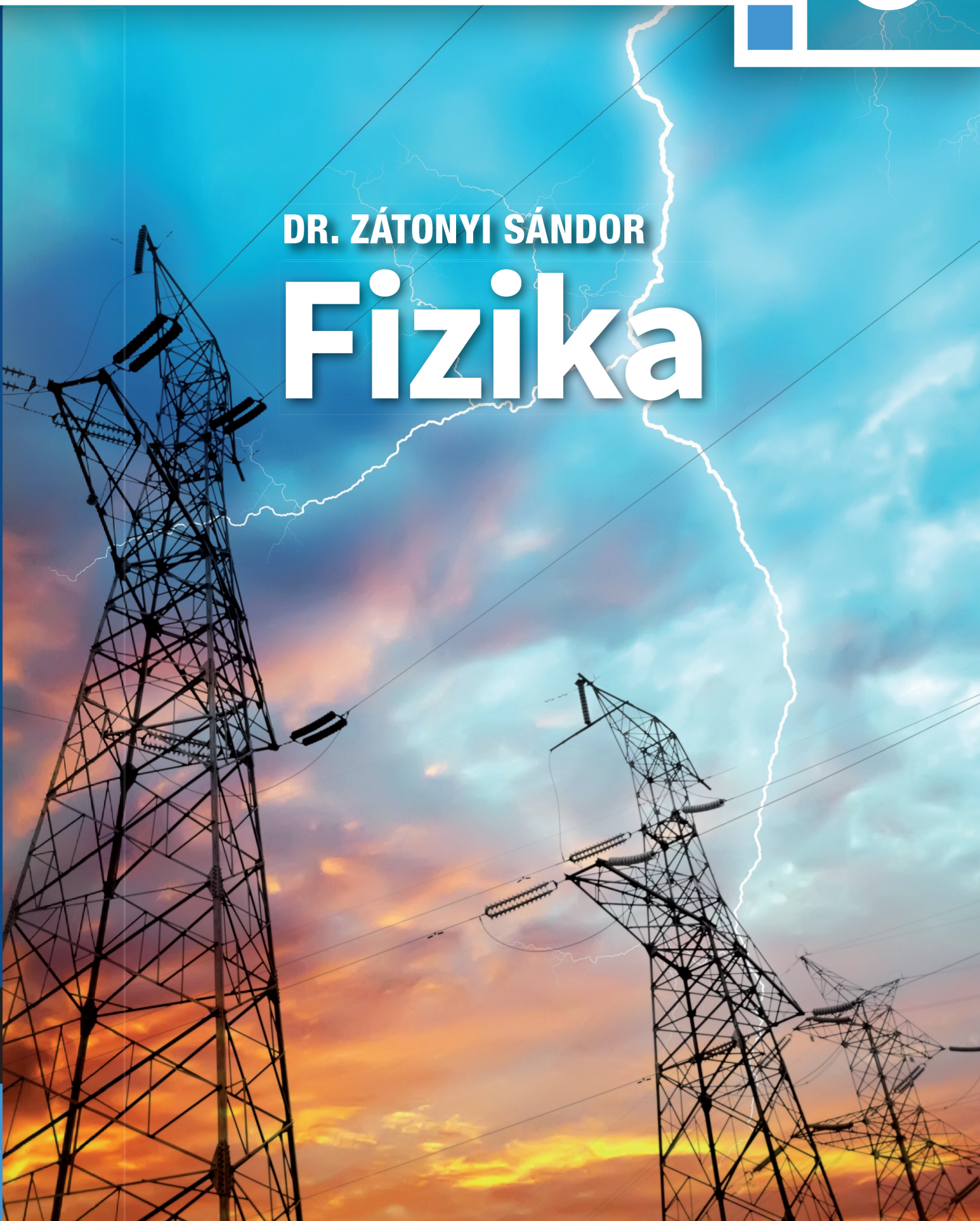
OKTATÁSI HIVATAL

8



DR. ZÁTONYI SÁNDOR

Fizika

DR. ZÁTONYI SÁNDOR

FIZIKA

a 8. évfolyam számára



Oktatási Hivatal

A tankönyv a TKV/2620–16/2016. engedélyszámon 2016. március 25-étől tankönyvi engedélyt kapott.

A tankönyv megfelel az 51/2012. (XII. 21.) EMMI-rendelet
2. melléklet 2.2.09.2. (Fizika B változat),
4. melléklet 4.2.09.2. (Fizika B változat),
5. melléklet 5.2.09.2. (Fizika B változat) kerettantervek előírásainak.

A tankönyvvé nyilvánítási eljárásban közreműködő szakértők:
Botka Lajosné, Király Ildikó

Bírálók: dr. Bakó Imre, az MTA doktora, Kürtösi Balázs tanár

Felelős szerkesztő: dr. Koreczné Kazinczi Ilona

Fotók:
Dreamstime, iStock, NASA, Thinkstock, OFI-archívum
Wikipédia: Arnoldius; Bin im Garten; Bončina, Iztok; BuL Service; Ceinturion; Deiries, Sebastian; Dr. K.; Evans, Adam; Fletcher6; Hohenberg, Gregor; Kelley, Patrick; Kurita, Takashi; Müller, Frank C.; Needham, Alex; Pape, Dave; Rovács Barna; Ssblakely; Starterbatterie; Steve, Jurvetson; dr. Zátonyi Sándor
Flickr: anneh632, LifeSupercharger

Az ábrákat Nagy Barnabás, a kísérletfotókat dr. Zátonyi Sándor készítette.

© dr. Zátonyi Sándor, Oktatási Hivatal (Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet), 2016

ISBN 978-963-19-7864-3

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

A kiadásért felel: dr. Gloviczki Zoltán elnök • Raktári szám: NT-11815
Tankönyvkiadási koordinációs osztályvezető: Horváth Zoltán Ákos
Műszaki szerkesztő: Marcsek Ildikó • Grafikai szerkesztő: Görög Istvánné
Terjedelem: 15,45 (A/5) ív • A könyv tömege: 320 gramm • 1. kiadás, 2020
Nyomdai előkészítés: WOW Stúdió Kft.

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

magyar nyomdatermék
NYOMDA- ÉS PAPÍRIPARI SZÖVETSÉG

TARTALOM

BEVEZETÉS

A tankönyv használata 4
A kísérleti munka szabályai 6

ELEKTROMOSSÁG ÉS MÁGNESESSÉG

1. Mágneses alapjelenségek 8
2. Elektromos alapjelenségek 11
3. Az elektromos áram és az elektromos áramkör 16
4. Az elektromos áram hatásai. Az áramerősség 20
5. Az elektromos mező energiája. Az elektromos feszültség 23
6. Ohm törvénye. Az ellenállás 27
7. Az elektromágnes és alkalmazásai 31
8. Az elektromos teljesítmény 38
9. Az elektromos munka 42
10. Az elektromos energia 46

Fizikai vizsgálatok 50
Összefoglalás 51

FÉNYTAN, CSILLAGÁSZAT

11. A fény terjedése 54
12. A fényvisszaverődés 58
13. A fénytörés és a teljes fényvisszaverődés 61
14. Képalkotás. A síktükör képalkotása 66
15. A homorú és a domború tükör 69
16. A gyűjtőlencse és a szórólencse 74
17. Optikai eszközök gyakorlati alkalmazásai 78
18. A szem és a látás 83
19. A fehér fény színekre bontása. Színkeverés 86
20. Fényforrások. Fényszennyezés 90
21. Az égitestek látszólagos mozgása 95
22. A Naprendszer szerkezete 99
23. Az infravörös és az ultraibolya fény 104
24. A teljes elektromágneses színkép 108

Fizikai vizsgálatok 113
Összefoglalás 114

FOGALOMTÁR 116



Mesterséges fényforrás. A Parlament kupolatermének csillárja

A TANKÖNYV HASZNÁLATA

Ez a könyv bevezetést nyújt az alapvető *mágneses, elektromos, fény- és csillagászati jelenségek, változások megismeréséhez*, bemutatja azok sokszínű felhasználását, alkalmazását.

A leckék többsége a mindennapi életből vagy a korábbi tanulmányokból ismert *tapasztalatokból, megfigyelésekből* indul ki. Számos *kísérlet, mérés* leírása segíti az anyagok fizikai tulajdonságainak a megismerését, a jelenségek, összefüggések, törvények felismerését. A fontosabb kifejezéseket dőlt betűvel szedtük. A könyvben a mérések adatainak áttekintését, a képletek értelmezését *táblázatok, grafikonok* könnyítik. A leckék tartalmának könnyebb áttekintése érdekében sárga színezéssel és félkövér betűkkel jelöltük meg az egyes, szorosabban összetartozó részeket. Ez a jelölés segítséget nyújthat a tanulásban, az egyes részek lényegének kiemelésében.

A megismert összefüggések alkalmazását kidolgozott *példákkal* vezeti be a könyv. A gyakorláshoz sok érdekes témájú feladat található mindegyik fejezetben. Ezek egy része az ismeretek *felidézését*, illetve *értelmezését* kívánja meg; a feladatok további része pedig a tanult összefüggések *gyakorlati alkalmazásába* nyújt betekintést. A könyv megerősítésként számos kísérletet is tartalmaz. Ezek többsége otthon is elvégezhető.

A könyvben levő fejezetek egy része *a természetismeretből vagy a matematikából tanult ismeretek felidézését, megerősítését, kiegészítését* szolgálja (a hosszúság, az idő, a mágnesesség, az elektromosság és annak tulajdonságai, a fény visszaverődése, a látás stb.).

Az új ismeretek elmélyítését segítik a *Jó tudni!* című „kiegészítő anyagok”.

A *Kísérlet* című részben a témához kapcsolódó kísérleteket is találunk.

Az *Érdekesség* című részek a fizikusokról, természettudósokról, a fizika régi és új technikai alkalmazásairól tartalmaznak érdekességeket. A *Múzeumlátogatás* című részben néhány olyan magyarországi múzeumra hívjuk fel a figyelmet, ahol a fizikával kapcsolatos tárgyak találhatók.

A következőkben a könyvből kiragadott példákat látsz.



Szivárvány eső után

Példa



A háztartási fagylaltgép 40 perc alatt fagyasztja meg a fagylaltot. A hálózati áramforrás feszültsége 230 V, az áramerősség 5,2 A. Mekkora az elektromos munka?

$U = 230$ V

$I = 5{,}2$ A

$t = 40$ min $= 2400$ s

$W = ?$

$W = U \cdot I \cdot t = 230\ \text{V} \cdot 5{,}2\ \text{A} \cdot 2400\ \text{s} = 2\,870\,400\ \text{J} \approx$

≈ 2870 kJ

Ezt megadhatjuk kilowattórában is:

$$W = 2\,870\,400\ \text{J} = \frac{2\,870\,400}{3\,600\,000}\ \text{kWh} \approx 0{,}797\ \text{kWh}$$

Az elektromos munka 2870 kJ = 0,797 kWh.

Érdekesség

A tanulókísérleti műszer használata. A tanulókísérleti műszer plusz (+) jelzéssel ellátott középső kivezetéséhez kell csatlakoztatnunk azt a vezetéket, amely az áramforrás pozitív (+) sarkával van összeköttetésben. Az áramforrás negatív (–) sarkához kapcsolt vezetéket a 3 A-rel jelölt kivezetéshez csatlakoztatjuk. Ha túl kicsi a mutató kitérése, akkor a 0,6 A jelzésű kivezetéshez kapcsoljuk a vezetéket. Ezek az adatok jelzik a műszer méréshatárát. Első bekapcsolásnál célszerű a műszert csak egy pillanatig bekapcsolni az áramkörbe, nehogy hibás kapcsolás esetén tönkremenjen a műszer.



Tanulókísérleti mérőműszer

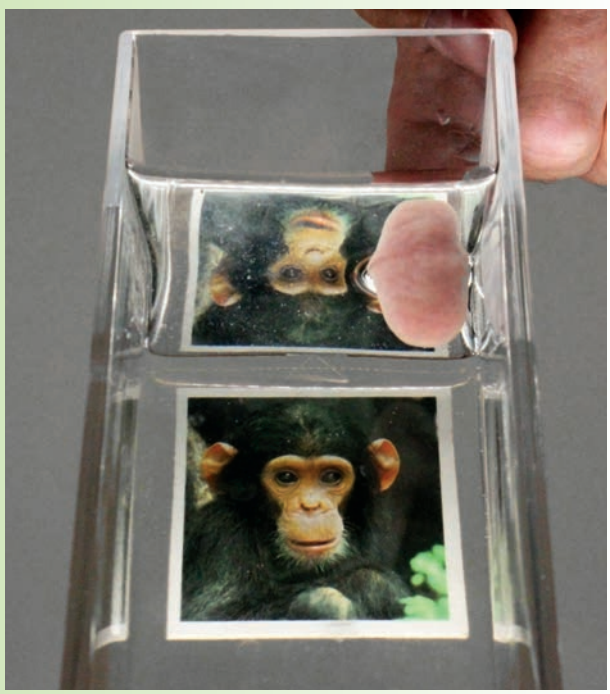
Internet

1. Johann *Strauss* (1825–1899) osztrák zeneszerző *Elektromágneses polka* című művét 1852-ben írta, ekkor még újdonságnak számított az elektromosság. A mű elérhető és meghallgatható a https://www.youtube.com/watch?v=C0lWGvL4zDs címen.
2. Nézd meg a http://www.fizkapu.hu/animator/_egyenaramu_motor.html címen található animációt, amely az egyenáramú motor működését szemlélteti. Figyeld meg a kommutátor működését és a forgórész pólusváltását!

