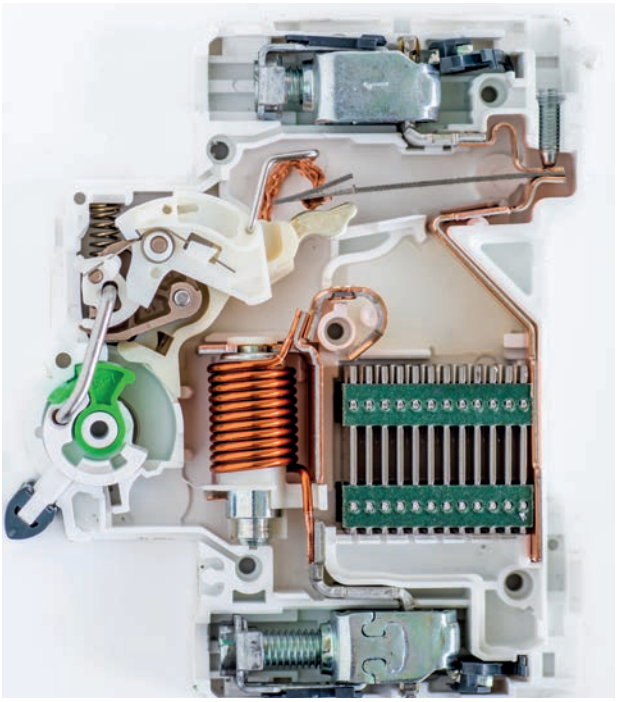
Számos lehetőség kínálkozik ahhoz, hogy balesetmentesen, biztonságosan használhassuk eszközeinket.

- **Szigetelés**
  Már többször olvashattad, hogyha a vezetékeket szigetelőanyaggal vonjuk be, akkor ez megakadályozza, hogy a vezetékhez érve áramütést szenvedjünk. A hálózati csatlakozó vezetékeket kettős szigeteléssel látják el, míg az eszközök belsejében általában egy réteg szigetelőanyag kerül rájuk.
- **Földelés**
  Képzeljük el, hogy a mosógép belsejében kilazul egy vezeték rögzítése, de még üzemképes marad. A mosás közben ez a vezeték „elszabadul”, és hozzáér a gép fémből készült burkolatához. Ha ehhez mi hozzáérünk, akkor a testünkön keresztül egy zárt áramkör jön létre, és áramütést szenvedünk. Azért, hogy az ilyen baleseteket megelőzzék, a fémburkolatú háztartási berendezéseket ellátják egy földelővezetékkel is. Ennek a szigetelése zöld-sárga színű, és az a szerepe, hogy a fémházat a földdel közvetlenül összekösse, és így az áramkör a földön keresztül záródjon. A földelővezetékek ugyanúgy részei a háztartási elektromos hálózatnak.
- **Biztosíték**
  Ha rövidzárlat keletkezik egy eszközben, vagy földelővezetéken keresztül záródik az áramkör, akkor a normálisnál jóval nagyobb áramerősség folyik a berendezésben, és így a falban lévő vezetékekben is. Egy másik probléma adódhat abból is, ha egy elosztóhoz túl sok berendezést csatlakoztatunk. A párhuzamos kapcsolást továbbgondolva beláthatjuk, hogy az újabb fogyasztók bekapcsolása a főágban, azaz esetünkben a konnektorhoz csatlakozó fali vezetékben egyre nagyobb áramerősséget okoz. Vezetéktől függően egy bizonyos áramerősség felett már károsodhat a vezeték vagy a vezeték szigetelése. Ez az érték otthonainkban a legtöbb esetben 16 A. A károsodást többféle módon kerülhetjük el:

1. Az áramkörbe olvadóbiztosítékot teszünk. Ebben egy kis vezetékdarab található, amely a határérték elérésekor olyan hőmérsékletre

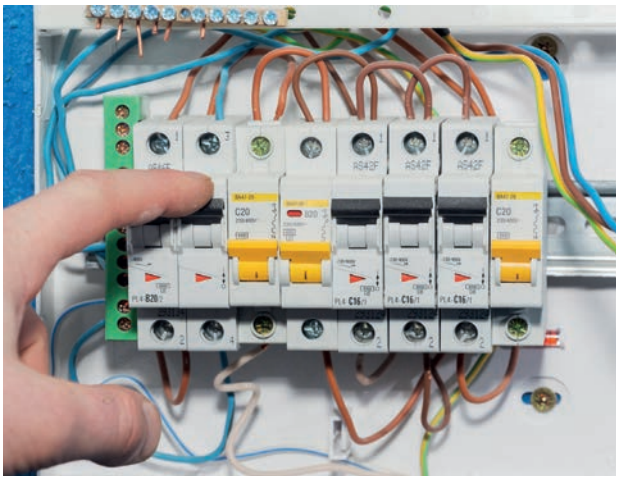






melegszik, amelyen már megolvad, és ezzel megszakítja az áramkört. Háztartási hálózatban ilyet már régóta nem használnak, de kis elektromos eszközökben, például multiméterekben, illetve a gépkocsik áramköreiben ma is ezek az elterjedtek.

2. Ma már a háztartási hálózatokat kizárólag automata biztosítékokkal védik. Ebben egy elektromágnes található, amely a kritikus áramerősség felett olyan erőssé válik, hogy egy mechanikus kapcsolót magához vonz, és ezzel megszakítja az áramkört. A hiba elhárítása után visszakapcsolható.



- **Előírás szerinti használat**
  A gyártó által leírt szabályokat be kell tartani, és csak olyan körülmények közt szabad használni a berendezéseket, amelyeket ezek a szabályok megengednek. Az eszközök használati útmutatója azonban általában nincs nálunk, és akár az alapvető tudnivalókat is elfelejthetjük, ezért bizonyos elektromos berendezéseken, elektronikai eszközön piktogramok segítenek ezeket felidézni.

Az elektromosság veszélyességét több tényező is befolyásolja, legfontosabb ezek közül az áramerősség értéke. Az emberi szervezetre az 50 mA-nél nagyobb áramerősség már életveszélyes állapotot okozhat. Különösen veszélyes, ha az áram létfontosságú szerven (szív, tüdő) keresztül halad. További súlyosbító tényező, ha a szervezet alkohol vagy tudatmódosító szerek hatása alatt áll. Az is fontos még, hogy mennyi ideig tart az áramütés, és hogy mekkora testfelületet érint.

Helyes magatartás áramütés esetén

Ha azt tapasztaljuk, hogy valakit áramütés ért, a lehető leghamarabb kell cselekednünk.

1. Ha van rá mód, akkor meg kell szüntetni az áramütés okát. Otthonunkban a villanyóránál lévő automata biztosítékot lekapcsolva feszültségmentesíteni kell a hálózatot. Ha erre nincs lehetőség, akkor egy hosszú, szigetelőanyagból készült tárggyal kell megpróbálni eltávolítani az áramütést szenvedő személyt az áramütést okozó tárgytól. Fokozott figyelemmel kell eljárni, ha a padló vagy a talaj elázott vagy nedves, ilyen esetben megközelíteni sem szabad az érintett személyt, mert így mi magunk is áramütést szenvedhetünk, és nem tudjuk folytatni a segítségnyújtást.
2. Amennyiben ismerjük az alapvető elsősegélynyújtási eljárást, alkalmazzuk!
3. Minden esetben orvost, mentőt kell hívni, még akkor is, ha nincs panasz. Az áramütés hatása gyakran később jelentkezik. A sérültet soha ne hagyjuk magára!

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

Az elektromos berendezések használatának kockázata is van, de azt is, hogy megfelelő, körültekintő használattal a balesetek megelőzhetők. Azt is megtudtuk, hogy szigeteléssel, biztosítékokkal, földeléssel növelhetjük a berendezéseink biztonságos használatát.

rövidzárlat **földelés**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Szüleid segítségével nézz körül otthon. Hol találod meg az automata biztosítékokat? Hány darab van belőlük? Hány amperes biztosítékot találsz a villanyóránál?

2. Nézz utána, hogy az alábbiakhoz milyen piktogramok tartoznak!

– Vigyázz, nagyfeszültség!
– Földelt berendezés
– Kettős szigetelés
– Csak beltérben használható

3. Nézd meg egy otthoni berendezés információs paneljét. Olyat keress, amelyen vannak piktogramok is. Mit jelentenek ezek?

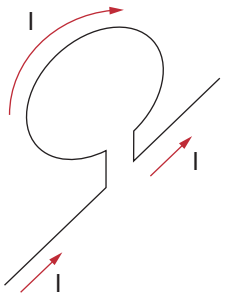
4. Ha van a családban gépkocsi, akkor kérd el a kézikönyvét, és keresd meg benne az elektromos biztosítékokról szóló részeket. (Ha nincs, akkor keress az interneten egy általad kedvelt autótípushoz tartozó kézikönyvet.) Hány darab biztosíték van az autóban? Sorolj fel néhányat a fogyasztók közül!

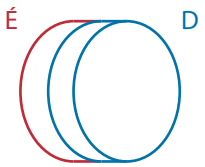


8. Mágnesek, iránytű, motor

Melyből kiderül, hogy mi a különbség az állandó mágnes és az elektromágnes közt, mire jó az iránytű, és hogyan működik az elektromos motor.

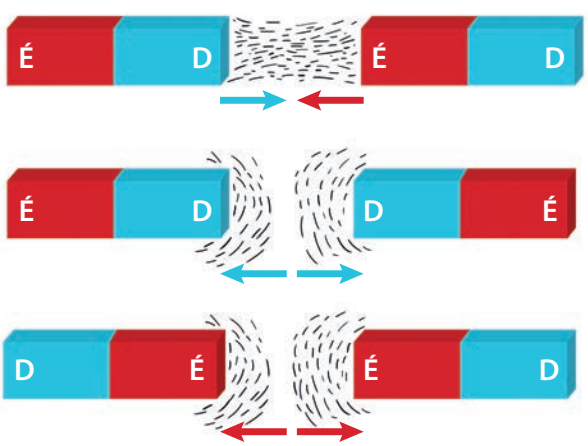
Mágnesek





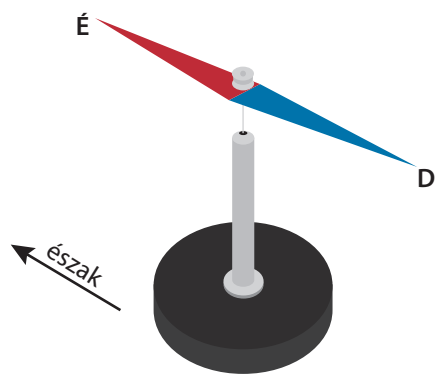
Az elektromos áram mágneses hatását Hans Christian Ørsted 1820-ban fedezte fel. A jelenséggel kapcsolatosan André-Marie Ampère végzett további kísérleteket, és rájött, hogy ha egy vezetékből kör alakot formálunk, és ezen a vezetéken áram folyik, akkor ez a „köráram" úgy viselkedik, mintha egy lapos mágnes lenne. A további kutatások arra vezettek, hogy az így kapott mágnes erősebb lesz, ha a vezetéket szorosan, minél többször feltekercselik, illetve az erőssége sokszorosára növelhető, ha a vezetékkel mágnesezhető anyagot, például vasat tekercselnek körbe. Az így kapott eszközt **elektromágnes**nek nevezzük. Az elektromágnes feltalálása előtt néhány ezer évvel már ismerték az állandó mágneseket, és azt is tudták, hogy a Földnek is van mágneses tere. Az iránytűt először szárazföldön, majd később a hajózásban is használták tájékozódásra.

A legegyszerűbb tapasztalatunk az állandó mágnesekkel kapcsolatban az, hogy a vasat és a vastartalmú anyagokat, így az acélt vonzzák. A mágneseknek általában két olyan pontjuk van, ahol a legerősebb vonzást figyelhetjük meg. Ezek a pontok a mágnes pólusai. Az ilyen kétpólusú mágneseket **dipólus**nak nevezzük. A pólusok nem választhatók szét. Két mágnes pólusa vagy vonzza, vagy taszítja egymást. A pólusokat északi és déli pólusnak nevezzük. Az azonos pólusok taszítják, a különbözőek vonzzák egymást.



Érdekes és fontos tapasztalat, hogy a lágyvas és az acél mágnes közelében szintén mágneses lesz, azonban a mágnes eltávolításakor a lágyvas elveszíti a mágnességét, az acél viszont megtartja.

A lecke elején említett **iránytű** egy kis méretű, kétpólusú mágnes, egy mágneses dipólus, amelyet felfüggesztünk vagy alátámasztunk úgy, hogy könnyedén el tudjon fordulni.



Az iránytű a földrajzi észak–dél irányába áll be, és megegyezés szerint az a pólusa az északi, amelyik a földrajzi észak felé mutat. A Föld is modellezhető egy óriási méretű mágneses dipólussal, hiszen az iránytű éppen a Föld mágneses tere miatt áll be észak–déli irányba. Mivel a különnemű pólusok közt vonzás érvényesül, így a Föld földrajzi északi pólusa, azaz az Északi-sark közelében a mágneses déli pólus található, a Déli-sark közelében pedig a mágneses északi pólus.

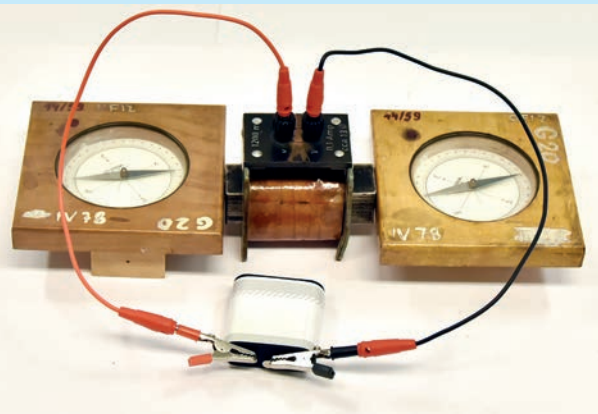
Ampère feltételezte, hogy az állandó mágnesekben valamilyen molekuláris köráramok vannak, és ezek

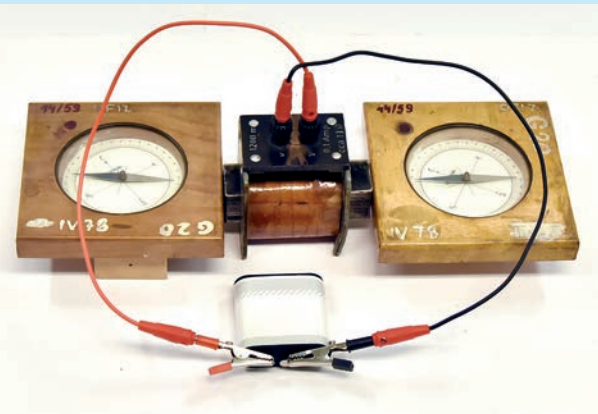
miatt van mágneses tulajdonságuk. Ma már tudjuk, hogy minden mozgó elektromos töltésnek mágneses hatása is van. Az állandó mágnesek mágneses tere az atomok körül keringő elektronoknak köszönhető. A Föld mágneses terét szintén elektromos áramok hozzák létre, a belsejében található folyékony, olvadt anyagok áramlásának következményeképp.

Az alábbi kísérletsorozatban azt nézzük meg, hogy milyen tulajdonságokkal rendelkezik az elektromágnes.

Kísérlet

Az elektromágnes két végéhez egy-egy iránytűt állítunk, majd az elektromágnest egy áramforrásra kötjük, és bekapcsoljuk. Azt tapasztaljuk, hogy az egyik iránytű a déli, a másik az északi pólusával fordul a tekercs felé. Ebből arra következtetünk, hogy az elektromágnesnek is két pólusa van, egy északi és egy déli. Ha a tekercsre csatlakozó vezetékeket megcseréljük, akkor az áram az előbbivel ellenkező irányba folyik. Azt vehetjük észre, hogy mindkét iránytű megfordul, és amelyik eddig a déli pólusával fordult az elektromágnes felé, az most az északival, és amelyik eddig az északival, az most a délivel fordul oda. A következtetésünk az, hogy az elektromágnes pólusai felcserélődnek, ha megfordítjuk a tekercsen átfolyó áram irányát. Ha most az áram erősségét növeljük, akkor azt tapasztaljuk, hogy az iránytűk gyorsabban fordulnak be, azaz az elektromágnes a nagyobb áramerősség hatására erősebb lett.





Összefoglalva tehát: az elektromágnes ki-be kapcsolható, pólusai felcserélhetők, és erőssége változtatható. Ezen tulajdonságainak köszönhetően igen sok elektromos eszközben, berendezésben találunk elektromágnest. A telekommunikáció első forradalmát például a távíró berendezés hozta el, amelynek legfontosabb része egy elektromágnes. A digitális dallamcsengők előtti időkben az iskolákban és az otthonokban is elektromágneses csengők működtek. Lakóházak kapuin, lépcsőházak bejárati ajtajain, iskolakapukon ma már szinte kizárólag elektromágneses zárakat találunk.

Az elektromos motor

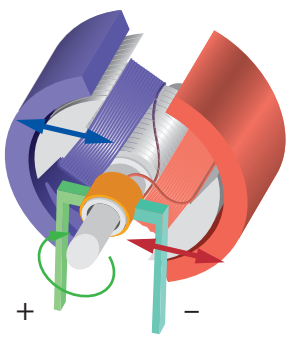
Az elektromágnesek egyik legfontosabb alkalmazása az **elektromos motor**. Ez egy olyan gép, amely elektromos energiát mechanikai energiává alakít át. Minden olyan elektromos háztartási eszközünkben, amelyben valamilyen forgó alkatrész van, abban a forgás egy elektromos motornak köszönhető. A villamos elven működő első motor feltalálása és elkészítése **Jedlik Ányos** bencés szerzetes, természettudós, feltaláló nevéhez fűződik.

A motor minden esetben alapvetően két részből áll: egy állórészből és egy forgórészből. Az állórész lehet állandó mágnes vagy elektromágnes. Mű-

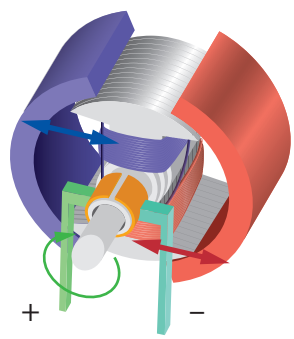


ködési elvének lényege, hogy a két mágnes kölcsönhatása következtében a forgórész elfordul, forogni kezd. Ez hasonló ahhoz, ahogy az iránytű is elfordul a Föld mágneses terében. Az iránytű azonban nem fog tartósan forogni, hanem beáll észak–dél irányba. Mivel a motor forgórésze elektromágnes, így a pólusai felcserélhetők, ha a tekercsben folyó áram iránya ellentétes lesz. A pólusok megcserélése pedig újabb félfordulatra kényszeríti az elektromágnest. Az elektromos motorban a kommutátor nevű rész az, amely lehetővé teszi, hogy az elektromágnes tekercsében félfordulatonként megforduljon az áram iránya, és így félfordulatonként az elektromágnes pólusai felcserélődjenek.

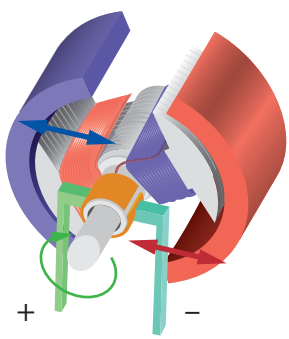
1.



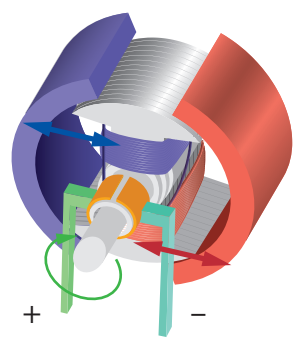
2.



3.

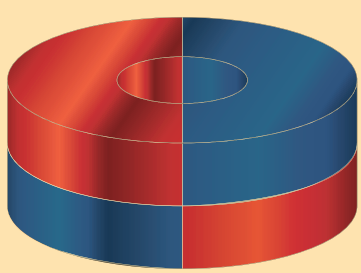


4.

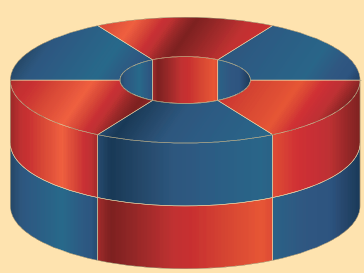


Érdekességek

- Léteznek olyan mágnesek, amelyeknek kettőnél több (de szigorúan páros számú) pólusuk van. Ezek is mindig északi vagy déli jellegű pólusok, az északi és déli pólusok száma megegyezik.



- Az elemek közül a kobalt és a nikkel mutat a vashoz hasonló mágneses tulajdonságokat. Erős mágneseket különböző anyagok ötvözésével tudnak előállítani.



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

Miben hasonlít, és miben különbözik egymástól az állandó mágnes és az elektromágnes. Megismerhettük az elektromágnes egyik legfontosabb alkalmazását, az elektromos motort.

dipólus **elektromágnes** **elektromos motor**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Nézz utána, hogy az alábbi háztartási eszközökben hol található, és mire való az elektromágnes:

- automata biztosíték;
- gáztűzhely;
- indukciós tűzhely;
- kenyérpirító;
- mosógép;
- elemes játék autó/kisvonat;
- okostelefon.

2. Milyen otthoni eszközökben találsz elektromos motort? Mire való a motor ezekben az eszközökben? Mit használtak az emberek ezek helyett a motor feltalálása előtt?



3. Jedlik Ányos az elektromos motor mellett még más területen is ért el kimagasló eredményeket. Mik voltak ezek? Mikor építette Jedlik a villanydelejes forgonyt? Hol található meg ma ez az eszköz?

4. Keress otthon olyan tárgyakat, eszközöket, amelyekben állandó mágnes található. Milyen szerepe van a mágnesnek ezekben az eszközökben?



9. A transzformátor

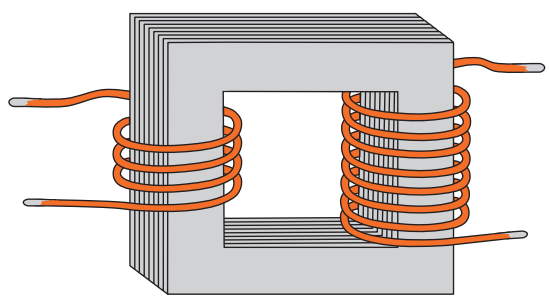
Melyből kiderül, hogy mi az a transzformátor, hogyan működik, és mire használjuk.

Az eddigi leckékben már láthattad, hogy az elektromos áram és a mágneses tér közt szoros kapcsolat van. Például az elektromos motorban az elektromos áram mágneses teret hoz létre, az indukciós tűzhelynél pedig a változó mágneses tér elektromos áramot hoz létre a tűzhelyre tett vasedényben.

Az 1800-as évek végén még komoly tudományos és mérnöki vita tárgya volt, hogy a lakosság számára biztosítandó elektromos energia váltakozó áramú vagy egyenáramú hálózaton keresztül jusson el az otthonokba. Az elektromosság széles körű elterjedésében kiemelkedő szerepe volt egy magyar találmánynak, a **transzformátor**nak, amit három magyar mérnök, Zipernowsky Károly, Bláthy Ottó Titusz és Déri Miksa szabadalmaztatott. Ez a berendezés nagymértékben hozzájárult ahhoz, hogy ma a világ minden pontján váltakozó áramú elektromos hálózatok működnek.

A transzformátor felépítése

A transzformátor alapvetően két, szigetelt vezetékből álló tekercsből és egy zárt vasmagból áll. Ahogy az ábrán látható, a vasmag egyik felére az egyik vezeték van feltekercselve, a másik vezeték a vasmag másik felére. Használat közben az egyik tekercset váltakozó feszültségre kapcsoljuk. Ezt a tekercset primer tekercsnek nevezzük. A másik tekercsre a fogyasztót kapcsoljuk, ez lesz a szekunder tekercs.



Kísérlet

1. kísérlet:



Szétszedhető iskolai transzformátor primer tekercsének egy 1200 menetes tekercset választunk, szekunder tekercsnek pedig egy 600 menetest. A menetszámot N-nel jelöljük. A primer tekercsre iskolai tápegység segítségével váltakozó feszültséget kapcsolunk. Megmérjük digitális multiméter (váltakozó feszültség mérés üzemmódba kapcsolva) segítségével, hogy mekkora a primer tekercs feszültsége, ezt U_p-vel jelöljük, és primer feszültségnek nevezzük. Ugyancsak multiméterrel megmérjük a szekunder feszültséget is, amit U_{sz}-szel jelölünk. A tápegység feszültségét változtatva további primer feszültségek esetén is megmérjük a szekunder feszültséget. A mérési eredményeinket az alábbi táblázatba foglaltuk össze.

U_p (V)	U_{sz} (V)
24,1	11,9
18,3	9,0
12,4	5,3
7,7	3,8

Minden mérésnél azt látjuk, hogy a szekunder feszültség körülbelül feleakkora, mint a primer feszültség, azaz arányuk 1 : 2. Ráadásul azt is észrevehetjük, hogy a két tekercs menetszáma is ugyanilyen arányú, azaz 1 : 2. Vizsgáljuk meg, hogy más menetszámarányoknál is ugyanezt tapasztaljuk-e. Cseréljük ki a szekunder tekercset 300 menetesre, ismételjük meg az előző mérést, és nézzük meg a feszültségek arányát!

2. kísérlet:



U_p (V)	U_{sz} (V)
24,0	5,9
18,1	4,5
11,8	2,9
7,5	1,8

Azt látjuk, hogy a feszültségek aránya itt is körülbelül megegyezik a tekercsek menetszámainak arányával, amely ebben az esetben 1 : 4.

Érdemes még azt is megnézni, hogy mi történik akkor, ha a két tekercs szerepét felcseréljük. Legyen most a primer tekercs a 600 menetes és a szekunder tekercs 1200 menetes.

3. kísérlet:



U_p (V)	U_{sz} (V)
5,9	11,5
4,5	8,8
2,9	5,6
1,8	3,5

Azt tapasztaljuk, hogy a feszültségek aránya most is közel megegyezik a menetszámok arányával.

A kísérlet tapasztalatait az alábbi összefüggésben foglalhatjuk össze:

$$\frac{N_p}{N_{sz}} = \frac{U_p}{U_{sz}}$$

Ez az egyenlőség a transzformátor alapvető tulajdonságát fejezi ki. A primer és a szekunder tekercs menetszámának aránya egyenlő a primer és a szekunder tekercsen mérhető feszültségek arányával. Ezek szerint a váltakozó feszültséget transzformátor segítségével a menetszámok arányának megfelelő megválasztásával bármilyen kisebb vagy nagyobb feszültséggé átalakíthatjuk. Amikor a szekunder feszültség kisebb, mint a primer, azt mondjuk, hogy letranszformáljuk a feszültséget. Ha a szekunder feszültség a nagyobb, akkor feltranszformálásról beszélünk.

Energiaátalakulás a transzformátorban

Most gondoljuk végig, hogy hogyan alakulnak az energiaviszonyok a transzformátor működése közben. A szekunder tekercsre váltakozó feszültséget kapcsolva váltakozó áram jön létre, amely változó mágneses teret hoz létre, azaz az elektromos energia mágneses energiává alakul. Ez a mágneses tér a közös vasmagban koncentrálódik. A változó mágneses tér a szekunder tekercsben váltakozó feszültséget hoz létre, azaz a mágneses energia visszalakul elektromos energiává. A transzformátorra is érvényes

az energiamegmaradás törvénye, így a szekunder tekercs elektromos energiája és primer tekercs elektromos energiája megegyezik. A valóságban azonban ez csak közelítőleg érvényesül, mert mindig vannak veszteségek. Ilyen például az, hogy a vasmag melegszik, és ez hőveszteséggel jár.

A transzformátor alkalmazása

A különböző, hálózatról működő háztartási berendezések megfelelő működéséhez különböző feszültségű áramforrásokra lehet szükség. Az elektromos hálózat viszont 230 V-os feszültséget biztosít. Egy laptop 19-20 V-tal működik, egy elemtöltő kb. 1,4 V-os feszültséggel tölti az AA-s ceruzaakkumulátorokat. A megfelelő feszültségértéket ezekben az esetekben transzformátorok segítségével állítjuk elő. Fontos még tudnod, hogy sok eszközünk egyenárammal működik, ezért a transzformálás után a váltakozó feszültséget át kell alakítani egyenfeszültséggé. Ezt egyenirányításnak nevezzük. A különböző töltőberendezések ezért alapvetően egy transzformátorból és egy egyenirányítóból állnak.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

transzformátor

A transzformátor egy olyan átalakító berendezés, amellyel a váltakozó feszültség értékét meg lehet változtatni. A kiindulási és az átalakított feszültségek aránya megegyezik a tekercsek menetszámának arányával. Az elektromos energia először mágneses energiává, majd újra elektromos energiává alakul.

Megoldandó problémák, feladatok

1. Ki volt az, aki az egyenáramú hálózat elterjedését szorgalmazta, és ki az, aki a váltakozó áramút? Milyen érveik voltak az egyik, illetve a másik hálózat mellett?

2. Nézz meg egy okostelefon-töltőt! Mekkora feszültségre transzformálja a hálózati feszültséget? Mennyi a töltő transzformátorában a menetszámok aránya?

3. Sorold fel, és számold meg, hogy hány darab transzformátort tartalmazó eszközötök van otthon? Amelyiken lehet, nézd meg, hogy mekkora a szekunder feszültség!

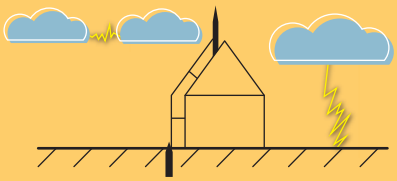
4. A Paksi Atomerőmű generátorain körülbelül 15 kV-os a feszültség. Az országos 400 kV-os hálózatba táplálják az elektromos energiát. Mekkora a Pakson található transzformátorok menetszámaránya?



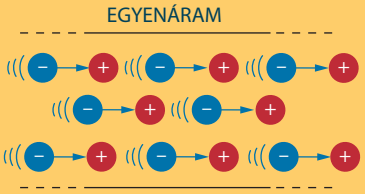
ELEKTROMOSSÁG A HÁZTARTÁSBAN

VEZETŐK

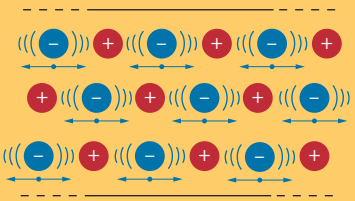
SZIGETELŐK



EGYENÁRAM



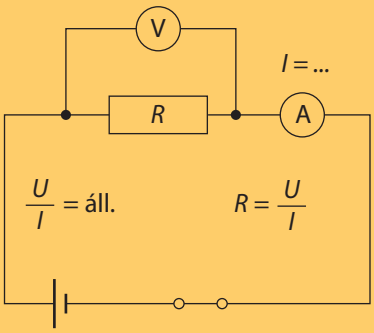
VÁLTAKOZÓ ÁRAM



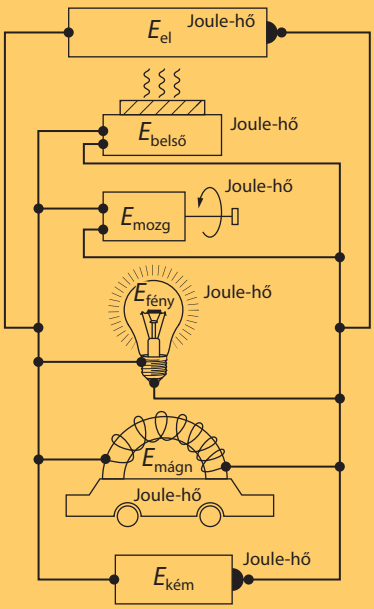
$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ $\quad U = \frac{W}{Q}$

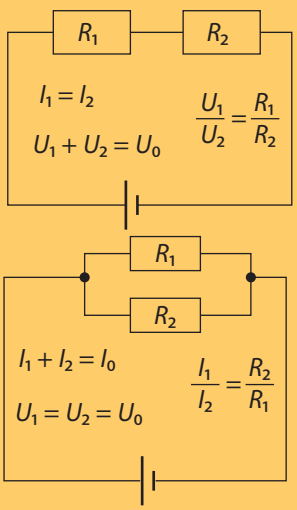
A $\quad$ V

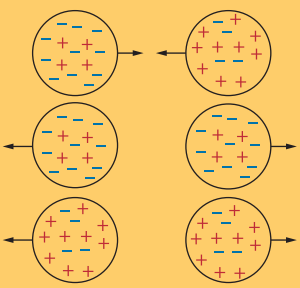
$U = ...$ $\quad I = ...$

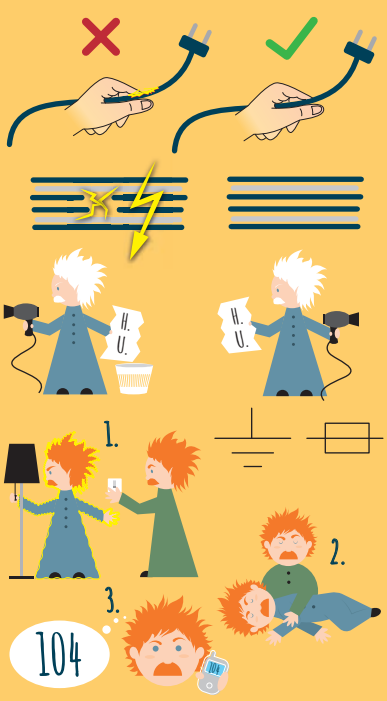


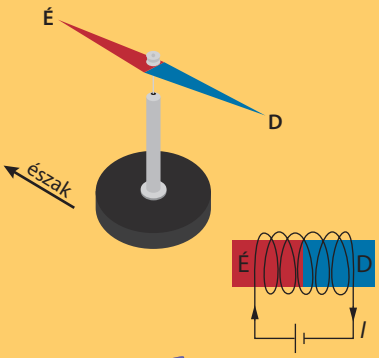
$\frac{U}{I} = \text{áll.}$ $\quad R = \frac{U}{I}$

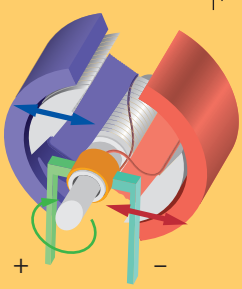


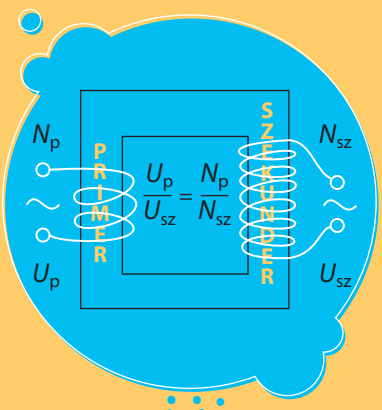














ZIPERNOWSKY KÁROLY

DÉRI MIKSA

BLÁTHY OTTÓ TITUSZ

VII. VILÁGÍTÁS, FÉNY, OPTIKAI ESZKÖZÖK

1. Fényforrások, fényterjedés, árnyék

Melyből kiderül, hogy miként csoportosíthatjuk a fényforrásokat, milyen információkat tudhatunk meg egy égő dobozáról, és melyek a legegyszerűbb árnyékjelenségek.

Mindennapi életünkben meghatározó szerepet játszik a fény. Az egyik érzékszervünkkel, a szemünkkel látjuk, és a környezetünkből rendkívül sok információt a fény segítségével, közvetítésével gyűjtünk be. A legtöbb élőlény életében, működésében szintén kiemelt szerepe van a fénynek. A fizika fénnyel foglalkozó ágát fénytannak, vagy idegen szóval optikának nevezzük.

A fényforrások

Ha körülnézel a szobádban, az osztályteremben, az utcán, akkor látod a környezetedet. Látod az asztalodat, az osztálytársadat, az égboltot. Azért látod őket, mert róluk fénysugarak indulnak el, és érkeznek meg a szemedbe. Ezek a fénysugarak nemcsak a szemedben tudnak fizikai változást előidézni, hanem például az okostelefon fényképezőjében vagy a videókamera érzékelőjében. Minden olyan testet, amelyet látunk, illetve láthatunk, **fényforrás**nak nevezünk, hiszen róluk bizonyosan kiindulnak fénysugarak, különben nem látnánk őket. A fényforrásokat különböző szempontok alapján csoportosítjuk.

A fényforrások közül elsődlegesnek nevezzük azokat, amelyek önmaguktól, más fényforrásoktól függetlenül bocsátanak ki magukból fényt. Erre példa a Nap, a zseblámpa, a gyertyaláng, a mélytengeri világítóhal lámpája vagy a villám. Másodlagos fényforrások azok, amelyek más fényforrások fényét verik vissza. Jó példa erre a Nap fényét visszaverő Hold. A szobádban, az osztályteremben lévő bútorok, az utcán a házak, az autók, és végül mi magunk is csak akkor látszódunk, ha valamilyen fényforrás megvilágít minket, tehát mi is másodlagos fényforrások vagyunk.

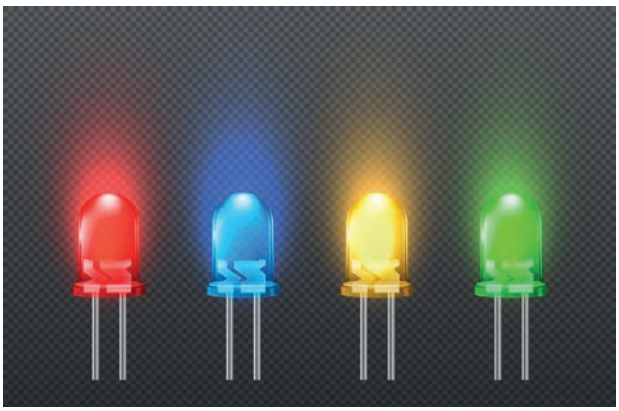
Később látni fogod, hogy a fényforrás mérete is fontos lehet. A méret alapján megkülönböztetünk pontszerű és kiterjedt fényforrást. A Napot kiterjedt fényforrásnak mondjuk, mert az égbolton egy kiterjedt korongnak látjuk. A csillagokat pontszerű fényforrásnak tekintjük, mert nem tudunk semmilyen





kiterjedést sem észlelni rajtuk, pedig sok csillag akár százszor nagyobb, mint a Nap. Az osztályteremben lévő fénycsövek hosszúkásak, az otthoni csillárban lévő égők gömbhöz hasonlító fényforrások. Ha azonban messziről figyeljük meg ezeket, akkor már nem tudjuk az alakjukat felismeri, pontszerűnek fognak tűnni. Pontszerűnek akkor tekintünk egy fényforrást, ha ennek mérete a vizsgált jelenségben a távolsághoz képest nagyon-nagyon kicsi.

A fény színe, összetétele is fontos a hétköznapi életben, a fizikai kísérletekben és az élőlények szempontjából is. Az egyszínű fényforrásokat más néven monokromatikusnak nevezik. Egyszínű például az egyszerű LED fénye és a lézerfény is. Összetett fénye van a fénycsöveknek és az izzóknak, valamint a több LED-et tartalmazó háztartási fényforrásoknak.



A mesterséges fényforrások

Az ember alkotta fényforrásokat nevezzük mesterséges fényforrásoknak. A mesterséges világítás, az otthonokban használt fényforrások, az utcai lámpák, az éjszaka is üzemelő közlekedési eszközök világítása teljes mértékben része lett az életünknek. Szinte kivétel nélkül elektromos energiával működnek. A ma használatos fényforrások sokfélesége közt úgy tudunk eligazodni, ha megnézzük, milyen tulajdonságaik vannak, és ezen tulajdonságaik alapján hogyan lehet csoportosítani őket.

Működésük fizikai alapja szerint lehetnek izzószálasak, fénycsövesek vagy LED-esek. Az izzószálas égőkből már csak olyan változatot lehet forgalmazni, amelyben az izzószál környezetében halogéngáz van. A fénycsöves fényforrások gyakran speciális foglalatot igényelnek, de még ma is igen elterjedtek az iskolákban, irodaházakban, fürdőszobai tükrök világításában. A fénycsöveknek azt a változatát, amelyet a háztartásokban elterjedt E14-es és E27-es foglalatban lehet használni, kompakt fénycsöveknek nevezzük. Itt valójában a gázt tartalmazó cső többszörösen meg van hajlítva, így kevesebb helyet foglal.



A modern LED-es világítótestek ma már a legtöbb helyen kiválthatják a fénycsöves és az izzószálas fényforrásokat. Az előző fejezetben egy konkrét számolás során megállapítottuk, hogy a LED-es fényforrások hatásfoka sokkal jobb, mint az izzószálasoké, tehát az elhasznált elektromos energiából nagyobb részt alakít számunkra hasznos fényenergiává.

Fontos szempont egy fényforrásnál, hogy mennyi az élettartama. Egy hagyományos izzóé 1000 óra körül van, egy halogénizzóé körülbelül 2000 óra, egy kompakt fénycsőé nagyjából 10 000 óra, egy LED-esé 25 000 óra, de akár 50 000 óra is lehet. A LED-es égők általában a legdrágábbak, de láthatjuk, hogy az élettartamuk és a hatásfokuk a legjobb.

A fényforrásokon fel kell tüntetni azt is, hogy mennyire erős a fénye. A fényforrás fényességét a lumen (lm) mértékegységgel adjuk meg. Minél nagyobb ez az érték, annál fényesebbnek látjuk a fényforrást.

A hagyományos izzókra jellemző volt, hogy érzékenyek voltak a kapcsolgatásra, többnyire felkapcsoláskor égtek ki. A mai, korszerű kompakt fénycsövek és LED-es fényforrások többnyire 10 000 feletti kapcsolást is elviselnek. Természetesen olyan helyen, ahol kifejezetten gyakori a fel-le kapcsolások száma, érdemes ezt az adatot is figyelembe venni, ilyen lehet például egy társasházi lépcsőház mozgásérzékelős világítása.



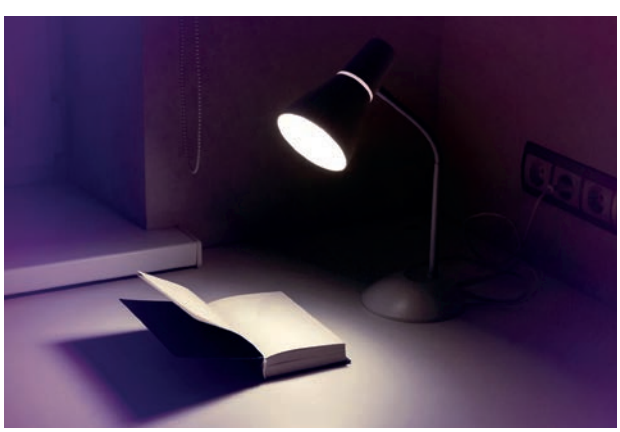
Az evolúció során az emberi szem a Nap fényének színére lett a legérzékenyebb. A sárgás-fehéres szín kellemes hatású, mert a napfényre emlékeztet. A kékes-fehéres szín kevésbé kellemes, ugyanakkor jobb a megvilágítottság érzésünk, amikor ilyen fényű lámpával világítunk. A háztartásokban használt fényforrásokon jelzik, hogy a fehér fény kékesebb, azaz „hideg" fényű, vagy sárgásabb, azaz „meleg" fényű.

Érdemes azt is figyelembe venni, hogy milyen szögben sugároz fényt a világítótest. Például a spotlámpák kis szögben bocsátanak ki fényt, és így ugyan viszonylag kis területet tudnak megvilágítani, azt viszont nagyon jól. A nagyobb szögben világító fényforrások fényereje nagyobb területen oszlik meg.