A munkavégzés arra utal, hogy az elektromos mezőnek energiája van, ezt az energiát elektromos energiának nevezzük.

Kísérletek

1. Húzz egy vastag vonalat a papírlapra! Helyezz a vonalra egy vízzel töltött poharat! Nézd ferde irányból a vonalat a vízen keresztül! A vonalat megtörtnek látod. Miért?
2. Az asztal szélére helyezzük a vízzel félig töltött üvegkádat. A tőlünk távolabb levő függőleges üvegfalra egy képet rögzítünk, közvetlenül a víz felszíne alá. Ha alulról nézzük a víz felszínét, akkor a képet és annak tükörképét látjuk a vízben.



Kérdések és feladatok

1. A kávéőrlőt 230 V feszültségű áramforráshoz kapcsoljuk. Az áramerősség 0,78 A. Mennyi az elektromos munka egy adag kávé ledarálása közben, 50 másodperc alatt?

Jó tudni!

Tudjuk, hogy az SI-ben az áramerősség alapmennyiség. Mértékegysége, az amper az SI-ben *alapegység*. A teljesítmény SI-egysége a watt. A feszültség SI-egységét, a voltot úgy értelmezték, hogy amperrel megszorozva éppen wattot adjon.

A KÍSÉRLETI MUNKA SZABÁLYAI

1. Kísérletezés előtt a kísérlet menetének leírását mindig elolvasod, a kikészített eszközöket ellenőrzöd.
2. Az egyes kísérleteknél a speciális tűz- és munkavédelmi szabályokat a gyakorlati munka megkezdése előtt feleleveníted.
3. A kísérleti eszközökkel mindig rendeltetésszerűen bánsz.
4. Ellenőrizd a mérőműszerek méréshatárát, hogy a mért mennyiségnek megfelelő legyen!
5. Ha egyéni kísérleti ötlet jut az eszedbe, elvégzéséről feltétlenül kérdezd meg a tanárodat! Önállóan ne kezdj új kísérletbe!

Tűzvédelem

6. A kísérletezés közben keletkezett tűz esetén azonnal szólj a tanárodnak!
7. A berendezések rendellenes melegedését, illetve egyéb rendellenes működés észlelését jelezd a tanárnak!
8. Esetleges tűz keletkezése esetén a kísérletezés helyszínét a tanár vezetésével a kijelölt menekülési útvonalon hagyd el társaiddal!

Környezetvédelmi szabályok

9. Az elhasznált vegyszereket, elemeket, telepeket csak a kijelölt gyűjtőedénybe gyűjtsd!



10. A lefolyóba vegyszert önteni tilos!
11. A veszélyes hulladékokat (egyes vegyszerek stb.) csak a kijelölt gyűjtőedénybe helyezd!
12. Mérgező, légszennyező gázokkal csak a semlegesítő-elszívó fülkében kísérletezz!



ELEKTROMOSSÁG ÉS MÁGNESESSÉG



A következőkben az elektrosztatikai jelenségekkel, a „dörzselektromossággal”, továbbá az elektromos áramforrásokkal, a feszültséggel, árammal, az ellenállással, az elektromos áram hatásaival és az elektromágneses indukcióval ismerkedünk meg. Megismerjük az alapvető baleset-megelőzési szabályokat is. Közben tanulmányozzuk az elektromotor, az elektromos mérőműszerek szerkezetét, működését. Megvizsgáljuk, hogy milyen tényezőktől függ az elektromos készülékek, gépek teljesítménye; mennyi a fogyasztásuk; mennyi munkát lehet velük végeztetni. Tanulmányozzuk, hogy miként lehet elektromos áramot létrehozni egy tekercsben a mágnesrúd mozgatásával és még más módon. Megismerkedünk az indukció jelenségén alapuló váltakozó áramú generátorral, a hálózati áram tulajdonságaival, a transzformátorral, valamint hogy milyen tényezőktől függ az elektromos fogyasztás, és miként lehet az elektromos energiával takarékoskodnunk.

1. MÁGNESES ALAPJELENSÉGEK

Mágneses kölcsönhatás

Ha az asztalon levő mágnesrúd közelébe vasgolyót teszünk, s azt elengedjük, akkor a vasgolyó mozgásba jön. A mágnesrúd hatással van a vasgolyóra. Ha a mágnesrudat két hengeres ceruzára tesszük, akkor a közelébe tartott vasgolyó hatására a mágnesrúd jön mozgásba. Tehát a vasgolyó is hatással van a mágnesrúdra.

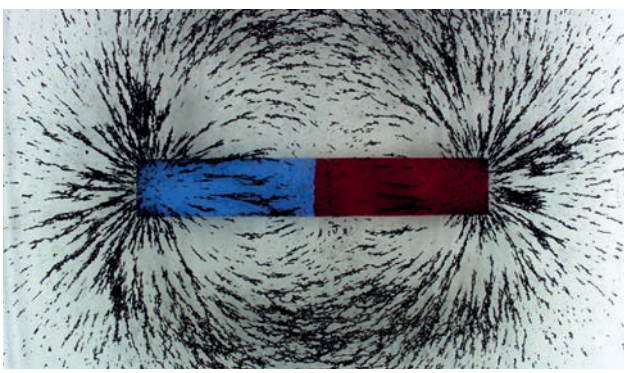


A vasgolyó vonzza a mágnest

Hasonlót tapasztalunk akkor is, ha a kísérletet vasgolyó helyett más vastárgyakkal ismételjük meg. A mágnes és a vas között tehát *mágneses kölcsönhatás* van. Mágneses kölcsönhatást tapasztalunk a mágnes és a nikkel, a kobalt és ezek ötvözetei között is. Nem tapasztalunk ilyen kölcsönhatást a mágnes és a réz, az alumínium és még sok más anyag között.

Mágneses mező

A mágnesrúdra üveglapot helyezünk, majd arra vasreszeléket szórunk. A mágnes körül a vasreszelék vonalakba rendeződik. A vasreszelék elrendeződését akkor is megfigyelhetjük, ha a kísérletet mágnespatkóval ismételjük meg. Kísérleteink azt mutatják, hogy a mágnesnek *sajátos környezete* van. Ezt *mágneses mezőnek* nevezzük.



Vasreszelék a mágnes körül



Nagycenki földmágneses obszervatórium

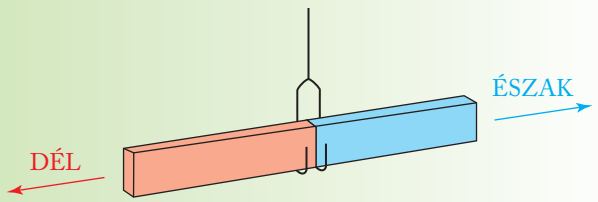
Érdekesség

Obszervatórium Tihanyban és Nagycenken. A Föld mágneses mezőjének vizsgálatára észlelőállomásokat, obszervatóriumokat létesítenek a mágneses hatásoktól mentes helyeken, a vasutaktól, utaktól, ipari létesítményektől távol. Az épületeket terméskőből, nádtetővel és vas felhasználása nélkül építik fel. A zárakat, az ajtó- és ablakpántokat rézből készítik. Magyarországon Tihanyban és Nagycenk mellett van földmágnességet vizsgáló obszervatórium.

- Keresd meg a térképen, hol van Tihany és Nagycenk!

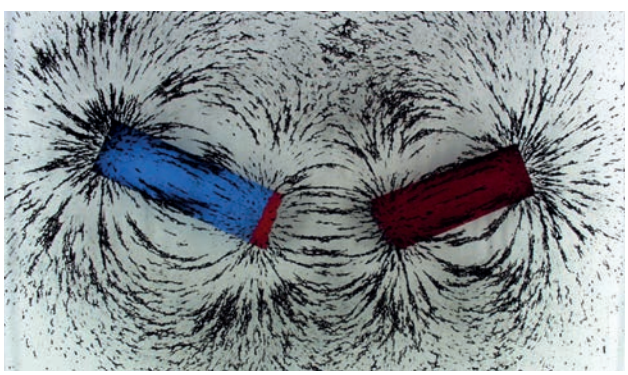
Kísérlet

A felfüggesztett mágnesrúd egyik vége megközelítőleg a Föld északi sarka, másik vége a déli sarka felé mutat. A mágnes észak felé mutató végét *északi pólusnak*, a másik végét *déli pólusnak* hívjuk. Ha a felfüggesztett mágnesrúd egyik pólusához egy másik mágnesrúd egyik pólusát közelítjük, akkor vagy vonzást, vagy taszítást tapasztalunk.



Mágneses pólusok

A mágnes két vége közelében legerősebb a mágneses mező hatása. Ezeket a helyeket *mágneses pólusoknak* nevezzük. Egy kétpólusú mágnes kettévágásával vagy kettétörésével a két pólus nem választható szét. A vágás helyén ugyanis újabb pólusok jönnek létre, így mindkét rész kétpólusú mágnes lesz.



Kettétört mágnes pólusai

A mágnesek különböző pólusai vonzzák, az azonos pólusai taszítják egymást. A mágneses kölcsönhatás tehát vagy vonzásban, vagy taszításban nyilvánul meg.

Érdekesség

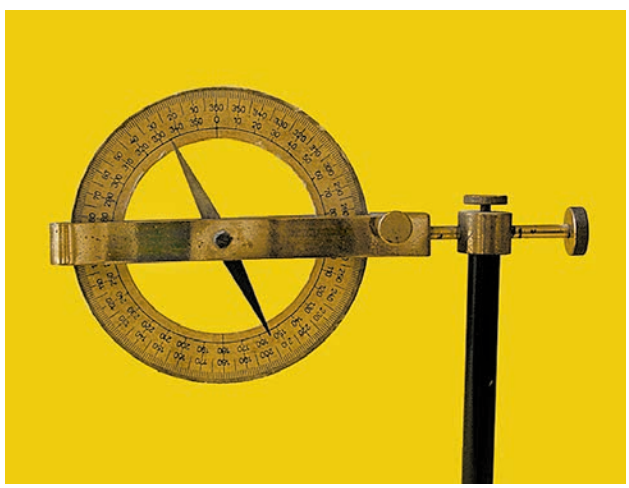
A madarak és a földmágnesség. A madarak többsége jó látási viszonyok között a Nap állásához és a földi tereptárgyakhoz igazodva tájékozódik repülés közben. Vannak azonban olyan madarak is (például a postagalamb és általában a költözőmadarak), amelyek a Föld mágneses mezőjét is érzékelik.

Alkalmazás



Iránytű

Az iránytű tulajdonképpen egy kis mágnes, amely tengely körül elfordulhat. Az **iránytű** azért mutat észak–déli irányba, mert a Földnek is van mágneses mezője. Az iránytű azonban nem mutat pontosan a földrajzi észak–déli irányba, hanem attól néhány fokos eltérést mutat. Ha olyan iránytűvel vizsgáljuk a Föld mágneses mezőjét, amelynek a tengelye vízszintes, akkor azt látjuk, hogy a tű nem vízszintes helyzetű, az iránytű északi pólusa (az északi félgömbön) lefelé mutat.



Vízszintes tengelyű iránytű

A vasból vagy acélból készült testek mágneses mezőben maguk is mágnesessé válnak. Ha például egy mágnesrúd egyik végét többször, ugyanabban az irányban végighúzzuk egy acél kerékpárküllőn, akkor a küllő egyik vége északi, a másik vége déli pólusú lesz. A lágyvasból készült tárgyak ezt a mágnesezettséget elvesztik, az acélból készültek viszont megőrzik.

Kísérletek

1. Közelíts mágnesrudat a következő tárgyakhoz: vasszög, ceruzabetét, rajzszög, 10 Ft-os, 20 Ft-os, 100 Ft-os, műanyag vonalzó, rézkilincs, alumíniumfólia. Válaszd külön azokat a tárgyakat, amelyeket vonz, illetve nem vonz a mágnesrúd!
2. Mágnesezz fel egy kerékpárküllőt a 9. oldalon leírtak szerint! Csípőfogóval vágd ketté a küllőt középen! Iránytű segítségével vizsgáld meg a két küllődarab mágneses pólusait!
3. Tégy a sajtosdoboz fedelébe apró szögeket! Mozgasd a doboz alatt a mágnest! Mit tapasztalsz? Ismételd meg a kísérletet úgy, hogy a szögeket vékony vaslemezből készült dobozfedélbe teszed! Mit tapasztalsz ebben az esetben?
4. Közelíts iránytűt az öntöttvasból készült fűtőtest felső és alsó széléhez! Mit tapasztalsz?



Vasszögek sajtosdoboz fedelében

Érdekesség

Folyamatos mozgásban vannak bolygónk mágneses pólusai. Körülbelül félmillió évvel ezelőtt a Föld mágneses tere megváltozott. A változás okait még most sem ismerjük, csak a tényt: nagyjából tízezer év alatt az északi és a déli pólus helyet cserélt. A legutóbbi vizsgálatok alapján a Föld mágneses tere gyengül, ez pedig kezdete lehet egy későbbi pólusvándorlásnak.



Kérdések és feladatok

1. Mit tapasztalunk akkor, ha a mágnesrúd északi pólusát közelítjük
   a) a vaskulcshoz;
   b) az alumíniumkilincshez;
   c) a rézkilincshez;
   d) a másik mágnesrúd északi pólusához;
   e) a másik mágnesrúd déli pólusához?
2. Mit tapasztalunk akkor, ha lágyvasból készült rudat közelítünk
   a) a vaskulcshoz;
   b) az alumíniumkilincshez;
   c) a rézkilincshez;
   d) a mágnesrúd északi pólusához;
   e) a mágnesrúd déli pólusához?
3. Mit tapasztalunk akkor, ha oldalról lágyvasat közelítünk a mágnesrúd északi sarkához, majd a közepéhez, végül a déli sarkához?
4. Két egyforma acélrúd közül az egyik mágnes, a másik nem. Hogyan állapítanád meg segédeszközök nélkül, hogy melyik a mágnes?
5. A Föld mágneses pólusainak földrajzi koordinátái 2015-ben a következők voltak: 86,3° É és 160,0° Ny, illetve 64,3° D és 136,6° K. Keresd meg a térképen e két helyet!
6. Az egyik mágneses játékhoz tartozó mágnesekből és acélgolyókból állítottuk össze a fényképen látható „iránytűt”. A kezünkben tartott mágnes erős mágneses vonzást fejt ki a két acélgolyón keresztül az alattuk levő mágnesre. Az „iránytű” északi pólusa a fénykép jobb oldalán látható. Milyen pólusú a kezünkben tartott mágnes ujjaink között levő vége?



7. Milyen irányba mutat a vízszintes tengellyel ellátott iránytű északi pólusa
   a) a Föld mágneses északi pólusa fölött;
   b) a Föld mágneses déli pólusa fölött?

2. ELEKTROMOS ALAPJELENSÉGEK

Elektromos kölcsönhatás

Ha a műanyag fésűt többször végighúzzuk a hajunkon, utána az magához vonzza az apró papírdarabkákat, tollpihét és más könnyű tárgyakat. Hasonló jelenséget tapasztalunk akkor is, ha üvegrudat dörzsölünk meg selyemmel. Amikor pedig a léggömböt a pulóverhez dörzsöljük, akkor a léggömb elengedés után nem esik le, mert vonzóerő lép fel a pulóver és a léggömb között.



Léggömb a pulóveren

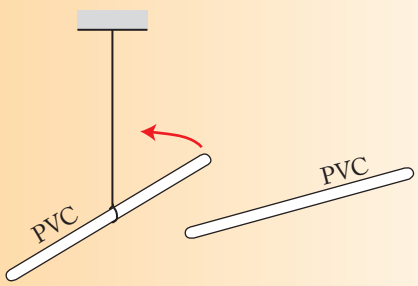
Kísérletek

1. Dörzsöld meg egy ruhadarabbal a műanyag fésűt! Figyeld meg, mi történik akkor, ha a fésűt a vízcsapból folyó vékony vízsugár közelébe tartod!
2. Dörzsöld meg egy ruhadarabbal a műanyag irattartót, majd közelítsd azt a szekrényajtóhoz vagy a falhoz! Mit tapasztalsz?

Bizonyos anyagokból készült testek dörzsöléssel, szoros érintkezéssel olyan állapotba hozhatók, hogy azok képesek más testeket magukhoz vonzani. Ezt az állapotot *elektromos állapotnak*, az így létrejövő kölcsönhatást *elektromos kölcsönhatásnak* nevezzük.

Elektromos állapot

A vékony fonálra függesztett PVC-rudat gyapjúval megdörzsöljük, majd egy másik, gyapjúval megdörzsölt PVC-rudat közelítünk hozzá. A PVC-rudak taszítják egymást. A két PVC-rudat ugyanazzal az anyaggal (gyapjúval) dörzsöltük meg, így azok nyilvánvalóan ugyanolyan elektromos állapotba kerültek. Hasonlót tapasztalunk akkor is, ha két, selyemmel megdörzsölt üvegrudat közelítünk egymáshoz.



Az azonos töltésű PVC-rudak taszítják egymást

Az azonos elektromos állapotban levő testek taszítják egymást.

Érdekesség

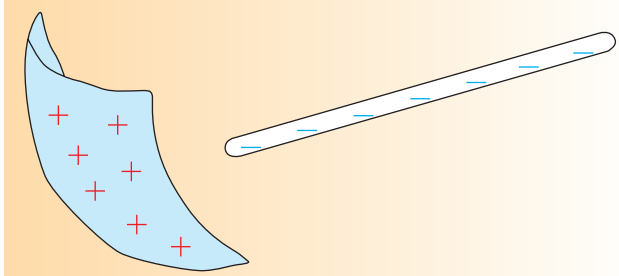
Fénymásolók és lézernyomtatók. A fénymásolókban és a lézernyomtatókban különleges módon használják fel az elektromosan töltött részecskék közötti vonzást. A lézersugarakat kibocsátó egység egy forgó tükör segítségével fénysugarakat vetít egy hengerre. A henger a megvilágított helyeken elektromosan töltötté válik. Itt a festékport magához vonzza, amely innen a hengerhez nyomódó papírra tapad. A festékport a gép hőkezeléssel rögzíti a papír rostjai közé.

A selyemmel megdörzsölt, felfüggesztett üvegrudat a különféle elektromos állapotban levő testek vagy vonzzák, vagy taszítják. Azok a testek, amelyek taszítják a selyemmel dörzsölt üvegrudat, ugyanolyan elektromos állapotban vannak, mint az üvegrúd. Megállapodás szerint ezeket a testeket *pozitív* (+) elektromos állapotúnak nevezzük. Azok a testek, amelyek vonzzák a selyemmel dörzsölt üvegrudat, az üvegrúddal ellentétes elektromos állapotban vannak. Megállapodás szerint ezeket a testeket *negatív* (−) elektromos állapotúnak nevezzük.

Az egymással ellentétes elektromos állapotban levő testek vonzzák egymást.

Elektromos állapot kialakulásának magyarázata

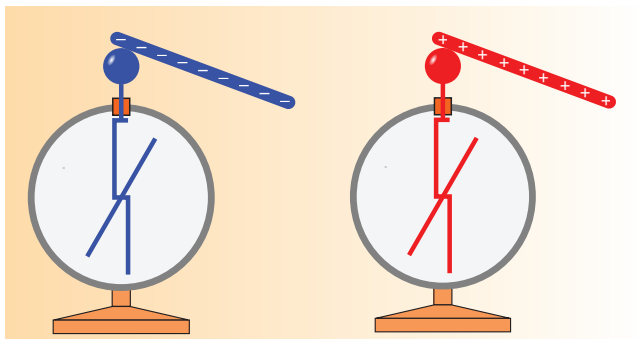
Az elektromos állapot kialakulását a következőkkel magyarázhatjuk: az atomokat felépítő részecskék közül a protonnak pozitív, az elektronnak ugyanakkora, de negatív töltése van. (A neutronnak nincs elektromos töltése.) A semleges testekben a protonok és az elektronok száma megegyezik. Két test érintkezése, illetve összedörzsölése során azonban az egyik testen a protonok, a másik testen az elektronok száma lesz nagyobb. Ennek következtében az egyik test pozitív, a másik test negatív töltésű lesz.



Dörzsöléskor a töltések szétválnak

Elektromos állapot vizsgálata

A testek elektromos állapotát *elektroszkóp* segítségével vizsgálhatjuk. Ha az elektroszkóphoz érintjük a negatív elektromos töltéssel rendelkező rudat, akkor az elektroszkóp mutatója kitérést mutat. Az elektronok egy része ugyanis átáramlik az elektroszkópra, így az állórész és a mutató is negatív töltésűvé válik. Az azonos töltések taszítják egymást, ezért az elektroszkóp mutatója kitér az egyensúlyi helyzetéből.



Elektroszkóp negatív töltéssel

Elektroszkóp pozitív töltéssel

Ha pozitív töltéssel rendelkező testet érintünk az elektroszkóphoz, akkor az állórésze és mutatója is pozitív töltésű lesz. A taszítás miatt az elektroszkóp mutatója ilyenkor is kitér.

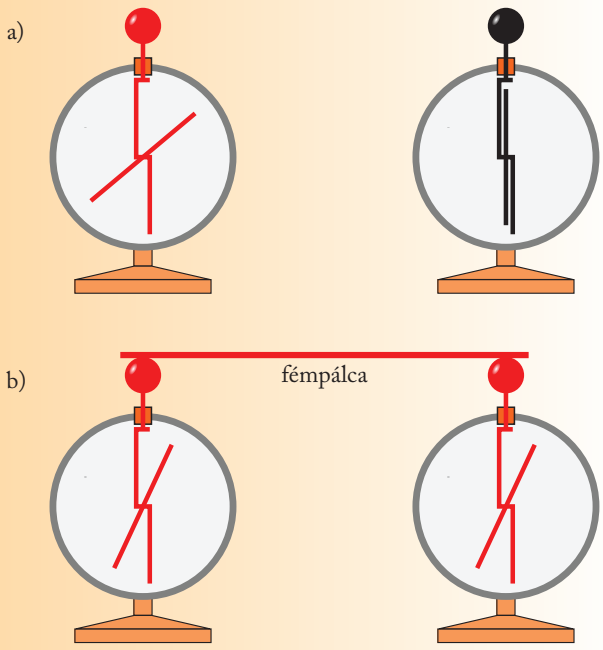


Érdekesség

Robbanásveszély. A műanyagból készült kanna a súrlódás miatt elektromos töltésűvé válhat. A benzinkúton az ilyen kanna és a töltőcső között elektromos szikra jöhet létre, ami robbanást okozhat. E veszély megelőzése érdekében a töltőállomásokon benzint tölteni csak *fémkannába*, illetve speciális *műanyagból készült, kifejezetten üzemanyag tárolására gyártott kannákba* szabad.

Elektromos vezetők és szigetelők

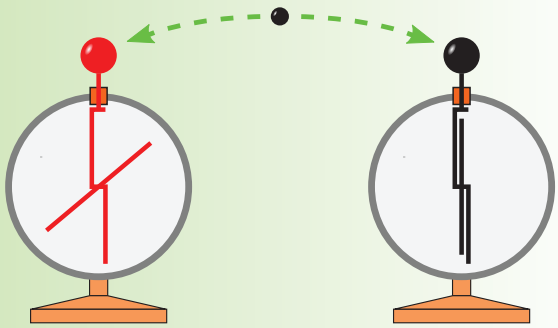
Ha egy elektromosan töltött és egy semleges elektroszkópot egy műanyag nyélre erősített alumínium-, réz- vagy vasrúddal, illetve megnedvesített fapálcával összekötünk, akkor az eredetileg semleges elektroszkóp is elektromossá válik. Ha a kísérletben fémrúd helyett üveg- vagy műanyag rudat használunk, a semleges elektroszkóp állapota nem változik meg. Eszerint az anyagok egy csoportja vezeti az elektromosságot, ezeket *elektromos vezetőknek* nevezzük. A vezetőkben vannak olyan töltéssel rendelkező részecskék, amelyek gyakorlatilag szabadon elmozdulhatnak. Az anyagok másik csoportja nem vezeti az elektromosságot, ezeket *elektromos szigetelőknek* nevezzük. A szigetelőkben nincsenek szabadon mozgó, töltéssel rendelkező részecskék. Vezetők például a fémek, a víz, a grafit, a föld és az emberi test is. Szigetelők például az üveg, a porcelán, a gyémánt, a gumi, a különféle műanyagok és a száraz levegő.