A fényterjedés

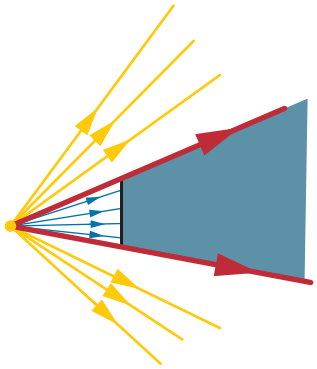
Ha belenézel egy gumicsőbe, például egy locsolócsőbe vagy egy porszívó gégecsövébe, akkor általában nem látsz benne semmit. Ahhoz, hogy a fény át tudjon rajta jönni, a csövet ki kell egyenesíteni. Egy fal mögé nem látsz be, mert a túloldaláról érkező fény beleütközik a falba. A falról a fény egy része visszaverődik, egy része behatol az anyagba, és ott elnyelődik. Ha egy teljesen sötét szobában felkapcsolsz egy fényforrást, akkor a tárgyaknak a fényforrástól



távolabbi részére nem jut el a fény, ott sötét lesz. Ezt a sötét részt nevezzük árnyéknak. Ezeket a jelenségeket azzal tudjuk magyarázni, hogy a fény alapvető tulajdonsága, hogy egyenes vonalban terjed. Ez mindaddig igaz, amíg egy új anyag, egy új közeg határára nem érkezik.

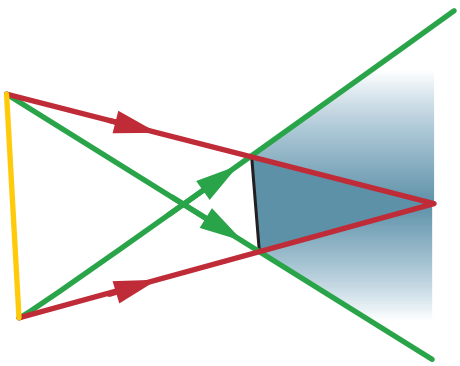
Mivel megállapítottuk, hogy a fény egyenes vonalban terjed, ezért a fény terjedését, a fény útját egyenes vonalakkal, fénysugarakkal fogjuk modellezni a továbbiakban. A teljes fénynyalábból többnyire kiválasztunk néhány jellegzeteset, és azokon keresztül vizsgáljuk meg a jelenségeket.

A fény egyenes vonalú terjedésének tehát az egyik következménye az árnyék. Létrejöttéhez szükség van egy fényforrásra és egy árnyékoló tárgyra, amelyen a fény nem tud áthatolni. Ha ez a forrás pontszerű, akkor a minden irányba kiinduló fénysugarak közül kitüntetett szerepe van azoknak, amelyek még éppen el tudnak haladni az árnyékoló, árnyékot vető tárgy mellett. Ha az egyszerűség kedvéért síkban rajzoljuk le a fényforrást, és egy egyenes szakasszal jelöljük



az árnyékoló testet, akkor két ilyen kitüntetett fénysugarunk lesz, ezeket a fenti ábrán pirossal jelöltük. A sárga fénysugarak elhaladnak a tárgy mellett, a kékek beleütköznek a tárgyba. Láthatjuk, hogy két piros fénysugár választja el egymástól a fényforrás által megvilágított területet az árnyékos területtől.

Ha a fényforrás kiterjedt, azaz nem tekinthetjük pontszerűnek, akkor lehet olyan helyzet, amikor a fényforrás nagyobb kiterjedésű, mint az árnyékoló test. Később fogod látni, hogy erre jó példa a Nap–Föld-rendszer esete, ahol a Nap által megvilágított Földnek árnyékkúpja alakul ki. Ha most is megrajzoljuk pirossal az ábrán látható módon a két kitüntetett fénysugarat, azt láthatjuk, hogy az árnyéktér a pontszerű fényforrás esetétől eltérően most egy zárt terület lesz. Ebben az esetben van további két kitüntetett fénysugár, ezeket zölddel jelöltük az ábrán. A zöld fénysugarakon kívüli térrészbe a fényforrás minden egyes pontjából eljutnak a fénysugarak. A zöld és a piros fénysugarak által határolt térrészbe a fényforrás egyes pontjaiból eljutnak, más pontokból nem jutnak el fénysugarak. Ezt a területet nevezzük félárnyéknak. A félárnyék éles átmenet nélkül megy át az árnyékos és fényes térrészbe is.



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

fényforrás

A fényforrásokat csoportosíthatjuk aszerint, hogy elsődlegesek vagy másodlagosak, illetve a méretük és a színük szerint. A mesterséges világítótestek három alapvető típusa az izzó, a fénycső és a LED, amelyek többek közt élettartamukban, hatásfokukban különböznek.

Megoldandó problémák, feladatok

1. Nézz utána, hogy körülbelül milyen szögben sugároznak fényt a spotlámpák! És a gépkocsik reflektora? Mit mondhatunk egy E27-es foglalatú LED-es és egy halogénfényforrás sugárzási szögéről?

2. Egy teljesen besötétített szobában egyetlen kis lámpát felkapcsolva is valamennyire belátunk az árnyékos területekre is. Mivel tudnád ezt megmagyarázni?

3. Keresd meg az interneten, hogy mit jelent az E14 és E27 foglalatokban az E-betű, és mit a 14-es és a 27-es szám! Sorold fel ennek a foglalattípusnak az előnyeit és hátrányait! Számold meg, hogy az otthonodban melyik foglalattípusból hány darab van!

4. A gépkocsik fényszóróiban szintén megtalálható a halogénizzós, a fénycsöves (xenonlámpának nevezett) és a LED-es változat is. Gyűjtsd össze, hogy melyiknek mi az előnye és esetleges hátránya!



2. A fény visszaverődése

Melyből kiderül, hogy a fény milyen szabályok szerint verődik vissza a felületekről. Azt is megtudjuk, hogy a tükrök közül a síktükör hogyan és milyen képet hoz létre.

Az előző leckében a másodlagos fényforrásokról azt mondtuk, hogy ezek olyan testek, amiket azért látunk, mert a rájuk érkező más fényforrások fényét visszaverik. Megfigyelhető, hogy bizonyos esetekben a visszaverődésnek az a következménye, hogy a környező tárgyak képe megjelenik a fényvisszaverő testen. Később látni fogjuk, hogy a keletkező kép milyen sokféle lehet.

Tükrök

Biztosan hallottad már azt a kifejezést, amikor azt mondjuk egy felületre, hogy tükörsima. Ha jól megfigyeled, akkor bármelyik ablaküvegben láthatsz tükörképet. Ha az aszfalt vagy az erdei ösvény száraz, akkor nem látunk rajta tükörképet, de ha eső után egy pocsolyába belenézünk, akkor már igen. Egy fémedényen vagy fémfedőn, egy kanál felületén szintén láthatunk tükörképet, ahogy egy gépkocsi fényezésén is. Az előző példákban az a közös, hogy az a felület, amelyről a fény visszaverődik, nagyon sima.



Azt mondhatjuk, hogy az érdesebb, durvább felületekről a fény rendezetlenül verődik vissza, míg a sima felületekről rendezetten, szabályosan. Ez utóbbi a **szabályos visszaverődés**. Azokat a felületeket, amelyekről a fény szabályosan verődik vissza, **tükrök**nek nevezzük.

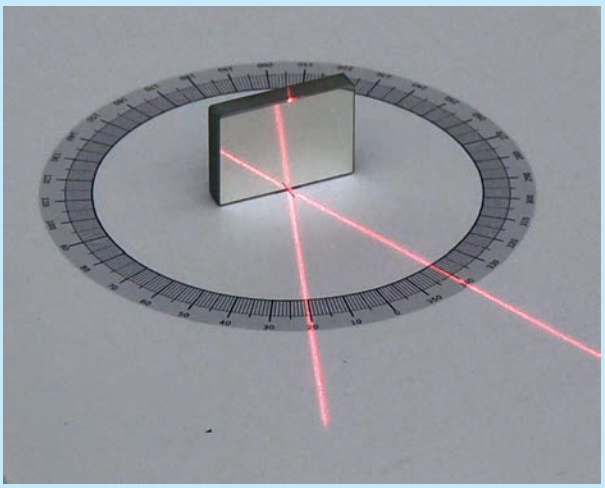
A nagyon tiszta, nagy felületű síküvegeket nagyon nehéz észrevenni. Lehet, hogy te is tapasztaltad már, hogy alig vettél észre egy nagy felületű üvegajtót. Az üveg a fény jelentős részét átengedi, így például egy ablaküveg mögül érkező fény erőssége csak csekély, szemmel gyakorlatilag észrevehetetlen mértékben csökken az üvegen való áthaladáskor. Ennek ellenére az üvegek felületén gyakran érzékeljük a tükrözés jelenségét. Ez főleg akkor észrevehető, ha az üveg mögött sötétebb van, mint az üveg előtt. Az üveg tehát nem igazán jó fényvisszaverő felület. A fémek felületéről sokkal nagyobb mértékben verődik vissza a fény, viszont a levegő oxigénje a legtöbb fémmel kémiai reakcióba lép, és oxidálja a fémtárgy felületét. A fém-oxid-rétegnek azonban már sokkal rosszabb a fényvisszaverő képessége. A háztartási tükrök az előzőek miatt egy vékony fémrétegből és egy vastagabb üvegrétegből állnak. Az üveg megóvja a fémréteget az oxidációtól, így megmarad a jó fényvisszaverő képessége.

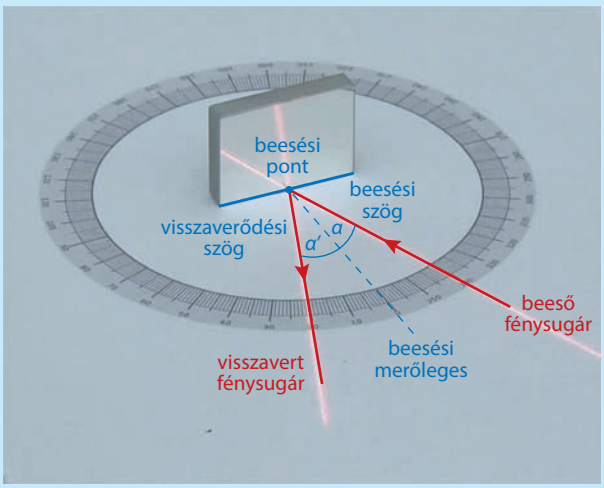
A visszaverődés törvényei

A tükörképek létrejötte azt sugallja, hogy valamilyen szabályszerűségnek kell lennie a fény visszaverődésében. Ehhez először célszerű azt az esetet megvizsgálni, hogy egyetlenegy fénysugár hogyan viselkedik, hogyan verődik vissza egy tükröző felületről.

Kísérlet

A képen látható elrendezésben egy lézerfénysugarat bocsátunk egy tükröző felületre. A fénysugarat úgy állítjuk be, hogy vízszintesen haladjon, és a korong középpontján átmenjen. A korong szögbeosztással van ellátva, és a közepére különböző optikai elemeket lehet rögzíteni. Ebben a kísérletben a korongra egy sima, tükröző síkfelületet helyezünk. A kísérletben szépen látszik, hogy a fénysugár a felületen irányt változtatva visszaverődik, ha a fénysugár és a felület nem merőleges egymásra. A korong forgatásával a tükröző felület is elfordul. Megfigyelhetjük, hogy a beérkező és a visszavert fénysugár egyre nagyobb szöget zár be egymással, amikor egyre jobban elfordítjuk a tükröt.





Vizsgáljuk meg alaposabban a jelenséget! Ehhez először is elnevezzük az elrendezés fontosabb elemeit. Azt a pontot, ahová a fénysugár a tükörre érkezik, beesési pontnak nevezzük. A tükörre érkező fénysugár a beeső fénysugár, a tükörről induló pedig a visszavert fénysugár. A beesési pontba állított merőleges a beesési merőleges. A beesési merőleges és a beeső fénysugár által bezárt szöget beesési szögnek nevezzük, és α-val (alfa) jelöljük. A beesési merőleges és a visszavert fénysugár szöge pedig a visszaverődési szög, amit α'-vel jelölünk.

A korong szögbeosztásáról le tudjuk olvasni a beesési szöget és a visszaverődési szöget. A táblázatban néhány mérés eredményét láthatod:

α	15°	35°	40°	50°	75°
α'	15°	35°	40°	50°	75°

A kísérlet alapján két szabályt állapíthatunk meg. Az egyik, hogy a beesési szög és a visszaverődési szög egyenlő. Amennyiben a beesési szög 0°, e szerint a szabály szerint a visszaverődési szög is 0°. Ezt úgy mondjuk, hogy a fénysugár önmagába verődik vissza. A másik szabályhoz figyeljük meg még azt is a kísérletben, hogy a visszavert fénysugár milyen síkban van. Azt láthatjuk, hogy a korong síkjában marad.

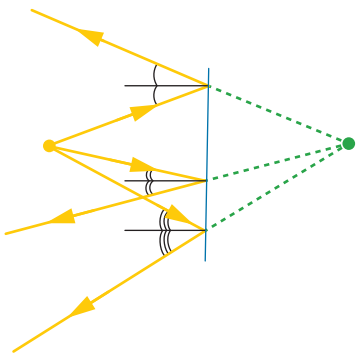
A visszaverődés két törvényét a kísérlet alapján így fogalmazhatjuk meg:

- A visszavert fénysugár mindig a beeső fénysugár és a beesési merőleges által meghatározott síkban verődik vissza.
- A beesési szög és a visszaverődési szög egyenlő.

A síktükör

A tükör sima felületű, de a tükörkép alakja, mérete, látványa sokféle lehet attól függően, hogy a tükör milyen alakú. A legegyszerűbb a sík felületű tükör, ezt egyszerűen síktükörnek nevezzük. Nézzük meg,

hogyan jön létre a síktükörben a tükörkép! Először rajzoljunk egy pontszerű fényforrást és egy síktükröt! A fényforrásból minden irányba kiinduló fénysugarak közül válasszunk ki három olyat, amelyik a síktükör felé halad. Mindegyikre alkalmazzuk az előzőekben megismert visszaverődési törvényt, azaz szerkesszük meg a beesési merőlegeseket a beesési pontokba, majd másoljuk át a beesési szöget a beesési merőleges másik oldalára. Ezek segítségével berajzolhatjuk a visszavert fénysugarakat.

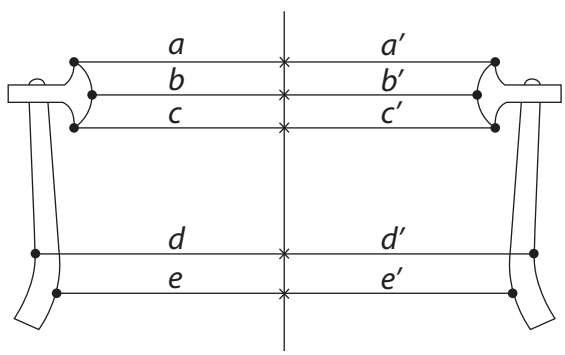


Az ábrán a visszavert fénysugarakat szaggatott vonallal meghosszabbítottuk a tükör mögött. Azt láthatod, hogy ezek a meghosszabbított egyenesek egy pontban találkoznak. Olyan, mintha a fényforrás fénysugarai ebből a pontból indultak volna ki. Ezt a pontot nevezzük a fényforrás tükörképének. Ha most elvennénk a tükröt, és ebbe a pontba áttennénk a fényforrást, akkor ugyanazt látnánk, mint az előbb a tükörben.

Fontos megjegyezni, hogy a fenti esetben a fénysugarak valójában nem a zölddel jelölt pontból, azaz a tükörképből indulnak ki. Azt mondjuk, hogy a keletkezett kép nem valódi, más szóval látszólagos, vagy idegen szóval virtuális. Azt is megállapíthatjuk, hogy a tükörkép távolsága a tükörtől megegyezik a fényforrás és a tükör távolságával. Ez azért fontos



megállapítás, mert ennek ismeretében sokkal egyszerűbb egy kiterjedt tárgy tükörképét megszerkeszteni. A tárgy egyes pontjaiból merőlegeseket szerkesztünk a tükörre, amiket meghosszabbítunk a tükör mögött. Ezután a tárgypont–tükör-távolságokat felmérjük a meghosszabbított egyenesekre, így megkapjuk a képpontokat.



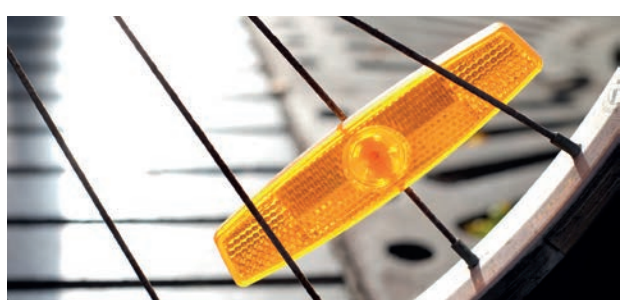
A tükörképpel kapcsolatban tehetünk még két fontos megállapítást. A tükörkép azonos állású, mint a tárgy, és a nagysága megegyezik a tárgy nagyságával.

A síktükrök alkalmazása

A leggyakoribb alkalmazás a szobai, fürdőszobai tükör, amelyben saját magunkat láthatjuk. Találkozhatunk síktükörrel a tükörreflexes fényképezőgépekben.

A gépkocsik középső visszapillantó tükre is síktükör.

A kerékpárokon található macskaszem vagy prizma is sok kicsi síktükörből áll.



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A tükröző felületek simák. A fény visszaverődésekor a beesési szög és a visszaverődési szög egyenlő, és a visszavert fénysugár ugyanabban a síkban van, mint a beeső fénysugár és a beesési merőleges. A síktükör egyenes állású, a tárggyal azonos méretű, látszólagos képet hoz létre.

szabályos visszaverődés **tükör**

Megoldandó problémák, feladatok

1. A nagy üvegablakokkal ellátott épületeken, utak mentén látható plexi zajcsökkentőkön sokszor madár formájú matricát lehet látni. Mi ennek a célja?



2. A szemüvegek lencséit többnyire „antireflex” réteggel látják el. Mi a szerepe ennek a rétegnek? Milyen fizikai jelenséget csökkent? Honnan lehet felismerni? Ha van szemüveged, vagy a környezetedben valakinek, állapítsd meg róla, hogy van-e rajta ilyen réteg!

3. Próbáld meg kikísérletezni, hogy legalább mekkora síktükörre van szükséged, hogy a teljes arcodat láthasd benne! És mekkorára, hogy a teljes alakodat?

4. A Balaton látványos jelensége az ezüsthíd és az aranyhíd. Mit jelentenek ezek? A víz felülete sima, mégsem látjuk a vízben az égitestek képét rendesen. Miért?



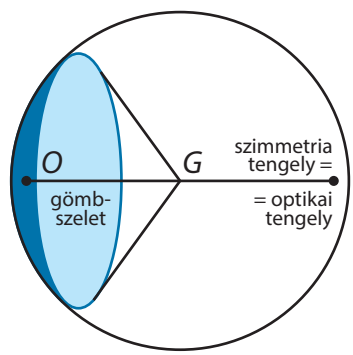
3. Gömbtükrök

Melyből kiderül, hogy a legegyszerűbb görbült felületű tükröknél, a gömbtükröknél hogyan verődnek vissza a fénysugarak, és megismerjük a nevezetes sugármeneteket. Megtudjuk, hogy mi a különbség a homorú és a domború tükör között.

Egy kanálban, egy hullámzó vízfelületen, egy edény oldalán sokféle tükörképet láthatunk attól függően, hogy milyen alakú a felület. A legegyszerűbb görbült felület a gömb. Sima, jó fényvisszaverő felülete van például egy acélgolyónak, amely gömb alakú. A Szingapúrban található köztéri gömb formájú szobrok is görbült, tükröző felületek, ahogyan egy gömb karácsonyfadísz is.

Egy kozmetikai tükör, egy borotválkozótükör is gömbfelületű, de mégis másfajta képet látunk benne, mint egy golyón. A gömbtükröket az előbbiek miatt alapvetően két csoportra, a domború és a homorú tükrökre osztjuk. A gyakorlatban használt gömbtükrök nem teljes gömbök, hanem gömbszeletek. Ha a gömbszelet belső oldala a tükröző felület, akkor homorú, ha a külső felület tükröz, akkor domború tükörnek nevezzük. Mindkét tükör esetén van egy nevezetes egyenes, amit optikai tengelynek nevezünk. Az optikai tengely a gömbszelet szimmetriatengelye. A gömb középpontját geometriai középpontnak nevezzük, és *G*-vel jelöljük. Az optikai tengely és a gömbtükör metszéspontja az optikai középpont, ezt *O*-val jelöljük. Az *O* és a *G* pont meghatározásából következik, hogy az *OG* szakasz a gömb sugara.

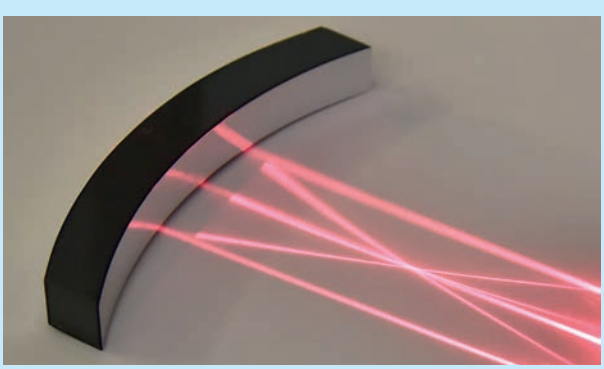


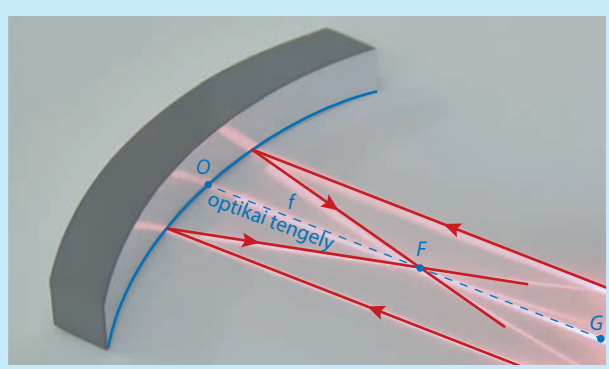


Kísérlet

A homorú gömbtükör

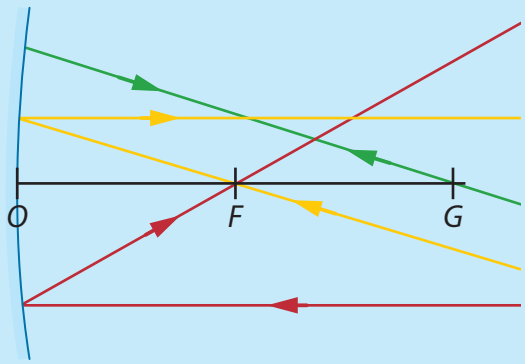
Vizsgáljunk meg először egy homorú tükröző felületet! Ha erre a felületre egymással és az optikai tengellyel is párhuzamos fénysugarakat bocsátunk, akkor azt vehetjük észre, hogy a tükrön való visszaverődés után a fénysugarak összetartók lesznek,





és az optikai tengelyt ugyanabban a pontban metszik. Ez egy különleges pont, a neve **fókuszpont**, és *F*-fel jelöljük. A fókuszpont és az optikai középpont távolságát **fókusztávolság**nak nevezzük, jele: *f*. A fókuszpont a geometriai középpont és az optikai középpont szakaszfelező pontjában van. Másképp fogalmazva: a fókusztávolság a gömbtükör sugarának fele.

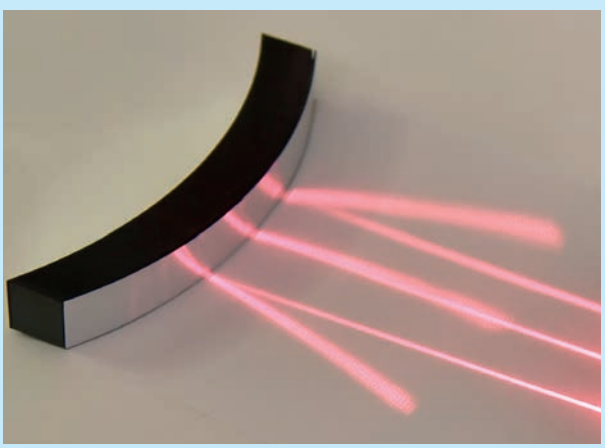
Ha most már nem több fénysugárral, hanem csak eggyel kísérletezünk, a következő megfigyeléseket tehetjük. Az előzőek szerint, ha egy fénysugár az optikai tengellyel párhuzamosan érkezik a homorú tükörre, akkor a visszavert fénysugár a tükör fókuszpontján fog keresztülhaladni. Ha ezt most megfordítjuk, és olyan fénysugarat bocsátunk a tükörre, hogy az áthaladjon a fókuszponton, akkor a visszavert fénysugár az optikai tengellyel párhuzamosan fog haladni. Azt is megfigyelhetjük, hogyha egy fénysugár a geometriai középponton keresztül érkezik a tükörre, akkor a visszavert fénysugár is áthalad ezen a ponton, azaz a fénysugár önmagába verődik vissza. Az alábbi ábrán láthatod ezeket a nevezetes sugármeneteket.

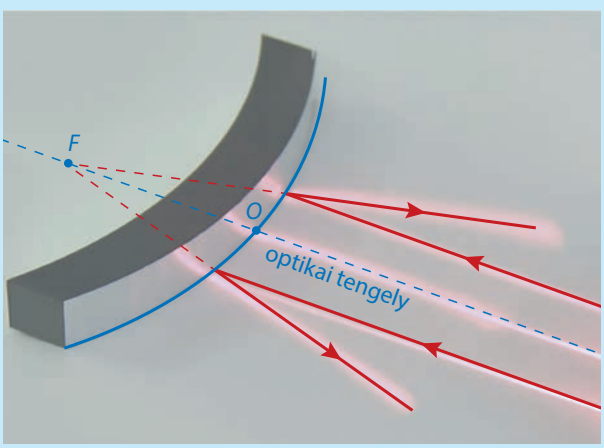


Kísérlet

Domború gömbtükör

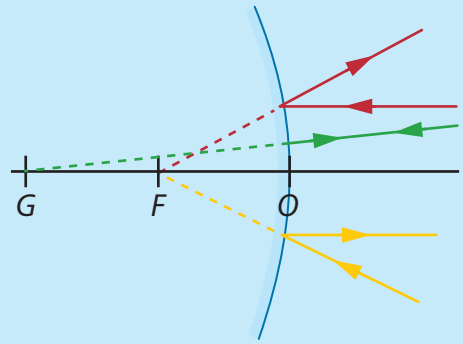
Most egy domború tükröző felületet vizsgáljunk meg! A tükörre most is egymással és az optikai tengellyel is párhuzamos fénysugarakat bocsátunk. Azt figyelhetjük meg, hogy a tükörről visszavert fénysugarak a homorú tükörnél tapasztaltakkal ellentétben itt széttartók. Ha ezeket a széttartó fénysugarakat meghosszabbítjuk a tükör mögött, akkor azt vehetjük észre, hogy egy pontban találkoznak, és ez a pont rajta van az optikai tengelyen. Ez a pont lesz a domború tükör **fókuszpont**ja. Olyan, mintha a visszavert fénysugarak ebből a pontból indultak volna ki.





Ha most a homorú tükörhöz hasonlóan nem több fénysugárral, hanem csak eggyel kísérletezünk, a következőket tapasztalhatjuk. Az előzőek szerint, ha egy fénysugár az optikai tengellyel párhuzamosan érkezik a domború tükörre, akkor úgy verődik vissza, mintha a domború tükör fókuszpontjából indult volna ki. Ha ezt most megfordítjuk, és olyan fénysugarat bocsátunk a tükörre, amely a fókuszpont felé halad (azaz a fókuszpontba érkezne, ha nem lenne ott a tükör), akkor a visszavert fénysugár az optikai tengellyel párhuzamosan fog haladni. Azt is megfigyelhetjük, hogyha egy fénysugár a

geometriai középpont felé halad (azaz oda érkezne, ha nem lenne ott a tükör), akkor úgy verődik vissza, mintha a *G* pontól indult volna ki, azaz a fénysugár önmagába verődik vissza. Az alábbi ábrán láthatod ezeket a nevezetes sugármeneteket.



Az optikai kép

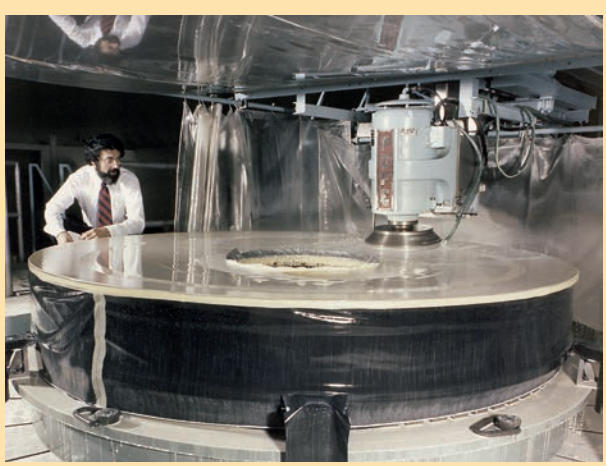
Az első leckében megállapítottuk, hogy minden olyan test vagy tárgy a környezetünkben, amit látunk, az egyben fényforrás is. A testek, tárgyak egyes pontjaiból sok-sok fénysugár indul ki, az egy pontból kiindulók mindig széttartók. A széttartó fénysugarakat a szemünk újra egyesíti, így látni fogjuk a tárgyat.

Amikor a síktükör esetében a tárgypontról kiinduló fénysugarak a visszaverődés után továbbra is széttartók, ezek közül a fénysugarak közül a szemünkbe érkezőket is újra egyesíti, és képet fogunk látni. Itt azonban van egy fontos különbség az előzőhöz képest. A fénysugarak valójában nem onnan érkeznek, ahonnan mi látjuk őket érkezni, ezért azt mondjuk, hogy a síktükör látszólagos képet hoz létre. A látszólagos képet ott látjuk, ahol a fénysugarak meghosszabbításai metszik egymást. Valójában semmilyen fizikai változás nincs abban a térbeli pontban, ahol a képet látjuk.

A következő leckében látni fogjuk, hogy olyan eset is lehetséges, amikor a tárgyról kiinduló fénysugarak a tükörről visszaverődve összetartók lesznek. Ilyenkor ezek a fénysugarak újra találkoznak egy pontban. Ettől a ponttól kezdve újra széttartók lesznek, az innen elinduló fénysugarakat látni fogjuk. Ez egy valódi képpont lesz, mert ebben a pontban történt fizikai változás, hiszen fénysugarak érkeztek ide.

A síktükörben a tárggyal megegyező nagyságú és azonos állású képet látunk. A gömbtükröknél – a következő leckében megismerendő elrendezésekben – előfordul nagyított és kicsinyített kép, valamint olyan is, hogy a kép a tárgyhoz képest fordított állású.

Érdekességek



A Hubble Űrtávcső főtükre egy homorú tükör. Csiszolásának pontossága a hajszál vastagságának $\frac{1}{50}$-ed része. Ilyen pontosságot csak speciális körülmények közt lehet elérni. A tükör egy speciális üvegből készült, amelynek fényvisszaverő rétege alumínium. Átmérője 2,4 méter, fókusztávolsága 57,6 méter. A távcsövet 1990-ben állították Föld körüli pályára és a mai napig működik.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A gömbtükröknek van egy nevezetes pontjuk, a fókuszpont, amely a gömbtükör sugarának felénél található. Ennek jelentős szerepe van a nevezetes sugármenetek meghatározásában. Megtanultuk, hogy az optikai kép lehet valódi vagy látszólagos, nagyított vagy kicsinyített, azonos vagy fordított állású.

gömbtükör fókuszpontja **gömbtükör fókusztávolsága**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Vidámparkokban találkozhatunk olyan tükrökkel, amelyekbe belenézve egészen furcsa alakokban látjuk magunkat viszont. Az eddigiek alapján szerinted hogyan néznél ki egy függőlegesen hullámzó alakú tükörben? És egy vízszintesben?

2. Mit látsz, ha közelről megnézed valakinek a szemét? Hogyan tudnád az eddig tanultak alapján magyarázni a látottakat?

3. A fókuszpontot gyújtópontnak is szokták nevezni. Mit gondolsz, mi az oka ennek az elnevezésnek?

4. A gépkocsik oldalsó visszapillantó tükrei domborúak. Mi ennek az előnye? És milyen veszély jelent a vezetőre nézve, illetve mire kell tudatosan figyelnie?





4. Gömbtükrök képalkotása

Melyből kiderül, hogy milyen képek keletkezhetnek a domború, és milyenek a homorú gömbtükörről való visszaverődés után.

Az előző leckében tanultuk, hogy a homorú és a domború tükörről való fényvisszaverődésnél vannak nevezetes sugármenetek.

Ezeket a sugármeneteket tudjuk felhasználni ahhoz, hogy megvizsgáljuk, értelmezzük a gömbtükrök képalkotását.

Kísérlet

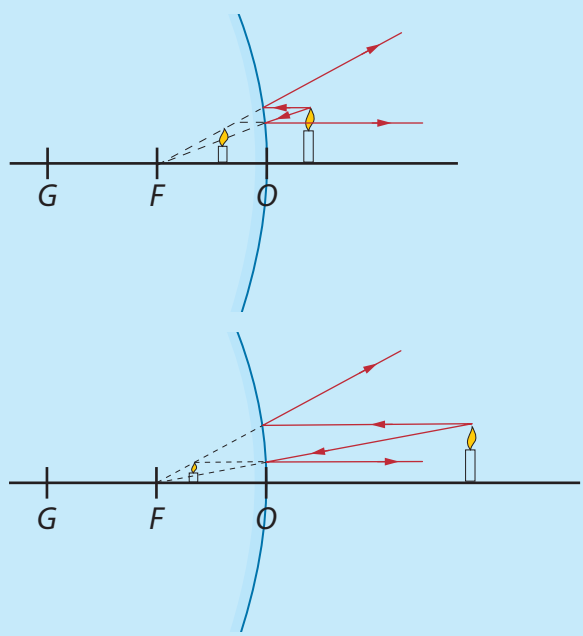
Domború gömbtükör képalkotása

Egy domború gömbtükör elé egy fényes tárgyat, egy meggyújtott gyertyát állítunk. Azt tapasztaljuk, hogy képet – hasonlóan a síktükörhöz – a tükörbe nézve, mögötte látunk, és a gyertyaláng képének állása azonos a gyertyalánggal. Azt is megfigyelhetjük, hogy a láng képe kisebb, mint maga a láng. Ha a gyertyát közelítjük a domború gömbtükörhöz, akkor a képe egyre nagyobb lesz, de gyakorlatilag mindig kisebb marad annál. Ha távolítjuk a gyertyát a tükörtől, akkor a képe egyre kisebb és kisebb lesz.



Most nézzük meg azt, hogy a nevezetes sugármenetek segítségével hogyan tudjuk megmagyarázni a létrejövő képet. Megrajzoljuk a domború gömbtükröt, az optikai tengelyt és az előző leckében megismert nevezetes pontokat *(G, F, O)*. A gyertyát rárajzoljuk az optikai tengelyre. A gyertya lángja sok-sok pontból áll, ezek közül kiválasztunk egyet, a legfelsőt, és az onnan kiinduló nevezetes sugármenetekből kettőt megszerkesztünk. A gyertyaláng legfelső pontjából az optikai tengellyel párhuzamosan kiinduló fénysugár úgy verődik vissza a gömbtükörről, mintha a fókuszpontból indult volna. Az a fénysugár pedig, amelyik a fókuszpont felé halad, az optikai tengellyel párhuzamosan fog visszaverődni a tükörről. A tükör mögött meghosszabbítva a visszavert fénysugarakat, azok egy pontban metszik egymást. Ez a pont lesz a gyertyaláng legfelső pontjának optikai képe. Mivel nem fénysugarak metszik egymást, csak azok meghosszabbításai, ezért a kép látszólagos. A láng többi pontjának képét hasonlóan szerkeszthetnénk meg, és így megkaphatjuk a teljes láng optikai képét. A szerkesztés ugyanazt az eredményt adta, mint amit a kísérletben tapasztaltunk. A kép kicsinyített, a tárggyal azonos állású, látszólagos.

Szerkesszük meg egy távolabbi gyertya képét is! A kísérletben tapasztaltaknak megfelelően ennek a képe kisebb lesz. Figyeljük meg azt is, hogy a megszerkesztett kép mindig a domború gömbtükör és a fókuszpontja közt keletkezik.



Kísérlet

Homorú gömbtükör képalkotása

Vizsgáljuk meg egy homorú gömbtükör képalkotását! Tárgynak most is használjunk egy meggyújtott gyertyát, amit tegyünk viszonylag közel a tükörhöz! Azt tapasztaljuk, hogy képet – hasonlóan a síktükörhöz és a domború gömbtükörhöz – a tükör mögött látjuk, és a gyertyaláng képének állása ebben az esetben is azonos a gyertyaláng állásával. Most viszont azt figyelhetjük meg, hogy a láng képe nagyobb, mint maga a láng.

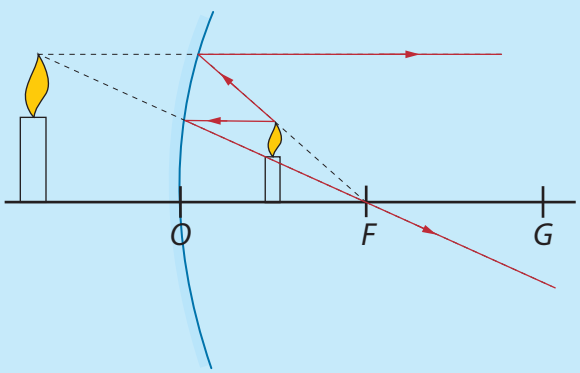
Ha a gyertyát közelítjük a homorú gömbtükörhöz, akkor a képe egyre kisebb lesz, de gyakorlatilag mindig nagyobb marad annál. Ha távolítjuk a gyertyát a tükörtől, akkor a képe egyre nagyobb és nagyobb lesz, de csak egy bizonyos pontig. Azt figyelhetjük meg ugyanis, hogy távolításkor egyszer csak eltűnik a tükörből a láng képe. Tovább távolítva a gyertyát, egyszer csak újra megjelenik a láng képe, de több fontos különbséggel. Egyrészt a kép most kicsinyített, másrészt fordított állású. A harmadik pedig, hogy az furcsa érzésünk van, hogy a kép nem a tükör mögött keletkezik, hanem valahol a tükör előtt.

Ahhoz, hogy megértsük, mi történik ilyenkor, használjunk egy áttetsző papírt fényfelfogó ernyőnek. Amikor a láng képét egyáltalán nem láttuk, akkor a tükörtől elég távol keresgélve az ernyővel megtalálhatjuk a láng képét! Ezt a képet nem a tükörbe nézve látjuk, hanem egy ernyő segítségével, az ernyőn felfogva. Vagyis ez a kép fénysugarak metszéspontjában alakul ki, tehát ez egy valódi kép lesz. Figyeljük meg azt is, hogy ez a kép nagyított és fordított állású.

Használjuk az ernyőt arra az esetre is, amikor a láng képe kicsinyítve és fordítottan újra megjelent. Itt is az ernyőn megjelenik a gyertyaláng képe, tehát ez is egy valódi kép.

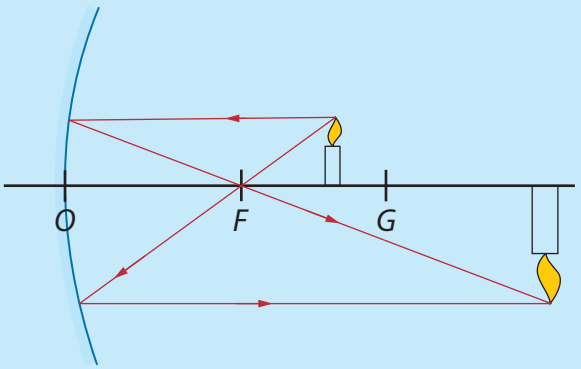


Nézzük meg, hogyan tudjuk értelmezni, magyarázni a látottakat! Most is a nevezetes sugármenetek segítségével fogjuk a képeket megszerkeszteni. Rajzoljuk meg a homorú gömbtükröt, az optikai tengelyt és az előző leckében megismert nevezetes pontokat *(G, F, O)*. A gyertyát rárajzoljuk az optikai tengelyre, először viszonylag közel tükörhöz, a fókuszponton belülre. Most is a gyertya lángjának legfelső pontját választjuk ki, és az onnan kiinduló nevezetes sugármenetekből kettőt megszerkesztünk. Ebből a pontból az optikai tengellyel párhuzamosan kiinduló fénysugár úgy verődik vissza a gömbtükörről, hogy a visszavert fénysugár áthalad a fókuszponton. Az a fénysugár pedig, amelyik a fókuszpont felől érkezik a tükörre, az optikai tengellyel párhuzamosan fog visszaverődni. A tükör mögött meghosszabbítva a visszavert fénysugarakat, azok egy pontban metszik egymást. Ez a pont lesz a gyertyaláng legfelső pontjának optikai képe. Ez a kép látszólagos, mivel nem fénysugarak metszik egymást, csak azok meghosszabbításai. A láng többi pontjának képét hasonlóan szerkeszthetnénk meg, és így megkaphatjuk a teljes láng optikai képét. A szerkesztéssel ugyanazt az eredményt kaptuk, mint amit a kísérletben megfigyeltünk.

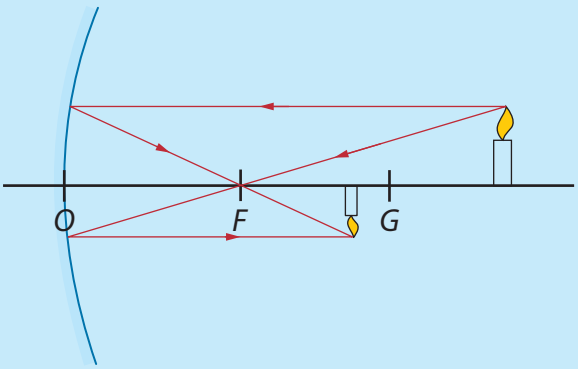


A következő eset az, amikor a gyertyaláng eltűnik a tükörből, de a képe felfogható egy ernyőn, viszonylag távol a tükörtől. A gyertyát rajzoljuk most a fókuszpont *(F)* és a geometriai középpont közé *(G)*, és szerkesszük meg most is ugyanazt a két nevezetes sugármenetet, a fókuszponton áthaladó fénysugárét és az optikai tengellyel párhuzamosan haladó fénysugárét. A szerkesztés eredményeképp azt kapjuk, hogy a két fénysugár a visszaverődés

után újra találkozik. Itt keletkezik a gyertyaláng legfelső pontjának optikai képe, amely valódi kép lesz. Látszik, hogy a kísérleti megfigyeléssel összhangban a szerkesztett kép fordított állású és nagyított. Azt is megfigyelhetjük, hogy a kép a geometriai középponton kívül keletkezik.



A harmadik esetet úgy kaphatjuk meg szerkesztéssel, ha a gyertyát a geometriai középponton kívülre helyezzük. A korábban is használt két nevezetes sugármenetet megszerkesztve, az előző esethez hasonlóan, a visszavert fénysugarak újra találkoznak, és így létrehozzák a gyertyaláng felső pontjának valódi, kicsinyített és fordított állású képét. Ez szintén megegyezik a kísérleti tapasztalattal. Figyeljük meg azt is, hogy a kép a fókuszpont és a geometriai középpont közt keletkezik!



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A nevezetes sugármenetekkel megszerkeszthetők az optikai képek. A domború gömbtükör mindig látszólagos, kicsinyített, a tárggyal azonos állású képet hoz létre. A homorú gömbtükör a tárgy helyétől függően alkot képet. Ha a tárgy a fókuszponton belül van, akkor látszólagos, nagyított és azonos állású képet kapunk. Ha a fókuszpont és a geometriai középpont közt van, akkor a kép valódi, nagyított és fordított állású lesz. Ha a geometriai középponton kívül van, akkor pedig valódi, kicsinyített és fordított állású lesz a kép. A szerkesztéseink minden esetben összhangban voltak a megfigyelésekkel.

Megoldandó problémák, feladatok

1. Mi történik akkor, ha egy homorú gömbtükör fókuszpontjába teszünk egy tárgyat? Szerkeszd meg az optikai tengellyel párhuzamosan haladó és a geometriai középpont felől érkező fénysugár menetét a füzetedbe! Milyen lesz a két visszavert fénysugár egymáshoz képest? Hol fogják metszeni egymást? Nézz utána, hogy hol használják ezt az elrendezést, és miért!

2. A homorú tükör geometriai középpontjától egyre távolabb helyezünk egy tárgyat, például a gyertyalángot. Hogyan változik a láng képének helye? A Nap, a Hold, a bolygók, a csillagok nagyon-nagyon messze vannak. Hol keletkezik ezekről kép homorú tükör esetén?

3. Gondold végig, hogy a kereszteződésekbe miért inkább domború gömbtükröket helyeznek, és nem síktükröket!

4. Nézz meg egy LED-fényforrásról készült, felnagyított képet! A lecke alapján próbáld meg megmagyarázni, hogyan érik el azt, hogy a LED fénye a legjobban hasznosuljon!

5. Fénytörés

Melyből kiderül, hogy a fény különböző anyagok határfelületén nemcsak visszaverődhet, hanem meg is törhet. Megtudjuk azt is, hogy ez milyen szabályok szerint történik.

Az árnyékoló testek részben visszaverik, részben elnyelik a rájuk eső fényt. Vannak azonban olyan anyagok, amelyekben a fény nem nyelődik el – vagy legalábbis csak igen kis mértékben –, hanem továbbhalad a belsejükben. A továbbhaladás viszont irányváltozással is járhat. Ha például a fürdőkádban fürdés közben a lábfejünk a víz alatt van, akkor úgy tűnik, mintha rövidebb lenne. Állatkertben, akváriumokban tapasztalhatjuk, hogy máshol látjuk a vízben a halakat, ha oldalról, és máshol, ha felülről nézzük őket, sőt bizonyos szögből szemlélve ugyanazt a halat két különböző helyen látjuk. Ha egy sima felületű, üvegből készült vizespohárba elkezdünk vizet engedni, a látvány folyamatosan változik. Ha egy üvegből vagy műanyagból készült szemüveglencsét magunk előtt tartunk, a lencse alakjától függően máshogy látjuk a lencsén keresztül a tárgyakat, mint anélkül.

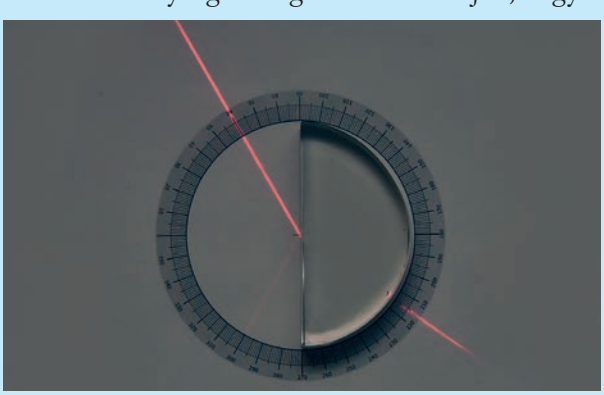
Amikor a fény új anyagba belépve irányváltoztatással halad tovább, azt mondjuk, hogy a fénysugarak megtörnek. A jelenséget **fénytörés**nek nevezzük.

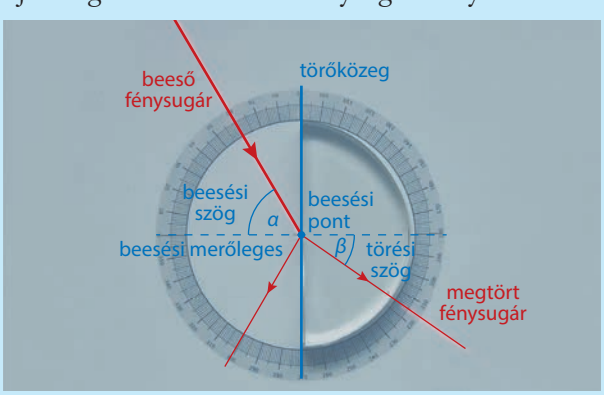


Kísérlet

A fénytörés szabályszerűségei

A visszaverődés tanulmányozásánál megismert módszerhez hasonlóan egy fokbeosztással ellátott korongra egy műanyagból (plexi) készült, sík felületű tárgyat helyezünk. A síkfelületre egyetlen fénysugarat bocsátva figyeljük meg, milyen irányba halad a fénysugár. Rögtön észrevehetjük, hogy a fény egy része a visszaverődés szabályainak megfelelően visszaverődik. Egy része azonban behatol az új anyagba, az új optikai közegbe, és ott más irányba halad tovább, azaz megtörik, ha a fénysugár és a felület nem merőleges egymásra. A korong forgatásával a fénytörő felület is elfordul, ezzel egyidejűleg az új közegben is más lesz a fénysugár iránya.



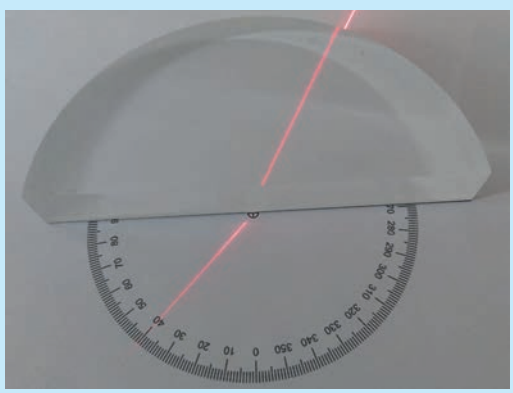


Vizsgáljuk meg alaposabban a jelenséget! Ebben az elrendezésben is – a visszaverődéshez hasonlóan – beesési pontnak nevezzük azt a pontot, ahol a fénysugár a felületre érkezik, és ezt a fénysugarat beeső fénysugárnak nevezzük. Az új közegben haladó fénysugár a megtört fénysugár. A beesési pontba állított merőleges itt is a beesési merőleges. A beesési merőleges és a beeső fénysugár által bezárt szög a beesési szög, és α-val jelöljük. A beesési merőleges és a megtört fénysugár szöge pedig a törési szög, amit β-val (béta) jelölünk.

A korong szögbeosztásáról le tudjuk olvasni a beesési szöget és a törési szöget.

A táblázatban néhány mérés eredményét láthatod:

α	20°	35°	45°	65°	80°
β	12°	21°	27°	36°	39°



A korongot forgatva ebben az esetben is megmérjük a különböző beesési szögekhez tartozó törési szögeket:

α	10°	20°	30°	40°	50°
β	15°	32°	50°	86°	!

A kísérlet alapján most is két szabályt állapíthatunk meg. Az egyik, hogy az előző esettel ellentétben a törési szög mindig nagyobb, mint a beesési szög. Ha a beesési szög 0°, a fénysugár itt is irányváltozás nélkül halad tovább. A másik szabály nem változik, így ebből a kísérletből megfogalmazható két szabály ez lesz:

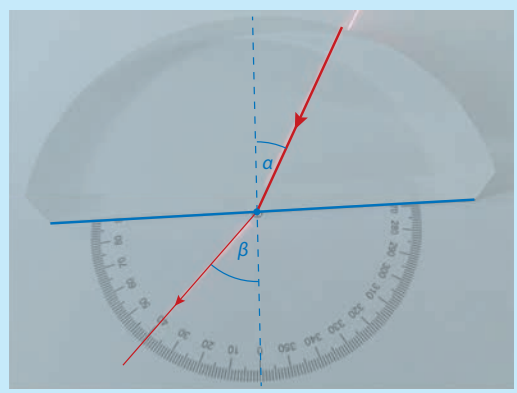
- A megtört fénysugár mindig a beeső fénysugár és a beesési merőleges által meghatározott síkban halad tovább az új közegben.
- A törési szög nagyobb, mint a beesési szög.

A kísérlet alapján két szabályt állapíthatunk meg. Az egyik, hogy a törési szög mindig kisebb, mint a beesési szög. Ennél pontosabb szabály megfogalmazásához bonyolultabb matematikai ismeretekre lenne szükség. Ha a beesési szög 0°, a fénysugár irányváltozás nélkül halad tovább.

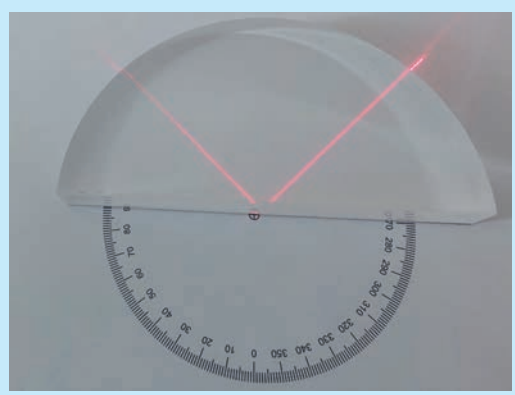
A másik szabályhoz figyeljük meg még azt is a kísérletben, hogy a megtört fénysugár a korong síkjában marad. Ebből a kísérletből a fénytörésre ezt a két szabályt fogalmazhatjuk meg:

- A megtört fénysugár mindig a beeső fénysugár és a beesési merőleges által meghatározott síkban halad tovább az új közegben.
- A törési szög kisebb, mint a beesési szög.

A kísérleti elrendezésben a fénysugár levegőből érkezett, és a plexiben haladt tovább. A megfogalmazott szabályaink erre az esetre érvényesek. Vizsgáljuk meg azt is, mi történik, ha most a plexiből érkező fénysugár törik meg a levegő-plexi határfelületen.



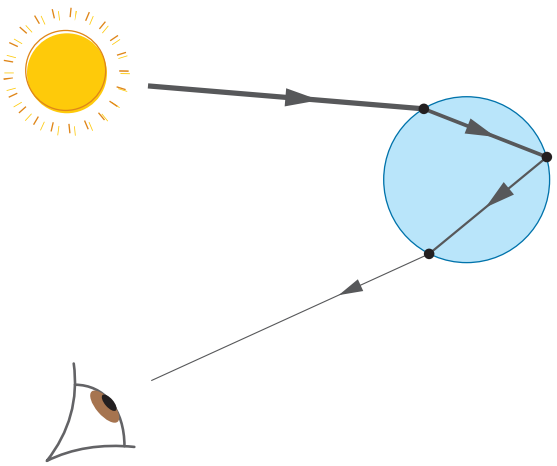
A kísérletnek van egy további érdekessége: 40°-os beesési szögnél a törési szög már 86°, és ha tovább növeljük a beesési szöget, akkor körülbelül 41°-nál nagyobb szögek esetén a fénysugár már nem tud behatolni az új közegbe, a felületről teljes egészében visszaverődik. Ezt a jelenséget teljes visszaverődésnek nevezzük. A táblázatban emiatt szerepelt 50°-os beesési szögnél felkiáltójel.



A fénytörés, a visszaverődés és a szivárvány

A szivárvány az egyik legszebb példája a természetben létrejövő fénytörési és -visszaverődési jelenségeknek. A szivárvány egy fényforrás, hiszen látjuk, és azt is tudjuk, hogy másodlagos fényforrás, mert a nap fényét töri meg és veri vissza. Nézzük meg, hogy pontosan mi is az, ami visszaveri a fényt, és hogyan történik a fénytörés.

A tapasztalatok szerint szivárványt akkor látunk az égen, amikor egy kiadós zápor elvonul onnan, ahol mi vagyunk, és kisüt a nap. A napfény ilyenkor megvilágítja az elvonuló zápor esőcseppjeit, illetve a levegőben lévő páracseppecskéket. A vízcseppek gömb formájúak. A napból érkező fénysugarak a levegő-víz határfelületen megtörnek, és továbbhaladnak a vízcseppben. Amikor elérik a vízcsepp túloldalát, a fény nagyobb része újra megtörik, és kilép a vízcseppből, egy része viszont – ahogy a fénytörés legelső kísérleténél is láttuk – visszaverődik. Ezután újra eléri a vízcsepp-levegő határt. Az itt megtörő és kilépő fénysugarak már eljuthatnak a szemünkbe. Az ábrán a fénysugarak vastagsága jelzi, hogy a fény erőssége egyre gyengébb. A szivárvány színeinek magyarázatát a következő fejezetben fogod tanulni.



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

fénytörés

A fénytörés jelenségének törvényszerűségei függnek attól, hogy milyen anyagból milyen anyagba lép a fény. Levegőből más anyagokba való belépéskor a törési szög kisebb, mint a beesési szög. Ha valamilyen anyagból a levegőbe lép a fénysugár, akkor a törési szög mindig nagyobb lesz a beesési szögnél. Megtudtuk azt is, hogy a szivárvány esetében a napfény a levegőben lévő vízcseppeken megtörik, visszaverődik, majd újból megtörik, így jut el a szemünkbe a fény.

Megoldandó problémák, feladatok

1. Próbáld meg lerajzolni a leckében szereplő példát, amikor a víz alatt lévő lábfej rövidebbnek tűnik! A rajzon legyen rajta a megfigyelő szem is. Honnan érkeznek a fénysugarak, és honnan látod érkezni őket?

2. Tegyél egy sima felületű, átlátszó üvegpohárba vizet és egy kiskanalat. Emeld fel magasra a poharat, és figyeld meg a víz tetejét alulról! Mit látsz? Milyen jelenség van a látottak mögött? A lecke alapján próbáld meg megmagyarázni!

3. Egy pohár vízbe tegyél bele egy ceruzát vagy szívószálat! Nézd meg felülről is és oldalról is! Fotózd le a látványt! Próbáld meg a megtört fénysugarak segítségével megmagyarázni, hogy miért látjuk máshol a ceruza vagy szívószál egyes részeit!

4. A szivárványt mindig körívnek látjuk. Láthatnánk-e a teljes szivárványkört? Mit gondolsz, a Hold is képes szivárványt előidézni? Te hogyan tudnál a kertben létrehozni szivárványt? Ha van lehetőséged, készíts róla fotót!

6. Optikai lencsék

Melyből kiderül, hogy milyen optikai lencsék vannak, és ezek milyen optikai képet tudnak létrehozni. Az is kiderül, hogy mit jelent a dioptria.

Az előző leckében láttuk, hogy a fény irányváltozása új közegbe való belépéskor függ attól, hogy milyen beesési szöggel érkezik a határfelületre a fény. Ha ez a határfelület nem sík, hanem görbült, akkor a görbült felületű tükrökhöz hasonlóan további jelenségeket figyelhetünk meg. Nagyon sok ember hord szemüveget vagy kontaktlencsét, amelyben a görbült felületű optikai lencsék kiigazítják a szem fénytörési hibáit.

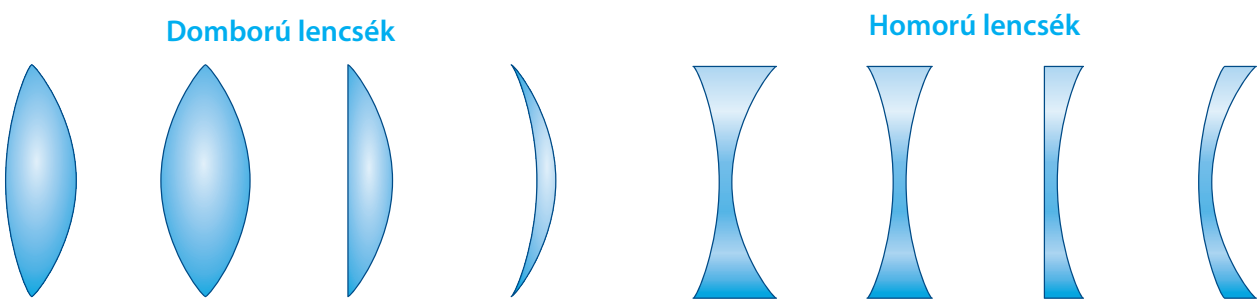
A madármegfigyeléshez használt távcsővel közelebbről láthatjuk a madarakat. Az égboltmegfigyelő távcsövekben a Hold képét nagyobbnak látjuk, mint szabad szemmel. A távcsövek bizonyos típusaiban szintén optikai lencsék találhatók.





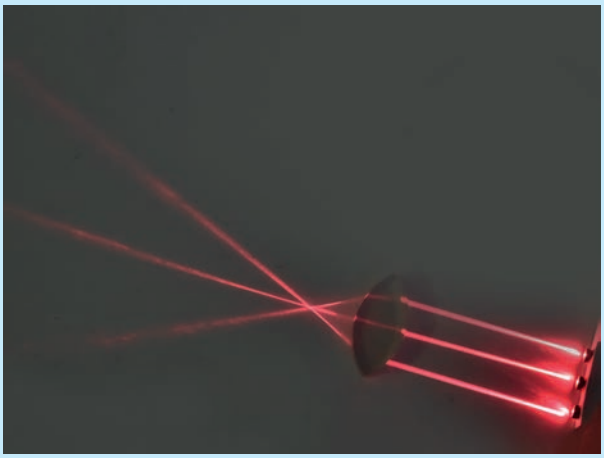
Domború és homorú lencsék

Az optikai lencsék üvegből vagy átlátszó műanyagból készülnek. Egy optikai lencsének legalább egy görbült felülete van, emiatt a lencse a közepétől a széléig vagy folyamatosan vastagszik, vagy folyamatosan vékonyodik. Domború lencsének nevezzük azokat, amelyek a közepüktől a szélükig egyre vékonyabbak, és homorú lencsének azokat, amelyek a széleik felé vastagodnak.

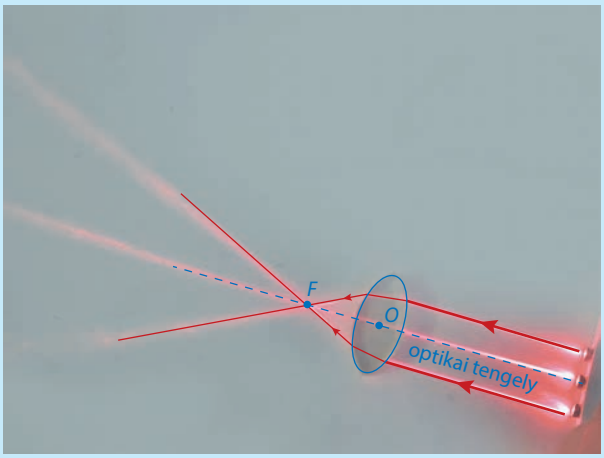


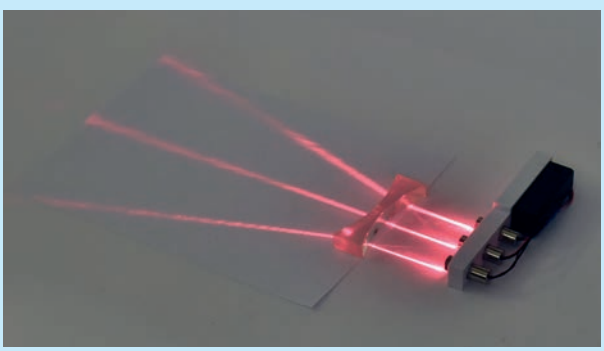
Kísérlet

Egy sík felületre először egy domború, utána pedig egy homorú lencsét helyezünk. Mindkét esetben néhány párhuzamos fénysugár segítségével megnézzük, hogyan térítik el a lencsék a fénysugarakat.



A párhuzamos fénysugarak a domború lencsén való törés után összetartók lesznek, emiatt **gyűjtőlencsé**nek is nevezzük. A domború lencse az optikai tengellyel párhuzamosan érkező fénysugarakat egy pontba gyűjti össze. Ezt nevezzük a domború lencse **fókuszpont**jának.



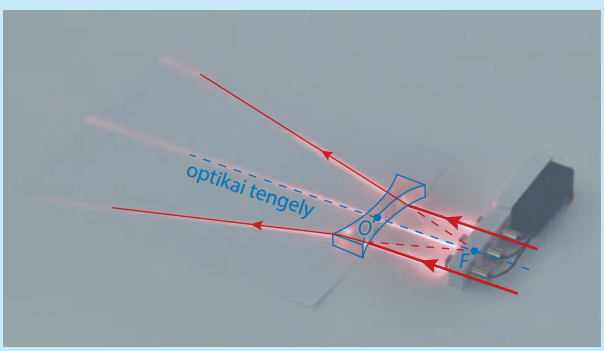


A párhuzamos fénysugarak a homorú lencsén való törés után széttartók lesznek, ezen tulajdonsága miatt **szórólencsé**nek is nevezzük. Az optikai tengellyel párhuzamosan érkező fénysugarak úgy haladnak tovább, mintha a lencse előtti egy pontból indultak volna. Ez a pont a homorú lencse **fókuszpont**ja.

A fókuszpontot mindkét lencsetípus esetén *F*-fel jelöljük. A fókuszpont és az optikai középpont távolsága a lencse **fókusztávolság**a, ezt a tükrökhöz hasonlóan *f*-fel jelöljük. A lencsék jellemzésére igen gyakran használjuk a dioptriát. A dioptria egy fizikai mennyiség, a lencse méterben mért fókusztávolságának reciproka, azaz

$$D = \frac{1}{f(m)}$$

Azért, hogy egy ugyanolyan fókusztávolságú gyűjtő- és szórólencsét megkülönböztessünk, a domború lencse fókusztávolságát pozitívnak, a homorú lencse fókusztávolságát negatívnak vesszük. Ennek megfelelően a dioptria is lehet pozitív vagy negatív.



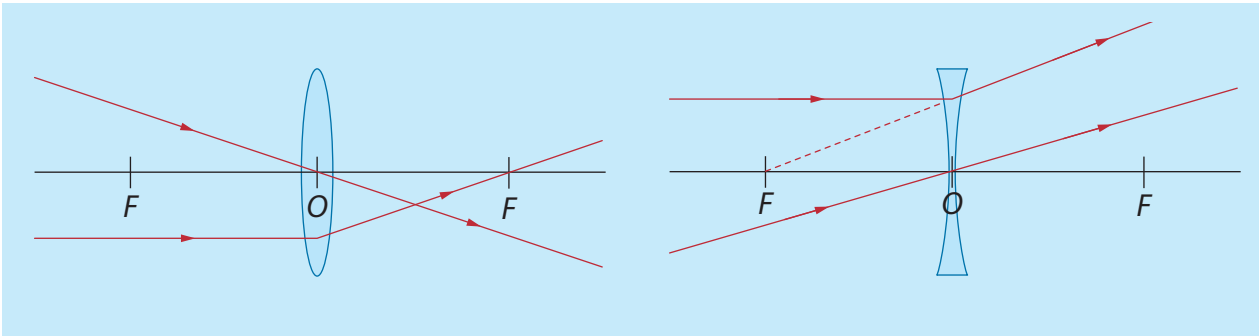
A lencsék esetében is léteznek nevezetes sugármenetek. A fókuszpont segítségével megszerkeszthető sugármenetek közül az egyik az előző kísérletből kikövetkeztethető:

- Az optikai tengellyel párhuzamosan érkező fénysugár a lencsén való áthaladás után a fókuszponton keresztül halad tovább (domború lencse esete), illetve úgy halad tovább, mintha a fókuszpontból indult volna (homorú lencse esete).

A másik nevezetes sugármenet az alábbi gondolatmenetből következik. Az optikai középpont felé haladó fénysugár a lencsébe való belépéskor és az onnan való kilépéskor a lencse szimmetriája miatt épp ellentétes irányban és ugyanolyan mértékben törik meg. Ez mindkét lencsetípusra igaz.

Ebből következően:

- Az optikai középpont felé haladó fénysugár irányváltoztatás nélkül halad tovább a lencsén.



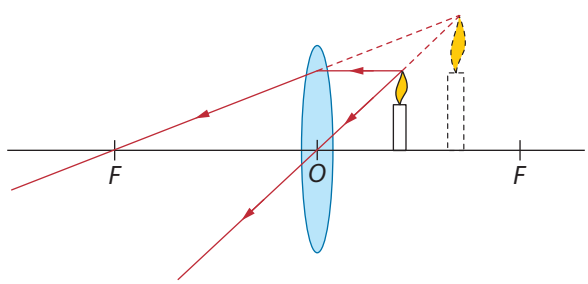
Egyszerű nagyító

A domború vagy gyűjtőlencse képalkotásának egyik alkalmazása a nagyító. A tárgyat viszonylag közel helyezzük a lencséhez. A lencse másik oldaláról szemlélve a tárgy nagyított, azonos állású képét figyelhetjük meg.



A nevezetes sugármenetek segítségével magyarázzuk meg ennek a képnek a keletkezését!

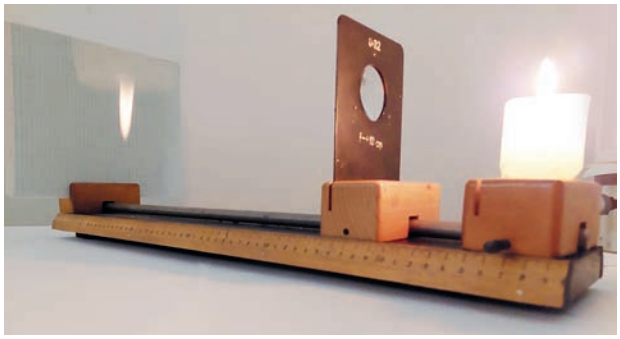
A bélyeg helyett képzeljünk a lencse elé egy gyertyát! A gyertyaláng legfelső pontjáról kiinduló, az optikai tengellyel párhuzamos fénysugár a lencsén való fénytörés után a lencse fókuszpontján keresztül halad tovább. Ugyanebből a pontból az optikai középpont felé haladó fénysugár irányváltoztatás nélkül halad át a lencsén. A két fénysugár a lencsén való áthaladás után széttartó lesz. A szemlélő a lencse túloldaláról úgy fogja látni, mintha a fénysugarak a meghosszabbításaik metszéspontjából indultak volna ki. A rajz alapján látjuk, hogy a kép nagyított és azonos állású a tárggyal, ahogy a kísérletben is megfigyelhettük. A keletkezett kép látszólagos, mert ahol a képet látjuk, ott valójában nincs fizikai változás.



Vetítőlencse

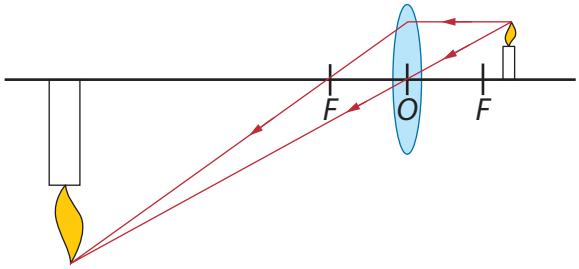
Ha a gyertyalángot egyre messzebb visszük a nagyítótól, akkor egy bizonyos pont után már nem fogjuk a gyertyaláng képét látni, ha belenézünk. Kísérletezéssel és elméleti úton is lehet igazolni, hogy ez a pont ugyanolyan távolságra van a lencsétől, mint a fókuszpont. (Valójában a lencséknek mindkét oldalon van fókuszpontjuk, hiszen a fénysugár mindkét irányból érkezhet a lencsére. A lencse két oldalán lévő fókuszpontok azonos távolságra vannak a lencsétől.) A tükrök képalkotásának megfigyeléséhez használt ernyő segítségével azonban ebben az esetben is megtalálhatjuk a keletkező képet. Ez a kép viszonylag

messze van a lencsétől, nagyított és fordított állású. Azt is megfigyelhetjük, hogy a kép fényszegényebb, mint maga a gyertya.



Most is a két nevezetes sugármenet használjuk, hogy megmagyarázzuk a keletkező képet.

A láng legfelső pontjáról kiinduló nevezetes fénysugarak a fénytörés után összetartók lesznek, egy pontban találkoznak, így a láng csúcsának valódi képe jön létre ebben a pontban. A gyertyaláng és a gyertya többi pontját is megszerkeszthetjük ehhez hasonlóan. A szerkesztésen is nagyított és fordított



állású képet kaptunk eredményül, csakúgy, mint a kísérletben.

A régi diavetítőkben, a modern projektorokban, a mozik filmvetítő gépeiben a kép vetítése éppen az előzőek alapján működik. A gyertya helyén a vetítőgépben a kivetíteni kívánt kép van. A vetítőlencse a képet a megfelelő távolságba helyezett ernyőre, vetítővászonra, mozivászonra vetíti ki. A vetítendő tárgy viszont nem elég fényes ahhoz, hogy a vásznon elegendően fényes képe keletkezzen. Emiatt a tárgyat egy erős fényű lámpával világítják meg, és ezt vetítik ki. A régi diavetítőkben a tárgy egy diapozitív volt, a mai projektorokban egy kisebb méretű kijelző képét vetítjük ki.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

Megkülönböztetünk domború (gyűjtő) és homorú (szóró) lencséket. Nevezetes sugármenetek segítségével megszerkeszthetők a keletkező optikai képek. A gyűjtőlencsét nagyítóként használhatjuk, ha a tárgyat a fókuszpont és a lencse közé helyezzük. Vetítőlencseként is használhatjuk (például projektorokban), ha a tárgy a fókuszponton túl van, de nem túl messze a lencsétől.

lencsék fókuszpontja **lencsék fókusztávolsága**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Vesd össze képalkotás szempontjából a gömbtükröket és az optikai lencséket! Milyen hasonlóságokat fedezel fel?

2. A vetítőgépekben, projektorokban a lámpa fényenergiáját elektromos energiából nyerjük. A fényforrás minden irányban kibocsát fényt. Célszerű, ha ennek a fénynek minél nagyobb részét fel tudjuk használni a vetítendő kép megvilágítására. Hogyan oldják meg ezt a gyakorlatban? Milyen optikai elemekkel és elrendezéssel?

3. Szerkeszd meg a gyertya tetejéből kiinduló nevezetes sugármeneteket, ha a gyertya a gyűjtőlencse fókuszpontjában van! Milyen lesz a két megtört fénysugár? Mit gondolsz, milyen kép keletkezhet ilyenkor? A gömbtükrök esetei közül mire hasonlít ez az elrendezés?

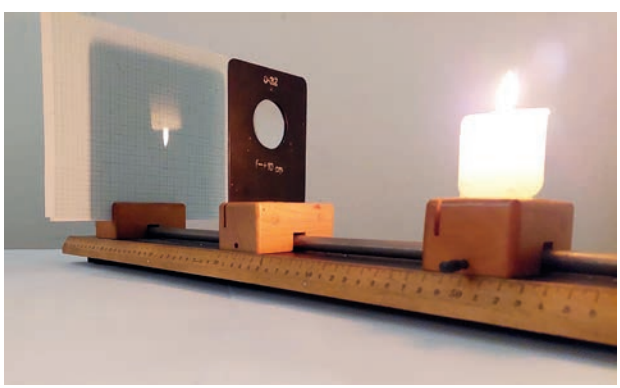
4. A bejárati ajtókon időnként apró kukucskálólyukat hagynak szemmagasságban. Mit szoktak ebbe a lyukba tenni? Szerinted miért? Próbáld meg a lecke alapján megmagyarázni!

7. Az emberi szem fizikai működése

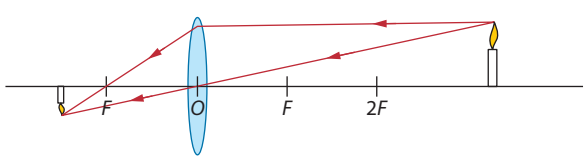
Melyből kiderül, hogy a külvilág képe hogyan férhet bele az aprócska szemünkbe, hogyan működik a látás fizikai szempontból, és mik a leggyakoribb szemhibák.

A szem mint optikai lencse

Az előző leckében láttuk, hogy milyen kép jön létre, ha a domború lencse fókuszpontján belülre vagy azon kívülre helyezünk egy tárgyat. A tapasztalat azt mutatja, hogy ha ezt a tárgyat egyre távolabb visszük a lencsétől, akkor a keletkező kép egyre kevésbé lesz nagyított. Kísérlettel megállapítható, hogy ha a tárgy éppen a fókusztávolság kétszeresénél helyezkedik el, akkor a lencse túloldalán szintén a fókusztávolság kétszeresénél keletkezik a tárggyal azonos nagyságú, fordított állású kép. Ha még ennél is távolabbra visszük a tárgyat, akkor a kép mérete csökkenni kezd, tehát már kicsinyített lesz, és egyre közelebb kerül a lencse fókuszpontjához.



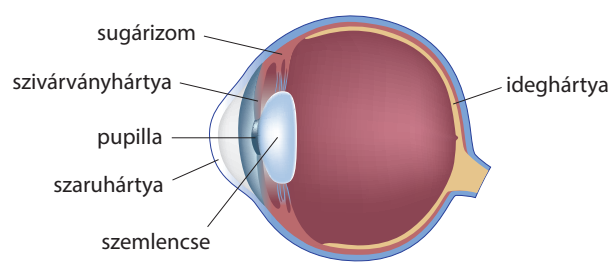
A nevezetes sugármeneteket használva most is meg tudjuk magyarázni a keletkezett kép létrejöttét.



A láng legfelső pontjáról kiinduló nevezetes fénysugarak a fénytörés után most is összetartók lesznek, egy pontban találkoznak, így a láng csúcsának valódi képe jön létre. A szerkesztés alapján is megállapíthatjuk, hogy a keletkező kép kicsinyített és fordított állású lesz, hasonlóan a kísérlethez.

A látás és a szem működésének teljes folyamata bonyolult. A legalapvetőbb folyamatát azonban az előző kísérlet és szerkesztés alapján már tudjuk magyarázni. A szemet a legegyszerűbb esetben tekinthetjük egy domború lencsének, amelynek viszonylag kicsi a fókusztávolsága. A tárgyak, amiket szemlélünk, ehhez a fókusztávolsághoz képest messze vannak, így az előző szerkesztésnek megfelelően azt mondhatjuk, hogy a szem a tárgyakról egy fordított állású, kicsinyített, valódi képet hoz létre a szemgolyó hátsó részén, az ideghártyán (idegen szóval: retina).

A kísérletből és a szerkesztésből azonban az is kitűnik, hogy ha változik a tárgy távolsága, akkor a kép is máshol fog keletkezni. A szemünk mérete azonban nem változik, így az ideghártya – az „ernyő” – helyzete sem változik. A szemünk valójában két jelentős törőközeggel rendelkezik. Ebből az egyik a szemlencse, amelynek a görbületét, és ennek következtében a fókuszpontját változtatni tudjuk a szemlencséhez közvetetten kapcsolódó apró izomzattal, a sugárizommal. A fókuszpontot mindig az éppen szemlélt tárgy távolságához tudjuk igazítani, így a tárgy képe mindig a retinán fog keletkezni. A szemlencse akkor a leglaposabb, amikor a sugárizom ellazult állapotban van, ilyenkor a legnagyobb a fókusztávolság, és ilyenkor látjuk a távoli tárgyak képét élesen. Amikor összehúzódik, a szemlencse domborodik, a fókusztávolsága csökken, így egyre közelebbi tárgyak képe lesz éles az ideghártyán.



A szemünk másik legjelentősebb törőközege a szaruhártya, a fénysugarak a szaruhártyán szenve-

dik el a legnagyobb irányváltozást. A következő a szemlencse, amelynek szerepéről az előzőekben volt szó. Az ideghártya igen érzékeny terület, a túl nagy fényerősség károsíthatja. Másrészt, ha kevés fény van a környezetünkben, ha a tárgyak, fényforrások halványak, akkor viszont minél több fényre van szükség, hogy lássunk. A szembe, és így az ideghártyára érkező fénymennyiséget a szivárványhártya szabályozza. A szivárványhártya által körülhatárolt rész a szembogár vagy pupilla, ami a szem belépőnyílása. Sötétben a pupilla nagyobb lesz, kitágul, hogy több fény juthasson a szembe. Erősebb fénynél beszűkül, azonban teljesen nem tud bezáródni. Emiatt a túl erős fénnyel szemben a szemet a fej elfordításával, a szem eltakarásával vagy a szemhéj lezárásával lehet megvédeni.

Látáshibák

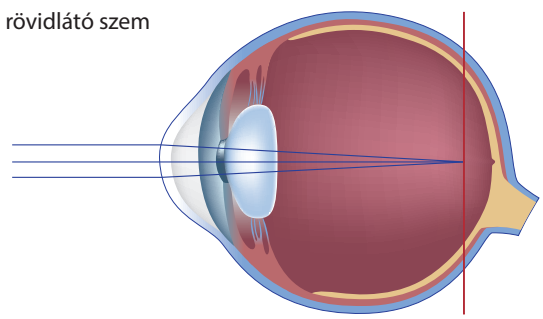
Az ember látása különböző okok miatt elromolhat. A két leggyakoribb szemprobléma a rövidlátás és a távollátás.

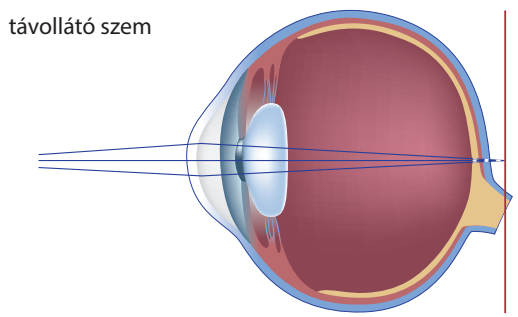
A rövidlátó ember a távoli tárgyakat nem látja élesen akkor sem, ha a sugárizom teljesen ellazult állapotban van. Ennek fizikai oka az, hogy a szem fénytörő közegeinek együttes hatására a kép nem az ideghártyán, hanem valamivel az ideghártya előtt keletkezik.

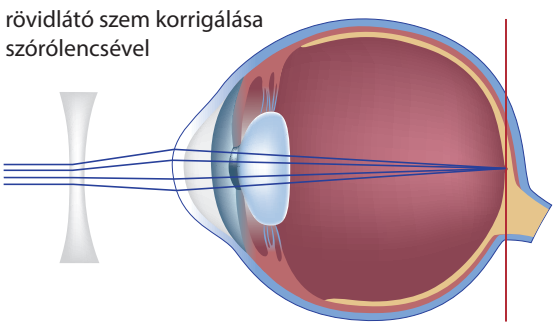
A rövidlátást homorú lencsével lehet korrigálni. A homorú lencse (szórólencse) a fénysugarakat széttartóbbakká teszi, a kép így távolabb, immár az ideghártyán fog keletkezni. A korrekciós lencsét elhelyezhetjük a szem előtt egy szemüvegkeretben, vagy egy jóval kisebb méretűt ráhelyezhetünk közvetlenül a szemre. Ez utóbbi a kontaktlencse. Mivel a legjelentősebb fénytörést a szaruhártya végzi, ezért ennek a rétegnek a módosításával is lehet a rövidlátást javítani. Ha a szaruhártyát a közepénél laposabbá teszszük, akkor a fény kevésbé törik meg rajta, így a kép ennek eredményeképp szintén a retinán keletkezik. A szaruhártya ilyen módosítását ma már lézersugarakkal valósítják meg.

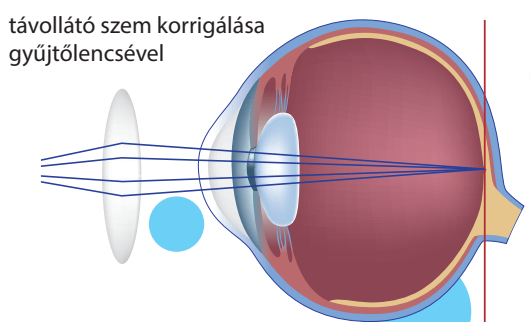
A távollátó ember szeme optikai szempontból épp az ellenkezője a rövidlátóénak. Távolra élesen lát, de a közeli tárgyakat nem tudja élesre állítani. Ennek fizikai oka, hogy a szemlencse teljes domborításával is a kép az ideghártyán túl keletkezne.

A távollátás domború lencsével korrigálható. A domború szemüveg- vagy kontaktlencse a fénysugarakat összetartóbbakká teszi, emiatt a kép közelebb, az ideghártyán fog keletkezni. A távollátás is javítható lézeres beavatkozással. Ilyenkor a szaruhártyát a szélei felé elvékonyítják, így az domborúbb lesz, a fény jobban megtörik rajta, és a kép ennek eredményeképp már a retinán fog keletkezni.









A szem egészségvédelme

Az ember szeme alapvetően a természetes napfényhez szokott hozzá. A társadalmi, kulturális, technikai fejlődés következtében a mai kor embere sokkal többet tartózkodik mesterséges megvilágítású terekben. A mesterséges fényforrások egyre inkább próbálják a természetest fényt visszaadni, de ettől függetlenül a szabadban, természetes fényben való tartózkodás egészségesebb a szem működése szempontjából. Próbáljunk minél inkább természetes fénynél tanulni, olvasni.

Ha mindenképp mesterséges fényre van szükség, akkor a tevékenységünknek megfelelően legyen kellően megvilágítva az a felület, amit nézünk, ellenkező esetben a szemünket erőltetnünk kell, ami hosszú távon szintén káros hatású.

A számítógépek, az okostelefonok kijelzője, a tévé képernyője egyrészt mesterséges fényforrás, másrészt ezeket mindig egy bizonyos távolságból, közelről nézzük. Közelre nézéskor a sugárizom megfeszül. Gondolj bele, hogy egy másfél órás számítógépezés alatt éppen másfél óráig folyamatosan feszül a sugárizom. Ennek az izomnak is szüksége van pihenésre, ezért azt javasolják, hogy 30-45 percenként 10-15 perc szünetet érdemes tartani, ha az ember képernyő előtt ül. Ezalatt javasolt sétálni és távolabbra nézni, mert ez pihenteti a szemet.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A szem egy összetett optikai rendszer, a legalapvetőbb működését egy változtatható fókusztávolságú gyűjtőlencsével magyarázhatjuk, ahol a tárgyak képe kicsinyített, fordított állású, valódi, és jól működő szemnél mindig az ideghártyán keletkezik. A szemhibák közül a rövidlátáskor a távoli tárgyak képe az ideghártya előtt, távollátáskor a közeli tárgyak képe az ideghártya mögött keletkezik, illetve keletkezne a kép. Az előbbit szórólencsével, az utóbbit gyűjtőlencsével korrigálhatjuk.

A szem egészségvédelme szempontjából ügyelni kell a megfelelő megvilágításra, és törekedni kell arra, hogy minél kevesebbet nézzünk tartósan közelre.

Megoldandó problémák, feladatok

1. A szem ideghártyáján az érzékelősejtek a csapok és a pálcikák. Nézz utána, hogy mekkora a szem felbontása, azaz hány megapixeles! Hasonlítsd össze ezt egy okostelefon vagy egy digitális fényképezőgép felbontásával!

2. A csapok és a pálcikák különböző feladatokat látnak el a szem ideghártyáján. Melyiknek mi a feladata? Veled is előfordulhatott már, hogy egy korán reggel, viszonylag sötétben felvett ruhadarabról később, már nagyobb fényben kiderült, hogy más színű, mint gondoltad. Hogyan magyaráznád ezt a csapok és pálcikák működésének segítségével?