A fém vezető

Kísérlet

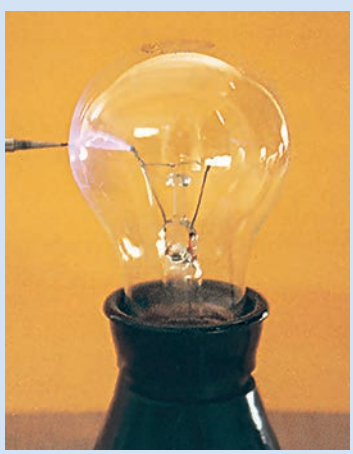
Egy szigetelő nyélre erősített kis fémgolyót először egy pozitív töltésű elektroszkóphoz, majd egy ugyanolyan semleges elektroszkóphoz érintünk. Az érintkezések közben a pozitív elektroszkóp töltésének egy része átkerül a golyóra, majd onnan a másik elektroszkópra. A műveletet néhányszor megismételve az eredetileg semleges elektroszkóp töltése egyre nagyobb lesz. Mindez azt mutatja, hogy *az elektromos töltés átvihető egyik testről a másikra.*



Ha ezek után az így feltöltött pozitív elektroszkópra az előzőekhez hasonlóan negatív töltést viszünk, akkor az elektroszkóp fokozatosan elveszti pozitív töltését, és semleges, majd pedig negatív töltésű lesz. Ez azt jelzi, hogy *a kétféle töltés képes egymást semlegesíteni*, tehát a kétféle töltés valóban ellentétes egymással. Ezek alapján jogosan használjuk a „pozitív” és a „negatív” elnevezéseket.

Érdekesség

Vezető vagy szigetelő, a körülményektől függően. Az anyagok egy része a körülményektől függően vezeti, más esetekben nem vezeti az elektromos áramot. Például a betont a zsebtelep áramkörébe kapcsolva szigetelőnek találjuk, de nem tekinthető szigetelőnek a hálózati áram esetében. A zsebtelep áramkörében a 0,1 mm-es levegőréteg is tökéletes szigetelést biztosít. A távvezetékek között viszont több méteres távolságot kell biztosítani, nehogy az áram „átüssön”.



Szikra az izzó üvegbúráján keresztül

- Az üveg jó szigetelő, a fényképen azonban az látszik, hogy a szikrainduktor fémcsúcsa és az izzólámpában levő egyik fémhuzal között szikra üt át az izzó üvegbúráján keresztül. Mire következtethetünk ebből? Nézd meg a *https://youtube.com* címen „Szikrakisülés” címszó alatt.

Hétköznapi példák

A *villám* keletkezését is az elektromos töltéssel magyarázhatjuk. A zivatarfelhőkben a jég- és vízcseppek egymáshoz és a levegőhöz dörzsölődnek. A felhők ennek következtében elektromos állapotba kerülnek. A felhalmozódó pozitív és negatív töltések hatására óriási elektromos szikrák, villámok jönnek létre két ellenkező töltésű felhő vagy egy felhő és a földfelszín között.

Leggyakrabban a kiemelkedő tárgyakat, tornyokat, magas épületeket, gyárkéményeket, egyedül álló fákat éri villámcsapás. Villámlás idején ezért nem szabad magas helyen (pl. hegytetőn, magas épület tetején) tartózkodnunk, és magányos fa alá állnunk.

A magas épületekre, tornyokra, gyárkéményekre és más kiemelkedő tárgyakra *villámhárítót* szerelnek, amely védelmet nyújt a villámcsapások ellen. A villámhárító gyakran összeköttetésben van az épület fémes részeivel (pl. az esőcsatornával) is. A villámhárítót vastag fémvezetékkel kötik össze a talajban elhelyezett földelőlemezzel. A villámhárító és a földelés biztonságosan vezeti le az elektromos töltést a földbe, így a villám nem okoz tüzet.



Villámhárító

- Milyen célt szolgál a ház tetején látható kimagasló tárgy?

Érdekesség

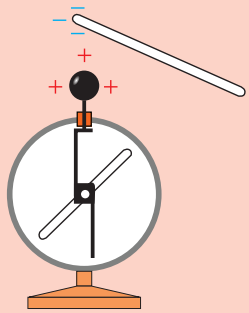
Villám és mennydörgés. A földet mintegy 100 villámcsapás éri másodpercenként. Hosszúságuk 300 m és 3000 m között van. A villám kb. 15 000 °C-ra melegíti az útjába eső levegőt. Ennek következtében a levegő gyorsan kitágul; ahhoz hasonlóan, mint a robbanáskor keletkező gázok. Ez a légmozgás hanghullámokat kelt, s mennydörgést hallunk. A mennydörgés esetenként 30 km távolságban is hallatszik.

Villám

- Feltételezzük, hogy a lenti képen látható épületek negatív töltésűek.
  1. Milyen töltésű az a felhő, amelyből villám sújtott az egyik épületbe?
  2. Villám jött létre két felhő között is. Milyen töltésű a villámlást előidéző felhő a kép felső részén?

Jó tudni!

1. Az elektromos állapotban levő testek környezetének azt a részét, amelyben elektromos vonzást vagy taszítást tapasztalunk, *elektromos mezőnek* nevezzük. A fizikakönyvek egy részében e kifejezés helyett *elektromos tér* elnevezés olvasható.
2. A megdörzsölt test töltése a dörzsölő anyagtól is függ. Az ebonit (keménygumi) például gyapjúval dörzsölve negatív, műszőrmével dörzsölve pozitív lesz. Erről édemes megnézni a http://www.fizkapu.hu/fiztan/toltes/t_0035/fekete_feher_gyapju.mpg címen található kisfilmet.
3. Az elektroszkóp mutatója akkor is kitér, ha a töltéssel rendelkező rudat csak az elektroszkóp közelébe tartjuk, de azt nem érintjük az elektroszkóphoz. Ez azzal magyarázható, hogy a negatív töltésű rúd taszító hatást fejt ki az elektroszkóp fémrészeinek elektronjaira, s azok egy része az elektroszkóp alsó részére távolodnak. Az elektroszkóp felső része az elektronhiány miatt pozitív, az alsó részén elektrontöbblet miatt negatív lesz. Röviden ezt úgy mondjuk, hogy az elektroszkópon *elektromos megosztás* jött létre. Ha eltávolítjuk a töltéssel rendelkező testet, akkor az elektroszkóp mutatója visszaáll a nyugalmi helyzetbe, mert az elektroszkópban újra egyenletes lesz az elektromos töltések eloszlása.



- Ha pozitív töltésű testet közelítünk az elektroszkóp gömbjéhez, de nem érintjük hozzá, akkor milyen töltésű lesz az elektroszkóp gömbje, és milyen lesz a mutatójának alsó vége?

Érdekesség

Ha villámcsapás éri az autót… Az autó fémből készült karosszériája védelmet nyújt a villám ellen, még akkor is, ha a villámcsapás közvetlenül az autót éri. A villám ugyanis nem hatol a kocsi belsejébe, hanem a külső fémburkolaton át jut a földbe.



A gépkocsi és a villám

- Hogyan jut a villám a kerék fémrészeiből a földre?

Kérdések és feladatok

1. Állapítsd meg, melyik esetben jön létre vonzás, illetve taszítás!
   a) Negatív töltésű testet közelítünk egy negatív töltésű testhez.
   b) Pozitív töltésű testet közelítünk egy negatív töltésű testhez.
   c) Negatív töltésű testet közelítünk egy semleges testhez.
   d) Pozitív töltésű testet közelítünk egy pozitív töltésű testhez.
   e) Pozitív töltésű testet közelítünk egy semleges testhez.
2. Milyen töltésű egymáshoz viszonyítva a gyapjúsál és a vele megdörzsölt műanyag vonalzó?
3. Melyik az az elektromos tulajdonságú alkotórésze az anyag részecskéinek, amelyik
   a) pozitív töltésű;
   b) negatív töltésű;
   c) a szilárd testben, vezetőkben helyhez kötött;
   d) a szilárd testben is elmozdulhat?
4. Az üvegrudat selyemmel dörzsöltük meg. Az üvegrúd ennek következtében pozitív, a selyem negatív töltésűvé vált. Hasonlítsd össze egymáshoz viszonyítva a protonok és az elektronok számát
   a) az üvegrúdon;
   b) a selymen!
5. Milyen töltést mutat az a test, amelyben megdörzsölés után
   a) több az elektron, mint a proton;
   b) több a proton, mint az elektron?



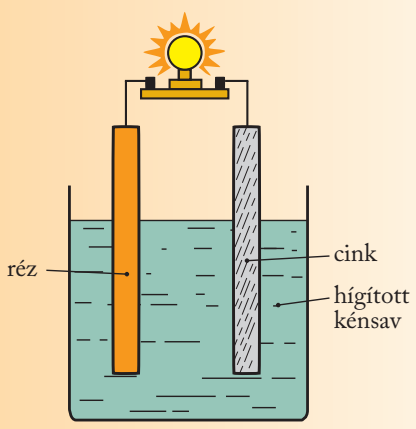
3. AZ ELEKTROMOS ÁRAM ÉS AZ ELEKTROMOS ÁRAMKÖR

Áramforrás

Az előző leckében a fémek vezetésével kapcsolatosan a 13. oldalon leírt kísérletben a két elektroszkóp vezetővel történt összekötésekor a töltések áramlása csak nagyon rövid ideig tartott. Ha tartós töltésáramlást akarunk biztosítani, akkor gondoskodnunk kell a töltések állandó utánpótlásáról.

Az olyan berendezést, amely tartós töltésáramlást képes fenntartani, *áramforrásnak* nevezzük.

Áramforrást készíthetünk például a következő módon: réz- és cinklemezt merítünk hígított kénsavba. Ha a két fémlemezhez zsebizzót kapcsolunk, akkor az izzó világít. Hasonló módon áramforrást állíthatunk össze úgy is, hogy *bármilyen két különböző fémet savak, lúgok vagy sók vizes oldatába merítünk, amelyekben az illető fémion oldható.* (Az egyik fém szénnel is helyettesíthető.) Az így nyert áramforrásokat *galvánelemeknek* nevezzük. A galvánelemek kémiai energiát alakítanak át elektromos energiává.



Galvánelem elvi rajza

Galvánelem a rúdelem és a gombelem is. Mindegyiket sokféle változatban készítik. A galvánelemek



Galvánelemek

egyik érintkezőjén (kivezetésén, sarkán, pólusán) elektrontöbblet jön létre. Ez az érintkező az elem *negatív pólusa.* A másik érintkezőn elektronhiány keletkezik. Ez a *pozitív pólus.* A negatív sarkot mínusz (-) jellel, a pozitív sarkot plusz (+) jellel jelöljük.

Áramforrás a zsebtelep, az akkumulátor, a kerékpár-generátor („dinamó") és a hálózati áramforrás is. Bár nem áramforrás, sokan annak tekintik a mobiltelefon töltőkészülékét (adapterét) is a telefon feltöltésekor.

Elektromos fogyasztók

Az áramforrásokkal különféle *fogyasztókat* működtethetünk. Fogyasztó az izzólámpa, a vasaló, a mosógép, a zsebszámológép, a rádió, a televízió, a mobiltelefon és még sok más eszköz. A fogyasztók az elektromos energiát hasznosítják számunkra. Ehhez a fogyasztókat vezetékekkel kell az áramforráshoz kapcsolnunk; azaz *elektromos áramkört* kell létesítenünk.

Érdekesség

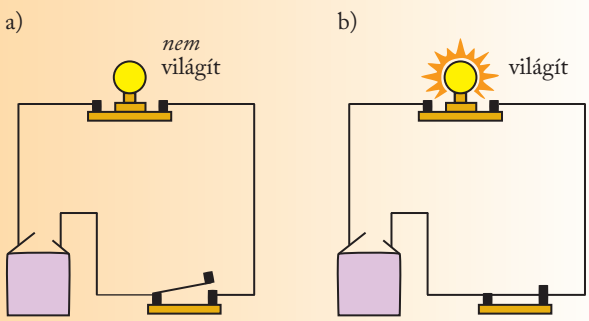
A lemerült elem: veszélyes hulladék. A galvánelemek használata közben kémiai átalakulás megy végbe az elemen belül. Az elhasznált rúdelem, zsebtelep olyan vegyi anyagokat tartalmaz, amelyek veszélyesek a környezetünkre. Ezért nem szabad az elhasználódott elemeket, telepeket a szabadban eldobni, vagy a háztartási szemét közé tenni, hanem az erre a célra szolgáló gyűjtőedényekbe kell tenni. Mi történik az így, szelektíven összegyűjtött elemekkel?