3. Mit jelent fizikai, optikai értelemben az, hogy „mínuszos” szemüveg? És az, hogy „pluszos”? Kik viselik az egyiket, és kik a másikat? Nézz utána, mit jelent a „bifokális” lencse!

4. A szemünkben egy térbeli tárgyról az ideghártyán egy síkbeli kép keletkezik. Hogyan tudjuk mégis a tárgyak távolságát és mélységét érzékelni? Nézz utána alaposan a kérdésnek!

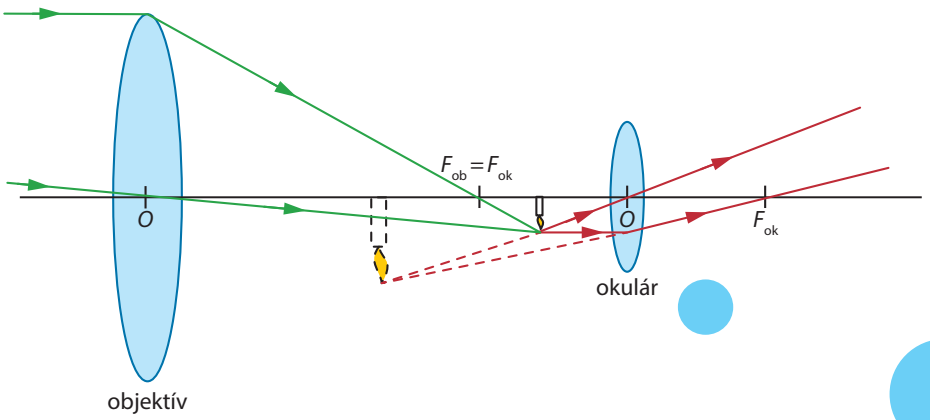
8. Optikai eszközök: távcső és mikroszkóp

Melyből kiderül, hogy mire használjuk a távcsövet és a mikroszkópot, és hogy ezek hogyan működnek.

A látás fizikai folyamatát megismerve végiggondolhatjuk, hogy minél messzebb van tőlünk egy tárgy, annál kisebb lesz az ideghártyán keletkező képe. Egy bizonyos távolság után a szem már nem képes két különálló pontot megkülönböztetni egymástól, egyként fogja érzékelni. Két, egymástól 0,3 mm-re lévő pontot 1 méter távolságból az egészséges szem még meg tud különböztetni, de körülbelül ez a határ. 10 méter távolságból már csak 3 mm távolságú pontokat tudunk különállónak látni. Ha a távoli tárgyakról olyan képet tudnánk létrehozni, amelyen nagyobbnak látszódnak, akkor a messzebb lévő tárgyak pontjait is különállónak látnánk. Ezt a képalkotást oldja meg a távcső. A távcső használata olyan, mintha közelebb mennénk a tárgyhoz, így nagyobb lesz és részletgazdagabb, mint szabad szemmel.

A távcső tehát egy olyan optikai eszköz, amelyben a távoli tárgyak képét nagyobbnak látjuk, mintha csak a szemünkkel néznénk. A lencsés távcsövek alapvetően két lencsét tartalmaznak. Az első lencsét, amelyik a megfigyelendő tárgy felé esik, tárgylencsének (idegen szóval objektívnek) nevezzük, amely minden esetben egy gyűjtőlencse. A nagyon távoli tárgyak képe a gyűjtőlencséknél tanultak alapján gyakorlatilag a lencse fókuszpontjában keletkezik. Ez egy valódi, fordított állású, kicsinyített kép lesz. Egy másik gyűjtőlencsét, a szemlencsét (idegen szóval okulárt) mint nagyítót használjuk, hogy a tárgylencse által létrehozott képet felnagyítsuk. A legnagyobb képet akkor kapjuk, ha az okulárlencse fókuszpontjának közelében keletkezik az objektívlencse által létrehozott kép. Emiatt a távcsövek elrendezésében az objektív és az okulár fókuszpontja gyakorlatilag egybeesik. Ezt a távcsőtípust Kepler-féle távcsőnek is nevezik.

A korábban tanult nevezetes sugármenetek segítségével vizsgáljuk meg a képalkotás folyamatát! Az ábra bal oldalán helyezkedne el a tárgy, azonban a távcsővel igen messzi lévő tárgyakat vizsgálunk, így csak a gyertya mint tárgy legfelső pontjáról kiinduló két sugár látszik. A bal oldali lencse a tárgylencse. A tárgy ennek a lencsének jócskán a kétszeres fókuszpontján kívül van. A gyertyaláng csúcsáról kiinduló két, az ábrán zöld színű nevezetes sugármenet közül az optikai tengellyel párhuzamosan haladó a lencse után a fókuszponton halad át, míg az optikai középpont felé haladó irányváltoztatás nélkül halad tovább. A metszéspontban létrejön a valódi, kicsinyített kép. A valóságban ez a kép sokkal közelebb van a fókuszponthoz, gyakorlatilag a fókuszpontban van. A piros színű fénysugarak az okulár képalkotását mutatják. A két nevezetes sugármenet most széttartó lesz, ez ugyanaz az eset, mint amit az egyszerű nagyítónál láttunk. A kép a fénysugarak meghosszabbításainak metszéspontjában keletkezik. Látszólagos és nagyított lesz. Láthatod, hogy a távcső végül is az eredeti tárgyhoz képest kisebb képet hoz létre, azonban ez a kép sokkal közelebb van hozzánk, ezért nagyobbnak látjuk, mint a tárgyat.



Mikroszkóp

Az előző leckében tanultad, hogy a szemben lévő szemlencse a közeli tárgyak nézésekor domborodik. Egy bizonyos távolságon belüli tárgyakat azonban a szemünk nem képes fókuszálni, nem tud akármennyire domború lenni. Tehát hiába hozunk közelebb a szemünkhöz egy tárgyat, ezen távolságon belül nem tudunk éles képet látni. Ha a közeli tárgyak képét sikerül felnagyítani, akkor több részletet tudunk rajta megfigyelni. Ennek egyik eszköze az egyszerű nagyító, amelyről egy korábbi leckében már tanultunk. Egy két lencséből álló rendszerrel azonban az egyszerű nagyítónál lényegesen nagyobb nagyítást lehet elérni. A közeli tárgyak felnagyításához használt eszközt mikroszkópnak nevezzük.

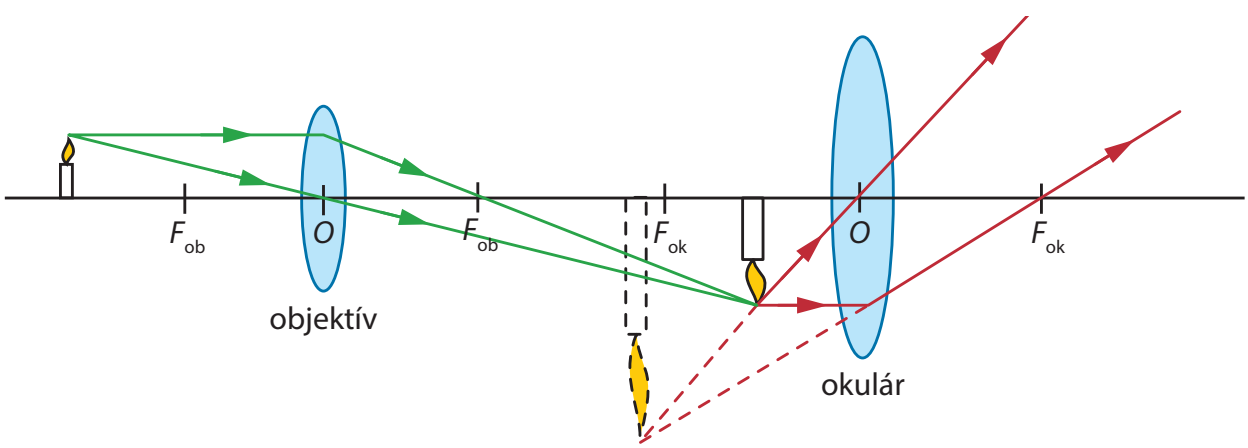


A mikroszkóp is alapesetben két lencséből, egy tárgylencséből és egy szemlencséből áll. Mindkét lencse gyűjtőlencse. A mikroszkóp úgy van beállítva, hogy a megfigyelendő tárgy a tárgylencse fókuszpontja és kétszeres fókuszpontja közé esik. Ekkor a tárgylencse – a gyűjtőlencsénél megtanultak szerint – egy valódi, fordított állású, nagyított képet hoz létre a tárgyról. Ezt a valódi képet szemléljük az okulárlencsével úgy, hogy a tárgy képe az okulárlencse fókuszpontján belülre essen. Így az okulárlencse egy látszólagos, nagyított képet mutat arról a képről, amit a tárgylencse hozott létre.

A korábban megtanult nevezetes sugármenetek segítségével még alaposabban meg tudjuk vizsgálni a képalkotás folyamatát. Az ábra bal oldalán helyezkedik el a tárgy. Bár nem életszerű, hogy gyertyalángot mikroszkóppal vizsgálunk, de eddig is minden szerkesztésnél ez szerepelt. A bal oldali lencse a tárgylencse. A tárgy ennek a lencsének a fókuszpontján kívül, de a kétszeres fókusztávolságon belül van. A gyertyaláng csúcsáról kiinduló két, az ábrán zöld színű nevezetes sugármenet közül az optikai tengellyel párhuzamosan haladó a lencse után a fókuszponton halad át, míg az optikai középpont felé haladó nem változtat irányt. A metszéspontban létrejön a valódi, nagyított kép. A piros színű fénysugarak az okulár képalkotását mutatják. A két nevezetes sugármenet most széttartó lesz, ez az egyszerű nagyító esete. A kép a fénysugarak meghosszabbításainak metszéspontjában keletkezik. Látszólagos és nagyított lesz.

Végeredményben a mikroszkóp segítségével egy egyszerűbb típusnál 40–100-szor nagyobb képet láthatunk a tárgyról, de vannak akár 1000–1500-szoros nagyításra képes változatok is.

A sokszorosan felnagyított kép a nagyítás mértékétől függően egyre fényszegényebb, hiszen ugyanaz a fénymennyiség a nagyítás miatt nagyobb területen oszlik meg. Emiatt a nagyobb nagyításra képes mikroszkópokban egy erős fényű lámpa is van, amelynek a fényét a megfigyelendő tárgyra irányítják.



Érdekességek

- A távcsövek és mikroszkópok tárgy- és szemlencséi általában több lencséből állnak. Ennek az a célja, hogy lencsékre jellemző optikai hibákat a lehető legkisebbre csökkentsék.
- A Galilei-féle távcsőben az okulárlencse egy szórólencse. Ez azért jó, mert a végső kép, amit látunk a távcsőben, a tárggyal azonos állású lesz.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A távcsővel távoli tárgyakról kapunk olyan képet, amelyen a tárgyak nagyobbnak látszódnak. A mikroszkóp célja hasonló, de itt közeli tárgyak képét nagyítjuk fel. Mindkét eszköz alapvetően két optikai lencséből áll, a tárgy- és a szemlencséből. A tárgylencse által létrehozott valódi képet a szemlencsével mint nagyítóval nézzük. A távcső és a mikroszkóp működését is szemléltethetjük a nevezetes sugármenetekkel.

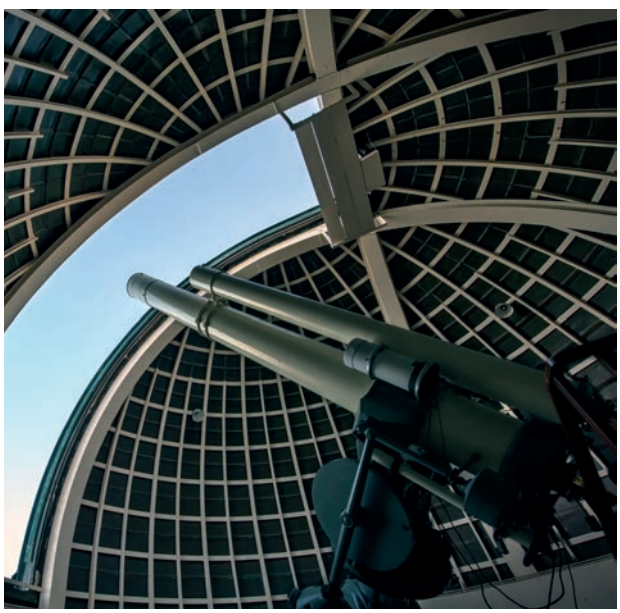
Megoldandó problémák, feladatok

1. Newtonról is elneveztek egy távcsőtípust. Milyen objektívje van ennek a távcsőnek? Vajon miért nem használják ezt a távcsőtípust a hétköznapokban?

2. Gyűjtsétek össze, hogy milyen célokra használnak távcsöveket! Gondoljatok a hétköznapi használatra, de a tudományos felhasználásra is!

3. Miben különbözik az egyszerű mikroszkóp a sztereomikroszkóptól? Nézz utána, hogy egy webáruházban milyen adatait adják meg egy mikroszkópnak!

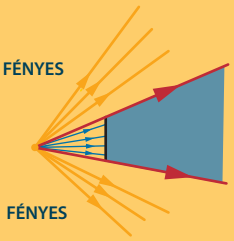
4. Milyen célokra, milyen tudományokban használnak mikroszkópokat? Mik voltak az első tudományos eredmények, amelyeket mikroszkóp segítségével értek el?

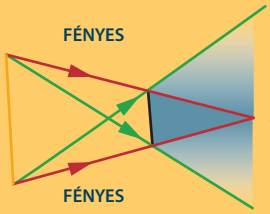




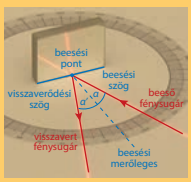
FÉNYFORRÁS

- elsődleges
  - IZZÓ
  - FÉNYCSŐ
  - LED
- másodlagos





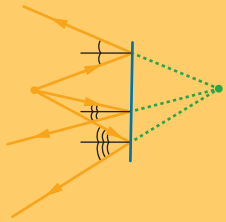
VISSZAVERŐDÉS

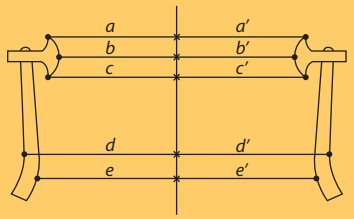


beeső fénysugár
visszavert fénysugár
beesési merőleges
} egy síkban

\+

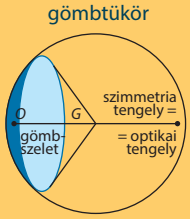
$\alpha = \alpha'$



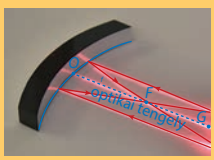


SÍKTÜKÖR

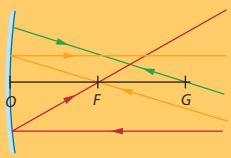
gömbtükör



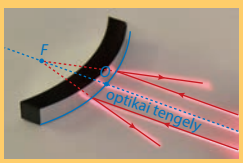
homorú gömbtükör



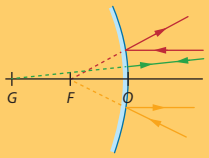
homorú gömbtükör nevezetes sugármenetei



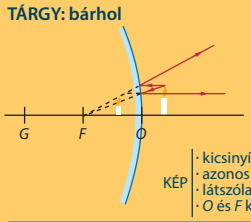
domború gömbtükör



domború gömbtükör nevezetes sugármenetei

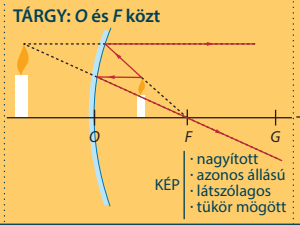


TÁRGY: bárhol



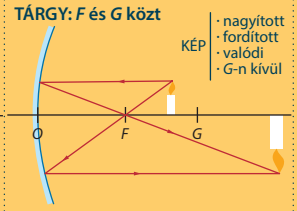
KÉP
- kicsinyített
- azonos állású
- látszólagos
- *O* és *F* közt

TÁRGY: *O* és *F* közt



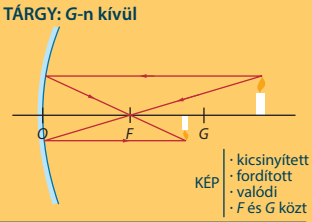
KÉP
- nagyított
- azonos állású
- látszólagos
- tükör mögött

TÁRGY: *F* és *G* közt



KÉP
- nagyított
- fordított
- valódi
- *G*-n kívül

TÁRGY: *G*-n kívül



KÉP
- kicsinyített
- fordított
- valódi
- *F* és *G* közt

FÉNYTÖRÉS

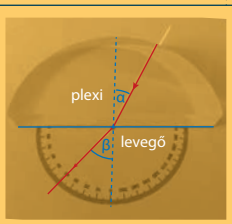


beeső fénysugár
megtört fénysugár
beesési merőleges
} egy síkban

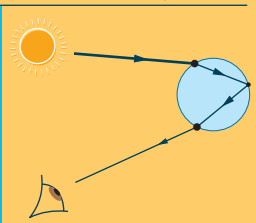
\+

$\alpha > \beta$

$\alpha < \beta$



SZIVÁRVÁNY SUGÁRMENET



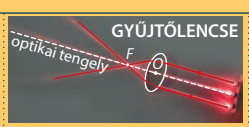
LENCSETÍPUSOK

domború lencsék

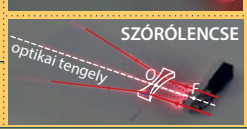
homorú lencsék

$D = \frac{1}{f(m)}$

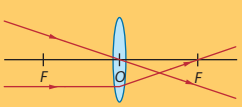
GYŰJTŐLENCSE



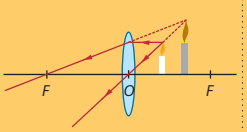
SZÓRÓLENCSE



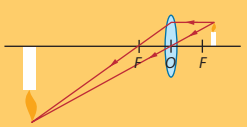
nevezetes sugármenet



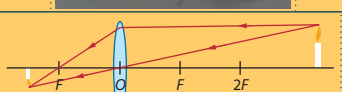
egyszerű nagyító



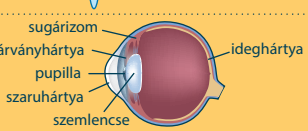
vetítőlencse



A SZEM EGYSZERŰSÍTETT OPTIKAI MODELLJE

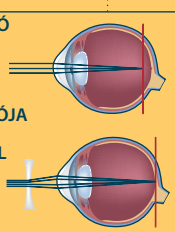


A SZEM FELÉPÍTÉSE



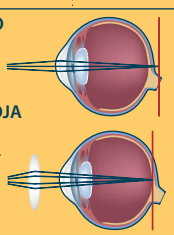
RÖVIDLÁTÓ SZEM

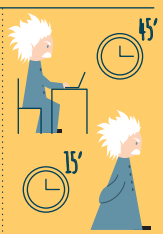
KORREKCIÓJA SZÓRÓLENCSÉVEL



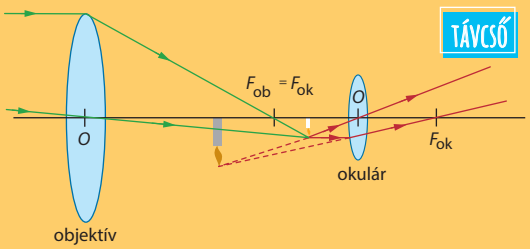
TÁVOLLÁTÓ SZEM

KORREKCIÓJA GYŰJTŐLENCSÉVEL

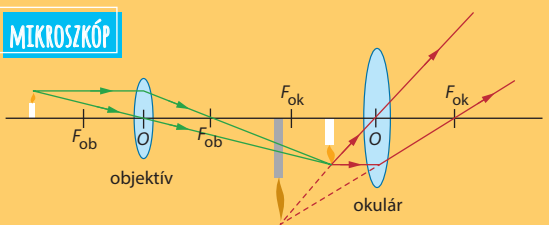




TÁVCSŐ



MIKROSZKÓP



VIII. HULLÁMOK

1. Rezgések terjedése rugalmas közegben

Melyből kiderül, hogy a kiterjedt testekben, közegekben hogyan terjedhet egy rezgésállapot, mit jelent a hullám, és hogyan jellemezhetjük.

Ha egy híd járdáján állunk, akkor a hídon elhaladó járműveket nemcsak látjuk, hanem halljuk is. Sőt a lábunkkal azt is érezzük, amikor egy-egy nagyobb teherautó elhalad. Azt érezzük, hogy megremeg a talaj alattunk.

Korábban már tanultad a rezgőmozgást. Elevenítsük fel röviden, hogy mit tanultál erről! A rezgőmozgás egy periodikus, ismétlődő mozgásfajta. A rezgő test vagy részecske egy egyensúlyi helyzetből kitér, a szélső helyzetben megáll, majd elindul az ellenkező irányba, újra áthalad az egyensúlyi helyzeten, és eléri a másik szélső helyzetét, ahol egy pillanatra ismét megáll, és visszaindul. Ez a folyamat játszódik le újra és újra. A szélső helyzet és az egyensúlyi helyzet távolságát amplitúdónak *(A)*, a másodpercenként lezajlott periódusok számát **frekvenciá**nak *(f)*, az egy teljes rezgés időtartamát pedig rezgésidőnek *(T)* neveztük.

Arról is tanultál már, hogy azokat a testeket, közegeket nevezzük rugalmasnak, amelyek az őket ért alakváltoztató erőhatás után képesek visszanyerni eredeti alakjukat.

Kísérlet

Vizsgáljuk most meg az alábbi jelenséget! Egy nagyon hosszú csavarrugó (bolondrugó, lépcsőjáró) két végét fogjuk meg úgy, hogy a rugó legyen enyhén feszes. Hozzuk rezgésbe a rugó egyik végét úgy, hogy a rugóra merőlegesen, periodikusan mozgatjuk!





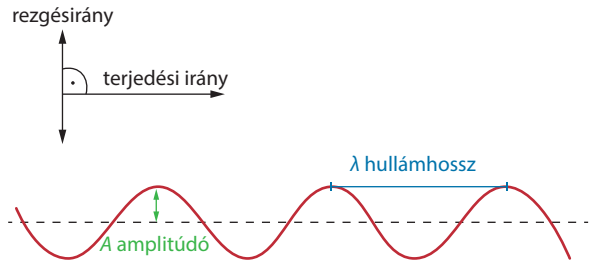
A kísérletben azt figyelhetjük meg, hogy bár mi csak a rugó egyik végét mozgattuk, idővel a rugó minden pontja átvette ezt a mozgást és rezgésbe jött. Ha most csak egyetlen periódusnyi rezgést végzünk, megnézhetjük, hogy hogyan terjed a rezgés a rugó távolabbi részeibe.

Beláthatjuk, hogy a rezgésállapot azért tudott továbbterjedni a rugóban, mert egyrészt az anyaga rugalmas, és ezért mindig képes visszanyerni eredeti alakját. Másrészt az anyag egyes pontjai összeköttetésben vannak egymással, a szomszéd részecskékre erőt tudnak kifejteni, így ha az egyiket rezgésbe hozzuk, akkor ezt a rezgést a szomszédjának átadja, az pedig az ő szomszédjának, és így tovább. Ha egy rugalmas testben vagy közegben egy rezgésállapot tovaterjed, akkor azt mondjuk, hogy a test hullámmozgást végez. A hullám tehát egy rezgésállapot továbbterjedése rugalmas közegben.

A hullámot jellemző mennyiségek

Mivel a hullámban rezgésállapot terjed, ezért a rezgés amplitúdója, frekvenciája és rezgésideje magát a hullámot is jellemzi. A hullám amplitúdója, **frekvenciá**ja és rezgésideje tehát megegyezik a hullámmozgást végző testben vagy közegben terjedő rezgés amplitúdójával, frekvenciájával és rezgésidejével.

Nézzük meg most újra a kísérletben szereplő hullámot! A felfelé kidudorodó részeket hullámhegynek, a lefelé kidomborodókat pedig hullámvölgynek nevezzük. Két szomszédos azonos rezgésállapotú pont – például két hullámhegy – távolságát **hullámhossz**nak nevezzük, jele: λ (lambda). A hullámhossz mértékegysége a méter (m). Figyeld meg, hogyha képzeletben egy darabot kivágnánk a rugóból, és egy hullámhossznyival arrébb vinnénk, akkor ott, ahova vittük, pontosan illeszkedne a rugónak arra a részére.



A hullámot jellemzi az is, hogy a rezgésállapot mekkora sebességgel terjed. A rezgésállapot test- vagy közegbeli terjedési sebessége a **hullám terjedési sebessége**, jele: c. A terjedési sebesség mértékegysége: $\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Figyeld meg az ábrán, hogy a terjedési irány és a rezgésirány egymásra merőleges!

A terjedési sebesség meghatározása

Gondoljuk most végig a következőt! Amikor a rezgést kiváltó kezünk hullámhegyben van, akkor épp egy hullámhossznyi távolságban van a szomszédos hullámhegy. Ha most a kezünkkel végzünk egy teljes rezgést, akkor az első szomszédos hullámhegy ismét épp egy hullámhossznyira lesz a kezünktől. Ebből arra következtethetünk, hogy egy rezgésidőnyi időtartam alatt a rezgésállapot épp egy hullámhossznyival került arrébb, épp egy hullámhossznyi távolságot tett meg. Tehát a rezgés a λ távolságot T idő alatt tette meg, így a hullám terjedési sebessége:

$$c = \frac{\lambda}{T}$$

A kísérletünkben megfigyelhettük azt is, hogyha gyorsabban, azaz kisebb rezgésidővel rezgettük a rugónkat, akkor a hullámhossz is kisebb lett. Ez azért van, mert a rugóban a hullám terjedési sebessége azonos körülmények közt állandó, így a hullámhossz és a rezgésidő egyenesen arányos. Az azonos körülmény itt azt jelenti, hogy a rugót minden esetben ugyanannyira feszítjük meg.

Terjedési irány és rezgésirány

Az előző kísérletben a rugót a hosszára merőlegesen rezgettük. Azt tapasztaltuk, hogy a terjedési irány merőleges volt a rezgés irányára. Az ilyen típusú hullámokat kereszthullámnak, vagy idegen szóval transzverzális hullámnak nevezzük. A transzverzális hullámban hullámhegyek és hullámvölgyek terjednek.

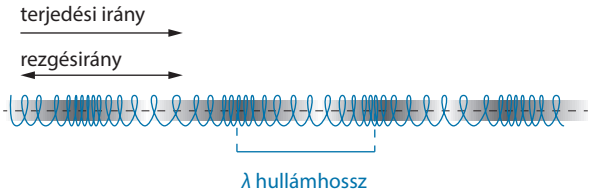
A rugót azonban hosszanti irányban is kitéríthetjük, azaz összenyomhatjuk, majd megnyújthatjuk, azaz hosszanti rezgésbe hozhatjuk. Az összenyomás hatására a rugó menetei összesűrűsödnek, a megnyújtás hatására pedig ritkábbá válnak.





A kísérletben azt látjuk, hogy a rugómenetek sűrűsödései és ritkulásai terjednek a rugón. A hullám terjedési iránya most egybeesik a rezgések irányával. Az ilyen tulajdonságú hullámokat hosszanti vagy longitudinális hullámnak nevezzük. A longitudinális hullámban tehát az anyag sűrűsödései és ritkulásai terjednek.

A legsűrűbb hely hullámtani szempontból megfeleltethető a hullámhegynek, a legritkább hely pedig a hullámvölgynek. A longitudinális hullám **hullámhossza** is két szomszédos, azonos rezgésállapotú pont – például két sűrűsödés vagy két ritkulás – távolsága lesz.



A longitudinális hullámnál is megfigyelhető, hogy ugyanazon a rugón, ugyanolyan körülmények közt különböző hullámhosszú hullámok is terjedhetnek. Ha kisebb rezgésidővel rezgetjük a rugót, akkor a hullámhossz is kisebb lesz. Itt is igaz, hogy a két mennyiség egyenesen arányos, mert a terjedési sebesség azonos.

A hullám energiája

A hullámban a rezgési állapot terjed. Egy rezgő pontnak mozgási energiája és rugalmas energiája van. A hullámban tehát a rezgési állapot terjedésekor energia terjed a test vagy közeg egyik pontjából a másikba, miközben a test egésze egy helyben marad, tehát anyagáramlás nincs.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A hullám rugalmas közegben terjedő rezgésállapot. A hullámot jellemzi a benne terjedő rezgés amplitúdója, frekvenciája, periódusideje. A hullámhossz két azonos rezgésállapotú, szomszédos pont távolsága. A hullám terjedési sebessége a rezgésállapot terjedésének sebessége. A transzverzális hullámban a rezgés iránya a terjedési sebesség irányára merőleges, a longitudinális hullámban a rezgésirány és a terjedési sebesség iránya egybeesik. A hullámban energia szállítódik, de anyag nem.

hullámhossz **frekvencia** **hullám terjedési sebessége**

Megoldandó problémák, feladatok

1. A szilárd, rugalmas csavarrugóban longitudinális és transzverzális hullámot is elő tudtunk állítani. A halmazállapotokról tanultak alapján próbáld meg kitalálni, hogy levegőben a két típus közül terjedhet-e mindkettő! Válaszodat indokold meg!

2. Vízfelszínre ejts egy kis kavicsot! Figyeld meg a létrejövő hullámot! Szerinted longitudinális vagy transzverzális? Miért? Nézz utána, hogy jól gondoltad-e!

3. Határozd meg a két transzverzális hullámot bemutató kísérlet képein a hullámhosszak arányát! Hányszor gyorsabban mozgattuk a rugót az egyik esetben a másikhoz képest? Vizsgáld meg ugyanezt a longitudinális hullám kísérletfotóin is!

4. A hullámok leírásával, jelenségeivel már évszázadokkal ezelőtt komolyan foglalkoztak a természettudósok. Kiknek voltak jelentős eredményeik ebben a témakörben? Mik voltak ezek az eredmények?

2. A hullámok csoportosítása, állóhullámok

Melyből kiderül, hogy milyen szempontok szerint osztályozhatjuk a hullámokat, és kiderül, hogy mit jelent az állóhullám.

Az előző leckében megállapítottuk, hogy a rezgésirány és a terjedési irány egymáshoz való viszonyától függően megkülönböztetünk transzverzális és longitudinális hullámot. A hullámokat azonban további szempontok alapján is lehet és célszerű csoportosítani.

Vonal menti, felületi, térbeli hullámok

Az előző lecke kísérleteiben egy nagyon hosszú testtel kísérleteztünk. A hullámmozgás csak a test hossza mentén terjedt. Amikor a hullám csak egy meghatározott vonal mentén terjed, akkor vonal menti hullámnak nevezzük. Olyan testeknél beszélhetünk vonal menti hullámokról, ahol a test kiterjedése az egyik térbeli irányban sokkal nagyobb, mint a többiben. Ilyenek például a kísérletben is szereplő hosszú csavarrugón kívül a gumikötelek, a hangszerek húrjai, a fúvós hangszerek levegőoszlopai.



Ha a test vagy közeg kiterjedése a tér két irányában sokkal nagyobb, mint a harmadik irányban, akkor itt felületi hullámok tudnak kialakulni. Erre a legismertebb példa a víz felszínén kialakuló hullám, de felületi hullámok alakulnak ki a vékony cintányérokon és a dobok hártyáin is.



Általánosságban egy kiterjedt test esetén a rezgésállapot a tér minden irányába terjedhet, ilyenkor térbeli hullámról beszélünk. Térbeli hullám például a levegőben terjedő hanghullám.

A rezgés típusa

Az eddigiekben tárgyalt esetekben rugalmas közegben terjedő mechanikai rezgésről beszéltünk. Azokat a hullámokat, amelyekben mechanikai rezgések terjednek, mechanikai hullámoknak nevezzük. Az ilyen típusú hullámok terjedéséhez rugalmas anyagi közeg szükséges.

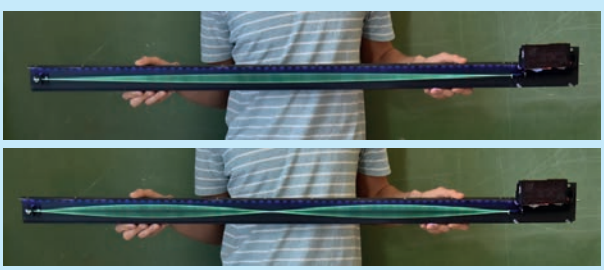
Későbbi leckékben fogsz tanulni az elektromágneses hullámokról. Az elektromágneses hullámokban elektromágneses rezgések terjednek. Az ilyen típusú rezgésekben az elektromos és a mágneses tér periodikus változása terjed a térben. Az elektromágneses hullámok közeg nélkül, tehát légüres térben (vákuumban) is terjednek. A terjedési sebességük sokkal nagyobb, mint a mechanikai hullámoknak.

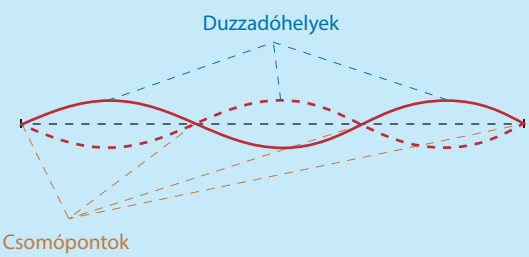
Haladó hullám, állóhullám

Az eddigi kísérletekben a hullámmozgást végző test minden pontja azonos amplitúdóval rezgett. Látszott a hullám haladása, terjedése a közegben, a hullámhegyek és hullámvölgyek aktuális helye a testen folyamatosan változott. Az ilyen hullámokat haladó hullámnak nevezzük.

Kísérlet

Akár egy csavarrugóval, akár egy gumikötéllel érdekes hullámképet tudunk létrehozni, ha egy adott feszítettségnél megfelelő frekvenciával rezgetjük a rugót vagy kötelet. Hasonló hullámképet tudunk létrehozni, ha egy megfeszített madzag egyik végét rezgésbe hozzuk. Ha sikerül a megfelelő frekvenciát kitapasztalnunk, akkor **állóhullám**ot kapunk.





Az állóhullám esetén szintén az egész test hullámzik, azaz minden pontja rezeg, és a rezgő pontok frekvenciája azonos. Az amplitúdójuk viszont különbözik. Vannak olyan helyek, ahol a rezgés amplitúdója maximális, ezeket duzzadóhelyeknek nevezzük. Csomópontok azok a helyek, ahol nincs rezgés, ezeken a helyeken a test pontjai mozdulatlanok. A csomópontoktól a duzzadóhelyig az amplitúdó folyamatosan növekszik. A hullámkép állandósultnak látszik, azaz a csomópontok és a duzzadóhelyek mindig ugyanott vannak. Két szomszédos csomópont közt a test pontjai minden egyes időpillanatban ugyanabba az irányba mozognak.

Az ábrán látható, hogy két csomópont távolsága éppen az állóhullám hullámhosszának fele. Azt is megfigyelhetjük, hogy mivel a hullámzó test két vége is csomópont, így csak meghatározott hullámhosszúságú állóhullámok alakulhatnak ki. A hullámhossz felének egészszámszorosa „fér rá” a madzagra.

Az állóhullám kialakulásának az a magyarázata, hogy az egyik végről elinduló hullámok a másik végről visszaverődnek, az előremenő és visszaverődő hullámok pedig találkoznak. Ha épp azonos rezgésállapotban találkoznak, akkor felerősítik egymást – itt lesznek a duzzadóhelyek. Ha pedig épp ellentétes rezgésállapotban, akkor pedig kioltják egymás hatását – itt lesznek a csomópontok.

Az előző kísérletben transzverzális állóhullámot hoztunk létre, de longitudinális állóhullám is létezik. Sípok, fúvós hangszerek levegőoszlopaiban is állóhullámok alakulnak ki.

Lökéshullám

Egy műanyag szilveszteri duda vékonyabbik végét tegyük közel egy kis papírdarabhoz (a fújókarészt vegyük le), a szélesebb végét pedig üssük meg a tenyerünkkel. Ezzel a duda belsejében elindítunk egy sűrűsödést. A duda vékonyabbik végén a papírdarabka megmozdul. Ilyenkor ez az egyetlen sűrűsödés vagy lökés terjed végig a dudában lévő levegőben. Ha a rugalmas közegben csak egy hullámhegy (például egy gumikötélen) vagy sűrűsödés (például a dudában) terjed, ezt a hullámtípust nevezhetjük lökéshullámnak. Hasonló jelenség, amikor tapsolunk egyet a tenyerünkkel vagy csettintünk az ujjainkkal.

Lökéshullámnak nevezzük azt is, amikor a terjedési sebességnél gyorsabban indul egy sűrűsödés a közegben, például a levegőben. Mivel ilyenkor a rezgés továbbterjedése lassabb, mint a lökés sebessége, ezért az anyag feltorlódik, és egy helyen igen sűrűvé válik. Ezt a jelenséget lehet megfigyelni például akkor, amikor egy repülőgép nagyobb sebességgel halad a levegőben, mint a hang terjedési sebessége.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

állóhullám

Térbeli terjedésük alapján vonal menti, felületi vagy térbeli hullámokat különböztetünk meg. A mechanikai hullámban mechanikai rezgés, az elektromágneses hullámban elektromágneses rezgés terjed. A haladó hullám hullámképe változik, az állóhullámé állandó. Haladó hullám esetén a test minden pontja azonos amplitúdóval rezeg. Az állóhullámban a pontok különböző amplitúdókkal rezegnek, a duzzadóhelyeken a legnagyobb, a csomópontokban a legkisebb, azaz nulla.

Megoldandó problémák, feladatok

1. Honnan ered és mit jelent a mexikói hullám kifejezés? Próbáljatok ti is létrehozni az osztállyal egy ilyen hullámot! Egyvalaki készítsen róla felvételt! A felvétel alapján becsüljétek meg a hullámhosszt, a periódusidőt, a frekvenciát! Mennyi a terjedési sebesség? A tanultak alapján mely csoportokba tudnád besorolni ezt a hullámot?



2. Hozzatok létre a csavarrugón longitudinális állóhullámot! Figyeljétek meg, hogy hol vannak duzzadóhelyek, és hol a csomópontok! Hogyan lehet egyre több duzzadóhelyet létrehozni?

3. Milyen felületi hullámokat tudnál felsorolni a környezetünkben? Milyen anyagban jönnek létre? Mi ezeknek a hullámoknak a forrása, azaz mi hozza létre a rezgéseket?

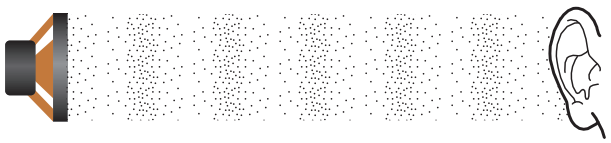
4. Az eddig tanultak alapján hova sorolnád a földrengéshullámokat? Nézz utána, hogyan keletkeznek, hogyan terjednek!



3. A hang jellemzése

Melyből kiderül, hogy mi a hang, mit jelent a hangmagasság és a hangerősség, és megismerkedünk a hallás fizikai folyamatával.

Életünkben, a közvetlen kommunikációban, a szórakozásban kiemelt szerepe van a hangnak. Külön szervünk van a hang érzékelésére, és saját hangképző rendszerünk is van. A hang fizikai szempontból egy olyan mechanikai hullám, ahol a levegő sűrűsödései és ritkulásai terjednek, és ezt a fülünkkel hallani tudjuk. Általában a tér minden irányában terjed, hiszen a levegő mindenhol körülvesz minket. Tehát a hang egy térbeli, longitudinális mechanikai hullám.



A hangmagasság

Az énekeseknél a magas női hangot szopránnak, a mély női hangot altnak hívják. Ugyanez a férfi énekeseknél tenor és basszus. A hegedűn megszólaltatható magasabb hangokat nagybőgőn nem lehet lejátszani, viszont ez utóbbin lejátszhatók olyan mély hangok is, amelyek a hegedűn nem. Amikor **hangmagasság**ról beszélünk, akkor fizikai értelemben a hang frekvenciájáról van szó. A magas hangnak nagy a frekvenciája, a mély hangnak alacsony.

A zenei hangskála alaphangja az *A* hang. Ennek frekvenciája 440 Hz. Az egy oktávval feljebb lévő zenei hang frekvenciája ennek duplája, azaz 880 Hz. A többi zenei hanghoz is meghatározhatók a frekvenciák.



A hang nyomása

Tanultad, hogy a normál légköri nyomás 100 kPa. Ebben a közegben jól terjednek a hanghullámok. A sűrűsödések és ritkulások helyén a nyomás is különböző, az előbbiekben nagyobb, utóbbiakban kisebb. Ez a nyomáskülönbség tág tartományban mozoghat. Egészségügyi szempontból a 20 Pa feletti nyomáskülönbség (fájdalomküszöb) már beavatkozást igényel, például zaj elleni fülvédő viselését. A legkisebb, fülünkkel még érzékelhető nyomáskülönbség 20 μPa.

A hang terjedési sebessége

Minden hullámot jellemez a terjedési sebessége. Az ember már elég korán megtapasztalhatta, hogy a hang terjedéséhez is időre van szükség. Például ha egy igen messze lévő embert látunk, ahogy a fejszéjével belecsap a fába, akkor a csapáshoz tartozó hangot csak később halljuk. A hangsebességet elsőként egy ehhez hasonló módszerrel mérték meg. Egy ágyú torkolattüzét és hangját is igen messziről, akár 20-25 km-ről is lehet látni, illetve hallani. A fény megpillantása és a hang meghallása közt eltelt időtartamból, valamint a megfigyelési hely és az ágyú helyének távolságából a hang levegőben való terjedési sebessége kiszámítható, értéke körülbelül 340 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Más közegben ez az érték más lesz.

A hangerősség

Ha valakinek a beszédét nem halljuk rendesen, azt kérjük tőle, hogy beszéljen hangosabban. Ha a zene túl hangos, akkor lejjebb vesszük a hangerőt a hangerő-szabályozóval. A hangos hangnak nagyobb a hangerőssége, a halk hangnak kisebb.

A hang erőssége a rezgés amplitúdójától függ. Ha nagyobb a rezgés amplitúdója, akkor nagyobb a hang erőssége, és ilyenkor több energia szállítódik a hangban. A hang erősségét a nagyságrendi skáláinkhoz hasonló skálán szokták megadni. Ha egy hangnak 10-szer nagyobb a hangerőssége, akkor 1 egységnyit lépünk felfelé a hangerősségskálán, ha 100-szor erősebb, akkor 2 egységnyit, ha 1000-szer, akkor 3 egységnyit, és így tovább. Ez alapján a hangerősséget *Alexander Graham Bell*, skót születésű amerikai fizikusról, a telefon szabadalmaztatójának tiszteletére bel (B) mértékegységben adjuk meg. Ezen a skálán az emberi fül 12 egységnyit képes hallani, legalul a hallásküszöb található, ehhez a 0 bel tartozik, legfelül pedig a fájdalomküszöb található, amelynek 12 bel a hangerőssége. A gyakorlatban a bel helyett többnyire annak tizedrészét használjuk, ez a decibel (dB).

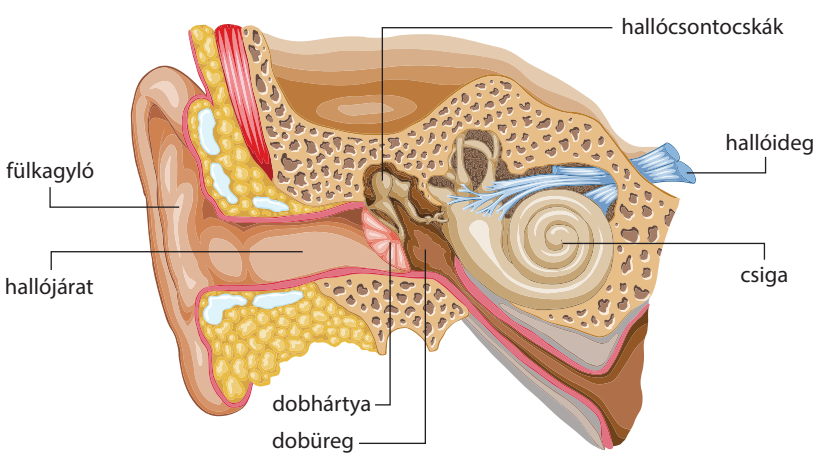
Hangforrás	Hangerősség (dB)
Hallásküszöb, alig hallható hang	0
Otthoni csend	35
Normál beszélgetés	66
Zaj forgalmas utca járdáján	80
Koncert, diszkó	100
Fájdalomküszöb, vonatkürt 10 méterről	120
Sugárhajtású repülőgép 30 méterről	150

A hallás folyamata

A magasabb rendű állati és az emberi hallószerv működésének fizikai folyamatai hasonlók. A levegőben terjedő hanghullámok a hallójáraton keresztül jutnak be a fülbe. A fülkagyló segítségével a hallójárat keresztmetszeténél jóval nagyobb területről tudjuk a hangot a hallójáratba terelni. A fülkagylóról ugyanis a hullámok akár többszörösen is visszaverődnek, és jelentős részük a hallójáratban folytatja útját.

A különböző állatfajoknak és az embernek másmás alakú, méretű a fülkagylója. Bizonyos állatok, például a macskafélék forgatni is képesek, így szabályozni tudják, hogy melyik irányból érkező hangok jussanak a fülükbe.

A hallójárat végén található a dobhártya. Ez egy vékony, rugalmas hártya, amely rezgésbe jön, amikor a hanghullámok beleütköznek. A dobhártya az első hallócsonthoz, a kalapácshoz kapcsolódik, amelynek átadja a rezgéseit. Ez a rezgés a hallócsontokban felerősödik a csontocskák és a dobüreg alakja miatt. A kalapácshoz az üllő, ehhez pedig a kengyel kapcsolódik. Ez utóbbi a csigában lévő folyadékban végződik, és a csigában lévő folyadékot rezgésbe hozza. Ez a rezgés az egész folyadékban tovaterjed, azaz hullámmozgásba jön. A csiga belső oldalfalán lévő idegsejtek ezt a hullámmozgást érzékelik. Az ingerület a hallóidegen keresztül jut az agy hallóközpontjába.



Az emberi fül körülbelül 20 Hz – 20 kHz frekvenciájú hangokat képes hallani. Természetesen a hangerősségtől is függ, hogy tényleg észleljük-e az adott hangmagasságú hangot. A hallás függ az életkortól. A tapasztalatok szerint az idősebb emberek a magasabb hangokat már kevésbé hallják, a mélyebbeket inkább. A hallás folyamatában részt vevő bármelyik szerv betegsége, károsodása tartós romláshoz, szélsőséges esetben hallásvesztéshez vezethet. A túl nagy hangerősség fizikai károsodást okoz, mert ilyenkor a nagy energiaelnyelődés, a rezgés nagy amplitúdója, illetve a nagy nyomáskülönbség következtében a dobhártya és a kapcsolódó részek nagymértékben sérülhetnek. Hallásunk megóvása érdekében kerülni kell a szélsőségeket, a túl mély és a túl magas hangokat, továbbá a túl nagy hangerősséget. Mivel a hangot az agy folyamatosan feldolgozza, így a normális hangok is egy idő után elfárasztják, túlterhelik az idegrendszert. Emiatt a hang hiánya, azaz a csend pihentető hatású.

Zaj hangerőssége (dB)	Károsodás mértéke
120	fájdalomküszöb
120–160	maradandó halláskárosodás
160	dobhártyarepedés
175	halálos

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A hang hallható, térbeli, longitudinális mechanikai hullám. A hangmagasságot a hanghullám frekvenciájával adjuk meg. A hangsebesség levegőben 340 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$. A hangerősség a hangban szállított energiával függ össze. A hallószervünk a fül, amelyben a külvilágból érkező hanghullámok mechanikai rezgéseket keltenek, ezt érzékeljük.

hangmagasság **hangerő**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Fordulj valamilyen hangforrás felé, majd tedd a fülkagylód köré a tenyeredet! Milyen változást tapasztalsz? Próbáld a tapasztalatodat megmagyarázni!

2. A 20 Hz alatti és a 20 kHz feletti hangokat mi ugyan nem halljuk, bizonyos élőlények viszont képesek hallani is, sőt akár ki is adni ilyen hangokat. Mi a neve ezeknek a hangoknak? Mely állatok hallják vagy érzékelik, illetve melyek tudnak ilyen hangokat kiadni?



3. Nézz utána, hogy körülbelül milyen frekvenciatartományba esik egy basszus énekes hangterjedelme! Milyen rekordok születtek a legmagasabb kiénekelt hang kategóriájában, és mennyi ezeknek a frekvenciája?



4. Milyen élettani hatása van az emberre az infrahangoknak? Mi mindenre használják az ultrahangot az orvostudományban?

4. Hangszerek

Melyből kiderül, hogy mik azok a zenei hangok, milyen típusú hangszerek vannak, és hogyan hoznak létre hanghullámokat.

Kultúránk egyik legfontosabb része a zene. A zene művészet, amely hanghullámok segítségével jut el a hangforrásokból a fülünkbe. A zenei hang forrása lehet az ember vagy egy hangszer. A hangszerek olyan, ember által készített eszközök, amelyek zenei hangok kibocsátására képesek.

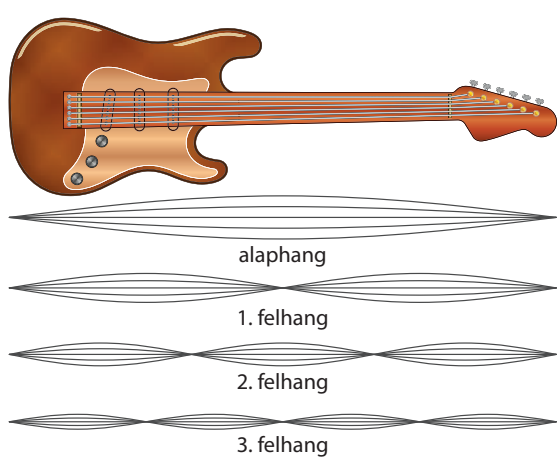
A zenei hangok

Az előző leckében tanultuk, hogy a zenei alaphang a 440 Hz frekvenciájú *A* hang. Ezt a hangot mechanikusan elő tudjuk állítani egy hangvillával vagy okostelefonnal is, egy egyszerű hanggenerátor-alkalmazás segítségével. A zenében a hangok távolsága, a hangmagasságok aránya a hangköz. A kétszeres hangfrekvencia hangköze az oktáv. Egy oktávon belül további zenei hangok vannak, amelyek frekvenciái már attól függnek, hogy milyen hangsort alkalmazunk. Általánosan igaz, hogy bármilyen hangsort is használunk, a hangsorban található hangok frekvenciái kis egész számok hányadosaként felírhatók. A tapasztalat szerint ezek a hangközök kellemesnek hatnak. Azt mondjuk, hogy a két hang konszonáns. Például a *dó* és a *ré* hang frekvenciaaránya $\frac{8}{9}$, a *ré* és a *mi* aránya $\frac{9}{10}$.

Hangszerek típusai

A hangszereket sokféle szempont alapján lehet csoportosítani. A legáltalánosabban igaz mindegyik működésére, hogy a hangszerben állóhullámok alakulnak ki, ezek az állóhullámok a levegőben hanghullámokat indítanak el, amelyeket a fülünkkel érzékelünk.

A húros hangszerekben egy vagy több megfeszített húr található. A húr megpendítésével vagy megütésével a húr egy pontját kitérítjük az egyensúlyi helyzetéből, így ez a pont rezgőmozgásba kezd. Ez a rezgés a húr többi részében továbbterjed, és a húr rögzített végeiről visszaverődve állóhullám alakul ki. A kialakuló legnagyobb amplitúdójú állóhullám hullámhossza a húr hosszának kétszerese lesz. Ehhez a hullámhosszhoz a terjedési sebesség ismeretében megadható a frekvencia is. Ez a frekvencia a megszólaltatott húr alaphangja. A húron kisebb amplitúdóval ugyan, de kialakulnak azok a kisebb hullámhosszú állóhullámok is, amelyek szintén „ráférnek” a húrra. Az első ilyen az, amelyik a fél hullámhosszának kétszerese, a második az, amelyiknek a fél hullámhosszának háromszorosa egyenlő a húr hosszával. Az előbbihez tartozó hang az első felhang, frekvenciája az alaphang kétszerese, hiszen hullámhossza éppen a fele. Az utóbbihoz tartozó pedig a második felhang. A sort tovább lehet folytatni. A felhangok egyre kisebb amplitúdójúak, ezért egyre kevésbé lehet hallani őket. Többek közt a felhangok rendszere adja egy hangszer hangszínét.



Tanultuk, hogy a hullám terjedési sebessége és rezgésideje (és így a frekvenciája) összefügg egymással. Ha kicsit jobban megfeszítünk egy húrt, azzal a terjedési sebesség növekszik, így nő a frekvencia is, vagyis magasabb hangot fog kelteni a húr a levegőben. A feszítettség finom beállításával a húr hangolható.



A zongora egy húrja egy adott hangra van hangolva, és csak ezt az egy hangot lehet megszólaltatni rajta, emiatt a teljes hangskála lejátszásához sok húrra van szükség. A klasszikus gitáron csak hat húr van, azonban egy húron több különböző hang is lejátszható. Ha a húrt egy pontjánál lefogjuk, akkor rövidebb lesz a húrnak azon része, amelyen az állóhullám kialakul. Ennek a hullámhossza kisebb, azaz frekvenciája magasabb lesz.

A síp típusú hangszerekben minden esetben levegőoszlopokban alakulnak ki állóhullámok. Hasonlóan a húrokhoz, alapvetően a síp hossza határozza meg, hogy milyen magasságú hang alakulhat ki. Rögzített hosszúságú sípokból állnak például az orgonák, változtatható hosszúságú levegőoszloppal bír a harsona.



Külön csoportba sorolhatók a dobok. Megfeszített hártyájukat megütve felületi hullámok alakulnak ki rajtuk. Nincs kifejezett hangmagasságuk, de a megszólaló hangok frekvenciái egymáshoz közeliek, egy-egy helyen csoportosulnak, így meg lehet különböztetni mélyebb vagy magasabb hangot adó dobokat. Főleg ritmushangszerként használják.

A cintányérok szintén külön csoportba sorolhatók. Felületüket megütve vagy egymáshoz ütve szólaltathatók meg, amelynek hatására felületi hullámok jönnek létre rajtuk. Nincs meghatározott hangmagasságuk. A megszólalásuk időtartama, a megszólaló hangok frekvencia-összetétele és ezek hangerőssége igen változatos lehet.



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A zenei hangsorokban a hangfrekvenciák aránya kis egész számok hányadosaként írható le. A húros hangszerekben a húrokon, a síp típusú hangszerekben levegőoszlopban kialakuló állóhullám hozza létre az adott zenei hangnak megfelelő frekvenciájú hanghullámot.

Megoldandó problémák, feladatok

1. Milyen húros hangszereket ismersz? Mi alapján tudnád őket tovább csoportosítani? És a fúvós hangszereket mi alapján csoportosítják?

2. A leckében említett hangszereken kívül sok más hangszertípus is létezik. Nézz utána, hogy mi a közös a xilofon és az amadinda nevű hangszerben! Hogyan kell megszólaltatni ezeket? Min alakulnak ki az állóhullámok? Hogyan lehet különböző hangokat létrehozni ezekkel a hangszerekkel?

3. Keress az interneten olyan „slow motion" videót, amelyen egy cintányér vagy egy dob hártyájának hullámzását lehet megfigyelni! Hány képkockát készít egy olyan videokamera, amivel ilyen felvételeket lehet készíteni? Hogyan viszonyul ez a szám a dob, illetve a cintányér által kiadott hangok frekvenciájához?

4. Ki találta fel a hangvillát, és mikor? Hogyan kell használni? Szerinted hogyan lehetne megváltoztatni egy hangvilla frekvenciáját?





5. A fény mint hullám

Melyből kiderül, hogy a fény is hullám, a színek pedig a fény hullámhosszával vannak kapcsolatban.

Az előző fejezetben sok mindent megtanultál a fényről, terjedési tulajdonságairól, a látásról. A fény színéről azonban csak érintőlegesen esett szó. Ha a fényt mint hullámot vizsgáljuk, akkor meg tudjuk magyarázni a színek keletkezését is.



A fizikai kutatások egyik igen fontos eredménye az, hogy a fényt elektromágneses hullámként le tudjuk írni. A fény hullámként való leírása azt jelenti, hogy az előző leckékben tanultakat alkalmazhatjuk a fényre is. Van azonban néhány fontos különbség is a mechanikai hullámokhoz képest. Míg a mechanikai hullámok terjedéséhez rugalmas anyagi közeg szükséges, addig a fény terjedéséhez nincs szükség közegre, légüres térben is terjed. A terjedési sebességben is óriási különbség van. A fény terjedési sebessége levegőben körülbelül 300 000 000 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$, amely sok nagyságrenddel nagyobb, mint például a hang levegőbeli terjedési sebessége.

A minket körülvevő világ színes, a szemünk segítségével a fény színeit meg tudjuk különböztetni. De azt is tapasztaljuk, hogy megszámlálhatatlanul sok színnel találkozhatunk. Az egyik legfontosabb kísérlet a színek vizsgálatával kapcsolatban az, amikor a fehér fényt színekre bontjuk.

Kísérlet

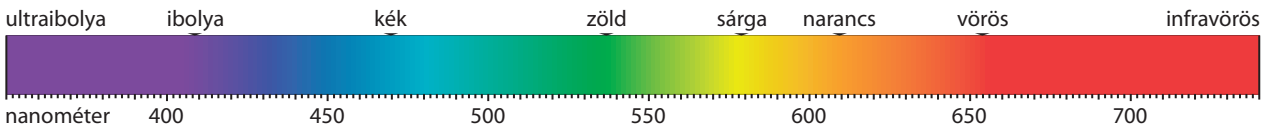


Ebben a kísérletben egy üvegprizmát használunk. A prizma egy olyan optikai elem, amelynek két törőfelülete egymással valamekkora szöget zár be. A prizmába belépő fény a fénytörésnél megismert módon megtörik. Ezután a prizma belsejében továbbhaladva eléri a másik lapot, ahol ismét megtörik. Ha egy nagyon vékony fehér fénynyalábot egy ilyen üvegprizmára bocsátunk, akkor azt tapasztaljuk, hogy a fehér fény a prizmán megtörve színes lesz, és a különböző színek kicsit más irányban haladnak tovább.

A kísérletet a következőképp magyarázhatjuk. A fehér fényben különböző hullámhosszúságú hullámok terjednek. Az egyes hullámhosszok megfeleltethetők a prizma utáni fényben megjelenő színeknek. A fehér fény ezen színeknek az összessége. A fénytörés egyik tulajdonsága, hogy a különböző hullámhosszúságú fénysugarak különböző mértékben törnek meg, különböző mértékben változik a terjedési irányuk a fénytörés során. Tehát a fehér fény a prizmán való áthaladáskor színeire bomlik, azaz a benne terjedő különböző hullámhosszúságú, azaz színű fénysugarak mind egy picit más irányban haladnak tovább.

A fény hullámhossza

A hanghullámokkal ellentétben a fényhullámokat inkább a hullámhosszukkal, és nem a frekvenciájukkal szokás jellemezni. A látható fény hullámhossztartománya 0,38 μm–0,75 μm. A mikrométer helyett szoktuk a nanométert használni. A nanométer a mikrométer ezredrésze: 1 μm = 1000 nm. Nanométert használva az előbbi tartomány így írható: 380 nm–750 nm. A Napból érkező elektromágneses sugárzás nagy részét a légkörünk elnyeli vagy a világűrbe visszaveri. Az előbbi hullámhossztartományt viszont túlnyomórészt átengedi. Az evolúció során épp emiatt erre a tartományra lett érzékeny a szemünk, ezért ez a tartomány a látható fény. Bizonyos állatok képesek 380 nm-nél kisebb hullámhosszúságú fényt is érzékelni, az ilyen fényt ultraibolya fénynek nevezzük. A 750 nm-nél nagyobb hullámhosszúságú fény az infravörös fény. Ezt mi nem látjuk, de például a szúnyogok igen. A testünk által kibocsátott infravörös fény egy részét érzékelve találnak meg minket sötétben is.



A kísérletben megfigyelt színek és a színek sorrendje megegyezik a szivárvány színeivel és színsorrendjével. A Nap fénye is összetett, fehér fény. A szivárvány színeit is a kísérletben tapasztalt jelenség, a fénytörés és annak hullámhosszfüggése okozza. A vízcseppekben a kétszer megtörő fénysugarak színeikre bomlanak, és más-más irányban haladnak tovább.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

a szivárvány színei

A fényt elektromágneses hullámként leírva megmagyarázhatjuk a színeket. A különböző színek a különböző hullámhosszúságú fénysugaraknak felelnek meg. A fehér fényt prizmával színeire tudjuk bontani.

Megoldandó problémák, feladatok

1. Milyen hullámhossztartományba esik a narancssárga szín? Szerinted milyen hullámhossznál kezdődik a vörös? Hová tennéd a kék és az ibolyaszínt elválasztó hullámhosszt?

2. Ritkábban, de megfigyelhető a kettős szivárvány. A másodlagos szivárvány a főszivárvány felett van, és sokkal halványabb. Nézz utána, hogy milyen színek találhatók a másodlagos szivárványban, és milyen sorrendben! Mi a különbség a két szivárványív keletkezése közt? Miért halványabb, és hogyan alakul ki a színsorrend a másodlagosban?

3. A prizmából kilépő színes fénynyalábot újra egyesíthetjük például egy gyűjtőlencsével. Milyen színt kapunk így? Ha az egyesítés előtt kitakarjuk az ibolya- és a kék színt, akkor az egyesítés után milyen színt kapnánk? És ha a vörös színt takarjuk ki?

4. A szivárványhoz hasonló gyakorisággal lehetne megfigyelni a halójelenséget. Nézz utána, mit takar ez a kifejezés! Szerinted miért vesszük észre ritkábban? A lecke alapján hogyan tudnád a halójelenség színeit magyarázni?

6. A színek

Melyből kiderül, hogy honnan származik a tárgyak színe, hogyan tudunk színesben látni, és miért kék az ég.

A minket körülvevő tárgyak, élőlények színeit az határozza meg, hogy milyen hullámhosszúságú, azaz milyen színű fénysugarak érkeznek felőlük. Egy tárgyról érkező fénysugarat kibocsáthatta maga a tárgy, ha elsődleges fényforrás. Az is lehet, hogy a tárgy másodlagos fényforrás, tehát a ráeső fényt visszaverve alakul ki a jellemző színe. Egy átlátszó vagy áttetsző anyag színe attól függ, hogy milyen színű fénysugarak jutnak át rajta. Ez utóbbi két esetben a megvilágító fényforrás színe is fontos.

Elsődleges fényforrások színe

Az elsődleges fényforrások színét az határozza meg, hogy milyen folyamat hozza létre a fényt. Az izzólámpa, a napfény olyan fényforrás, amely az összes látható hullámhosszt tartalmazza, persze nem ugyanolyan arányban. Ezek a fényforrások a legerősebben a sárga tartományban sugároznak. Az egyszerű, kicsi LED-fényforrások csak egy nagyon szűk hullámhossztartományban bocsátanak ki fényt. Azt mondhatjuk, hogy ezek gyakorlatilag egyszínűek. A hangulatvilágításra használható, változtatható színű LED-égőkben sok különböző színű LED található, ezekből egy elektronika segítségével lehet a kívánt színt kikeverni, előállítani. A fénycsövek által kibocsátott fényben sok, különböző színekhez tartozó hullámhossz is megtalálható, de nem folytonosan, mint például az izzónál. Az összhatása, látványa fehér.

A számítógépek, okoseszközök, televíziók színmegjelenítése azon alapszik, hogy az alapvető színek összeadásával állítjuk elő a kívánt színt. Ez fizikai szempontból azt jelenti, hogy különböző hullámhosszúságú fényeket különböző erősségekkel állítunk elő, és ezt jelenítjük meg a képernyő egy adott képpontjában.

Másodlagos fényforrások színe

A másodlagos fényforrások a rájuk eső fényt verik vissza. Az anyagok, felületek fényvisszaverő képességéről már volt szó a tükröknél. Az ott tanultakhoz hozzá kell tennünk, hogy a felületek a különböző hullámhosszúságú fénysugarakat más-más arányban nyelik el vagy verik vissza. Mivel saját fényük nincs, így a színük még attól is függ, hogy a rájuk eső fény milyen színű volt, azaz milyen hullámhosszúságú fénysugarakból állt.

A fekete szín fizikai értelemben nem is szín, mert ilyenkor a felület az összes ráeső fényt elnyeli, semmit sem ver vissza. A fehér színű tárgyak pedig minden rájuk eső fényt visszavernek. De az előbbiekből következően csak akkor lesznek fehérek, ha az őket megvilágító fény is fehér, egyébként a fényforrás színével megegyező színűek lesznek.

A nem fekete és nem fehér tárgyak színét egy példán keresztül érthetjük meg. Ha van egy vörös színű ruha, akkor az azért vörös, mert ha fehér fénnyel világítjuk meg, akkor a kék, zöld és sárga színek legnagyobb részét elnyeli, a vörös színt viszont visszaveri. Ha ugyanezt a ruhát egy kék színű lámpával világítjuk meg, akkor a ruha feketének fog látszani. A kék fényt ugyanis elnyeli a ruha, vörös színt pedig nem tud visszaverni, mert a fényforrás színeiben nem volt vörös. Hasonlóan gondolhatjuk végig egy színes, átlátszó tárgy színét. Ha egy zöld színű üvegen keresztül fehér fényt nézünk, akkor az üveg a vörös, kék, sárga színekhez tartozó fénysugarakat elnyeli, a zöldet viszont átengedi. Ezért fogjuk zöldnek látni. Ha a fényforrásban nem volt zöld szín, akkor az üveg fekete lesz.

Színlátás

A látás folyamatánál tanultuk, hogy a szemgolyó hátsó falán található az ideghártya, itt történik a fényérzékelés. Kétféle fényérzékeny sejt felelős a látásért: a csapok és a pálcikák. A pálcikák fényérzékenysége sokkal jobb, mint a csapoké. A csapok gyenge fényben kevésbé vagy egyáltalán nem működnek, viszont színlátásra csak ezek képesek. Színérzékenységüket tekintve háromféle csap van a retinán: az egyik típus a kék, a másik típus a zöld, a harmadik a vörös színre a legérzékenyebb. A különböző típusú csapok ingerületeiből az agy állítja elő a színes képérzetet.

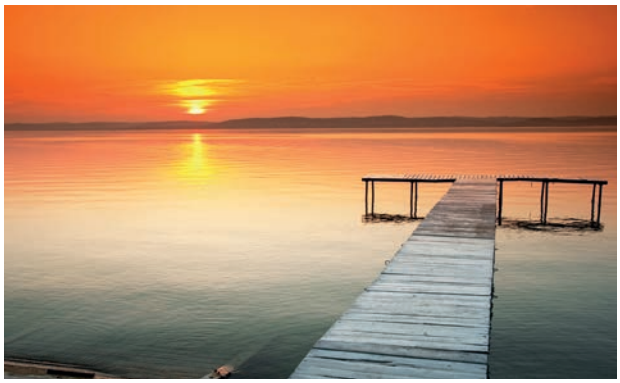
A színek használatánál fontos szerepük van a **kiegészítő színek**nek. Ezek azok a színpárok, amelyeket összekeverve fehér fényt kapunk. Másképpen: ha van két, egymást kiegészítő színű szűrőnk, akkor ezek együttesen az összes fényt kiszűrik, tehát feketét kapunk. Ezeket a színpárokat színkörökön szokták megjelenteni.

Az égbolt színei

Az égbolton nappal csak a Napot, a Holdat, illetve naplemente és napfelkelte környékén már egy-egy fényesebb csillagot és bolygót figyelhetünk meg. Az ég azonban nemcsak ezen égitestek irányából sugároz fényt, hanem minden irányból. A magyarázathoz közelebb visz az a tapasztalat, hogy a légkörön kívül, például egy űrhajóból vagy a Hold felszínéről nem ezt tapasztaljuk, ezeken a helyeken az égbolt az égitestek helyét kivéve fekete. Az égbolt tehát a légkör jelenléte miatt fénylik.



A napfényben minden látható hullámhosszúságú fény megtalálható. A levegő molekuláival a fénysugarak kölcsönhatásba kerülnek. A rövidebb hullámhosszú, kék színű fényt ezek a molekulák sokkal jobban visszaverik, szórják, mint a hosszabb hullámhosszú, vörös fényt. Emiatt az égbolt színében a vörös szín sokkal kevésbé van jelen, mint a kék, így az ég kék színű lesz. Naplementekor és napfelkeltekor viszont a napfény geometriai okokból egyre hosszabb és hosszabb utat tesz meg a levegőben, mire elér hozzánk, és ezalatt a kék színű fénysugarak szinte teljesen kiszóródnak a napfényből, a zöld színből is kevés marad, így gyakorlatilag a narancssárga-vörös szín marad meg csak.





A felhők szintén másodlagos fényforrások, a napfényt, esetenként a holdfényt verik vissza. A víz és a jég felületéről a különböző hullámhosszúságú fénysugarak hasonló mértékben verődnek vissza. Emiatt a vízcseppekből, illetve a jégkristályokból álló felhők fehér színűek, hiszen a napfényt verik vissza. A lemenő és felkelő nap fényében a felhők is a narancsvöröses színt tudják már csak visszaverni, hiszen ilyen fénysugarak érik őket. Az esőfelhők, zivatarfelhők szürke-sötétszürke színűek. Ez azért van, mert vastagságuk miatt egyre több fényt nyelnek el, eltakarják a napot mint fényforrást, így őket egyre sötétebbnek látjuk a felszínről. Egy távoli zivatarfelhőnél mi is megfigyelhetjük, hogy a tetején, ahol még éri a napfény, ott fehér színű, az alja viszont már szürke, oda már alig jut el a napfény.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

kiegészítő színek

A színek kialakulását az elsődleges fényforrásoknál a különböző hullámhosszú fénysugarak összeadódásával magyarázhatjuk. A másodlagos fényforrások a rájuk eső fény hullámhosszainak bizonyos részét elnyelik, és amit visszavernek, annak keverékéből áll össze a színük. A színlátásunkat a három, különböző hullámhosszra érzékeny csapoknak köszönhetjük. Az égbolt színét a levegőben sokkal jobban szóródó kék fény adja. A felhők színét alapvetően az őket megvilágító fény színe határozza meg.

Megoldandó problémák, feladatok

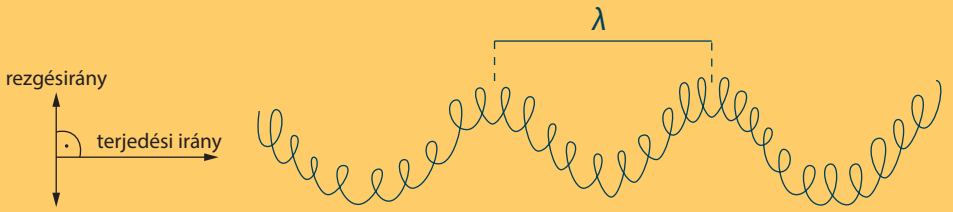
1. Nézz utána, hogy mit jelent az RGB színrendszer! Hol használják? Hányféle színt lehet ezzel előállítani?

2. A lecke alapján próbáld meg megmagyarázni, hogy a gépkocsik hátsó lámpája és a közlekedési lámpák „piros” lámpája miért piros, és nem kék vagy zöld!

3. Mit jelent a CMYK színrendszer? Milyen alapszínek vannak benne? Hol használják?

4. Holdfogyatkozáskor a Hold nem teljesen sötét. Honnan és hogyan jutnak a Hold felszínére fénysugarak ilyenkor? A Hold színe ilyenkor vöröses. A lecke alapján hogyan tudnád a vörös színt megmagyarázni?

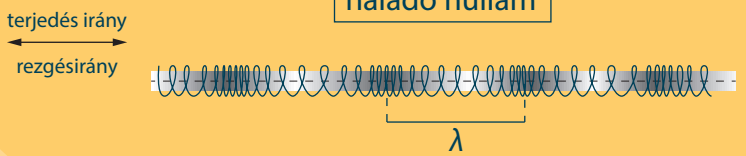
transzverzális



energia ✓

anyag ∅

haladó hullám



$c = \frac{\lambda}{T}$

longitudinális

HULLÁMOK

- VONALMENTI
- FELÜLETI
- TÉRFOGATI
- HALADÓ
- ÁLLÓ
- LÖKÉS
- MECHANIKAI
- ELEKTROMÁGNESES

HANGHULLÁM $c_{levegő} = 340\ \frac{m}{s}$

HANGERŐSSÉG DB

< 0 dB

0 dB –120 dB

> 120 dB

HANGMAGASSÁG HZ

$f_{infra} < 20$ Hz

20 Hz < f < 20 kHz

$f_{ultra} > 20$ kHz

ZENEI HANG

F	G	A	B
349 Hz	393 Hz	440 Hz	492 Hz

$f_A = 440$ Hz

állóhullám



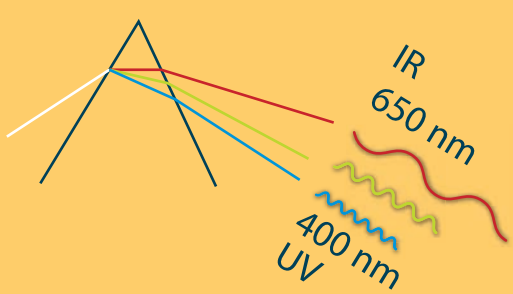
lökéshullám



$\frac{f_1}{f_2}$ = kis egész számok hányadosa =



FÉNYHULLÁM



SZÍNEK



IX. KÖRNYEZETÜNK

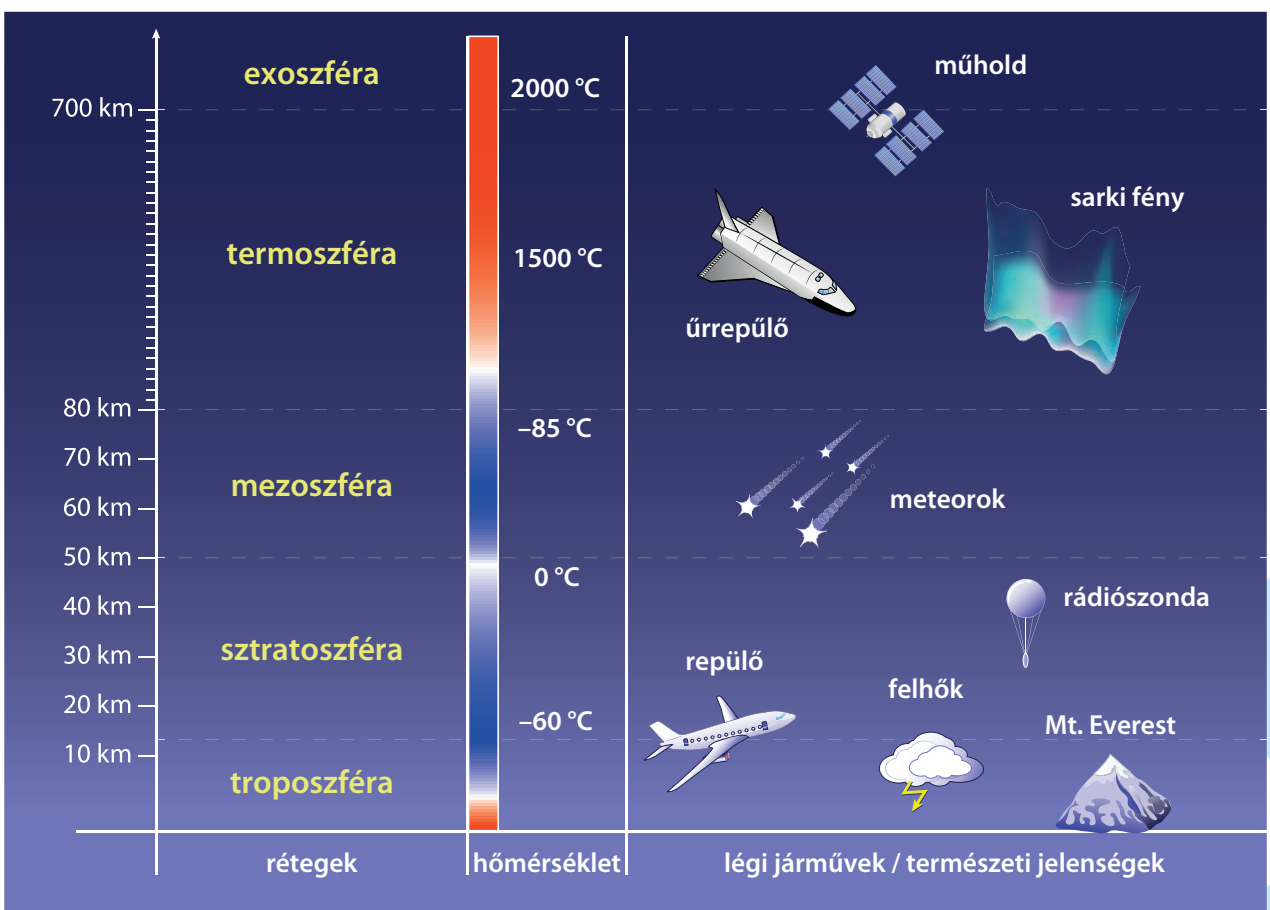
1. Az éghajlatváltozás okai

Melyből kiderül, hogy mi határozza meg alapvetően a Föld éghajlatát. Az is kiderül, hogy milyen rétegei vannak a légkörnek, hol található az ózonpajzs, és hogyan hatott rá az emberi tevékenység.

Földrajzból tanultad, hogy az éghajlat egy bizonyos területre jellemző időjárási jelenségek összessége. A teljes bolygónkra jellemző viszonyokat alapvetően a Föld tengelyferdesége, a napsugárzás mértéke és a légkör összetétele, mennyisége határozza meg. A tengelyferdeség, a Föld forgása és a Föld Nap körüli pályája miatt éghajlati övek alakultak ki, amelyek elsősorban a beeső napsugárzás mennyisége miatt különböző hőmérsékletűek. A helyi időjárási viszonyokat nagymértékben befolyásolja a domborzat, a kisebb-nagyobb vízfelszínek közelsége.

Földünk globális éghajlatát, az **éghajlatváltozást** befolyásolhatják külső és belső tényezők. Jelenlegi ismereteink szerint például a naptevékenység periodikus változása kimutatható mértékben befolyásolja az időjárást. A vulkánkitörések alkalmával a légkörbe nagy mennyiségű por kerül, amely komoly ingadozásokat idézhet elő az érintett területeken. A földtörténet során előforduló nagyobb méretű kozmikus testek becsapódásai szintén jelentős időjárási eseményeket vontak maguk után.

Az időjárásra azonban nemcsak az előbbi jelenségek vannak hatással, hanem az emberi tevékenység is. Ez elsősorban arra vezethető vissza, hogy az emberi tevékenység a légkör összetételét megváltoztatja, például bizonyos összetevők mennyiségét növeli. Az emberi hatás megértéséhez először nézzük meg a légkör szerkezetét.



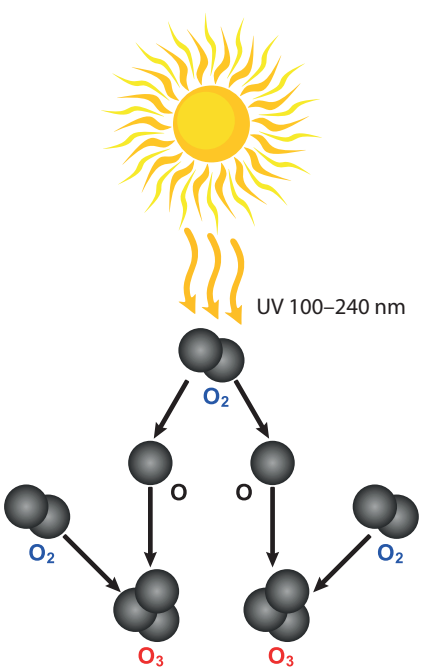
A légkör rétegződése

Magasság a földfelszíntől (km)	Légnyomás (kPa)	Sűrűség $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$	Hőmérséklet (°C)	Név
0–15	100–22,5	1,23–0,36	25–(–45)	troposzféra
15–50	22,5–0,1	0,36–0,0014	(–45)–0	sztratoszféra
50–80	0,1–0,001	0,0014–0,00002	0–(–100)	mezoszféra
80–700	< 0,001	< 0,00002	(–100)–2000	termoszféra
700–10 000				exoszféra

A tömegvonzás miatt a légkör a földfelszínen a legsűrűbb, 1,23 $\frac{kg}{m^3}$. A sűrűség a magassággal folyamatosan csökken, ahogy a táblázatban is láthatod. A földfelszínen 100 kPa körüli a légnyomás. Tanultad, hogy ez amiatt van, mert a földfelszínre a felette lévő levegőtömeg nyomást gyakorol. A magassággal csökken a felettünk lévő légtömeg, ráadásul a levegő sűrűsége is csökken, ezért a légnyomás is csökken, ahogy egyre feljebb megyünk. 50 km-es magasságban például már csak körülbelül 0,1 kPa, tehát ezredrésze a felszíni légnyomásnak.

A légkör fizikai tulajdonságait, például a nyomását, sűrűségét, hőmérsékletét, páratartalmát többnyire meteorológiai ballonokkal feljuttatott műszerekkel mérik meg. A mérésekből kiderült, hogy a levegő hőmérséklete hogyan változik a magassággal. Tapasztalatunk szerint minél magasabban vagyunk a tengerszinttől, annál hűvösebb, hidegebb az időjárás. A hegységekben az úgynevezett hóhatár 3–6000 méter körül van, a hegységekben efölött sosem olvad el a hó. Kiderült azonban, hogy a hőmérséklet csak egy bizonyos határig, körülbelül 15 km-ig csökken, ezután újra növekszik 50 km-es magasságig. 50–80 km közt újra csökkenés tapasztalható, majd 80 km felett ismét növekszik a hőmérséklet.

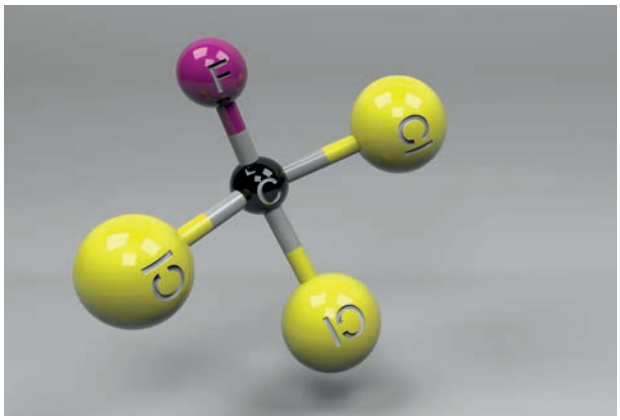




A légkör tagolását a hőmérsékleti rétegződés alapján végezzük. Az egyes rétegek határait ott húzzuk meg, ahol a hőmérséklet csökkenésből növekedésbe vagy növekedésből csökkenésbe vált át. A legalsó réteg a troposzféra. Itt zajlik le az időjárási jelenségek nagy része, itt képződnek a felhők, az alapvető légköri áramlások (szelek) itt jönnek létre. A légkör tömegének körülbelül 80%-a ebben a rétegben található, emiatt az üvegházhatás – amelyről a következő leckében fogsz tanulni – is itt zajlik.

A következő réteg a sztratoszféra, itt a hőmérséklet emelkedni kezd a magassággal. A magasabb hőmérsékletet a légköri ózon képződése és jelenléte okozza. A napfény rövidebb hullámhosszú, ultraibolya (röviden UV, ez az angol ultraviolet szó rövidítése) sugárzásának hatására a kétatomos oxigénmolekulák felbomlanak. A szabad oxigénatom egy kétatomos oxigénmolekulával reakcióba lép, és háromatomos oxigénmolekulák keletkeznek, ez az ózon. Az ózon UV-sugárzás (ez kicsit más hullámhosszúságú, mint az oxigénmolekula bomlása esetében) hatására szintén elbomlik, ezáltal UV-sugárzást nyel el. Ebben a rétegben tehát jelentős mennyiségű, az ultraibolya sugárzásból eredő napenergia nyelődik el, ez okozza ennek a rétegnek a felmelegedését.

Az emberi tevékenység hatása az ózonrétegre



A hűtőszekrényekben, hajtógázas dezodorokban és egyéb helyeken alkalmazott CFC (klór-fluor-karbon) vegyületről 1976-ban derült ki, hogy a légkörbe kerülve milyen problémát okoz. A sztratoszférába jutva ugyanis a napsugárzás ezekből a molekulákból leszakítja a klórt, amely katalizátorként elősegíti, hogy a háromatomos ózonmolekulából kétatomos oxigénmolekula képződjön. Az ózonréteg emiatt elvékonyodik, ami azt jelenti, hogy nagyobb mértékben fog a légkörön átjutni az ultraibolya sugárzás. Az 1980-as évek végén nemzetközi szinten fokozatosan betiltották a CFC-gázok gyártását és alkalmazását. A légkörbe került gáz azonban nem azonnal kerül a sztratoszférába, hanem fokozatosan jut el egyre magasabb rétegekbe. Emiatt még hosszú évekig tartott, amíg az ózonréteg vékonyodásának folyamata megállt, illetve visszafordult. A tiltások eredményeként a 2000-es évek elejétől már csökken a légkör CFC-tartalma, azonban még több évtizedig eltart, míg elfogadható szintre ér, és az ózonréteg vastagsága visszatér a CFC-gázok előtti szintre.

Az ózonréteg vagy ózonpajzs elvékonyodásának következtében a földfelszínt nagyobb mennyiségben éri az ultraibolya sugárzás, amely többek közt károsan hat az ember bőrére és szemére. Kisebb mennyiségben leégést, nagyobb mennyiségben égési sérüléshez hasonló tüneteket, hosszabb távon a bőr rákos elváltozását okozza.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

éghajlatváltozás

A Föld éghajlatát kozmikus és földi eredetű hatások alakítják. A légkört a hőmérséklet változása alapján osztjuk fel különböző rétegekre. Az ózonréteget a Nap UV-sugárzása hozza létre, az így létrejövő réteg óvja a Föld felszínét a káros sugárzástól. Az emberi tevékenység hatására a légkörbe került CFC-gázok jelentősen vékonyították az ózonpajzsot, de ezt a folyamatot sikerült visszafordítani.

Megoldandó problémák, feladatok

1. Vajon tényleg ki tud lyukadni az ózonréteg? Nézz utána, hogy mit jelent az ózonlyuk kifejezés! Mikor fedezték fel? Hol vannak a legnagyobb ózonlyukak? Hogyan változott a méretük az elmúlt évtizedekben?