Használt elemek gyűjtőtartálya

Az elektromos áramkör részei

A zsebizzó akkor világít, ha a kapcsolóval zárjuk az elektromos áramkört. Ha megszakítjuk az áramkört, az izzólámpa nem világít. Az asztali lámpa, a porszívó, a hajszárító áramkörét is kapcsolóval zárjuk és nyitjuk. Régen a villanyvasaló áramkörét a csatlakozódugó bedugásával és kihúzásával zártuk és nyitottuk.



A kapcsoló szerepe az áramkörben

Zárt áramkörben *elektromos áram* jön létre. Az áramkör nyitásakor az áramkör egy részéből eltávolítjuk a vezetőt, helyére szigetelő anyag (legtöbbször levegő) kerül. Így a töltések áramlása megszűnik. Záráskor a szigetelő helyére ismét vezető kerül, és újra megindulhat a töltések áramlása.

Az áramkört kapcsolóval tudjuk zárni és megszakítani. Az elektromos áramkör részei: az áramforrás, a fogyasztó, a vezetékek és a kapcsoló.

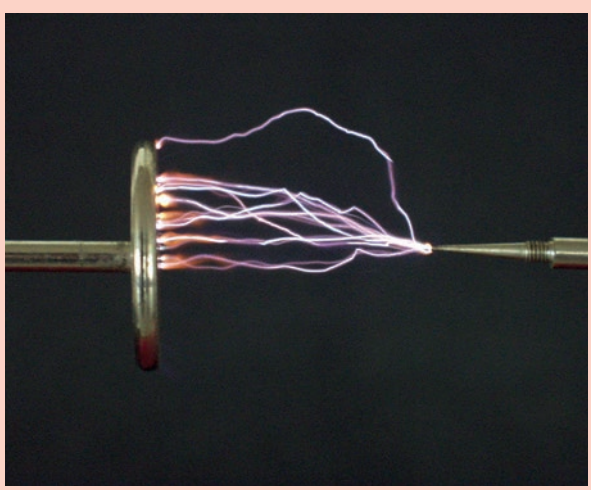
Az áramköröket célszerű úgy összeállítanunk, hogy gondolatban követjük az áram útját az áramforrás egyik sarkától kiindulva, a fogyasztón, a kapcsolón át, visszajutva az áramforrás másik sarkához. Hasonló módon érdemes ellenőriznünk az összeállított kapcsolás helyességét és elemeznünk az áramkörről készült rajzot is.

Jó tudni!

A fémek vezetők, mert a fémkristályokat alkotó pozitív fématomtörzsek között a fématomokról levált elektronok gyakorlatilag szabadon mozognak. *A fémekben a szabad elektronoknak az áramlása jelenti az elektromos áramot.*

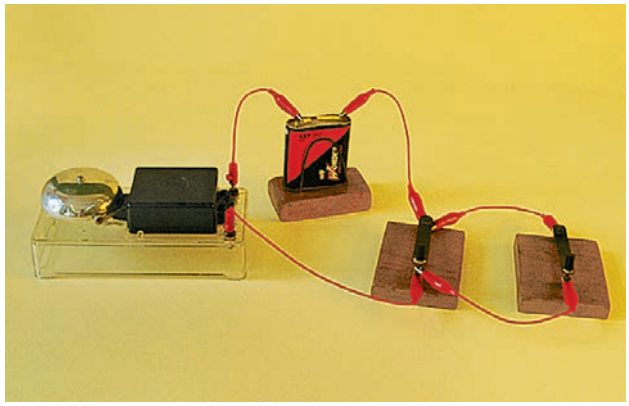
A savak, lúgok, sók vizes oldatai is vezetik az elektromos áramot. Ezeket az anyagokat *elektrolitoknak* nevezzük. Az eredetileg semleges anyagok egy része oldódáskor pozitív és negatív *ionokra* alakul át. Ha az elektrolitokba merülő két szénrúdhoz (vagy két fémlemezhez) áramforrást kapcsolunk, akkor a negatív ionok az áramforrás pozitív pólusa felé, a pozitív ionok pedig az áramforrás negatív pólusa felé mozognak. *Az elektrolitokban a pozitív és negatív ionok mozgása okozza az elektromos áramot.*

Hasonló módon, az ionok mozgásával magyarázhatjuk a levegőn átütő szikra, illetve a villám létrejöttét is. *A gázokban a pozitív és negatív ionok mozgása jelenti az elektromos áramot.*



Hétköznapi példák

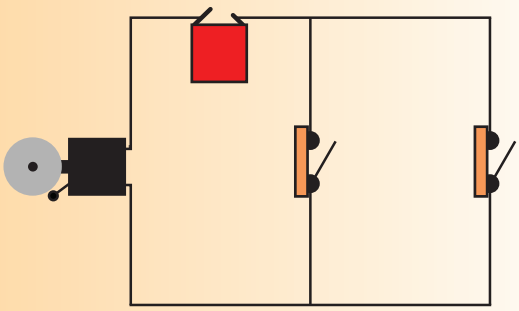
A családi ház bejáratánál olyan elektromos csengő van, amelyet a kerítésen és a ház bejáratánál levő kapcsolóval is lehet működtetni. Ennek az áramkörnek a modelljét zsebtelepből, csengőből, két kapcsolóból és vezetékekből állíthatjuk össze. Megfigyelhetjük, hogy a csengő akkor működik, ha az egyik vagy másik (esetleg mindkét) kapcsolót zárjuk. (A csengőhöz olyan „pillanatkapcsolókat” használunk, amelyek csak addig zárják az áramkört, míg a kapcsolót lenyomva tartjuk.)



Csengő két kapcsolóval

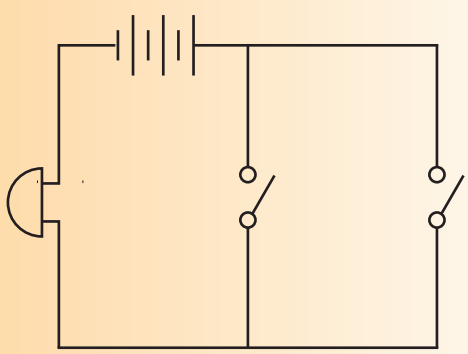
Kapcsolási rajz

Könnyebben áttekinthetjük az áramkört, ha a kapcsolást vázlatrajzon rögzítjük.



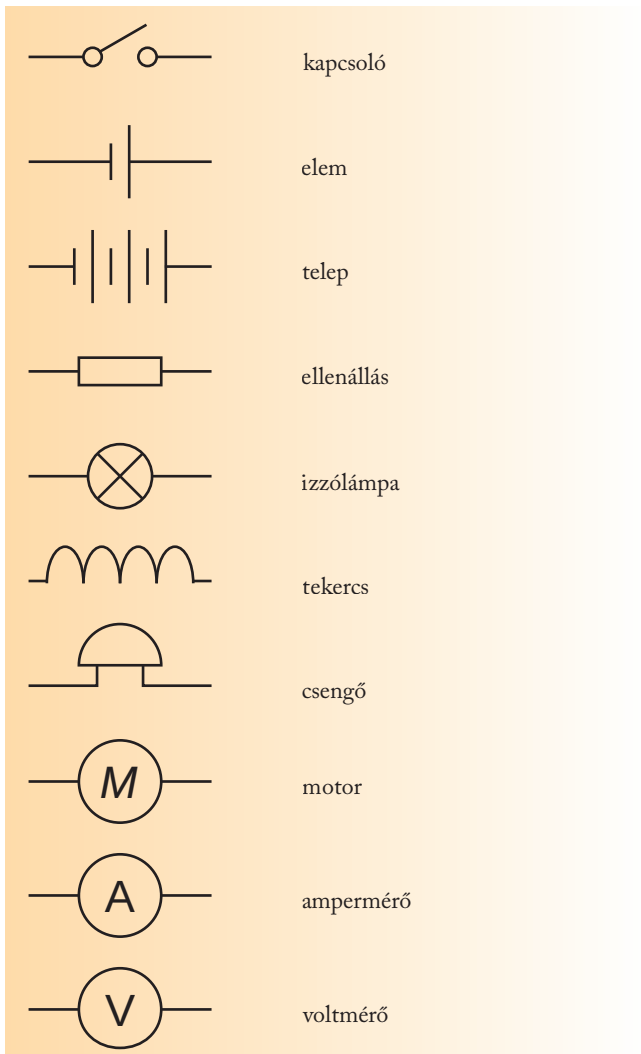
Csengő két kapcsolóval (vázlatrajz)

Sok esetben azonban nehéz a különböző áramforrások, fogyasztók lerajzolása. Ezért a gyakorlatban olyan *áramköri jeleket* használnak, amelyek leegyszerűsítve mutatják az áramkörök egyes részeit. Ha ezeket a jeleket alkalmazzuk az áramkör ábrázolásához, akkor még egyszerűbbé válik a *kapcsolási rajz* elkészítése.



Csengő két kapcsolóval (kapcsolási rajz)

Ilyen és ehhez hasonló áramköri jeleket alkalmaznak a rádió, a televízió és más elektromos készülékek áramköreinek az ábrázolásához; az autók, munkagépek és épületek elektromos hálózatának megtervezéséhez is. A legfontosabb áramköri jelek az ábrán láthatók.



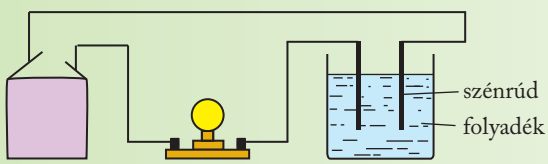
Áramköri jelek

Kísérletek

Kísérletezni csak zsebteleppel vagy rúdelemmel szabad. A hálózati áramforrás (például konnektor) érintése életveszélyes és tilos!

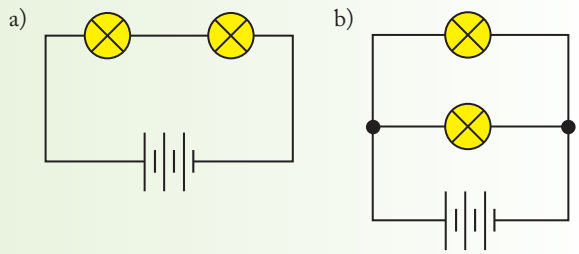
1. Vizsgáld meg zsebtelep és zsebizzó segítségével, hogy vezeti-e az elektromos áramot a zsebtelepből kiszedett szénrúd, a fűtéshez használt széndarab, a háztartási alumíniumfólia, az applikációs táblához használt tapadómágnes és a ceruzabél!

2. Létesíts elektromos áramkört zsebtelepből, zsebizzóból és desztillált vízbe helyezett két szénrúdból!
   a) Figyeld meg, világít-e a zsebizzó!
   b) Szórj a vízbe konyhasót! Keverd meg a vizet, majd figyeld meg, milyen változást tapasztalsz!



3. Létesítsetek társaddal áramkört zsebtelepből, zsebizzóból és két kapcsolóból a következő feltételeknek megfelelően (az egyik részét a feladatnak te, a másik részét társad végezze el!):
   a) az izzó csak akkor világítson, ha mindkét kapcsolót zárva tartod;
   b) ha csak az egyik kapcsoló van zárva, akkor az izzó nem világít.

4. Állítsd össze a kapcsolási rajzokon ábrázolt áramköröket! Hasonlítsd össze az izzólámpák fényerejét!



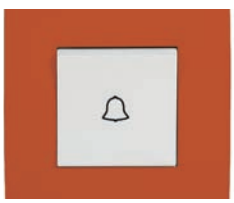
Kérdések és feladatok

1. Válaszd külön az alábbi eszközök közül az áramforrásokat és a fogyasztókat! Zsebtelep, vasaló, akkumulátor, villanymozdony, televízió, vízi erőmű, kerékpár-generátor, hajszárító, számítógép, fénymásoló.

2. Minek nevezzük az áramkörnek azt a részét, amely
   a) tartós elektromos áramot képes fenntartani az áramkörben;
   b) az elektromos energiát számunkra hasznos energiává alakítja át?

3. Mi a szerepe az áramkörben
   a) a vezetékeknek;
   b) a kapcsolónak?

4. Egymástól eltérő szerkezetű kapcsolót alkalmaznak a lakás csengőjének, illetve a belső helyiségekben levő izzólámpáknak az áramkörében. Milyen eltérés van a kétféle kapcsoló működésében?