2. Nyáron különösen erős UV-sugárzás érheti a bőrünket, szemünket. Sorold fel, hogy milyen módokon kell védekeznünk ellene! Hogyan érdemes óvni a szemünket? Miért és milyen UV-szűrős (milyen hullámhosszt legyen képes kiszűrni) napszemüveget válasszunk, hogy megfelelő legyen a védelem? Ha nem jó napszemüveget választunk, több bajt okozunk a szemünknek, mintha nem viselnénk. Hogyan tudnád ezt a szem működése alapján megmagyarázni?

3. A légkör szerkezetét bemutató táblázatban szerepel az exoszféra. Ez a réteg már folytonosan megy át a bolygóközi térbe. Mekkora itt a hőmérséklet? Vajon miért nem írtunk adatot a táblázatba a hőmérséklethez? És a nyomáshoz, valamint a sűrűséghez?

4. Mennyi ideig tud egy meteorológiai ballon méréseket végezni? Honnan lehet tudni, hogy milyen magassághoz tartoznak a mérési adatok? Hogyan jutnak le a földre az adatok? Nézz utána!

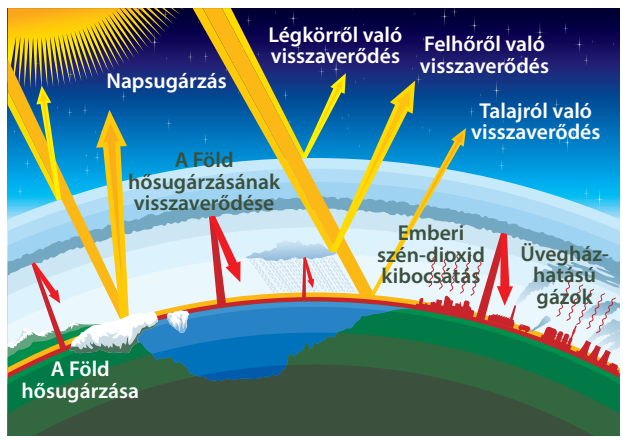
2. Az üvegházhatás és következményei

Melyből kiderül, hogy mit jelent az üvegházhatás, hogyan változik Földünk éghajlata, és ezt mi okozza, és hogyan befolyásolja a változást az emberi tevékenység.

Magyarországon a napi hőingás, azaz az egy nap alatt legnagyobb és legkisebb mért léghőmérséklet különbsége 5–20 °C körül van. A Föld más pontjain vannak ennél magasabb hőingásértékek is, a sivatagokban néha 50 °C-os is előfordul. Ez nem tűnik soknak, ha összehasonlítjuk például a Hold nappali és éjszakai hőmérsékletének különbségével, ami 200–250 °C körül van. Az alapvető különbség, ami miatt a bolygónkon viszonylag kicsi a hőingás, az az, hogy a Földnek van légköre, a Holdnak pedig nincs.

A Napból érkező sugárzásból a látható fény az optikánál tanultak alapján kis részben visszaverődik a légkör külsőbb rétegeiről, illetve a troposzférában található felhőkről. Nagyobb része azonban átjut rajta, és eléri a földfelszínt. A felszínen a talaj a fényvisszaverő képességétől függően részben elnyeli, részben visszaveri a napfényt. Ha megmérjük, hogy egy felület a ráeső napfény hány százalékát veri vissza, akkor megkapjuk az adott felület albedóját. A hó albedója körülbelül 85%, egy füves területé 25%, az aszfalté 10% körül van.

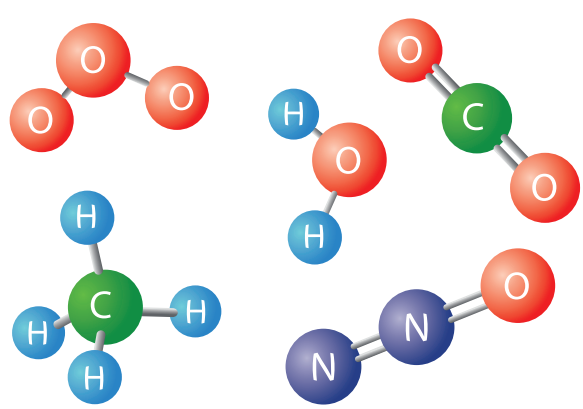
A sugárzás elnyelése azt jelenti, hogy a napfény energiája a felszín belső energiáját növeli. Ez többnyire azt eredményezi, hogy a felszín melegszik, azaz nő a hőmérséklete, de jelentheti azt is, hogy a felszínt borító hó vagy jég elolvad. A felmelegített felszín a belső energiájának csökkenése mellett folyamatosan hősugárzást bocsát ki. A hősugárzás a látható fénynél hosszabb hullámhosszúságú elektromágneses hullám, az úgynevezett infravörös (röviden IR, az angol infrared szó rövidítéséből) sugárzás.



A felszín által kibocsátott infravörös sugárzás a világűr felé halad, azonban a légkörből csak egy része jut ki. A légkörben található molekulák egy része az infravörös sugárzást visszaveri a földfelszín felé, amely elnyeli ezt a visszavert sugárzást, és belső energiája emiatt növekszik. Úgy is megfogalmazhatjuk, hogy ezek a molekulák a távozó hősugarak egy részét visszatartják, és ezzel melegen tartják a felszínt. A jelenséget üvegházhatásnak nevezzük.

Üvegházhatású gázok

A légkör 78%-a nitrogéngáz (N_2), 21%-a oxigéngáz (O_2), a többi összetevő összesen 1%-ot tesz ki (a százalékok térfogatszázalékot jelölnek). Ez utóbbi 1%-nak a legnagyobb része argongáz (Ar), kisebb része vízgőz (H_2O), szén-dioxid (CO_2), metán (CH_4) és egyéb molekulák. Utóbbiak az üvegházhatás okozói. Az üvegházhatást okozó anyagok ezek szerint igen csekély mértékben vannak jelen a légkörben, jelentőségük mégis nagy az időjárás alakításában. Kisebb



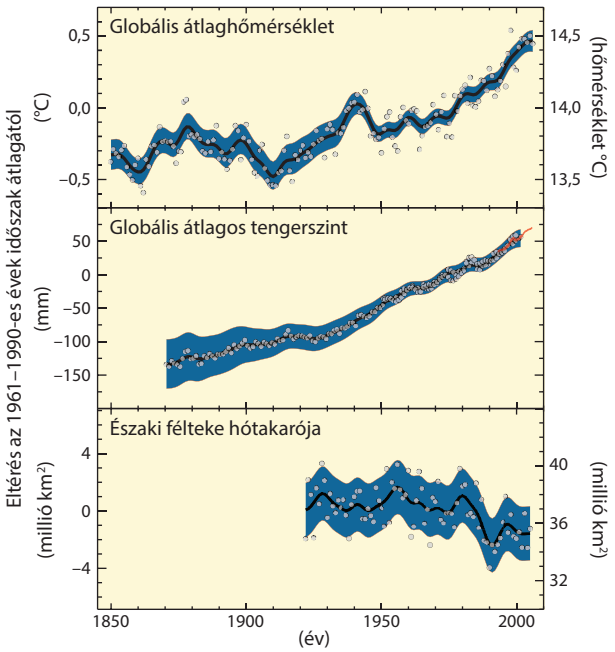
mértékben, de részt vesz az üvegházhatás kialakításában a természetes úton keletkező ózon és a dinitrogén-oxid (N_2O), amely főleg mesterséges úton kerül a légkörbe.

A Föld időjárásának változása

Bolygónk különböző helyein, az Egyenlítőtől az Északi-sarkig meteorológiai állomásokon folyamatosan mérik a levegő hőmérsékletét. Mérik azt is, hogy a tengerszint változik-e, és ha igen, akkor hogyan. Ma már főként műholdas felvételek alapján a hóval borított földfelszín területét is mérik. Az alábbi három grafikonon az elmúlt kb. 150 év változásait lehet nyomon követni.

A legfelső grafikonon főleg az 1950-es évektől kezdődően egyértelműen növekvő átlaghőmérsékletet lehet megfigyelni. A változás körülbelül 1 °C. A hőmérséklet emelkedése összefüggésben van a tengerek és óceánok szintjének változásával is. Ha magasabb a hőmérséklet, akkor a hóval borított területek mérete csökken, nagyobb mennyiségű hó tud megolvadni. A megolvadó hómennyiség jelentős része előbb-utóbb a tengerekbe, óceánokba folyik, emiatt ezek szintje megemelkedik. A Föld átlaghőmérsékletének emelkedését globális felmelegedésnek nevezzük.

A hőmérséklet, a tengerszint és az északi félteke hótakarójának változásai



A globális felmelegedés oka

A földtörténet során többször előfordult, hogy a bolygó éghajlata jelentősebben megváltozott. A jégkorszakok alatt a Föld átlaghőmérséklete alacsonyabb volt, mint a jégkorszakok közti időszakokban. Az előző leckében tanultuk, hogy az éghajlatot, illetve annak változását több tényező is befolyásolja. A jégkorszakok kialakulása például még ma is intenzíven kutatott terület, valószínűleg több tényező együttes, egymást erősítő hatása okozhatja. Mára azonban kiderült, hogy a jelenleg tapasztalható globális felmelegedés az emberi tevékenységnek köszönhető, és nem egy földtörténeti korszak jellemző felmelegedését tapasztaljuk.

Az emberi tevékenység szerepe a globális felmelegedésben

Az iparosodás, a fosszilis energiahordozók használata, a különböző vegyipari tevékenységek következtében a légkörbe egyre több olyan gáz jut, amelyek fokozzák az üvegházhatást. Az üvegházhatás fokozódása pedig a Föld átlaghőmérsékletének emelkedését eredményezi.

Az életünk számos területén használunk fosszilis energiahordozókat (kőolaj, kőszén, földgáz). A közlekedési eszközök közül a benzin- és dízelüzemű gépjárművek (autók, motorok, buszok), a dízelmozdonyok és hajók, a kerozint használó repülőgépek mind-mind kőolajszármazékokkal üze-

melnek. Az elektromos energiát előállító erőművek egy jelentős részében földgáz vagy kőszén eltüzelésével nyerik a szükséges energiát. Magyarországon az egyik legelterjedtebb háztartási fűtőanyag a földgáz, ezt használjuk az otthoni gázkazánokban, a ház központi fűtését biztosító kazánokban és a legtöbb távfűtőműben is. A fosszilis energiahordozók elégetése közben szén-dioxid-gáz is keletkezik. A szén-dioxid az égéskor a légkörbe kerül, elkeveredik, és növekszik a légkör szén-dioxid-tartalma.

Egy másik jelentős üvegházhatású gáz a metán. Ez a szénhidrogén többek közt az állattenyésztés következtében kerül nagyobb mennyiségben a légkörbe, ugyanis a kérődző szarvasmarhák emésztése során metán is keletkezik. A kőolaj és a földgáz kitermelésekor, a szállítás során szivárgásból, majd a feldolgozáskor is kerül a légkörbe számottevő mennyiségű metán.

A légköri üvegházhatású gázok mennyiségének növekedését egyértelműen lehet mérni. Az emberi tevékenység által a légkörbe juttatott gázok mennyisége is egyre pontosabban tudható. Összességében tehát az emberi tevékenység a légköri üvegházhatású gázok mennyiségének növelésével idézi elő a globális felmelegedést.

A globális felmelegedés következményei

A felmelegedésnek nagyon sokrétű következménye van, illetve lehet. Általánosságban elmondható, hogy az éghajlatra a szélsőségesebb időjárási viszonyok jellemzőbbek. Szárazabbak és melegebbek a meleg évszakok, a csapadék eloszlása sokkal ingadozóbb, a rövid idő alatt nagy mennyiségű csapadékhullás egyre jellemzőbb, ezek pedig úgynevezett villámárvizeket okoznak. Az egyik legnagyobb probléma pedig az, hogy hosszabb távon akár visszafordíthatatlanná is válhat a felmelegedés. A melegebb éghajlat egyre több vízgőzt juttat a légkörbe, a kőzetekből is egyre több szén-dioxid szabadulhat fel, az állandóan fagyott területek (permafroszt) megolvadása miatt a talajból metán szivárog ki. Ezek tovább növelik a felmelegedést, és a folyamat önmagát ismételheti, és egyre inkább fokozódhat, ha nincs olyan folyamat, amely ezt kellőképpen ellensúlyozza.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

üvegházhatás

Az emberi tevékenység a légköri üvegházhatású gázok – elsősorban a szén-dioxid és a metán – mennyiségét folyamatosan növeli. Ez fokozza az üvegházhatást, amelynek következménye a Föld globális felmelegedése. A felmelegedés elsősorban szélsőségesebb időjárási viszonyokat okoz világszerte.

Megoldandó problémák, feladatok

1. A lecke alapján magyarázd meg, hogy télen síeléskor miért barnul le az arcunk, míg ugyanígy télen a városban sétálva pedig nem.

2. A tengerszint változását bemutató grafikon alapján körülbelül hány centimétert nőtt a vízszint 1900 és 2000 közt? Mennyi volt a 2000-es évek elején az átlaghőmérséklet a felső grafikon alapján? Az 1950-es évek óta körülbelül mennyivel csökkent a hóval borított terület az alsó grafikon adatai szerint?

3. Nézz utána, hogy mi az a Vahava-projekt! Milyen megállapításokat tettek a projekt során? Milyen foglalkozású emberek vettek részt benne?

4. Gondold végig egy napodat! Mik azok a tevékenységeid, amelyek során szén-dioxid keletkezik? Hogyan, miért kerül ilyenkor ez a gáz a légkörbe? Gondolj például az iskolába való eljutásodra, az étkezéseidre, elektromos eszközök használatára!

3. Fényszennyezés, zajszennyezés

Melyből kiderül, hogy mit értünk fényszennyezés és mit zajszennyezés alatt, milyen hatásaik vannak, és hogyan lehet őket csökkenteni.

Késő este, ha kinézel az ablakodon, a lakóhelyedtől függően sokféle mesterséges fényforrás fényét észleled. Az utcákon égnek a lámpák, az elhaladó gépkocsik fényszórói világítanak, a szomszéd házakból átszűrődik a televízió képernyőjének fénye. Az elektromosság elterjedése, a villanyvilágítás általánossá válása, az esti-éjszakai kulturális élet, az éjszakai szállítás és közlekedés általánossá válása, valamint a díszkivilágítások, fényreklámok megjelenése maga után vonta a fényszennyezés jelenségét.



A fényszennyezés fogalma

A **fényszennyezés** fogalmának meghatározásakor abból indulunk ki, hogy csak mesterséges fényforrásból származó fény lehet szennyező, illetve abból, hogy ezen fényforrások használata szükséges. Akkor beszélünk fényszennyezésről, ha a fényforrás olyan területeket is megvilágít, a fény olyan helyre is eljut, ahová eredetileg nem szánták. Fizikai szempontból ezt pontosabban kell megfogalmazni, hiszen a fény különböző felületekről visszaverődik, a levegő részecskéin szóródik, így szinte biztosan eljut olyan helyekre, ahova eredetileg nem szánták. Ezért a gyakorlatban a fényerősségre vagy a felület megvilágítására vonatkozó határérték túllépését érthetjük szennyezésen.

A fényszennyezés alapvetően különbözik a hagyományos értelemben vett szennyezésektől. A vegyi anyagok környezetbe jutása vagy a hulladékok illegális elhelyezése hosszú távú és sokszor nagyon nehezen kezelhető környezetkárosítás. Úgy is mondhatjuk, hogy ezek anyagi típusú szennyezések. A fényszennyezés energia típusú szennyezés, mert ha kikapcsoljuk az energiaforrást, akkor azonnal megszűnik a szennyezés is.

A fényszennyezés hatásai

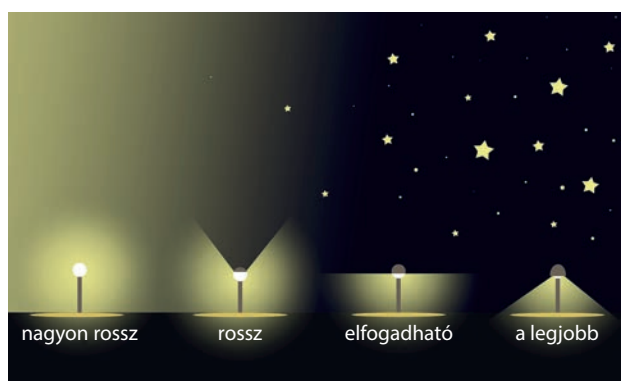
A fényszennyezésnek, illetve összességében a mesterséges fények élővilágra és köztük az emberre gyakorolt hatása ma is fontos kutatási terület. Az ember a lakásában, a házában a fényeket le tudja kapcsolni, a kintről bevilágító vagy beszűrődő fényeket függönnyel vagy redőnnyel korlátozni tudja. Az élővilág azonban ugyanezt nem tudja megtenni. Az éjszakai életmódot folytató élőlények életritmusát biztosan megzavarja a mesterséges fényforrások jelenléte. Ezt te magad is észlelheted, ha egy utcai lámpa körül megfigyeled, hogy mennyi ízeltlábú állat repked.

A nem megfelelően elhelyezett világítás a közlekedés biztonságát is veszélyeztetheti. Egy rosszul elhelyezett lámpa elvakíthatja a gépjármű vezetőjét, ezzel akár balesetet is előidézhet. Közvetett hatásnak tekinthető, hogy a felesleges fénykibocsátás felesleges elektromosenergia-fogyasztást is jelent. Az előző lecke alapján pedig tudjuk, hogy az elektromos energia előállítása során keletkezett szén-dioxid mint üvegházhatású gáz kerül a légkörbe.

Az éjszakai világítás miatti háttérfény a csillagos égbolt szabad szemmel történő megfigyelésétől is megfosztja az embert. Ez különösen a városokra igaz, de ma már a kisebb településeken is egyre kevésbé élvezhetjük az égitestek látványát.

A fényszennyezés csökkentése

A fényszennyezés fogalmának és sajátosságának megfelelően gondoljuk végig, hogy milyen csökkentési lehetőségek lehetnek. A legkézenfekvőbb, hogy amikor nincs szükségünk egy fényforrásra, akkor kapcsoljuk le. Ha például égve hagyunk egy lámpát a szobánkban, és onnan kimegyünk, akkor nemcsak energiát pazarlunk, hanem az ablakon kiáramló, kiszűrődő fénnyel hozzájárulunk a fényszennyezéshez. Az ünnepi díszvilágítások, amikkel például az ablakokat, erkélyeket kivilágítjuk, az éjszaka nagy részében feleslegesen világítanak, hiszen szinte senki nem látja őket, viszont az éjjel aktív állatokat zavarja. A világítótesteket úgy kell megválasztani, hogy mindig a megfelelő helyre világítsanak, és azon kívül pedig ne. Az utcai lámpáknál ez például azt jelenti, hogy a lámpatest vízszintesénél csak lejjebb világítson, felfelé semmiképp sem.



A zajszennyezés fogalma

Ha az utcán leülsz egy padra, és pár percig figyelsz a téged körülvevő hangokra, akkor megállapíthatod, hogy a természetes eredetű hangokon és az emberi beszélgetéseken kívül milyen sokféle egyéb, mesterséges forrásból származó hangot is hallasz.

Az iparosodás és a városias élet magával hozta az egyre erősödő zaj jelenségét is. A zaj olyan hanghullám, amely az embert zavarja, és akár egészségkárosodást is okozhat, ennek negatív hatását nevezzük **zajszennyezés**nek. A hangok zajként való besorolása



némileg személyfüggő, hiszen például a zenehallgatás az egyik embernek kellemes, míg egy másikat kifejezetten zavarhat. A zajszennyezés hasonló a fényszennyezéshez abban az értelemben, hogyha a zaj forrása megszűnik, akkor a szennyezés is rögtön megszűnik, tehát ez is energia típusú.

A zajszennyezés hatásai

A zajszennyezés egészségkárosító hatása egyértelműen kimutatható. Erről a hatásról már tanultál az előző fejezetben. Magad is valószínűleg tapasztaltad már, hogy az éjszakai pihenést, az alvást kifejezetten megzavarja a zaj, előfordul, hogy elaludni sem tudunk miatta. A nem megfelelő pihenés pedig károsan hat a szervezetünkre. A zaj hatása függ a hangerősségtől, a hangfrekvenciától, valamint attól is, hogy milyen hosszan és milyen rendszerességgel vagyunk kitéve a zajnak.

A zajszennyezés forrásai, védekezési lehetőségek



Nem természetes eredetű zajok származnak többek között a közlekedésből, az építkezésekből, a felújítási munkálatokból, az otthoni háztartási gépek használatából. A zajártalom csökkentése érdekében különböző szabályok vonatkoznak például a háztartási gépek zajszintjére, egy bizonyos hangerősségnél nem lehetnek hangosabbak. Vannak azonban olyan eszközök, amelyek jellegüknél fogva üzemelés közben meghaladják az elfogadható zajszintet, ilyen például egy parkettacsiszoló gép, egy építkezésen használt légkalapács vagy egy gyárban használt fűrészgép. Ezekben az esetekben a gépet kezelő személynek fülvédő eszközt kell használni a zajcsökkentés és a zajártalom megelőzése érdekében.

A legkézenfekvőbb megoldás a zaj forrásának megszüntetése, ez azonban sokszor kényszerűségből nem valósítható meg. További lehetőség az állandó zajforrások hangszigetelése. A házakat burkoló szigetelőanyagok, a nyílászárók nemcsak hőszigetelő, hanem hangszigetelő tulajdonságokkal is kell hogy rendelkezzenek. A gyorsforgalmi utak mentén gyakran találkozhatunk zajvédő falakkal.



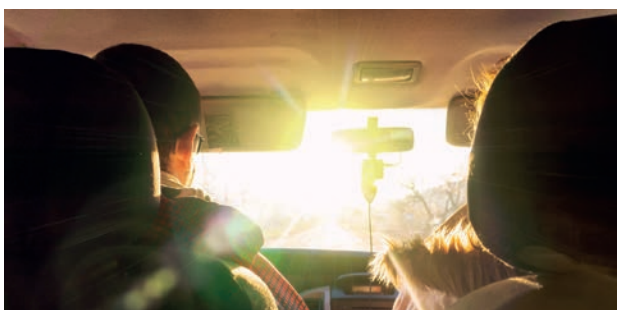
Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A fényszennyezés és a zajszennyezés a civilizált élet velejárói, azonban mindkettőnek szükséges a lehető legkisebbre való csökkentése mind a természeti környezet, mind a saját és környezetünk egészségének megóvása érdekében. A fény- és a zajszennyezés is energia típusú szennyezés.

fényszennyezés **zajszennyezés**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Nézz utána, hogy mi a különbség a gépkocsik tompított fényszórója, távolsági fényszórója és ködfényszórója közt! Távolsági fényszórót nem szabad lakott területen használni. Szerinted miért nem? Milyen további szabályok vonatkoznak a gépkocsik fényszóróhasználatára?



2. Figyeld meg, hogy a lakóhelyeden hányféle mesterséges háttérzajforrást tudsz azonosítani! Ezek közül melyek származnak bentről, és melyek kintről? Tudnád ezek közül valamelyiket csökkenteni vagy esetleg megszüntetni? Hogyan?

3. Gondoljátok végig, beszéljétek meg, hogy ti a hétköznapi életetekben hogyan tudnátok a fényszennyezés mértékét csökkenteni!

4. Nézz utána, hogy a településeden vagy a társasházban, lakóközösségben, ahol laksz, milyen szabályok vonatkoznak a zajos tevékenységekre! Mikor és milyen zajjal járó tevékenységet lehet folytatni, és mi az, ami tilos?



4. Fenntarthatóság

Melyből kiderül, hogy mi minden tartozik a fenntarthatóság fogalma alá, mit jelent a környezettudatosság, és mi az az ökológiai lábnyom.

A mai társadalom egyik kulcsfogalma a fenntarthatóság. Azt jelenti, hogy a jelenkor társadalmának olyan módon kell a szükségleteit kielégítenie, hogy közben ez a lehetőség megmaradjon a későbbi korok társadalmának is. Ez a fogalom igen szerteágazó, magában foglal társadalmi, gazdasági, kulturális és környezeti vonatkozásokat is.

Ebben a leckében azokra a területekre koncentrálunk, amelyek szorosan kapcsolódnak az eddigi fizikai ismereteinkhez.

Szükségletek

Pusztán a szükségleteink felsorolása is igen sokrétű. Fontos a megfelelő táplálkozás, a higiénia, az egészségünk megóvása. Az öltözködés, a kellemes beltéri hőmérséklet biztosítása, a közlekedés szintén ide tartoznak. A modern korban rengeteg tárgyat, berendezést, gépet, elektromos eszközt is használunk részben az alapvető szükségletek kielégítésére, részben pedig szórakozásra, kulturális tevékenységre, alkotásra. Fizikai szemszögből nézve bármely a fentiek közül nyersanyagot és energiát igényel. Az anyagok átalakítása és az energia előállítása pedig különböző mértékben, de mindig jár melléktermékekkel, azaz hulladékkal, szennyezéssel. A hulladékba és a szennyezésbe beleértjük az előző leckében tanult fény- és zajszennyezést, vagy például a gépkocsik üzemelésekor felszabaduló és nem hasznosított hulladékhőt is.



Anyag és energia

Ez a két fizikai fogalom minden termelési folyamatban kéz a kézben jár, egyiket a másiktól nem tudjuk elválasztani. Ezt nézzük meg egy konkrét példán keresztül!

Egyik alapélelmiszerünk a tej. A nagyüzemi tejtermelés előtti időkben a tehenek táplálása úgy zajlott, hogy kihajtották őket a település közelében található legelőre. Az év során felkészültek a téli takarmá-



nyozásra is, a lekaszált füvet szárították, majd esőtől védett helyen tárolták a felhasználásig. A teheneket kézzel fejték, a friss tejet hamar elfogyasztották, a maradékból pedig tartós tejterméket, sajtot készítettek. Ma a tehenek fejése elektromos energiát felhasználó fejőgépekkel történik. A tejet megfelelő hőmérsékletre való melegítéssel – ez szintén energiaigényes művelet – csírátlanítják. Ezután papírdobozokba vagy műanyag palackokba töltik – ezzel egy újabb termelési ág jelenik meg a folyamatban, hiszen a papír, illetve a műanyag előállításához is nyersanyagra és energiára van szükség. A készterméket ezután eljuttatják a boltokba, onnan pedig mi hazavisszük. Mindeközben a tej folyamatos hűtést igényel egészen az elfogyasztásig. A hűtést a szállításkor, a boltban és otthon is meg kell oldani. A hűtőberendezések, hűtőszekrények működtetése további energiafelhasználást igényel. A folyamatban szereplő összes gép (a fejőgép, a szállítóeszköz, a hűtő) további újabb és újabb anyag- és energiaigényes folyamatok végeredménye.

Hulladékok

A fogalom alatt legtöbbször az anyagi hulladékokat értjük, de általánosabban ide tartozik a fentebb említett fény- és zajszennyezés, valamint a hulladékhő is. A hulladékok bármely fajtája értékes lehet, hiszen benne találhatók az előállításukhoz használt nyersanyagok vagy az ezekből energiabefektetéssel előállított anyagok is. Ha erről lemondunk, egyszerűen kidobjuk a hulladékot és soha többé semmire sem használjuk, akkor szemét lesz belőle.



A 20. és 21. században az egy emberre jutó hulladék mennyisége folyamatosan növekszik. Ha ezt a folyamatot nem tudjuk megállítani, akkor a földi élet nem lesz fenntartható, mivel a Föld készletei végesek. A hulladékok mennyiségének csökkentésére számtalan megoldási lehetőség kínálkozik. A legkézenfekvőbb az, ha nem termelünk hulladékot, így sem nyersanyagot, sem energiát nem használunk. Sokat jelent az is, ha olyan termékeket vásárolunk, amelyek fenntartható forrásból származnak, azaz például újrahasznosított vagy újrahasznosítható anyagokból készülnek. A következő lehetőség, ha azokat a dolgainkat, amiket mi már nem használunk, de más még használhatja, azokat továbbadjuk, eladjuk, elajándékozzuk vagy adományozzuk. Ezzel a tárgy előállításához használt anyag és energia bent marad a rendszerben, nem válik hulladékká. A fogyasztási szokásaink abba az irányba változtak, hogy a ruháinkat, eszközeinket inkább kidobjuk, ha elromlanak vagy elszakadnak, pedig a javítás egy újabb lehetőség a hulladék csökkentésére. Ha valami már valóban nem használható tovább, akkor a következő lehetőség az, hogy a tárgyban, eszközben lévő értékes anyagokat szétválogatjuk, és új termékek előállítására felhasználjuk. Mivel a hulladék elszállítása, illetve a szemét kezelése is energiaigényes művelet, így azzal is sokat tehetünk, ha a szerves hulladékot – lehetőségeink szerint helyben – komposztáljuk.

Légszennyezés

Az ózonréteg, illetve a globális felmelegedés kapcsán már tanultad, hogy az emberi tevékenység folytán olyan anyagok kerülnek a légkörbe, amelyek közvetve vagy közvetlenül környezet- és egészségkárosító hatásúak. A molekuláknál jóval nagyobb méretű részecskék, a por és a korom további egészségügyi és környezeti problémákat okoznak. Ezek a kis méretű részecskék a tüdőbe jutva légzőszervi megbetegedést okozhatnak. Gyakorlatilag minden égési folyamat során keletkezik korom, de minél tökéletesebb az



égés, annál kevesebb. Égési folyamat játszódik le a belső égésű motorokban, a fosszilis erőművekben és a lakások, házak nagy részének fűtésekor is.

Fontos tehát, hogy a jó levegőminőség érdekében minél kevesebb por és koromrészecske kerüljön a légkörbe. Például a dízelmotorokban a korom mennyiségének csökkentését úgy érik el, hogy a kipufogógázt megfelelően magas hőmérsékletűre melegítik, ahol a koromszemcsék elégnek. A por kiszűrésének legegyszerűbb módja a mechanikus szűrés, azaz ha egy olyan szűrőt használunk, amelynek a nyílásai kisebbek, mint a porrészecskék mérete (néhány μm), de a levegő molekulái (néhány tized nm) átférnek rajtuk. Így a porrészecskék fennakadnak, a molekulák viszont nem. Egy másik típus az elektrosztatikus szűrő. Itt a levegő átáramlik a szűrőn, eközben a súrlódás következtében elektromos állapotba kerül, hasonlóan a dörzsölési elektromosságnál megismert módon. A szűrőben lévő elektromos tér a töltött porrészecséket a szűrő széléhez vonzza, míg a megtisztított levegő kiáramlik a túloldalon. Ahol az ember közvetlenül találkozik a por forrásával, például bontási munkálatoknál, faipari tevékenységeknél, ott fontos az is, hogy közvetlenül szűrjük a belélegzett levegőt munkavédelmi maszk segítségével.

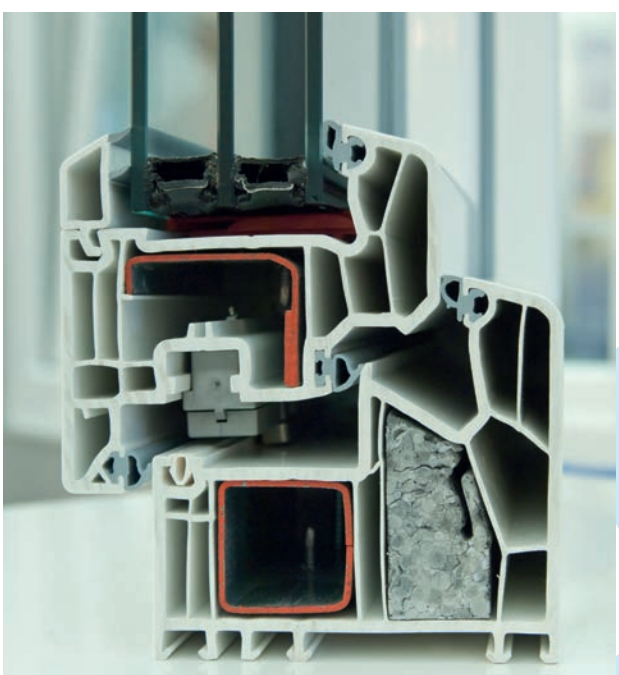
A levegő portartalmát befolyásolja az időjárás. Légtisztító hatású egy kiadós eső, illetve a szél is. Előfordul, hogy egy város levegőjének portartalma a közlekedés miatt megnövekszik, és ha ezt az időjárás nem tudja ellensúlyozni, akkor forgalomkorlátozást rendelnek el. A portartalmat mérőberendezések segítségével állapítják meg, és ma már az interneten jutnak el az adatok oda, ahol a szükséges intézkedéseket meghozzák.

Energiatakarékosság

Az energiával való takarékosság a mai korban azért különösen fontos, mert az energiát jórészt nem megújuló energiaforrásokból nyerjük. Ez azt jelenti, hogy sokkal gyorsabban használjuk fel a forrásokat, mint ahogy azok újra tudnának termelődni a természetes folyamatok során. Emiatt a források előbb-utóbb kiapadnak, és az utánunk jövő nemzedékeknek nem marad. A megújuló energiaforrások ebből a szempontból sokkal jobbak.



Itt is fontos, hogy egyrészt használjunk minél kevesebb energiát, másrészt ha használunk, akkor azt úgy tegyük, hogy minél kevesebb része vesszen



kárba. A házak fűtéséhez energiára van szükség. Korábban tanultad, hogy a hő terjedése hővezetéssel, hőáramlással és hősugárzással valósulhat meg. Ha a házat hőszigeteljük, akkor ezeket a folyamatokat csökkentjük, minimalizáljuk.

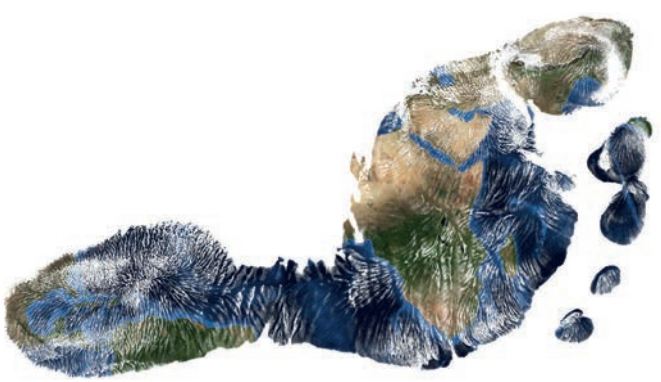
Az optikánál és az elektromosságnál is tanultad, hogy az eszközök hatásfokát is figyelembe kell vennünk, amely éppen azt fejezi ki, hogy a befektetett energia hány százaléka hasznosul. Minél nagyobb ez a százalék, annál energiatakarékosabb az eszköz.



Környezettudatosság és ökológiai lábnyom

A **környezettudatosság** azt jelenti, hogy egyrészt tisztában vagy azzal, hogy bármilyen tevékenységet is végzel, az mindig hatással van a környezetedre. Másrészt azt is jelenti, hogy igyekszel a tevékenységeid során mindig olyan megoldásokat választani, amelyek kevésbé terhelik, szennyezik a környezetet, takarékoskodsz az anyagokkal és az energiával, és odafigyelsz arra is, hogy minél kevesebb hulladékot termelj.

Az ember ma már annyiféle tevékenységet végez, olyan sokféle tárgyat használ, hogy nehéz megmondani, egy-egy ember pontosan mennyire is terheli a környezetet. Erre találták ki az **ökológiai lábnyom** fogalmát. Ez egy terület típusú mennyiség, és azt mutatja meg, hogy az életviteled fenntartásához mekkora földterületre van szükség. Magyarországon ez az érték körülbelül 3 hektár, nagyjából duplája annak a területnek, amennyi egy emberre jut a Földön. Vannak országok, ahol ez az érték alacsonyabb, és vannak olyanok is, ahol 2-3-szor akkora, mint nálunk.



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A fenntarthatóság azt jelenti, hogy a jelenlegi életünkhöz úgy használjunk nyersanyagokat, energiát, hogy a következő generációknak is maradjon, és olyan állapotban őrizzük meg a légkört, illetve a természetet, hogy ők is használhassák. Emiatt fontos a hulladékok mennyiségének csökkentése, az energiatakarékosság, a környezettudatos életmód.

Megtudtuk azt is, hogy a Föld kihasználását területben, az ökológiai lábnyom fogalmával jellemezhetjük.

környezettudatosság **ökológiai lábnyom**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Gondold végig, hogy mi volt az a legutóbbi öt dolog, amit vásároltál! Azt is gondold végig, hogy mindegyikre feltétlenül szükséged volt-e! Mennyire figyeltél oda, hogy amit vásárolsz, az fenntartható forrásból származik-e? Lehet-e újrahasznosítani például a csomagolásukat?

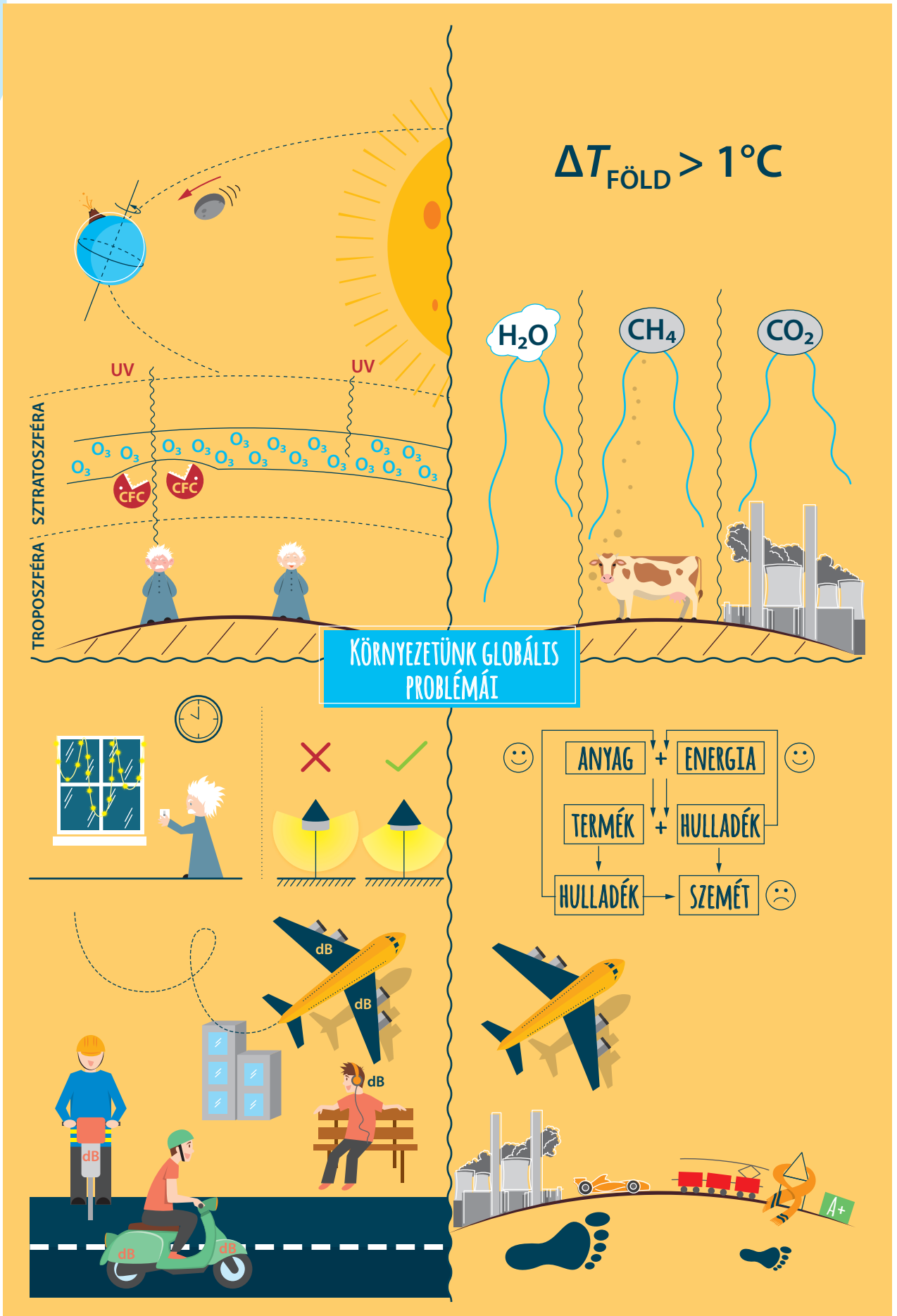


2. A könnyebb megjegyezhetőség érdekében gyakran találnak ki olyan szócsoportokat egy adott témával kapcsolatosan, amelyek ugyanazzal a betűvel kezdődnek. A hulladékokra vonatkozóan az angol nyelvben egy „szóhatost” találtak ki, ezek: refuse, reduce, reuse, repair, recycle, rot. Keresd meg a lecke szövegében az ezeknek a szavaknak megfelelő szövegrészeket! Keress ezek közül néhányra példát a saját életedből!

3. Az egyik képen egy toronyházat látsz, amelyet növények futnak be. Gondold végig, a leckében szereplő információkat is felhasználva, hogy milyen pozitív hatása lehet egy ilyen épületnek!

4. Mit jelent a túlfogyasztása napja kifejezés? Milyen kapcsolat van e között és az ökológiai lábnyom közt? Hogyan változott az elmúlt néhány évtizedben ez a nap? Szerinted mi az oka ennek?




$\Delta T_{FÖLD} > 1°C$
H_2O
CH_4
CO_2
UV
UV
SZTRATOSZFÉRA
TROPOSZFÉRA
O_3
CFC
CFC
KÖRNYEZETÜNK GLOBÁLIS PROBLÉMÁI
ANYAG
+
ENERGIA
TERMÉK
+
HULLADÉK
HULLADÉK
SZEMÉT
dB
dB
dB
dB
dB
dB
A+

X. ÉGI JELENSÉGEK

1. Égi mozgások

Melyből kiderül, hogy mi a kapcsolat az égi mozgások és a naptáraink között, és milyen körülmények közt jöhetnek létre fogyatkozások.

Életünk ritmusát az égbolton megfigyelhető mozgások alapján készített naptáraink határozzák meg. Az idő mértékegységét, a másodpercet is elsőként egy égi mozgás törtrészeként vezették be. A nappali égbolton a Nap, az éjszakai égbolton a Hold a legfényesebb égitest, éppen emiatt a legkorábbi naptárak is e két égitest megfigyelhető égi mozgásai, fényváltozásai alapján készültek el. Fontos tudnod, hogy a Föld különböző pontjairól az égbolt látványa más és más, így az égi mozgások is máshogy néznek ki különböző földrajzi helyekről nézve. Az égi mozgásokat sokáig úgy értelmezték, hogy a Földet helyezték a középpontba (geocentrikus), ami logikusnak tűnik, hiszen itt élünk, innen figyeljük a mozgásokat, az égitestek távolságának meghatározása pedig csak későbbi korokban sikerült. A tudomány fejlődésével egyre inkább bebizonyosodott, hogy a mozgásokat egyszerűbb úgy leírni, ha a Napot helyezzük a középpontba. Ezt nevezzük **napközéppontú világképnek** (heliocentrikus).

A nap

Figyeld meg egy függőlegesen földbe szúrt, egyenes bot árnyékát napkeltétől napnyugtáig! Ha a Napnak háttal állsz, az árnyékot a nap folyamán balról jobbra látod haladni. Az árnyék hossza a nap folyamán változik. Napkeltekor és napnyugtakor a leghosszabb, délben a legrövidebb. A dél éppen azt az időpillanatot jelenti, amikor az árnyék a nap folyamán a legrövidebb, azaz amikor a Nap a látszólagos égi mozgásának legmagasabb pontján van. Az egy nap az az időtartam, ami a Nap két delelése közt eltelik. A Nap látszólagos napi járásának oka, hogy a Föld forog a saját tengelye körül.

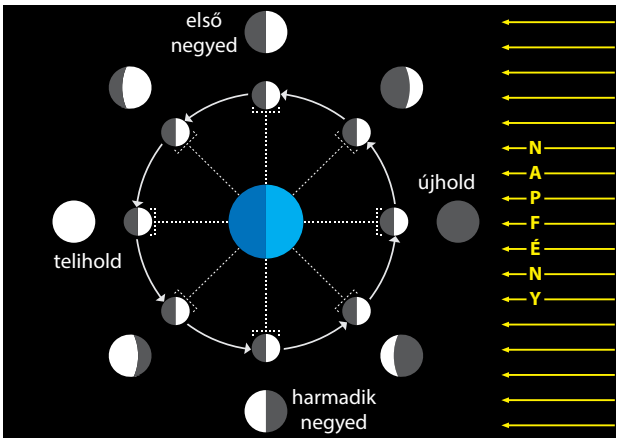
A hónap

A Holdat megfigyelve a leghétköznapibb tapasztalatunk, hogy fázisváltozást mutat, azaz napról napra egyre nagyobb részét látjuk megvilágítva, majd a teljes megvilágítás után napról napra egyre kisebb részét látjuk fényleni. Egy teljes ciklus valamivel több, mint 29,5 napig tart. A hónap mint időegység a holdfázisok ciklusához kapcsolódik. **Holdfázis**on a Hold fényváltozásának egyes állomásait értjük. Az általunk használt naptárban a hónapok 28 (szökőévben 29), 30, illetve 31 naposak. Láthatod, hogy a hónap változó hosszúságú időegység, ezért a fizikában nem használjuk.

A Holdnak nincs saját fénye, a Nap fényét veri vissza. Emiatt mindig az az oldala fényes, amelyik a



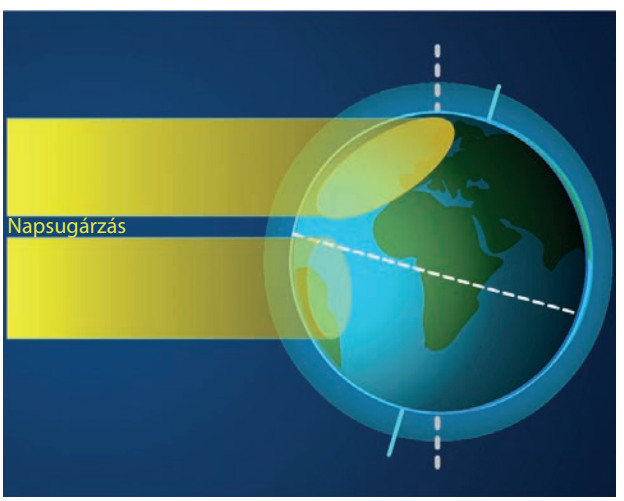
Nap felé fordul. A képen láthatod, hogy újholdkor Holdunk a Föld és a Nap között található, és emiatt a Föld felé a sötét oldala esik. Ahogy továbbhalad a pályáján, a Földről nézve egyre inkább előtűnik a megvilágított fele. Az első negyed akkor következik be, amikor a megfigyelő újhold után először lát félholdat. A Hold további mozgása során a Föld Naptól távolabbi oldalára kerül. Így a megvilágított fele a Föld felé néz. Ezt a helyzetet nevezzük teliholdnak. Telihold után még egyszer bekövetkezik, hogy a teljes holdkorongnak csak a felét látjuk megvilágítva, ez lesz a harmadik negyed.



Az év

Ha napról napra, hétről hétre minden délben megnézzük, hogy a bot árnyéka milyen hosszú, akkor azt figyelhetjük meg, hogy ez a hosszúság változik. Nyáron rövidebb, mint tavasszal és ősszel, télen pedig a leghosszabb. A Napot megfigyelve azt tapasztaljuk, hogy nyáron magasabban delel, mint télen, emiatt változik a déli árnyék hossza. A delelési magasság változását pedig két dolog együttesen okozza: a Föld keringése a Nap körül és a Föld tengelyferdesége. A Föld forgástengelyének állása a csillagokhoz képest nem változik, pontosabban csak igen hosszú idő alatt. Emiatt a Nap körüli keringése során egy adott földrajzi helyen napról napra változni fog a delelési magasság. Az évszakok változása is ehhez a mozgáshoz köthető, ugyanis alacsonyabb delelési magasság esetén ugyanaz a napsugárzás nagyobb területen oszlik el, ezért kevésbé tudja az adott helyet felmelegíteni.

Az évszakok váltakozásához kapcsolódnak a természeti folyamatok is, tehát ezek is a Föld keringésével vannak egyértelmű összefüggésben. Épp ezért az évet mint időegységet a Föld Nap körüli mozgásához igazítjuk. Az év az az időtartam, amely alatt a Föld egyszer végighalad a Nap körüli pályáján.



Fogyatkozások

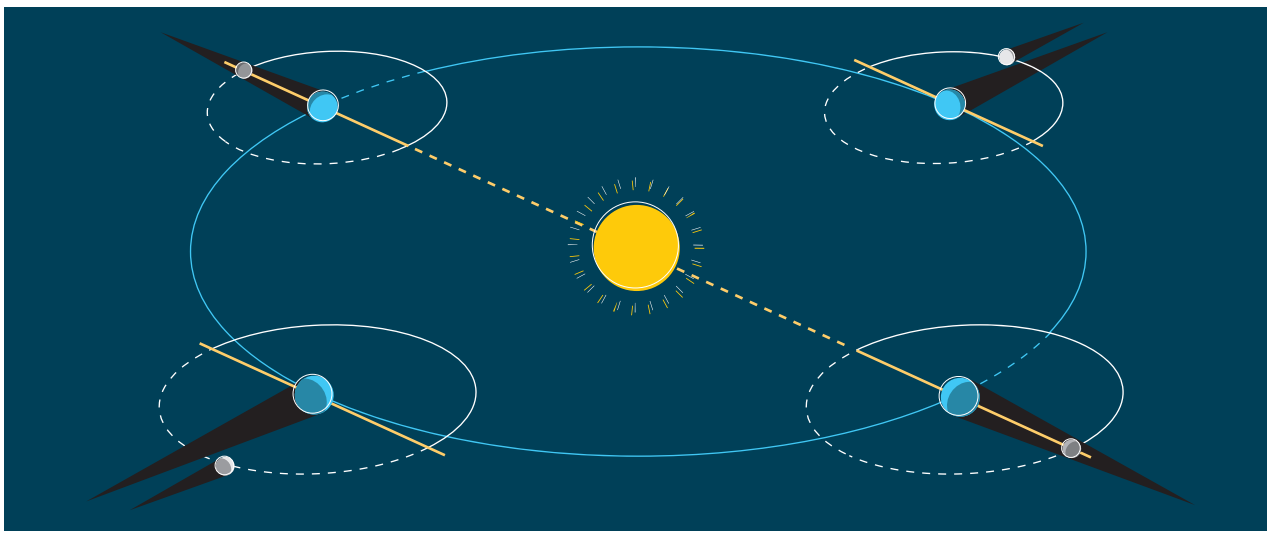
A holdfogyatkozás és a napfogyatkozás mindig is nagy látványosságnak számított, de bizonyos kultúrákban természetfeletti jelentőséget is tulajdonítottak nekik, így fontosságuk még nagyobb volt. A csillagászat fejlődését pedig nagyban segítette, hogy egyre pontosabban szerették volna előre jelezni a fogyatkozásokat.

A **fogyatkozások** olyan árnyékjelenségek, amelyeknél a fényforrás a Nap, holdfogyatkozásnál az árnyékot vető test a Föld, napfogyatkozáskor pedig a Hold. A Föld és a Hold is igen jó közelítéssel gömb alakú, ezért az árnyékuk kúp formájú lesz. Ha egyikőjük árnyékkúpjába bekerül a másik égitest, akkor fogyatkozás jön létre.

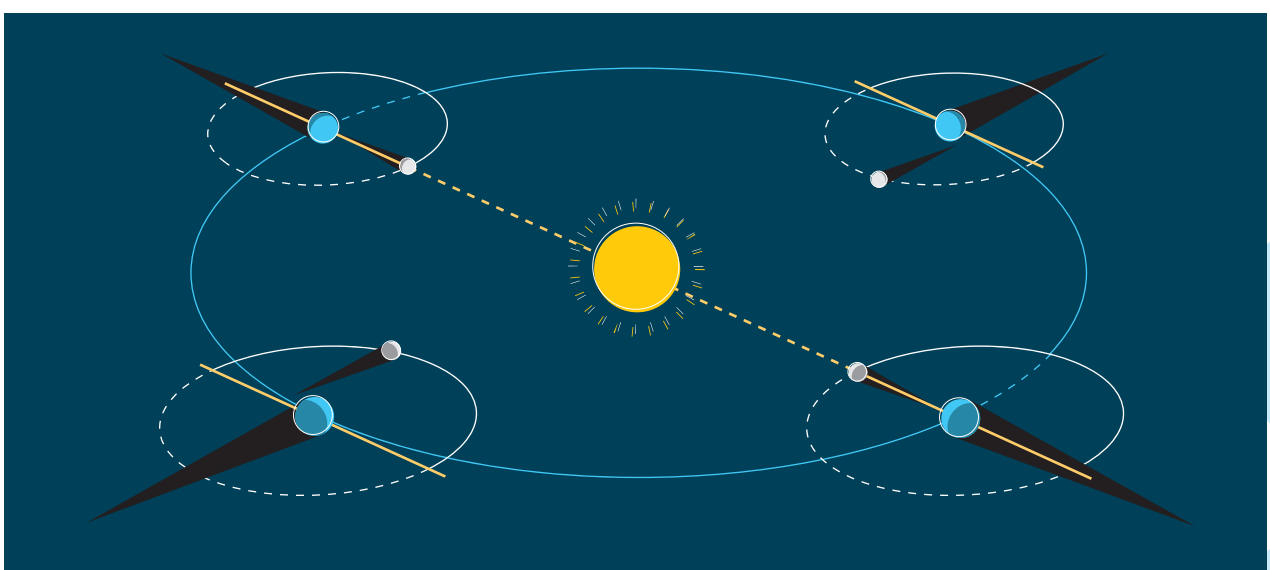
A **holdfogyatkozás** több feltétel együttes teljesülése miatt jöhet létre a Nap–Föld–Hold-rendszerben. A Nap–Föld-távolság, illetve a Nap és a Föld mérete együttesen határozza meg, hogy mekkora lesz a Föld

árnyékkúpja. Ha a Föld–Hold-távolság kisebb, mint az árnyékkúp hossza, akkor a Hold belekerülhet ebbe az árnyékkúpba. A Föld árnyékkúpja körülbelül 1 400 000 km, a Föld–Hold-távolság pedig ennél jóval kisebb, átlagosan 384 400 km, tehát ez a feltétel teljesül. Ebben a távolságban ráadásul az árnyékkúp átmérője körülbelül 9200 km, így a 3474 km átmérőjű Hold teljes terjedelmével bőven belefér. Emiatt holdfogyatkozáskor a teljes holdkorong eltűnhet a Föld árnyékában, és a fogyatkozás viszonylag hosszú, akár másfél órás is lehet.

Ha a Hold pályasíkja a Föld pályasíkjával egybeesne, akkor minden teliholdkor a Nap, a Föld és a Hold közelítőleg egy egyenesbe esne, és létrejöhetne a holdfogyatkozás. Mivel a két pályasík körülbelül 5°-os szöget zár be, emiatt az említett feltételek csak ritkán teljesülnek és a holdfogyatkozások nem havonta, hanem ennél ritkábban következnek be.



A **napfogyatkozás** létrejöttének feltételei hasonlóak, mint a holdfogyatkozásé. Itt azt kell megvizsgálni, hogy a Nap–Hold-távolságból, valamint a Nap és a Hold méretéből adódóan milyen hosszú lesz a Hold árnyékkúpja, és ez hogyan viszonyul a 384 400 km-es Föld–Hold-távolsághoz. A Hold árnyékkúpjának hossza átlagosan 373 000 km. Ebből azt kapnánk, hogy nem is jöhet létre napfogyatkozás. A valóságban azonban a Föld–Hold-távolság 363 100 és 405 700 km közt változik, valamint a Hold árnyékkúpjának hossza is változik, mert a Nap–Föld-távolság sem állandó. A napfogyatkozás kialakulása az előbbiek miatt sokkal ritkább, mint a holdfogyatkozásoké. A Hold átmérője körülbelül a negyede a Földének, ráadásul az árnyékkúp hossza és a Föld–Hold-távolság hasonló, így napfogyatkozáskor csak egy nem túl széles árnyékkorong halad végig a Föld felszínén.



Csillagok, csillagképek

Az égbolton a csillagok látszólag úgy mozognak, mintha egy merev gömbhéjra rögzített pontszerű fényforrások lennének. Egy-egy éjszaka alatt ez a gömbhéj elfordulni látszik a Sarkcsillag körül. Ez az elfordulás természetesen szintén a Föld tengely körüli forgása miatt van. A forgástengely épp a Sarkcsillag felé mutat, ezért ez az egyetlen csillag, amit az északi féltekéről mindig ugyanott látunk az égbolton.

Ez a változatlanság eredményezte, hogy az évszázadok, évezredek alatt a különböző kultúrák különböző formákat, embereket, állatokat láttak bele a csillagok elrendeződéseibe. Korábban ezeket nevezték csillagképeknek. A csillagászat fejlődésével azonban felmerült az igény, hogy az égboltot egységesen, egyértelműen osszák fel. Így született meg 1928-ban a ma is érvényben lévő, 88 hivatalos csillagképet tartalmazó felosztás. Ezek közül kitüntetett szerepe van az állatövi csillagképeknek, mert a Nap és a bolygók a látszólagos égi mozgásuk során mindig ezek közül valamelyikben láthatók. Ennek egyszerű oka van: a bolygók Nap körüli pályája közel ugyanabba a síkba esik, emiatt az égi mozgásuk ennek leképezéseként egy viszonylag szűk sávban látható.



Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

Az időmérés és a naptár is az égi mozgásokra vezethető vissza. A nap, a hónap és az év a Nap, a Hold és a Föld mozgásaiból származtatott időtartamok. Megtudtuk, hogy a holdfogyatkozás és a napfogyatkozás létrejöttéhez több feltételnek kell egyszerre teljesülnie.

napközéppontú világkép **holdfázis** **fogyatkozások**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Mikor lehet Magyarországról legközelebb holdfogyatkozást látni? Nézd meg, hogy mit jelent a részleges holdfogyatkozás!

2. Mikor volt utoljára Magyarországról is látható teljes napfogyatkozás, és mikor lesz legközelebb? Keress egy olyan Magyarország-térképet az interneten, amelyen rajta van ennek a fogyatkozásnak a láthatósága! A térkép alapján körülbelül hány km átmérőjű volt az árnyékkorong?

3. Sorold fel az állatövi csillagképeket abban a sorrendben, ahogy a Nap a látszólagos évi mozgása során végighalad rajtuk!

4. Milyen naptárak léteznek még azon kívül, amit mi használunk? Keress egy olyat, amelyet még ma is használnak! Milyen égi mozgásokhoz kötik a naptári egységeket, és hogyan épül fel ez a naptár? Te hogyan építenéd fel a saját naptáradat? Használhatnánk-e a naptárunkat más bolygón?

2. A Naprendszer részei

Melyből kiderül, hogy milyen bolygótípusok vannak a Naprendszerben, mik azok az üstökösök, és milyen mértékegység a csillagászati egység.

Közvetlen kozmikus környezetünket Naprendszernek nevezzük. Korábban csak feltételezték, ma már tudjuk, hogy a mi Naprendszerünk egy a sok-sok bolygórendszer közül. A mi rendszerünk központi égitestje a Nap, amely egy csillag. Fizikai tulajdonságairól a következő leckében fogsz tanulni. A Nap körül számtalan égitest kering, amelyeket fizikai tulajdonságaik alapján különböző csoportokba sorolunk.

A bolygók

A Nap körül keringő már felfedezett égitestek száma óriási, több mint egymillió, és ez a szám rohamosan növekszik. Ezek közül azonban van néhány kitüntetett égitest, amelyek méretüknél, tömegüknél, gravitációs hatásuknál fogva a legjelentősebbek. A Nemzetközi Csillagászati Unió 2006-ban született meghatározása alapján nyolc, közel gömb alakú égitestet nevezünk bolygónak. Ezek a Naptól való távolságuk sorrendjében: Merkúr, Vénusz, Föld, Mars, Jupiter, Szaturnusz, Uránusz és Neptunusz. A nyolc bolygót további két csoportra osztjuk, mert felépítésük, tulajdonságaik jelentősen különböznek.



A Föld típusú bolygók

A **Föld típusú bolygók** közé soroljuk a Naphoz közelebbi négy bolygót. Közös jellemzőjük, hogy csak elenyésző légkör veszi körül őket, vagy a légkörük vastagsága a bolygó sugarához képest kicsi, a légkör alatt pedig szilárd kérgük van.

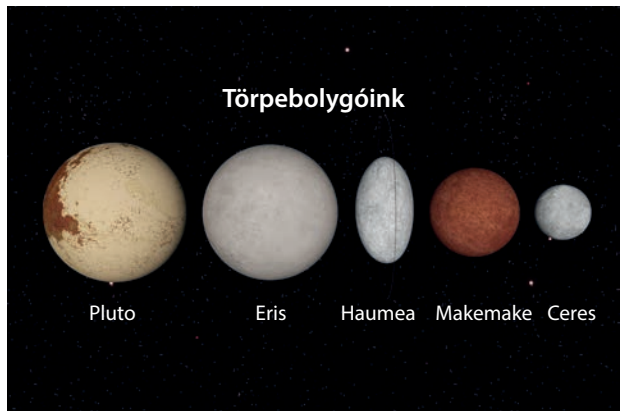
Méretük és tömegük a másik négy bolygóhoz képest kicsi, átlagsűrűségük viszont nagyobb. Nincs, vagy csak egy-két holdjuk van, és nincs gyűrű sem körülöttük. Kőzetbolygóknak vagy belső bolygóknak is nevezik őket.

A Jupiter típusú bolygók

A Naptól távolabbi négy bolygó tartozik ide. Szokás még **óriásbolygó**nak nevezni őket, mert jóval nagyobbak a Föld típusú bolygóknál. A gázbolygó elnevezést pedig azért kapták, mert a külső, gázhalmazállapotú rétegük igen vastag. Átlagsűrűségük is kisebb a Föld típusú bolygókénál. Valószínűleg mindegyik belsejében található egy szilárd mag, de olyan értelemben nincs felszínük, mint a kőzetbolygóknak. Többtucatnyi holdjuk és gyűrűrendszerük is van.

A törpebolygók

Ezek az égitestek szintén a Nap körül keringenek, a bolygókhoz hasonlóan gömb alakúak, de a gravitációjuk nem elég erős ahhoz, hogy a környezetüket, pályájukat megtisztítsák a kisebb égitestektől. Valószínűleg több ezer törpebolygó létezhet, jelenleg ötöt ismerünk. Közülük egy a Mars és a Jupiter pályája közti kisbolygóövezetben kering, ez a Ceres. A többi törpebolygó a Neptunuszon túl található, legismertebb közülük a Plútó. A törpebolygóknak lehet holdjuk, a Plútónak jelen ismereteink szerint például öt holdja van, közülük a legnagyobb a Charon.



A kisbolygók

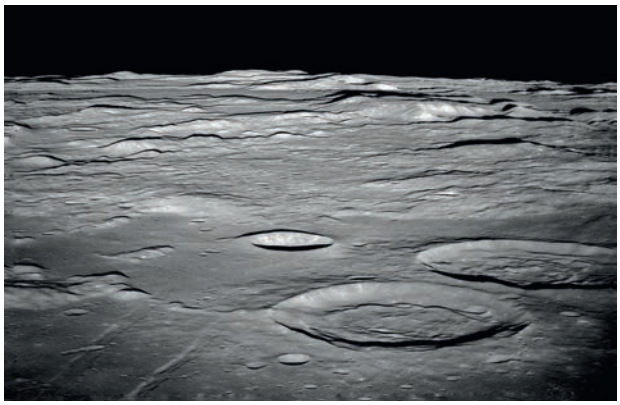
A kisbolygók, vagy más néven aszteroidák a Nap körül keringő olyan kisebb méretű és tömegű égitestek, amelyek nem gömb alakúak. A gömb vagy közel gömb formát csak az olyan égitestek érik el, amelyeknek elég nagy a tömegük ahhoz, hogy a saját tömegvonzásuk gömbbé formálja őket. A kisbolygóknak is lehet holdjuk. A legelső felfedezett kisbolygóhold a Dactyl, amely az Ida nevű aszteroida körül kering. A kisbolygók igen nagy számban (több százezer) találhatók a Jupiter és a Mars pályája közti aszteroidaövben, de szintén nagyszámú aszteroida van a Plútó környezetében lévő, úgynevezett Kuiper-övben is. A kisbolygókat a felfedezésük sorrendjében számozással jelölik, de emellett mindegyiket elnevezheti a felfedezője is. Mivel sok magyar felfedezésű kisbolygó van, így ezek többnyire magyar vonatkozású neveket kaptak.



A holdak

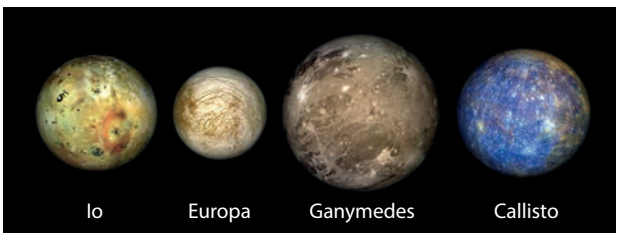
A bolygók, törpebolygók és kisbolygók körül keringő égitesteket holdaknak nevezzük. A Naprendszerben több mint 200 holdat fedeztek már fel. A Merkúrnak és a Vénusznak nincs holdja. A Földnek egy van, a Hold, a Marsnak pedig kettő, a Phobos és a Deimos. Jelen ismereteink szerint a Szaturnusznak 82 holdja van, ezzel ennek a bolygónak van a legtöbb. A Jupiter a 79 ismert holdjával a második. Ahogy azt korábban olvashattad, már törpebolygók és kisbolygók mellett is fedeztek fel holdakat.

A Föld holdja a Hold, amely közelsége, kifejezetten nagy tömege és a Földre gyakorolt közvetlen hatásai miatt is érdekes és fontos égitest. Bár a Nap is hozzájárul óceánjaink és tengereink árapályjelenségéhez, de a legnagyobb szerepe ebben a Hold gravitációs hatásának van. Megfigyelheted, hogy a Holdnak mindig ugyanazt az oldalát látod a Földről. Ennek az a magyarázata, hogy égi kísérőnk keringési és tengelyforgási ideje megegyezik. A felszínét tanulmányozva már kisebb távcsővel is szembetűnő, hogy igen sok becsapódási kráter látható rajta. A Naprendszer fejlődésének korai szakaszában a mainál lényegesen több meteorbecsapódás következett be az égitesteken. Mivel a Holdnak nincs számottevő légköre, nincs rajta folyékony halmazállapotú víz, nincs vulkanikus tevékenység, így ezek felszínformáló hatása hiányzik az égitestről. A kozmikus becsapódások nyomai emiatt évmilliárdokig is megmaradnak. A légkör hiánya miatt igen nagy a hőingás, az éjszakai oldalon –173 °C-fokra is lehűl a felszín, míg a nappali oldalon



a legnagyobb hőmérséklet eléri a 127 °C-ot. A nagy hőmérsékleti ingadozás miatt jelentős a kőzetaprózódás. Ennek eredménye az, hogy a Hold felszínét vastag, nagyon finom porréteg borítja.

A Jupiter négy legnagyobb és legjelentősebb holdja a bolygótól való távolság sorrendjében az Io, az Europa, a Ganymedes és a Callisto. Mind a négy hold valamiért különleges. Az Ión például igen aktív vulkanikus tevékenység zajlik, az Europa felszíne alatt pedig nagy valószínűség szerint folyékony víz található. A Szaturnusz holdjai közül a Titan az egyetlen hold a Naprendszerben, amelyet vastag, kiterjedt légkör vesz körül.



Üstökösök

Igen szép és különleges égi jelenségek az üstökösök, ma nagyjából 3700-at ismerünk. Ezek a viszonylag kis méretű égitestek a Naprendszer távoli tartományaiból származnak, és többnyire a Jupiter hatására alakul ki az igen elnyúlt pályájuk a Nap körül. Keringési idejük igen nagy. Az egyik legismertebb üstökös, a Halley-üstökös, például rövid periódusúnak számít a maga 75 éves keringési idejével. A képen látható Hale–Bopp-üstökös periódusa pedig 2450 év körül van, és találtak már olyan üstököst is, amely a számítások szerint több mint 700 000 év múlva térhet vissza. Az üstökösök jelentős mennyiségű fagyott vizet tartalmaznak, ezen kívül sok egyéb vegyületet is. Anyaguk nagyobb része kisebb-nagyobb kőzetdarabokból és porszemcsékből áll.

A fentieken túl további megszámlálhatatlanul sok kis méretű kődarabka, porszem és gázrészecske is található a Naprendszer különböző részeiben. Amikor például egy üstökös a Naphoz egyre közelebb ér, a napsugárzás hatására a vízjég és a különböző fagyott gázok szublimálni kezdenek, ebből alakul ki az üstökös kómája, amit az üstökös légkörének is tekinthetünk. A Napból kiáramló napszél azonban folyamatosan „elfújja” ezt a légkört, így alakul ki az üstökös gázcsóvája. Eközben egyre több por és kisebb kőzetdarab is kiszabadul az üstökös magjából, ezekből pedig létrejön az üstökös porcsóvája. A kiszabadult por és kőzetdarabok az üstökös pályáján maradnak, mert a napszél atomi méretű részecskéi nem tudják a pályájukat jelentős mértékben módosítani. Amikor a Föld a keringése során keresztezi egy üstökös pályáját, akkor az ott lévő törmelékek bekerülnek a légkörünkbe, ezeket hívjuk meteoroknak. (Az „Energia” fejezetben olvashattad, hogy mi történik egy meteorral a légkörbe való belépés után.)



Olvashattad, hogy a gázóriások gyűrűvel is rendelkeznek. A legkiterjedtebb gyűrűrendszer a Szaturnusznál figyelhető meg. A gyűrűk porból, gázból és kisebb kőzetdarabokból állnak.



A Naprendszer méretei

Földünk átlagos távolsága a Naptól kerekítve 149 600 000 km. Ezt a távolságot csillagászati egységnek nevezzük, és CsE-vel jelöljük. A naprendszerbéli távolságokat igen gyakran ezzel a mértékegységgel adjuk meg, tehát például a Nap–Föld-távolság 1 CsE. A Merkúr távolsága a Naptól körülbelül 0,39 CsE, a Jupiteré 5,2 CsE. A Plútó Naptól mért távolsága 29,7 CsE és 49,3 CsE közt változik.

Érdekességek

- A más csillagok körül keringő bolygókat exobolygóknak nevezzük. Szokás ezeket is a Jupiterhez és a Földhöz hasonlítani, és Jupiter típusú, illetve Föld típusú exobolygóknak nevezni. Ma már körülbelül 4000 exobolygót ismerünk, de számuk folyamatosan növekszik.
- A rövidebb keringési idejű üstökösök a Kuiper-övből származnak. A hosszú periódusúak pedig az Oort-felhőből, amely mai ismereteink szerint a Naprendszert gömbhéjszerűen körülvevő, legkülső olyan tartománya, ahol égitestek lehetnek. Bár az óriási távolság miatt konkrétan még nem figyeltek meg ebben a tartományban égitestet, feltételezések szerint milliárdnyi kisebb-nagyobb égitest lehet itt. A belső széle 2000–5000 CsE, a külső határa akár 100 000 CsE is lehet a kutatók szerint.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A Naprendszer központi csillaga, a Nap körül keringenek a bolygók, a törpebolygók, a kisbolygók és az üstökösök. A bolygókat Föld típusú és Jupiter típusú csoportba soroljuk a tulajdonságaik alapján.

A bolygók, törpebolygók és kisbolygók körül holdak keringhetnek.

A Naprendszerben még bolygóközi gáz és por is található.

Föld-típusú bolygó **óriásbolygó**

Megoldandó problémák, feladatok

1. Melyik városunkban található meg a Naprendszer kicsinyített, de méretarányos modellje? Mekkora ez a méretarány? Mekkora ebben a modellben a Nap és a Föld?

2. Magyar csillagászok közül kik fedeztek fel kisbolygókat? Milyen neveket adtak a felfedezett égitesteknek? Sorolj fel ezek közül néhányat!

3. Hány éves leszel, amikor a Halley-üstökös visszatér a Nap közelébe, és újra megfigyelhetővé válik? Melyik üstökös visszamaradt csóvája okozza a Perseidák meteorrajt? A Hale–Bopp-üstökös képén is látszik, hogy a por- és a gázcsóva szétválik. Mi ennek az oka?

4. Hány holdja van az Uránusznak, és honnan kapták a nevüket? Exoholdakat, azaz exobolygók körül keringő holdakat még nem fedeztek fel. Te mit javasolnál, hogyan nevezzék el őket?



3. A Nap és a csillagok

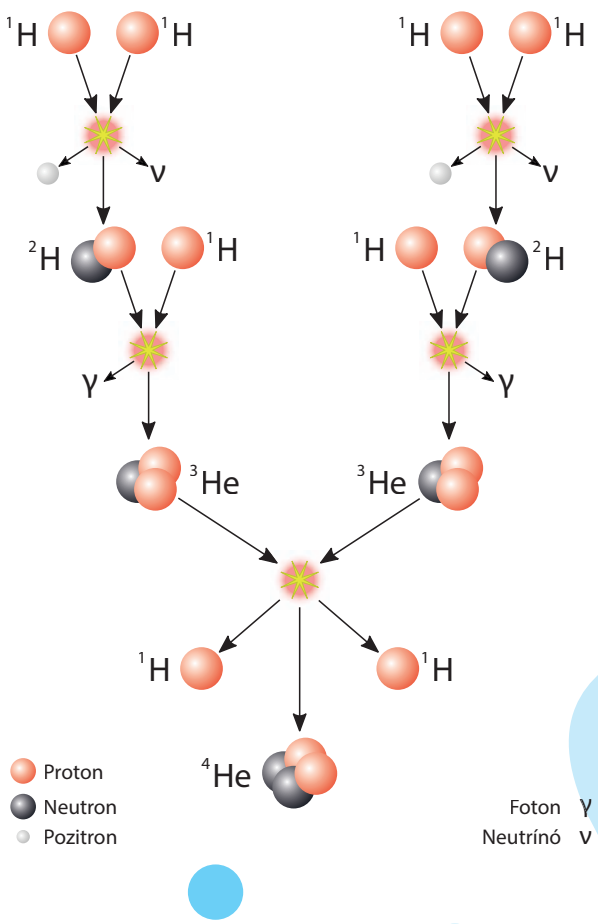
Melyből kiderül, hogy mi a Nap és a csillagok energiaforrása, hogyan jut el a Földre az energia, és milyen tulajdonságai vannak a Nap mágneses terének.

A Nap központi szerepét az életünkben, a földi jelenségekben nehéz lenne vitatni. Önmagában a Föld mint bolygó is egészen máshogy nézne ki a Nap nélkül, és az élet egyik közvetlen és közvetett forrása is a Nap. Érezzük, hogy melegít, látjuk a tárgyakról visszavert fényét. Tudjuk, hogy a növények fotoszintéziséhez elengedhetetlen a napfény, és az időjárás legfőbb alakítója is a Nap.

A Nap energiájának forrása

A fizikai, csillagászati kutatások egyik hatalmas eredménye, hogy ma már biztosan tudjuk, hogy milyen energiatermelő folyamatok játszódnak le a Nap belsejében, és ez az energia hogyan jut el a Nap belsejéből a felszínére, és onnan a bolygóközi téren keresztül a Földre is. A Nap alakja gömb, ennek a gömbnek a sugara körülbelül 700 000 km, az energiatermelő folyamatok azonban csak egy kisebb, körülbelül 200 000 km sugarú magban játszódnak le. Az atomok számát tekintve a Nap 91% hidrogénből és 8,9% héliumból áll. A magban igen magas, 15 millió °C körüli hőmérséklet uralkodik. A hidrogén- és héliumatomok ennél már jóval kisebb hőmérsékleten is teljesen ionizáltak, azaz valójában a Nap anyaga nagyrészt protonok, héliumatommagok és elektronok keveréke. Ezen a hőmérsékleten nagyon nagy sebességgel mozognak a protonok. Ezek a pozitív elektromos töltéssel rendelkező részecskék taszítják egymást, de ha két, megfelelően nagy sebességű proton száguld egymással szemben, akkor elegendően közel kerülhetnek egymáshoz, hogy a magerő már erősebb legyen az elektromos erőnél. Ez a magerő egyesíti a két protont egy új atommaggá. A további magegyesüléseket hasonlóan képzelhetjük el.

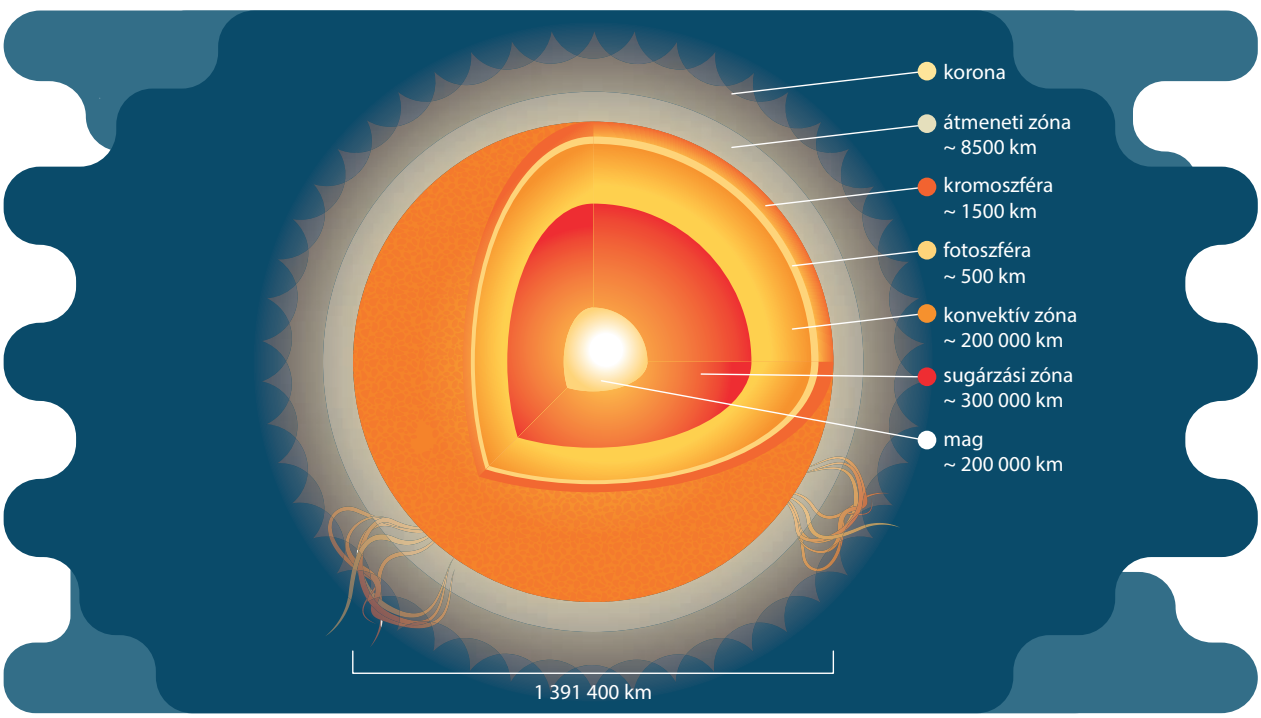
A Napban lezajlódó leggyakoribb folyamatban először két hidrogénatommag, azaz proton egyesül (fuzionál) egy proton neutronná alakulását követően. Ennek eredménye egy 2-es tömegszámú hidrogénizotóp lesz, amit deutériumnak is nevezünk. A deutérium-atommagok egy újabb hidrogénmaggal, azaz protonnal egy 3-as tömegszámú héliumizotóppá egyesülnek, majd két ilyen héliumizotóp fúziójakor egy 4-es tömegszámú héliumizotóp, valamint két hidrogénatommag képződik. Minden lépésben energia is felszabadul, ezeknek az összessége adja végül is a Nap energiáját. A folyamatban további elemi részecskék is keletkeznek.



A Nap energiájának terjedése

A magfúzió során felszabaduló atommagenergia a részecskék mozgási energiájának növelésére, valamint sugárzási energiára fordítódik. A hőmérséklet a magtól a felszínig folyamatosan csökken körülbelül 6000 °C-ig. A Nap sugarának a mag utáni 200 000 km–500 000 km közötti részében az energia sugárzás formájában áramlik a Nap külsőbb rétegei felé. Az ezután következő 200 000 km-es tartományban az energia már hőáramlás formájában terjed, azaz forró anyagtömegek emelkednek a felszín felé, ahol az energiájukat leadva lehűlnek, és visszasüllyednek az alsóbb rétegekbe, ahol újra felmelegszenek. A leadott energiájuk sugárzás formájában elhagyja a Napot, ennek jelentős része a számunkra is látható fény. A Nap felszínének azt a rétegét, ahonnan a látható fény származik, fotoszférának nevezzük. A napsugárzás a bolygóközi téren keresztül gyakorlatilag akadálytalanul terjed a különböző égitestek, így például a Föld légköréig, illetve felszínéig.

A Napból azonban nem csak sugárzás formájában távozik energia. A felszín közelében lévő ionok és elektronok igen nagy sebességet érhetnek el, ennek következtében elszökhetnek a Napról. Az elszökő részecskék magukkal viszik a mozgási energiájukat. A Napból kiáramló töltött részecskék áramlását napszélnek nevezzük. Ez a napszél okozza például az üstökösök gázcsóváját, és a napszél részecskéi azok, amelyek a Föld mágneses terével és a légkör részecskéivel kölcsönhatva létrehozzák a sarki fényt.



A Nap mágneses tulajdonságai

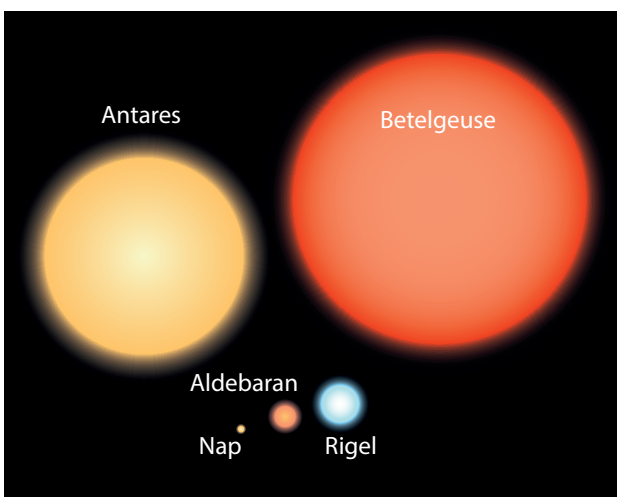
Csillagunkat a régi kultúrák tökéletes égi gömbként képzelték el. Galilei volt az első, aki távcsővel sötét foltokat figyelt meg a Napon. Későbbi megfigyelésekből kiderült, hogy a foltok sokszor nagyobb rendszerekben, foltcsoportokba rendeződve láthatók. A hosszabb távú, részletes kutatások alapján arra is fény derült, hogy a napfoltok életkora átlagosan 1-2 hét, számuk 11 év körüli ciklikus változást mutat. Elsőként a napfoltok alapján következtettek arra, hogy a Nap is forog a saját tengelye körül, forgási periódusa körülbelül 25 nap. A foltok a ciklus elején jellemzően a Nap egyenlítőjétől északra és délre kb. 30-40 fokos szélességen jelennek meg, a ciklus előrehaladtával az egyenlítőhöz egyre közelebb buk-

kannak fel. A 20. század elején felfedezték, hogy a napfoltokban erős mágneses tér van jelen, továbbá azt is, hogy egy 11 éves ciklus alatt az egyik napféltekén csak észak–dél pólusú, míg a másik féltekén éppen ezzel ellentétes, déli–északi pólusú foltcsoportok jelennek meg. A következő 11 éves ciklusban épp ennek a fordítottja lesz igaz. A Napunk ezek szerint erős és változékony mágneses tevékenységet mutat, amelyet körülbelül 22 éves periodikusság jellemez. Ez még emberi léptékben is rövid időnek számít, összehasonlítva a Föld mágneses terével, amely ehhez képest állandónak tekinthető.

Csillagok

A **csillagok** kivétel nélkül olyan forró gázgömbök, amelyek belsejében magfúziós folyamatok biztosítják az energiát. A gáz plazmaállapotban van, azaz ionok és elektronok keveréke, a csillag anyaga teljesen ionizált. Korábban tanultad, hogy a világegyetem több mint 99%-a plazmaállapotban van, ez többek közt a csillagok plazmaállapota miatt van így. A folyamatosan kifelé áramló energiával szemben egyensúlyt tart a csillagot összehúzó saját tömegvonzás. Ezen általános tulajdonságokon túlmenően a csillagok rendkívül sokfélék lehetnek. Méretüknek, illetve tömegüknek azonban van egy alsó határa, amely alatt a fúzió nem tud tartósan fennállni, ez körülbelül a Nap tömegének 8-10%-a. Léteznek olyan nagy csillagok is, amelyeknek 2 CsE a sugaruk, tehát kétszer nagyobbak, mint a Föld Nap körüli pályájának sugara.

Nagyon sok csillagnál megfigyeltek már valamilyen változást, ezeket változócsillagoknak nevezik. A változást sok minden okozhatja. Van, hogy a csillag mérete jelentős, periodikus méretváltozást mutat, ezek a pulzáló csillagok. Egy változócsillag fényváltozását okozhatja a Naphoz hasonló mágneses tevékenységből származó csillagfoltosság is. Ha a csillagnak bolygórendszere is van, és a bolygópályák olyanok, hogy tőlünk nézve elhaladnak a csillagjuk előtt, akkor ez ismétlődő fényességcsökkenést okoz, azaz ilyenkor is változást tapasztalunk.





Az egyik legnagyobb ismert csillagot te is könnyen megtalálhatod az égbolton az Orion csillagképben, ez a Betelgeuze. Átmérője több mint 750-szerese a Nap átmérőjének, tömege 17-szer nagyobb a Napénál. Azok a csillagok, amelyek nagyobb tömegűek voltak a keletkezésükkor, mint a Nap, hamarabb eljutnak a végállapotukig. Minél nagyobb a kezdeti tömeg, annál drasztikusabb a csillagok végjátéka. A Betelgeuze csillag sorsa az igen nagy tömege miatt valószínűleg az lesz, hogy egy gyors összehúzódás után egy szupernóva-robbanással anyagának jelentős részét elveszítve egy neutroncsillag vagy fekete lyuk marad utána. A neutroncsillag olyan csillagmaradvány, amely olyan sűrűségű, mint egy atommag. Ezt például úgy képzelheted el, hogy ha csak egy kanálnyit vennénk az anyagából, az is nehezebb lenne, mint a Föld. A **fekete lyuk** egy még furcsább maradvány. Amit biztosan tudunk erről az égitesttípusról, hogy nem látjuk, mert még a fény sem elég gyors ahhoz, hogy elszökhessen róla. Létezésére az a bizonyíték, hogy a körülötte lévő anyag mozgására csak egy nem látható, de jelentős tömegű égitest, azaz a fekete lyuk tömegvonzásával tudunk magyarázatot adni.