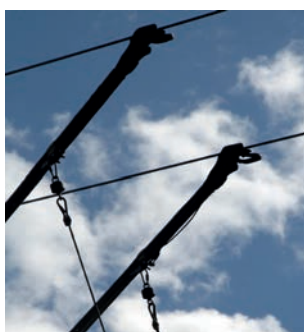
Csengő kapcsolója



Világítás kapcsolója

5. Kürtjelzést adunk az álló autóból. Mi az áramforrás és a fogyasztó ebben az esetben?

6. A trolibusz és a villamos is elektromos árammal működik. Mi a magyarázata annak, hogy a trolibusznak két felsővezetéke, a villamosnak pedig csak egy felsővezetéke van?



7. Présgépeken és más, kézre veszélyes gépeken két kapcsolót alkalmaznak. A gép csak akkor működik, ha kezelője egyidejűleg a két kapcsolón tartja a kezét. Ezáltal megelőzik azt, hogy a gépkezelő működés közben a gépbe nyúljon, és balesetet szenvedjen. Készíts róla kapcsolási rajzot! (A présgépből csak a villanymotor kapcsolási rajzát tüntesd fel!)

8. Van olyan kézi hajszárító, amelyben a fűtőszálat csak akkor lehet bekapcsolni, ha előzőleg a ventilátort már bekapcsoltuk. Készíts róla kapcsolási rajzot! (A ventilátort a motor rajzjelével, a fűtőszálat az ellenállás áramköri jelével ábrázold!)

4. AZ ELEKTROMOS ÁRAM HATÁSAI. AZ ÁRAMERŐSSÉG

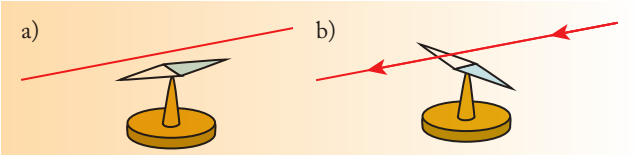
Az elektromos áram hatásai

Zsebtelepből, zsebizzóból és vezetékekből áramkört állítunk össze. Az izzón *elektromos áram* halad át. Ennek hatására az izzószál felmelegszik, izzik és világít.

Az elektromos áramnak tehát *hőhatása* van.

Az iránytű fölé vezetéket helyezünk. A vezetéket rövid időre zsebtelephez kapcsoljuk. Az iránytű a vezetéken át folyó áram hatására kitér eredeti észak–déli irányából.

Az elektromos áramnak ezek szerint *mágneses hatása* is van.

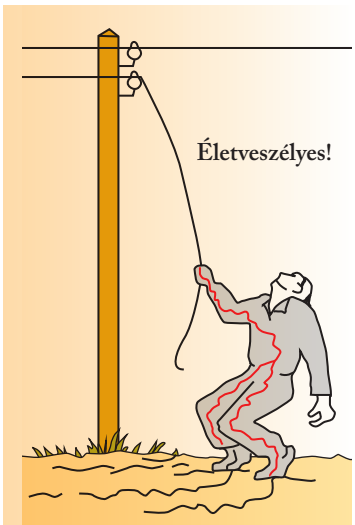


Az áram hatása az iránytűre

Konyhasóoldatba két szénrudat helyezünk. A szénrudakat zsebtelephez kapcsoljuk. A szénrudakon gázfejlődést figyelhetünk meg. Az elektromos áramnak tehát *kémiai (vegyi) hatása* is van.

Az elektromos hálózati áramforrás szigetelés nélküli vezetékei áramütést is okozhatnak. Az elektromos áramnak tehát *élettani (biológiai) hatása* is van.

Az elektromos áramnak hő-, mágneses, kémiai és élettani hatása van. Az áram éppen e hatások alapján ismerhető fel.



Áramütés

Az áramerősség

Az elektromos áram erősségére a hatások erőssége alapján következtethetünk. Azt az áramot tekintjük erősebbnek, amely azonos körülmények között a fogyasztót jobban felmelegíti, az iránytűt jobban kitéríti, több gázt fejleszt a konyhasóoldatból.

Segítségnyújtás elektromos áram okozta sérülés esetén

Az elektromos berendezések használata a fizikai kísérletek végzése és az otthoni alkalmazás közben is fokozott óvatosságot igényel.

A kívülről érkező elektromos áram rendkívül veszélyes lehet az emberi szervezetre. Áramütés esetén az áramütött személy az izomgörcs miatt általában nem tud kiszabadulni az áramkörből.

Teendők:

1. Áramtalanítsuk az elektromos hálózatot! *(Ne nyúljunk az áramütést szenvedett emberhez!)* Ha ez nem lehetséges, akkor szigetelő anyaggal kell elhúzni vagy eltolni a sérültet (pl. száraz faléc, műanyag).
2. Mentés után elsősegélyt nyújtunk az áramütöttnek.
   a) Leültetjük vagy lefektetjük.
   b) Az eszméletét vesztett sérültet oldalára fektetjük.
   c) Szükség esetén mesterséges légzést alkalmazunk.
   d) Szívleállás esetén újraélesztjük.
3. Mentőt hívunk.



A zsebizzót először egy új, majd egy kimerülőben levő zsebtelephez kapcsoljuk. Azt tapasztaljuk, hogy az izzó a második esetben halványabban világít. Ebből arra következtethetünk, hogy az izzón most gyengébb áram haladt át; kisebb az *áramerősség*. Amikor kisebb az áramerősség, akkor ugyanannyi idő alatt a vezeték keresztmetszetén kevesebb töltés halad át, mint nagyobb áramerősség esetén.

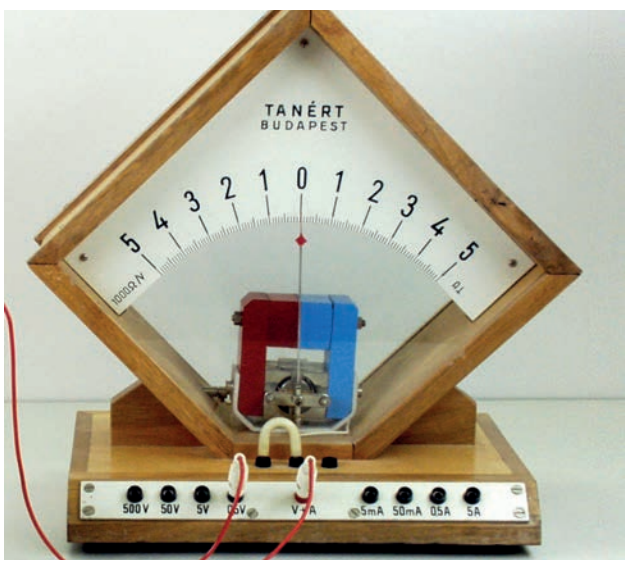
Az áramerősség jele: *I*, mértékegysége az amper (A). Az áramerősség mértékegységét *Ampère* (amper) francia fizikusról nevezték el. Az amper ezredrésze a milliamper (mA).

$1\ \text{A} > 1\ \text{mA}$ $\quad$ $1\ \text{A} = 1000\ \text{mA}$

1000

Az áramerősség mérése

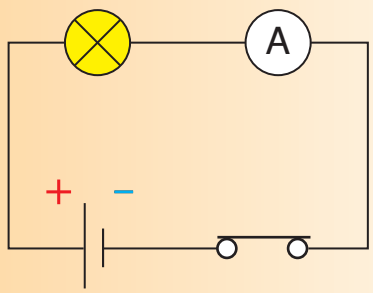
Az áramerősséget áramerősség-mérő műszerrel (ampermérővel) mérhetjük meg. Az áramerősség-mérő műszerek többnyire az áram mágneses hatása alapján működnek, de vannak más módon működő műszerek is.



Áramerősség-mérő műszer

A műszert úgy használjuk, hogy az áramkört megszakítjuk egy helyen, és a műszert a megszakítás helyére iktatjuk. Így a fogyasztón áthaladó töltés áthalad a műszeren is. Ezáltal biztosítjuk azt, hogy a műszerben ugyanakkora az áramerősség, mint a fogyasztóban. Az áramerősség-mérő műszert tehát a fogyasztóval *sorosan* kapcsoljuk az áramkörbe.

Minél nagyobb a műszeren átfolyó áram erőssége, annál jobban kitér a műszer mutatója. Az áramerősség a mutató mögötti skáláról olvasható le. A legnagyobb skálaértékhez tartozó áramerősséget a műszer *méréshatárának* nevezzük. Vannak olyan műszerek is, amelyek több különböző méréshatárra kapcsolhatók át. Ilyen az iskolai demonstrációs (tanulókísérleti) műszer is. A műszert mindig nagyobb méréshatárra kell kapcsolni, mint a várható áramerősség.



Ampermérő az áramkörben

Az áramerősség-mérő műszert nem szabad fogyasztó nélkül az áramkörbe kapcsolni!

Érdekesség

Ampère. André Marie *Ampère* (amper, 1775–1836) francia fizikus, matematikus, kémikus, egyetemi tanár, az elektrotechnika egyik úttörője. Már 14 éves korában végigolvasta az akkoriban megjelent, valamennyi tudományág anyagát összefoglaló francia enciklopédiának mind a 20 kötetét; 18 éves korára pedig jól megtanult latinul, olaszul és görögül. Számos, elektromossággal kapcsolatos, alapvető felismerés fűződik a nevéhez. Róla nevezték el az áramerősség SI-mértékegységét.



Érdekesség

Veszélyes áramerősség. Életveszélyes lehet, ha az ember szervezetén 25–30 mA vagy ennél nagyobb erősségű áram halad át. A villám áramerőssége elérheti a 30–75 kA áramerősséget is.

Érdekesség

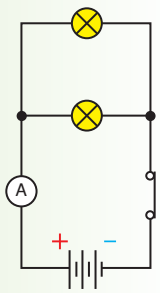
Az izzólámpák, a villanymozdony és a villám. A zsebtelephez kapcsolt izzólámpán 0,2 A, a gépkocsiban a fényszóró izzóján 4,6 A, a villanymozdonyon 700–1800 A erősségű áram halad át. A villámban létrejövő áramerősség 500 A és 300 000 A között van.

Kísérletek

1. Létesíts áramkört zsebtelepből, zsebizzóból és vezetékekből! Mérd meg az áramerősséget az áramkör két különböző helyén!

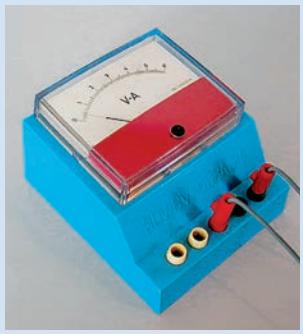
2. Létesíts áramkört zsebtelepből, 2 db zsebizzóból és vezetékekből, a vezetékek elágaztatása nélkül! Mérd meg az áramerősséget az áramkörben! Hasonlítsd össze a mérés eredményét az előző feladat mérési eredményével!

3. Létesíts áramkört zsebtelepből, 2 db zsebizzóból és vezetékekből a kapcsolási rajz szerint! Mérd meg az áramerősséget a zsebtelep és a vezetékek elágazási pontja között! Hasonlítsd össze a mérési eredményt az előző két mérés eredményével!



Érdekesség

A tanulókísérleti műszer használata. A tanulókísérleti műszer plusz (+) jelzéssel ellátott középső kivezetéséhez kell csatlakoztatnunk azt a vezetéket, amely az áramforrás pozitív (+) sarkával van összeköttetésben. Az áramforrás negatív (–) sarkához kapcsolt vezetéket a 3 A-rel jelölt kivezetéshez csatlakoztatjuk. Ha túl kicsi a mutató kitérése, akkor a 0,6 A jelzésű kivezetéshez kapcsoljuk a vezetéket. Ezek az adatok jelzik a műszer méréshatárát. Első bekapcsolásnál célszerű a műszert csak egy pillanatig bekapcsolni az áramkörbe, nehogy hibás kapcsolás esetén tönkremenjen a műszer.



Tanulókísérleti mérőműszer

Érdekesség

Digitális multiméter. Az elektromos készülékek ellenőrzéséhez, javításához gyakran számkijelzéses műszert (digitális műszert) alkalmaznak. E készüléken a megfelelő méréshatárt általában egy kapcsolótárcsa elfordításával választhatjuk ki, s a mért áramerősséget számjegyekkel kiírva mutatja a műszer. Ezek az eszközök többnyire más mennyiségek mérésére is alkalmasak. Erre utal a multiméter elnevezés is (a multi- jelentése: sok; a -méter jelentése: mérő).