A csillagokat évezredeken keresztül állónak gondolták, hiszen az égbolton egy emberöltő alatt sem lehet észrevehető elmozdulást megfigyelni két csillag közt. Az egyre pontosabban, már távcsővel megfigyelt és leírt adatok alapján azonban ma már tudjuk, hogy a csillagok egymáshoz képest mozognak. Sokszor a csillagok nem egymagukban, hanem szorosan egy másik csillaggal vagy csillagokkal együtt találhatók meg. Ezeket kettős csillagoknak, illetve többes rendszereknek nevezzük. Például a Proxima Centauri, a hozzánk legközelebbi csillag is valójában egy három csillagból álló rendszer egyik tagja, ahogy a Sarkcsillag, vagy más néven Polaris is.

A nyári égbolton a Lant csillagképben könnyen megtalálhatod a Vegát. Ennek a csillagnak az az érdekessége, hogy meglehetősen eltér a gömb alaktól, mert a gyors forgása miatt az egyenlítője mentén kidudorodik, míg a sarkoknál belapul, és emiatt inkább tojásra hasonlít. A kutatók szerint ha kicsivel gyorsabban forogna, akkor szétesne.

A Szíriusz az egyik legismertebb csillag. Megfigyelése az ókori egyiptomiak számára kulcsfontosságú volt. A Nílus áradása ugyanis a megfigyelésük szerint akkortájt következett be, amikor a Szíriusz elkezdett megjelenni a hajnali égbolton, ez pedig a mezőgazdasági munkálatok ütemezése miatt volt fontos. Igen közeli csillag, távolsága mindössze 8,6 fényév. Az egész csillagos égbolt legfényesebb csillaga, és erről is kiderült, hogy valójában nem egy magányos csillag, hanem egy kettős csillag.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

A Nap és a csillagok energiája magfúziós folyamatokból származik. A Napnak bonyolult, de szabályszerűen változó mágneses tere van. A csillagok nagy változatosságot mutatnak méretben, alakban, élettartamban. A csillagok végállapota alapvetően a kezdeti tömegüktől függ.

csillag **fekete lyuk**

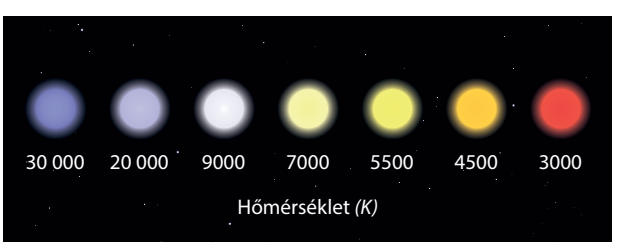
Megoldandó problémák, feladatok

1. Melyik bolygón figyeltek már meg sarki fényt? Mire lehet következtetni a sarki fény jelenlétéből, színéből?

2. Keress a csillagok közül „leg”-eket! Például legnagyobb tömegű, legfiatalabb, legtöbb bolygóval rendelkező stb.

3. Nézz utána, hogy a Proxima Centaurinak van-e bolygója! És a Szíriusznak? Hogyan nevezik el az exobolygókat?

4. A csillagok a hőmérsékletüktől függően másmás színűek. Milyen színű csillagokat lehet megfigyelni? Mekkora hőmérsékletek tartoznak az egyes színekhez?



4. Tágabb kozmikus környezetünk

Melyből kiderül, hogy mi a fényév, mi van a Naprendszeren és mi a Tejútrendszeren túl. Az is kiderül, hogy hogyan képzeljük el a világegyetem fejlődését.

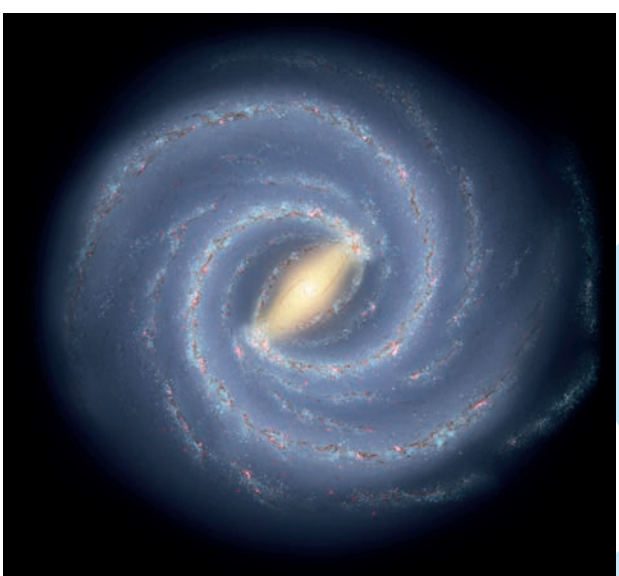
A Naprendszerben a csillagászati egységet használtuk a távolságok megadására. Bolygórendszerünk külső széle 100 000 CsE körül lehet, a legközelebbi csillag, a Proxima Centauri 268 300 CsE-re van tőlünk. Ha további csillagoknak és égi objektumoknak a távolságait csillagászati egységben adnánk meg, akkor nagyon nagy számokat kellene mindig mondanunk. A csillagászatban ezért bevezettek egy sokkal nagyobb távolságegységet.

A fény légüres térben 300 000 $\frac{\text{km}}{\text{s}}$ sebességgel halad. A Nap–Föld-távolság 150 000 000 km. Ebből a két adatból kiszámítható, hogy a napfény mennyi idő alatt ér el a Naptól a Földig: a 150 000 000 km-t elosztjuk a 300 000 $\frac{\text{km}}{\text{s}}$-mal, ebből 500 s-ot kapunk, ami körülbelül 8,3 perc. Tehát a fény egy csillagászati egységnyi távolságot ennyi idő alatt tesz meg. A Proxima Centauri fénye 268 300 CsE távolságot tesz meg, mire ideér hozzánk, ehhez $8{,}3 \cdot 268\,300 = 2\,226\,890$ perc szükséges. Ha ezt elosztjuk 60-nal, majd 24-gyel, végül 365-tel, akkor az időtartamot megkapjuk évben, ez 4,24. Tehát a legközelebbi csillagról 4,24 év alatt ér ide a fény. Ennek nyomán bevezethetünk egy új távolságegységet, a **fényév**et. A fényév az a távolság, amelyet a fény légüres térben 1 év alatt megtesz. Az előző számításból láthatod, hogy ez egy óriási távolság.

Túl a Naprendszeren

Szabad szemmel a teljes égbolton körülbelül hatezer csillagot tudunk megszámolni. Ez a szám már egy kisebb távcső használatával is sokszorosára növekszik. A 21. századi teljes égboltfelmérések eredménye alapján már közel kétmilliárd csillagot katalogizáltak. A távcső használatának azonban nem csak az volt az eredménye, hogy egyre több és több csillagot lehetett megszámlálni.

Azt már Galilei is észlelte a távcsőjével, hogy az égbolton végighúzódó halványan fénylő sáv, a Tejút valójában sok-sok csillag együttes fénye. Mai tudásunk szerint a Tejút egy **galaxis**, amely körülbelül 200-300 milliárd csillagból áll, és emiatt Tejútrendszernek nevezzük. Alakjának pontos feltérképezését nehezíti, hogy belülről látjuk, továbbá az is, hogy a központjában egy óriási, a Napunk tömegénél 4 milliószor nagyobb tömegű, úgynevezett szupermasszív fekete lyuk található, amelyet igen sűrűn vesznek körül csillagok, és ezek mögé nem tudunk belátni. De azt biztosan tudjuk, hogy galaxisunk egy, a közepén kipúposodó koronghoz hasonlítható, ahol a korong síkjában a csillagok főleg a spirálisan elhelyezkedő karokban tömörülnek. A korong átmérője 100 000 fényév, a mi Naprendszerünk a középpontól körülbelül 30 000 fényévre található. A csillagok a bolygórendszerekhez hasonlóan a tömegvonzás következtében a központ körül keringenek. A mi Napunk a bolygórendszerével együtt körülbelül 830 000 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességgel nagyjából 230 millió év alatt tesz meg egy teljes kört. A Tejútrendszert a Naprendszerhez hasonlóan a tömegvonzás tartja össze.

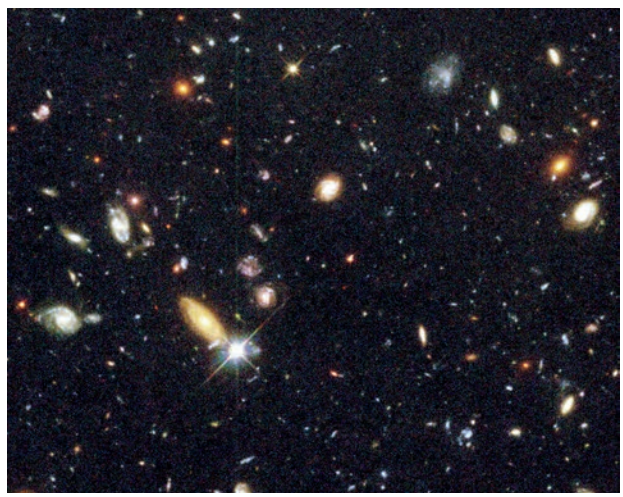


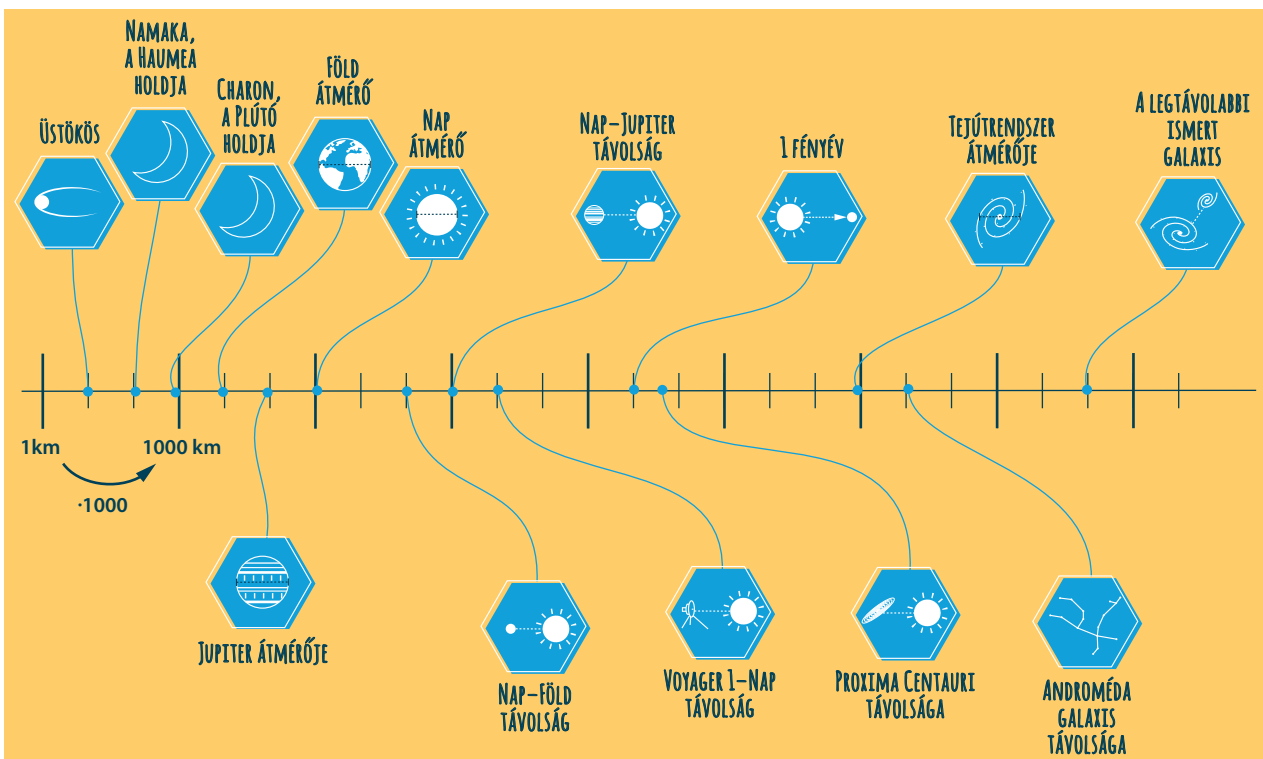
Mi van a Tejútrendszeren túl?

A korai távcsöves megfigyelések szerint kiterjedtebb, ködszerű objektumok is felfedezhetők az égbolton, nem csak pontszerű csillagok. A 20. század elejére már több mint tízezer ilyen objektumot katalogizáltak. 1920-ra éleződött ki az úgynevezett Shapley–Curtis-vita, amelyben az egyik fél szerint ezek közül az objektumok közül a galaxisok a Tejútrendszer részei, a másik fél szerint viszont azon kívüliek. A vita arra is rámutat, hogy a csillagászat egyik legnehezebb kérdése az égitestek távolságának meghatározása. Tudjuk, hogy a kutatási eredmények végül arra vezettek, hogy a galaxisok a Tejútrendszerünkön kívüli, önálló csillagvárosok, amelyek 10 millió–1000 milliárd számú csillagból állhatnak.

Az egyik legközelebbi galaxis az Andromeda-köd, ennek távolsága 2,5 millió fényév, és szintén spirálgalaxis, mint a Tejútrendszer. A közelünkben található galaxisok alkotják a Lokális Halmaznak nevezett galaxishalmazt, beleértve a mi galaxisunkat is. Körülbelül 45 tagja van, köztük a két legrégebb óta ismert törpegalaxis, a Kis Magellán-felhő és a Nagy Magellán-felhő. Mindkettő a Tejútrendszer körül kering. A Lokális Halmazon kívül számtalan további galaxishalmaz létezik.





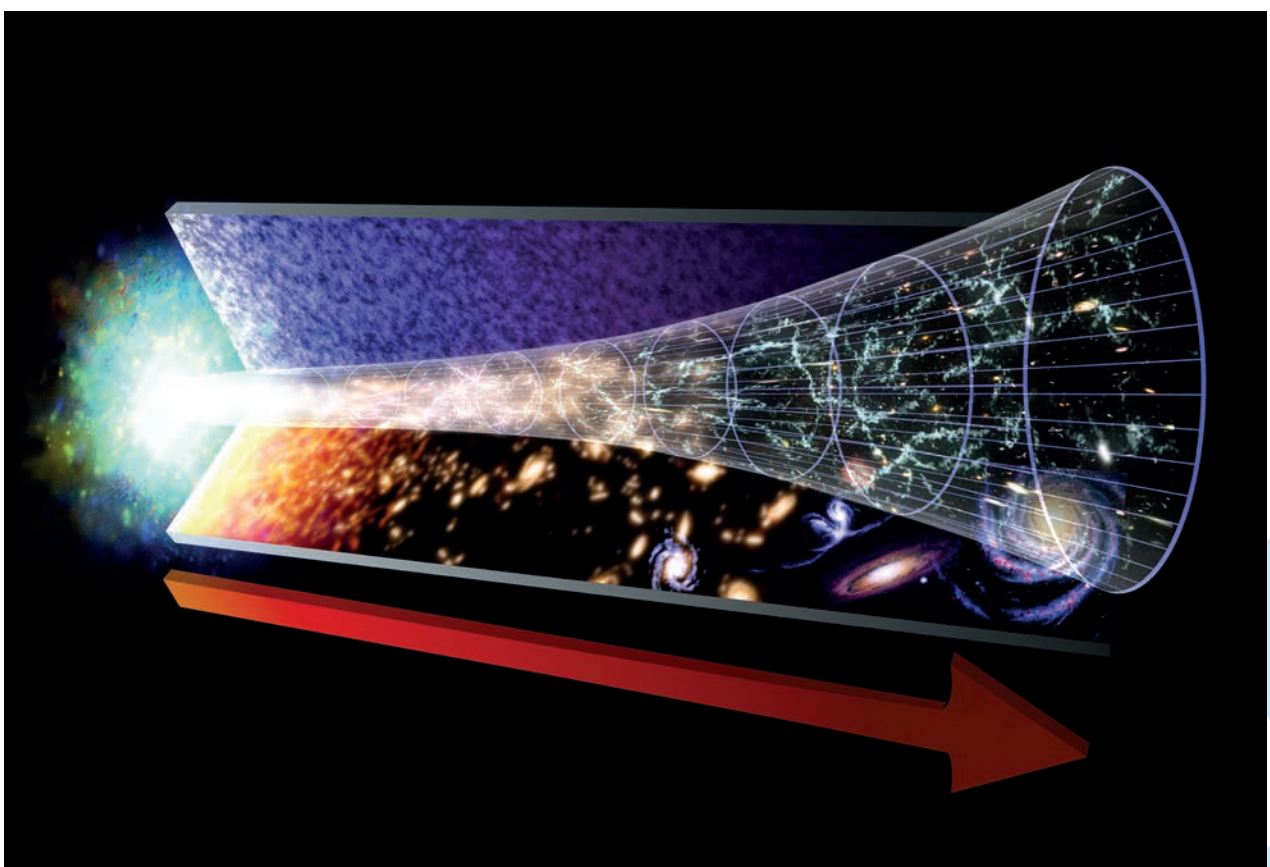


A világegyetem

A világegyetem, vagy más néven univerzum jelenti az összes létező anyagot, sugárzást, energiát, fizikai teret és magát az időt is. A kutatók sok-sok éven át elemezték az égbolt jelenségeit, sok elméletet kidolgoztak, és végül arra jutottak, hogy a világegyetemünk körülbelül 13,8 milliárd éves lehet. Elemezték a Földet, a Napunkat, a csillagfejlődési elméletek alapján kiszámolták a csillagok korát, majd a csillagoknál is idősebb galaxisok korát. Ma úgy gondoljuk, hogy 13,8 milliárd évvel ezelőtt egy rendkívül kicsi pontból hihetetlenül gyorsan indult el a világegyetemünk fejlődése, ezt a pillanatot nevezzük ősrobbanásnak. Ebben a pontban volt a ma látható és nem látható összes anyag és energia összesűrítve. Az igen gyorsan táguló és forró univerzum fokozatosan hűlt. Azt gondoljuk, hogy volt egy olyan időpillanat, amikor az anyag és az energia elkezdett szétválni, majd létrejöttek az első atomok. Az anyagban a tömegvonzás miatt kisebb-nagyobb sűrűsödések kezdtek kialakulni, ezekből lettek a galaxisok. A galaxisok a kezdeti tágulást folytatva továbbra is távolodtak egymástól, de közben kialakultak galaxiscsoportosulások is, mint például a mi Lokális Halmazunk. A galaxisokon belül az anyag tovább sűrűsödött, sok esetben a nagy része egy központi fekete lyukban, körülötte pedig a maradék anyagban a csillagok is, a csillagok körül pedig a bolygók és a többi kisebb égitest.

Az ősrobbanás elméletének talán legfontosabb eleme az, hogy a világegyetem nem egy állandósult állapotban van, hanem folyamatosan változik és fejlődik. Az ősrobbanásban például csak néhány ma ismert elem keletkezett, a nehezebb elemek már mind csillagok belsejében és csillagok végállapotaiban jöttek létre. Mivel ezekből az anyagokból arányaiban igen kevés van, azt gondoljuk, hogy az univerzum még nagyon fiatal.

A megfigyelések szerint a távoli galaxisok mindegyike távolodik tőlünk, mégpedig minél messzebb vannak, annál nagyobb sebességgel. Ezt úgy tudod elképzelni, hogy van egy gumikötél, amin valahol ül egy hangya, és tőle mindkét irányban 10 centiméterenként van egy-egy kenyérmorzsa. Ha a gumikötelet elkezdjük kitágítani, akkor miközben az első morzsa mondjuk 1 mm-t távolodik a hangyától, a második 1 + 1 = 2 mm-t, a harmadik 3 mm-t, és így tovább. Tehát a kenyérmorzsák annál jobban távolodnak,



minél messzebb vannak, és ez mindkét irányban igaz. Ehhez hasonló gondolatmenet vezetett ahhoz, hogy a megfigyelésekből arra következtetünk, hogy világegyetemünk tágul. A tágulásból pedig arra, hogy valahonnan, valamikor elkezdődött ez a tágulás – ez volt az ősrobbanás.

Az ősrobbanás elmélete a mai napig nyitott kérdés a kutatók számára is. Sok mindent megmagyaráz, de bizonyos kérdésekre nem tud választ adni. Az viszont biztos, hogy jelenleg ez az elmélet illeszkedik a legjobban a megfigyelésekhez. Az is izgalmas kérdés, hogy hová fog a világegyetemünk fejlődni.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

fényév galaxis

A fényév a fény által egy év alatt a légüres térben megtett távolság. A Naprendszerünk csillaga egy a sok százmilliárdból, ami a Tejútrendszerünkben található. Galaxisunk a Lokális Halmaz egyik tagja. Ma úgy gondoljuk, hogy a világegyetem fejlődése az ősrobbanással kezdődött.

Megoldandó problémák, feladatok

1. Milyen tipikus galaxisformákat ismerünk? Mit jelent az, hogy küllős galaxis? Hány spirálkarja van a Tejútrendszernek, hogy hívják ezeket, és melyikben vagyunk mi?



2. A világegyetem első 3 percében mindössze 5 elem 8 izotópja keletkezett. Melyek ezek? Hol találkozhatunk ezekkel az elemekkel, izotópokkal a hétköznapjainkban?

3. Ha a távoli galaxisok távolodnak tőlünk, és minél messzebb vannak tőlünk, annál nagyobb sebességgel, akkor ez azt jelenti, hogy nekünk kitüntetett helyünk van, azaz mi vagyunk a világegyetem középpontjában. Vagy mégsem? Gondold végig, mit tapasztalna egy hangya, ha a 3. morzsa helyére beraknánk a leckében szereplő gumikötélen!

4. Egyes elméletek szerint az univerzum a végtelenségig tágulni fog, mégpedig egyre gyorsabban. Más elméletek szerint a tágulás egyszer meg fog állni, és elindul egy összehúzódási folyamat. Vajon melyik változatnak milyen következményei lehetnek?



5. A világűr kutatása

Melyből kiderül, hogy mi a különbség a műhold és a műbolygó közt, az űrszonda és az űrállomás közt, és néhány példán keresztül megtudjuk, mivel foglalkozik az űrkutatás.

Eddigi tanulmányaid során azt tapasztalhattad, hogy a méréseket, kísérleteket otthon, az iskolában vagy máshol el tudtad végezni. A természettudományos kutatást végzők hozzád hasonlóan kísérleteznek laborokban vagy terepen. A közös ezekben az, hogy a vizsgálandó test vagy jelenség közvetlenül a szemünk előtt van, vagy a megfigyelendő jelenséget a terepen testközelből tudjuk vizsgálni. A laborokban igen tág határok közt tudjuk változtatni a kísérlet körülményeit, a berendezéseinket a terepre el tudjuk vinni, vagy mintát tudunk venni például egy kőzetből, majd azt egy laborban meg tudjuk vizsgálni.

A világűr kutatása azonban ettől nagymértékben eltér. Itt ugyanis a vizsgálandó testek, jelenségek már a Naprendszerben is óriási távolságra vannak tőlünk. Az űreszközök korszaka előtt emiatt néhány kivételtől eltekintve (például a bolygóközi térből érkező meteoritok elemzése) kizárólag az égitestekről, égi jelenségekről a Földünkre eljutó fényből, illetve más elektromágneses hullámokból tudtunk tájékozódni. Az űrkorszakban eljutott oda az emberiség, hogy mesterséges égitesteket juttat egyre messzebb a Földtől, így egyre közelebbről tudja a jelenségeket vizsgálni. Ezen túlmenően olyan eszközöket is sikerült kifejleszteni, amelyek más égitestekre le tudnak szállni, és „terepen” tudnak vizsgálódni. Sőt néhány esetben anyagmintákat juttattak vissza a Földre. Mára több mint 250 olyan mesterséges égitestet indított útjára az emberiség, amelynek célja kozmikus környezetünk megismerése.

Távcsövek

A távcsövek csillagászati kutatások szempontjából legfontosabb tulajdonsága a fénygyűjtő képessége, valamint az, hogy az égi objektumokról képet alkosson. Ezt a képet tudjuk a szemünkkel megfigyelni, vagy egy fényérzékeny digitális eszközzel (CCD-kamera) rögzíteni. Az összes távcső működési elve hasonló, de nagy különbségek vannak köztük aszerint, hogy hol és mire használják őket. A távcsöves megfigyelés legnagyobb problémája a földi légkör, ezért a távcsöveket igyekeznek minél magasabb hegyekre telepíteni, és minél inkább olyan területre, ahol a lehető legkevesebb a felhős időszakok időtartama. Magyarország legnagyobb csillagvizsgáló intézete a Mátrában, Piszkéstetőn található, szintén egy magas hegycsúcson.

A 20. századot űrkorszaknak is nevezhetjük, mert ekkor indulnak el az első rakéták, amelyek műszereket, majd később embert juttatnak Föld körüli pályára, majd a Holdra is. Később további űreszközök jutnak el a Naprendszer távolabbi égitestjeihez. Működésük, céljuk, mozgásuk szerint csoportosíthatjuk őket.



Műholdak, műbolygók

Azokat az űreszközöket nevezzük műholdaknak, amelyek valamelyik bolygó körüli pályára állnak, és a bolygó körül keringenek. Több ezer műhold állt már pályára a Föld körül, ám ezek nagyobb része polgári vagy katonai célokat szolgál. Ide tartoznak például a meteorológiai vagy a távközlési műholdak, a megfigyelő, illetve a GPS-műholdak is. Az egyik legismertebb, Föld körül keringő csillagászati műhold a Hubble Space Telescope (HST), amely 1990 óta kutatja a világűrt.

A műbolygók a Nap körül keringő mesterséges égitestek, kivétel nélkül űrkutatási célokat szolgálnak, és egy kivételével a pályájuk a Naprendszer síkjában van. Az Ulysses volt az első és eddig egyetlen, amely a Napot a pólusai felől tudta megfigyelni, és ehhez kilépett a bolygórendszer síkjából, és arra merőleges síkban keringett a Nap körül. Különleges a SOHO napmegfigyelő műbolygó, mert egy olyan pontban helyezkedik el a Nap és a Föld között, amelyben ugyanazzal a keringési idővel tud a Nap körül keringeni, mint a Föld. Ez azt jelenti, hogy a SOHO mindig a Nap–Föld-egyenesen helyezkedik el, és ennek az egyenesnek mindig ugyanabban a pontjában van. Ennek az az óriási előnye, hogy folyamatosan tudja megfigyelni a Napot, és az adatokat azonnal küldeni tudja a Földre, amelyek emiatt gyakorlatilag valós idejűnek számítanak.







Űrtávcső

Az űrtávcső egy olyan távcső, amely a Föld vagy valamely másik égitest körüli pályán kering. A földi távcsövek képalkotását zavarja a légkör, amely ráadásul a látható fényen kívül csak nagyon kevés elektromágneses hullámot enged át a látható fénynél nagyobb, illetve kisebb hullámhosszúságú tartományból. Emiatt telepítenek az űrbe is távcsöveket. Az előzőekben említett HST-műhold is egy űrtávcső.

Űrszonda

Űrszondának nevezzük azt az űreszközt, amely olyan távolra kerül a Földtől, hogy elsősorban már nem a Föld határozza meg a mozgását. Az emberiség minden naprendszerbéli bolygóhoz, több holdhoz, néhány üstököshöz és kisbolygóhoz is sikeresen küldött űrszondát. A szondák ma már minden esetben több részből állnak, két fő részük a keringőegység, amely a célba vett égitest körüli pályára áll, és ott kering, valamint a leszállóegység, amely az égitest felszínére leszállva további méréseket is el tud végezni, kőzetmintát tud venni, elemezni tudja a légkör összetételét. A leszállóegység több égitest esetében járművet is vitt magával, amelyek segítségével a felszínen közlekedve az adatgyűjtési területet tovább tudták növelni. 2021-ben a Marson megvalósították az első Földön kívüli drónfelszállást is.

Néhány űrszondát úgy terveztek, hogy több égitest melletti elhaladása után elhagyja a Naprendszert. Jelenleg a Voyager–1 és –2, a Pioneer–10 és –11, valamint a New Horizons azok a mesterséges égitestek, amelyek már a Plútó pályáján is túl vannak, és továbbra is folyamatosan távolodnak a Naptól.

Az űrszondák igen összetett szerkezetek. Elmondható, hogy egy szonda tervezése, megépítése, űrbe juttatása, működtetése szinte az összes eddigi mérnöki tudást igénybe veszi. Tucatnyi mérőeszközből, a működést biztosító egységekből, távközlési berendezésekből áll össze. Az egész rendszert természetesen egy számítógép fogja össze. Egy űrszonda többnyire visz magával például mágneses tér mérésére alkalmas eszközt, részecskedetektort, sugárzásmérő berendezést, por- vagy kőzetelemző egységet, fényképezőgépet.

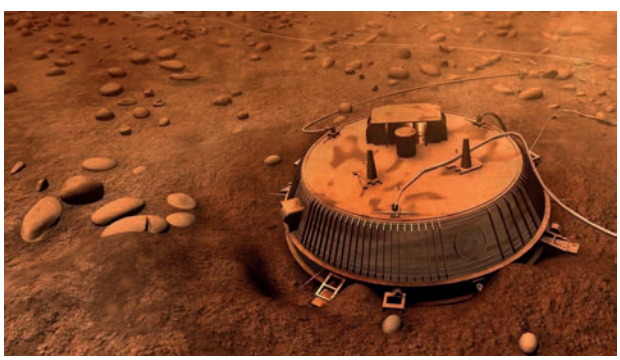
A működtetéshez szükséges energiát alapvetően kétféle módon biztosítják. A Naptól nem túl távol lévő szondákat elegendő lehet napelemtáblákkal ellátni, azaz az energiaszükségletet napenergiából biztosítani. A Naprendszer külső részeiben azonban olyan csekély mértékű napenergiát lehet hasznosítani, hogy itt már más megoldásra van szükség. Bizonyos radioaktív izotópok igen hosszú ideig számottevő mértékben bomlanak, a bomláskor felszabaduló atommag-energia a bomlás során keletkező részecskék mozgási energiájává alakul, majd végső soron hővé. A keletkezett hőt elektromos energiává lehet alakítani, ezt pedig már fel tudják használni a szonda működtetésére.

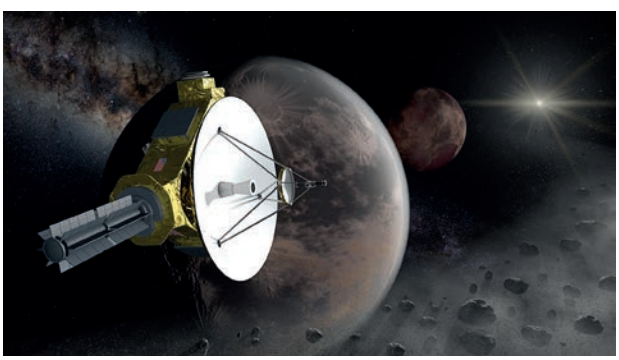
Űrállomás

Űrállomás jelenleg csak Föld körüli pályán található. A többi űreszköztől alapvetően az különbözteti meg, hogy emberek befogadására is alkalmas, akik akár több hónapot is eltölthetnek ott.

Rakéták

Az űrkutatásban a rakéták célja, hogy a megfelelő helyre a megfelelő irányú és nagyságú sebességre gyorsítva az űrbe juttassa az űreszközöket. A pályára állítás után a rakéta, mint hordozó, leválik.





Az űrkutatás céljai

Nehéz lenne felsorolni akár csak egy konkrét küldetés céljait, így még nehezebb lenne az egész űrkutatását. Néhány példával azonban meg lehet világítani azt, hogy milyen szerteágazó tudományterületről van szó, amely természetesen sok-sok ponton kapcsolódik más tudományterületekhez is.

A Nap kutatása például több szempontból is fontos. Az egyik, hogy ez a csillag van hozzánk a legközelebb, ezért ezt igen részletesen meg tudjuk vizsgálni. A Napról szerzett ismereteinket össze tudjuk vetni a csillagokról származó adatokkal, ezáltal a csillagokat is jobban megismerhetjük. Egy másik fontos

szempont, hogy a Napon bekövetkező változások, a napkitörések, a napszél a földi életre hatással van. Egy jelentősebb napkitörés például komoly fennakadásokat tud okozni a műholdak működésében, ezért a meteorológiai előrejelzésekhez hasonlóan ezeket is érdemes előre jelezni.

Az űrállomásokon tanulmányozni lehet, hogy az élő szervezetek hogyan működnek a súlytalanság állapotában. Azt is lehet vizsgálni, hogy az űrbéli viszonyokat mennyire tűrik a különböző létformák.

Szinte minden űrprogramnak része, hogy az adott küldetésben a víz jelenlétét kimutassák. Ismereteink szerint a víz elengedhetetlen az élőlények kialakulásához, illetve az élő szervezetek működéséhez. Azt már régóta tudjuk, hogy fagyott állapotban, vízjég formájában sok helyen találkozhatunk a vízzel a Naprendszerben, például az üstökösökben. A jelenlegi kutatások szerint vannak olyan égitestek is, ahol valószínűleg a felszín alatt nagy mennyiségű folyékony halmazállapotú víz van. Ilyen többek közt a Mars bolygó, a Jupiter Europa holdja és a Szaturnusz Enceladus nevű holdja.

A Vénusz tanulmányozása igen tanulságos az emberiség számára. Ez a bolygó méretében és tömegében is hasonló a Földhöz. Ezen a bolygón is az üvegházhatás biztosítja azt, hogy a felszínen a hőingás a légkör nélküli égitestekhez képest sokkal kisebb. A Vénuszon azonban a felszíni hőmérséklet átlagosan 475 °C, és ez nem csak azért van, mert közelebb van a Naphoz. A Földön az üvegházhatás növekedése és a globális felmelegedés bizonyos határon túl ahhoz is vezethet, hogy a melegedés miatt egyre több vízgőz kerül a légkörbe, amely szintén üvegházhatású, így további melegedést okoz. Ez a körfolyamat akár olyan állapot kialakulásához is vezethet, amelyet most a Vénuszon tapasztalunk.

Ebből a leckéből megtudtuk, hogy...

Az űrkutatás módszere a legtöbb esetben a megfigyelés. A műhold bolygó körül, a műbolygó a Nap körül kering. Az űrállomás a Föld körül kering, és emberek is vannak rajta. Az űrszondák nagyon sok helyre ellátogattak már a Naprendszerben. A Nap tanulmányozása az űridőjárás miatt is fontos, a Vénuszé pedig azért is, mert intő példa lehet az emberiségnek, hogy hova vezethet a globális felmelegedés és a fokozódó üvegházhatás. A víz és az élet keresése a Földön kívül szintén az egyik központi célja az űrkutatásnak. Minden űreszköz sok-sok mérőberendezést visz magával.

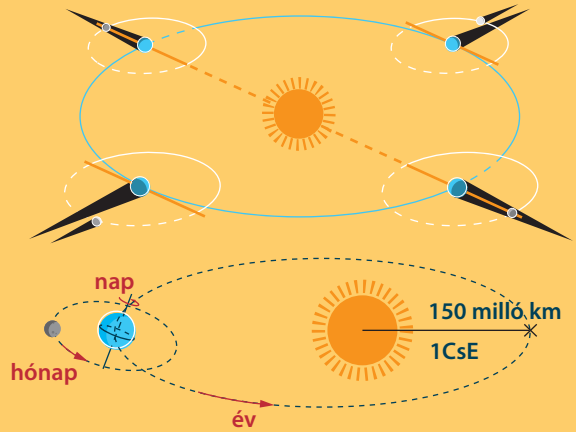
Megoldandó problémák, feladatok

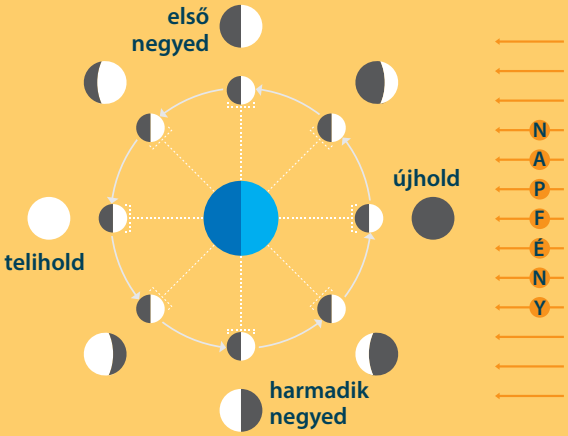
1. Melyik űrszonda van a legtávolabb a Naptól, és milyen messze van tőle jelenleg? Milyen égitestek mellett repült el, mielőtt a Plútón túlra eljutott? Egy különleges lemez is található ezen a szondán. Mi ez, mi van rajta, és mi a célja?

2. Nézz utána az interneten, hogy milyen kutatások zajlottak, illetve zajlanak a Nemzetközi Űrállomáson! Válassz ki ezek közül hármat, és gondold végig, hogy miért érdekesek, fontosak ezek a kutatások! Milyen eredménnyel zárultak?

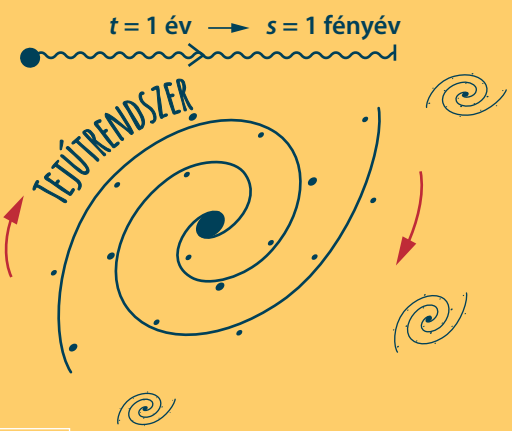
3. A https://solarsystem.nasa.gov/ weboldalon a felső menüsorban találsz egy kis mozgó Naprendszert. Ha erre kattintasz, a Naprendszer aktuális állapotának modelljét láthatod, kiegészítve a jelenlegi űrszondákkal. Keresd meg a Parker Solar Probe-ot! Hol található jelenleg ez a szonda? Mikor indították? Mi a küldetésének célja, és mikor fog odaérni? Hogyan vértezték fel a szondát a rá váró extrém körülmények ellen?

4. Az űrkutatás nehézségeit igen jól példázza a Vénuszra küldött Venyera űrszondák leszállóegységeinek sorsa. Hány küldetés része volt leszállóegység is? Mi lett ezekkel? Próbáld ezzel összefüggésben megfogalmazni, hogy miért fontosak az elméleti kutatások is!

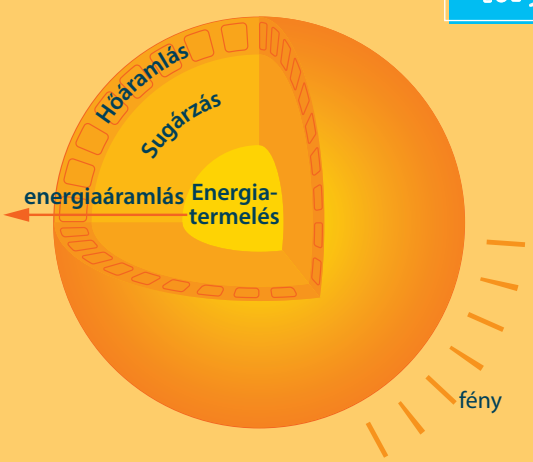


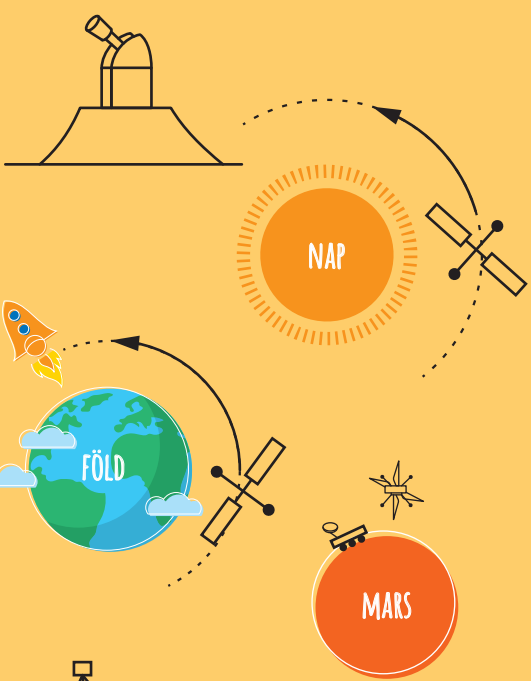


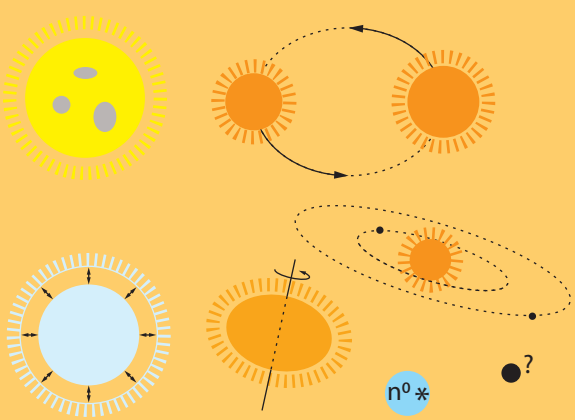




ÉGI JELENSÉGEK







Forrás- és képjegyzék

Fotók:

Shutterstock

Shutterstock szerkesztői: 8f (Salty View), 17ba (Richard5s), 17ja (Natursports), 25jf (Jens Mommens), 25jk (Fabrizio Andrea Bertani), 26bf (zhykova), 26jk (Hafiz Johari), 49ba (Yauhen_D), 49ja (Vander-Wolf Images), 51 (Fabio Pagani), 52ba (Stephen Clarke), 55 (Brandon Alms), 60ba (Cosmin Iftode), 62a (Oleksandr Osipov), 74b (Steve Barze), 74j (Radu Razvan), 75ba (Salty View), 75jf (Frank TG Herben), 94ba (Rodrigo Garrido), 98f (Jose HERNANDEZ Camera 51), 116ba (NatalyLad), 119bf (Marc Bruxelle), 124jf (smereka), 186bf (Maciej Matlak), 212b (daykung), 239 (Nina Unruh)

Cultiris: 95f (Sheila Terry/Science Photo Library), 139f (Adam Hart-Davis/Science Photo Library)

Dégen Csaba: 122, 129f, 207–208

iStock: 10f, 57, 85fk, 85k, 85ak, 110kk, 135ak, 212j

Nagy Áron: 87ja

NASA: 126ba, 188, 246a, 247ja, 253, 254j, 255–256, 258, 259b

MVM Paksi Atomerőmű Zrt. (saját archívuma) 176

Piláth Károly: 138, 198–200

Sánta Balázs: 18, 30a, 33, 37, 42, 44, 59, 61, 62, 63a, 64, 65f, 66, 67f, 67a, 72f, 105, 106jf, 108, 111k, 117, 119a, 126f, 127, 132, 133f, 136f, 137, 144–146, 148, 153, 155–156, 171, 174–175, 183, 186a, 187, 190–191, 193a, 194, 197, 211, 219a

Wikimedia: 47b (Museo Galileo/CC BY-SA 4.0), 88jf (MattGiuca/CC BY-SA 4.0)

Grafikák:

Hegedűs-Egeresi Ilona Lilla

iStock: 228f

Shutterstock: 23j, 68, 76, 139, 145, 152a, 154j, 170ba, 172a, 174, 196, 200j, 201, 214, 216, 220, 225–226, 232, 235, 239, 242, 250

Wikimedia: 11 (CC0), 213a (DBolton/CC0), 249 (Sarang/CC0)

Rövidítések: a – alsó, b – bal, f – felső, j – jobb, k – közép