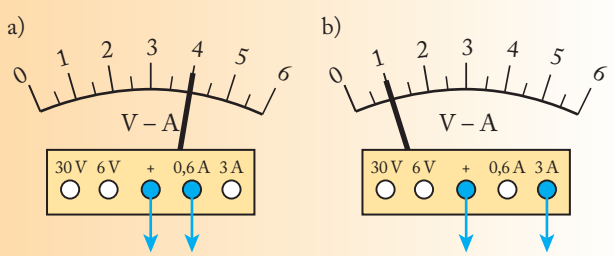
Kérdések és feladatok

1. Az elektromos kávéfőző fűtőszálán 2,5 A erősségű áram halad át. Hány milliampernek felel meg ez az áramerősség?

2. A 60 wattos izzólámpán 261 mA erősségű áram halad át. Hány amperrel egyenlő ez?



3. Állapítsd meg a rajzok alapján a műszerek méréshatárát és a mért áramerősségeket!



4. Az áramerősség-mérő műszeren 0-tól 6-ig terjedő skálabeosztás van. A műszert 3 A-es méréshatárral kapcsoljuk az áramkörbe. Mekkora a mért áramerősség akkor, ha a műszer mutatója
   a) a 6-os beosztásig tér ki;
   b) az 1-es beosztásig tér ki;
   c) a 2,5-es beosztásig tér ki?

5. AZ ELEKTROMOS MEZŐ ENERGIÁJA. AZ ELEKTROMOS FESZÜLTSÉG

Az elektromos energia

Láttuk, hogy az elektromosan feltöltött testek közelében elektromos mező alakul ki. Az elektromos mező erőt fejt ki a környezetében elhelyezett testekre, és ha ezek a testek elmozdulnak, akkor a mező munkát végez. Ha például egy megdörzsölt ebonitrudat közelítünk az asztalon fekvő tollpihéhez, az ebonitrúd körül kialakuló elektromos mező magához vonzza a tollpihét. A tollpihe felemelése munkavégzéssel jár.

A munkavégzés arra utal, hogy az elektromos mezőnek energiája van, ezt az energiát elektromos energiának nevezzük.

Az elektromos mező az elektromos energia csökkenése árán képes más testeken munkát végezni vagy más testek energiáját növelni.

Az energiamegmaradás törvényének néhány megvalósulása

Ha a szikrainduktor által létrehozott szikra útjába rövid időre egy papírlapot helyezünk, a papírlapon égési nyomok keletkeznek, sőt a lap meg is gyulladhat. (A kísérletről készült videó elérhető a http://www.fizkapu.hu/fizfilm/mpg720x576/fizfilm021.mpg címen.) A két érintkező közti elektromos mező a levegőben levő ionokat nagy sebességre gyorsítja, eközben munkát végez. A felgyorsult ionok a semleges molekuláknak ütközve egyrészt felgyorsítják azokat, másrészt újabb ionokat hoznak létre, melyek szintén felgyorsulnak. A levegő részecskéinek így megnő a sebessége, mindez a levegő jelentős felmelegedését okozza. A felmelegedés azt jelzi, hogy a levegő belső energiája megnövekedett. A belső energia növekedését végső soron az elektromos mező energiájának csökkenése biztosította.

A zsebtelep két pólusa között szintén elektromos mező van, amelynek szintén van energiája. Ha a zsebtelepre egy zsebizzót kapcsolunk, az izzószál felizzik, a lámpa világít. Az izzószál felmelegedése azt jelzi, hogy megnőtt a szál belső energiája. Ezt az energianövekedést a zsebtelep pólusai között kialakult elektromos mező biztosította azáltal, hogy a vezetékben és az izzószálban levő elektronokat mozgásba hozta. A mozgó elektronok mozgási energiájuk egy részét leadták a fémrács ionjainak, amelyek így élénkebb rezgésbe jöttek. Az élénkebb hőmozgást a hőmérséklet jelentős emelkedése, az izzószál izzása jelzi.



Tollpihe ebonitrúdon



Kerékpár-generátor

Ha egy üvegrudat selyemmel megdörzsölünk, az üveg pozitív, a selyem negatív lesz, így vonzzák egymást. Miközben a dörzsölés után eltávolítjuk őket egymástól, munkát kell végeznünk. Ebből a munkavégzésből származik a közben kialakuló elektromos mező energiája. A galvánelemeknél az elemekben lezajlódó kémiai folyamatok során felszabaduló kémiai energia biztosítja az elektromos energiát. A kerékpárgenerátornál vagy az erőművek generátoraiban mechanikai munkavégzéssel hozzuk létre az elektromos energiát. *Ezekben a folyamatokban mindenütt érvényesül az energiamegmaradás törvénye.*

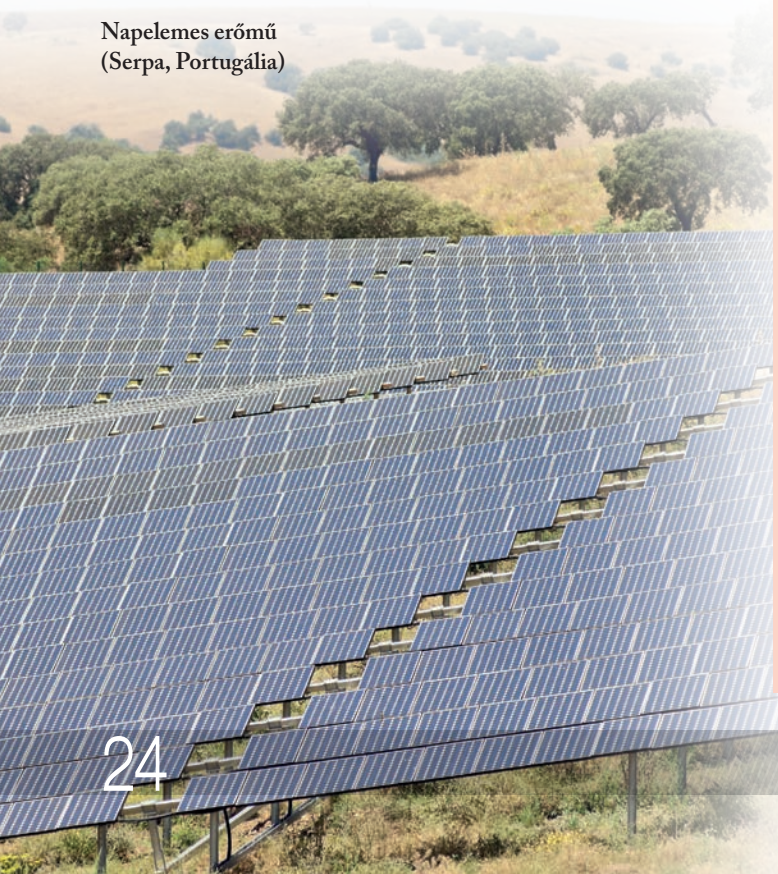
Elektromos feszültség

Az elektromos készülék működtetéséhez különböző áramforrásokat használunk. Az áramforrásokat a feszültséggel jellemezzük. Annak az áramforrásnak nagyobb a feszültsége, amely több munkát végez, miközben egy elektront (vagy azzal azonos nagyságú töltést) az egyik pólustól a másikig elmozdít.

Hasonlóan értelmezhetjük az áramkör bármely két pontja közötti feszültséget is:

Az áramkör két pontja között annál nagyobb a feszültség, minél több munkát végez az elektromos mező, miközben egy elektront (vagy azzal azonos nagyságú töltést) az egyik pólustól a másikig elmozdít. (A feszültség ennél részletesebb és pontosabb értelmezésére középiskolában kerül sor.)

A feszültség jele: *U*, mértékegysége a volt (V).



Napelemes erőmű (Serpa, Portugália)

Érdekesség

Galvani és Volta. Luigi *Galvani* (1737–1798) olasz orvos, a bolognai (bolonyai) egyetem tanára volt. 1786-ban megfigyelte, hogy a frissen boncolt békacomb erősen összerándul, ha az két különböző fémhez ér. Ez a felismerés vezetett el a később róla elnevezett *galvánelemek* megalkotásához.

Galvani tapasztalataira Alessandro *Volta* (1745–1827) olasz fizikus, a padovai egyetem tanára adott helyes magyarázatot. Felismerte, hogy az elektromos áram keltéséhez két különböző fémre és egy folyékony halmazállapotú vezetőre van szükség. Sorra megvizsgálta, hogy melyik két-két fém alkalmazható leghatékonyabban az áramforrás két pólusaként.



Luigi Galvani



Alessandro Volta

Jó tudni!

Napjainkban olyan áramforrásokat is készítenek, amelyek a fény energiáját közvetlenül elektromos energiává alakítják át. Főleg olyan helyeken alkalmazzák ezeket a *napelemeket* (fényelemeket), ahol erős és hosszan tartó a napsütés, például a világűrben (a műholdak áramellátásához), magasabb hegyekben, melegebb éghajlatú vidékeken. Napelemet használnak egyes kis fogyasztású elektromos készülékekhez is, például egyes zsebszámológépekhez; illetve a hálózati vezetékektől távoli helyeken levő elektromos készülékekhez, például az autópályák mentén levő segélyhívó telefonokhoz vagy a parkolójegyet kiadó automaták működtetéséhez is.



A MOL Bubi közbringarendszer gyűjtőállomásai napelemmel működnek

Például az új ceruzaelem feszültsége 1,5 V, a zsebtelep feszültsége 4,5 V, az autóban levő akkumulátor feszültsége 12 V, a hálózati áramforrás feszültsége 230 V.

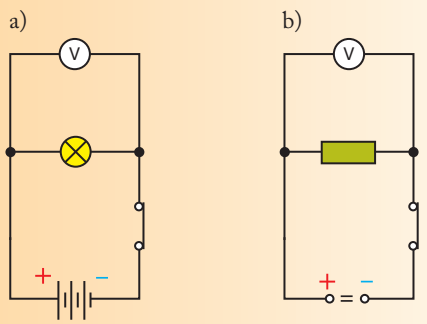
A feszültség mértékegységét *Volta* olasz fizikusról nevezték el.
A V ezerszerese a kilovolt (kV), az ezredrésze a millivolt (mV).

$$1\ \text{kV} \underset{1000}{>} 1\ \text{V} \underset{1000}{>} 1\ \text{mV}$$

1 kV = 1000 V
1 V = 1000 mV

Feszültség mérése

A feszültséget feszültségmérő műszerrel (voltmérővel) mérhetjük meg. A műszert az áramforrás két pólusához csatlakoztatjuk. Az áramforrás feszültségét fogyasztó nélkül is meg szabad mérni. Az áramkörbe kapcsolt fogyasztók két-két kivezetése között is mérhetünk feszültséget. Ilyenkor a fogyasztóhoz *párhuzamosan* kapcsoljuk a műszert.



Voltmérő az áramkörben

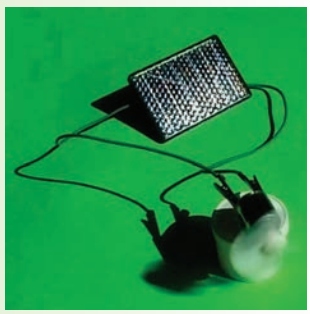
Érdekesség

A tanulókísérleti műszer és a digitális multiméter használata. A feszültség mérésére ugyanazt a tanulókísérleti műszert alkalmazhatjuk, mint az áramerősség mérésére, de más kivezetéshez kell kapcsolnunk a csatlakozó vezetékeket. A plusz (+) jelzésű középső kivezetéshez kapcsoljuk azt a vezetéket, amely az áramforrás pozitív (+) sarkával van összeköttetésben. A másik vezetéket pedig a 30 V-tal jelölt kivezetéshez csatlakoztatjuk. Ha a mért feszültség 6 V-nál kisebb, akkor a pontosabb mérés érdekében érdemes alacsonyabb méréshatárra váltani. Ehhez a 6 V jelzésű kivezetéshez kapcsoljuk a vezetéket.

A feszültség mérésére alkalmazhatunk multimétert is, de a kapcsolótárcsát ilyenkor a feszültség megfelelő méréshatárához kell állítanunk.

Kísérletek

1. Mérd meg a ceruzaelem és a zsebtelep feszültségét!
2. Létesíts áramkört zsebtelepből és két zsebizzóból! Az izzókat elágazás nélkül, sorosan kapcsold az áramkörbe! Mérd meg a feszültséget
   a) a zsebtelep két sarka között;
   b) mindkét zsebizzó két-két kivezetése között!
3. A napsugarak útjába helyeztük a 9 cm × 6 cm méretű napelemet, amelyhez egy kis villanymotort kapcsoltunk. (A motor tengelyén ventilátor forog).



   a) Mi az áramforrás, és mi a fogyasztó ebben az áramkörben?
   b) Milyen energiaátalakulás történik a napelemben, illetve a motorban?

Érdekesség

Az akkumulátor, a televízió képcsöve és a villám… A gépkocsikban használt akkumulátorok többségében 6 darab 2 V feszültségű „cella” van sorba kapcsolva. Az akkumulátor feszültsége így 12 V. A hagyományos (képcsöves) televízió képcsöve a készülék típusától függően 15 000 V–25 000 V feszültséggel működik.



Elem vagy telep?

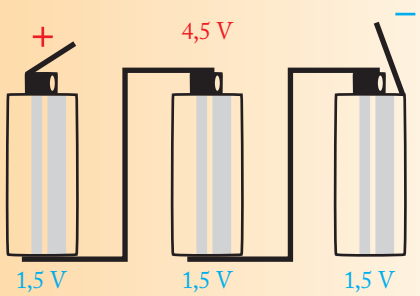
Két vagy több elem összekapcsolása révén telepet kapunk.

Ha az egyes elemeket ellentétes pólusaikkal *sorosan* kapcsoljuk össze, akkor *az elemek feszültsége összeadódik*.

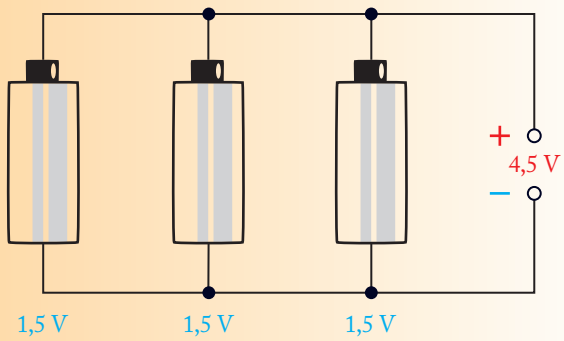
A lapos zsebtelepben például három darab 1,5 V feszültségű elem van soros kapcsolásban. A telep feszültsége 4,5 V.

Ha az elemeket megegyező, azonos pólusaikkal, *párhuzamosan* kapcsoljuk össze, akkor a telep sarkai között *ugyanakkora a feszültség, mint egyetlen elem sarkai között*.

Ilyen telepet akkor alkalmazunk, ha az áramkörben egyetlen elem hamar lemerülne.



Elemek soros kapcsolása



Elemek párhuzamos kapcsolása

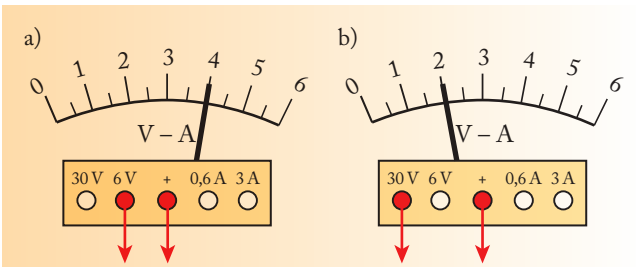


Érdekesség

Törpefeszültség, kisfeszültség, nagyfeszültség. Az áramforrások feszültségét 42 voltig *törpefeszültségnek*, 42–250 voltig *kisfeszültségnek*, 250 V felett *nagyfeszültségnek* nevezzük. Szűk helyen (pl. a kazánok belsejében) végzett munkához, jelzőberendezések működtetéséhez csak törpefeszültséget szabad használni. Az elektromos gyermekjátékokat legfeljebb 24 V feszültségű áramforráshoz szabad kapcsolni.

Kérdések és feladatok

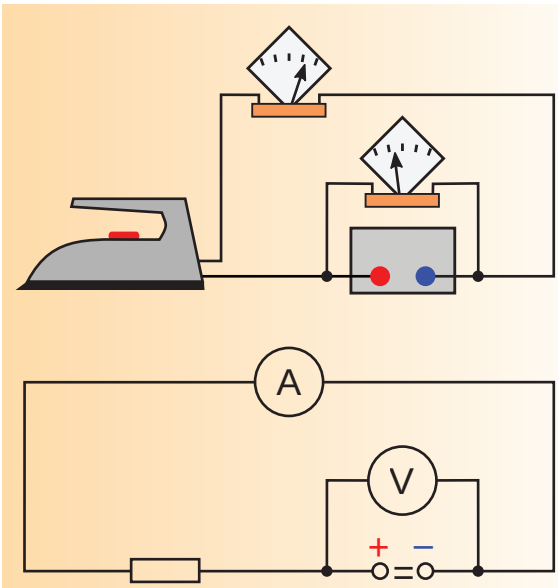
1. A rúdelem feszültsége 1,5 V. Hány mV-nak felel ez meg?
2. Az egyik mérőműszeren 200 mV a legkisebb méréshatár. Hány V feszültségnek felel ez meg?
3. Állapítsd meg a rajzok alapján a műszer méréshatárát és a mért feszültséget!



4. Egy elemtartóba négy darab 1,5 V feszültségű ceruzaelem helyezhető, melyek sorosan kapcsolódnak egymáshoz. Mekkora a feszültsége az így összeállított telepnek?
5. A vasúti sín és a felsővezeték között 25 000 V a feszültség. Hány kV ez a feszültség?
6. A feszültségmérő műszeren 0-tól 6-ig terjedő skálabeosztás van. A műszert úgy kapcsoljuk az áramkörbe, hogy 30 V a méréshatár. Mekkora a mért feszültség akkor, ha a műszer mutatója
   a) a 6-os beosztásig tér ki;
   b) az 1-es beosztásig tér ki;
   c) a 2,5-es beosztásig tér ki?

6. OHM TÖRVÉNYE. AZ ELLENÁLLÁS

Ohm törvénye



Feszültség- és áramerősség-mérés a vasalónál

Egy vasaló két kivezetését változtatható feszültségű áramforráshoz kapcsoltuk. Több különböző feszültségnél megmértük a vasalóra kapcsolt feszültséget, illetve a vasaló fűtőszálán áthaladó áram erősségét. A mérési eredményeket táblázatba foglaltuk.

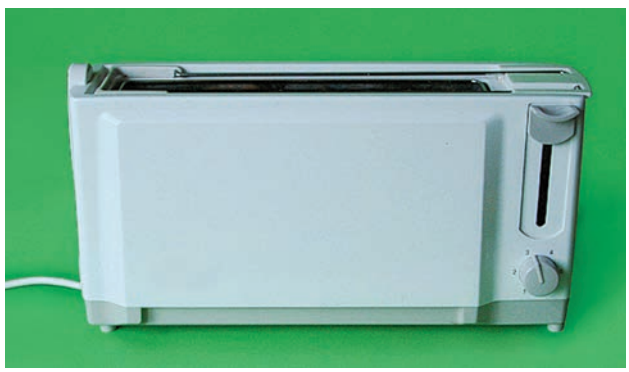
Feszültség *(U)*	4 V	8 V	12 V	16 V	20 V
Áramerősség *(I)*	0,08 A	0,16 A	0,24 A	0,32 A	0,40 A

A táblázat adatai alapján megállapíthatjuk, hogy ha 2-szer, 3-szor, 4-szer, 5-ször nagyobb a feszültség, akkor 2-szer, 3-szor, 4-szer, 5-ször akkora az áramerősség is. Más megfogalmazással: ahányszor nagyobb a vasaló két kivezetése között mért feszültség, ugyanannyiszor nagyobb a vasalón áthaladó áram erőssége is.

A vasaló két kivezetése között mért feszültség és a vasalón áthaladó áram erőssége között *egyenes arányosság* van. Ha kiszámítjuk a feszültség és az áramerősség hányadosát, akkor mindegyik esetben ugyanazt az eredményt, $50\,\frac{\text{V}}{\text{A}}$-t kapjuk. (A mértékegységek hányadosát is jelöljük.)

Az előzőekhez hasonlóan, a kenyérpirító két kivezetését is változtatható feszültségű áramforráshoz kapcsoltuk. Most is megmértük a feszültséget és a kenyérpirító fűtőszálán áthaladó áram erősségét. A mérések eredményei a következők:

Feszültség *(U)*	4 V	8 V	12 V	16 V	20 V
Áramerősség *(I)*	0,05 A	0,10 A	0,15 A	0,20 A	0,25 A



Kenyérpirító

Érdekesség



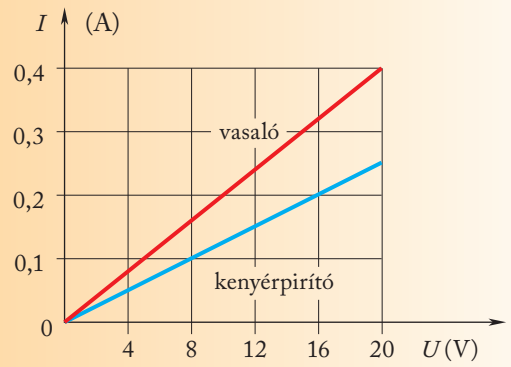
Akiről az ellenállás mértékegységét elnevezték… Georg Simon *Ohm* (1787–1854) német fizikus 1826-ban ismerte fel a róla elnevezett törvényt. Megállapította azt is, hogy az elágazás nélküli áramkörben az áramerősség mindenütt ugyanakkora. Alapvető munkásságot végzett a hangtan és a fénytan terén is. Kortársai közül csak kevesen értették meg, s csak évekkel később kezdték valóban értékelni és megbecsülni munkásságát.

A kenyérpirító esetében is azt látjuk, hogy ahányszor nagyobb a feszültség, ugyanannyiszor nagyobb az áramerősség is.

A feszültség és az áramerősség között egyenes arányosság van.

A feszültség és az áramerősség hányadosa most is állandó, $80\,\frac{\text{V}}{\text{A}}$, de az érték eltér az előző mérésnél kapott adattól.

Ha áramerősség-feszültség grafikonon ábrázoljuk a mért értékeket, akkor a kapott pontok az egyenes arányosságnak megfelelően az origóból kiinduló félegyeneseken helyezkednek el. A félegyenesek meredeksége azonban különböző.



Áramerősség-feszültség grafikon

Hasonlót tapasztalunk akkor is, ha más fogyasztót kapcsolunk az áramkörbe:

Ugyanazon fogyasztó esetében a feszültség és az áramerősség között egyenes arányosság van. Ezt az összefüggést első ízben *Ohm* német fizikus állapította meg, és róla *Ohm törvényének* nevezzük.

Érdekesség

Egy szó, kétféle jelentés. Az ellenállás szót kétféle értelemben használjuk. Ellenállásnak mondjuk a feszültség és az áramerősség hányadosaként meghatározott *fizikai mennyiséget;* de ellenállásnak nevezzük az elektrotechnikában használt *alkatrészt* is, amelyet a rádióba, televízióba és sok más eszközbe építenek be. A mondat egészének a tartalmából lehet következtetni arra, hogy adott esetben az ellenállás szó mit jelent.


Ellenállások

Az ellenállás kiszámítása

Amint láttuk, a feszültség és az áramerősség hányadosaként egy állandó mennyiséget kaptunk, amely jellemző az adott fogyasztóra. Ezt a hányadost *ellenállásnak* nevezzük.

Az ellenállás a fogyasztó két kivezetése között mért feszültség és a fogyasztón áthaladó áram erősségének a hányadosaként meghatározott fizikai mennyiség.

Az ellenállás jele: *R*.

Ebből adódóan az ellenállást úgy számítjuk ki, hogy a feszültséget osztjuk az áramerősséggel. Ezt röviden a következő módon írhatjuk fel:

$$\text{ellenállás} = \frac{\text{feszültség}}{\text{áramerősség}} \qquad R = \frac{U}{I}$$

Az ellenállás mértékegysége a feszültség és az áramerősség mértékegységének a hányadosából adódik. Ezt röviden a következő módon írhatjuk fel:

$$[R] = \frac{[U]}{[I]} = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \text{ohm} = \Omega$$

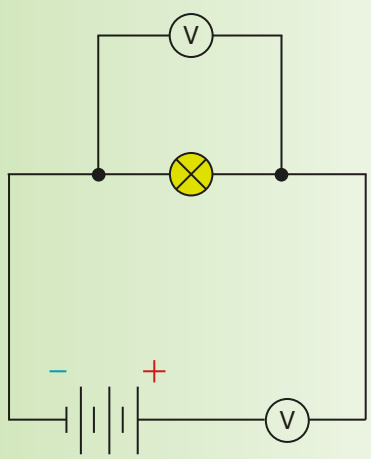
(Az Ω a görög ábécé utolsó betűje, neve ómega.) Az Ω ezerszerese a kiloohm (kΩ).

$$1\,\Omega \underset{1000}{<} 1\,\text{k}\Omega\,,\ 1\,\text{k}\Omega = 1000\,\Omega$$

1 ohm = 1000 milliohm, 1 Ω = 1000 mΩ

Kísérlet

Létesíts áramkört zsebtelepből, zsebizzóból és vezetékekből! Mérd meg az áramerősséget és az izzó két kivezetése között a feszültséget! Számítsd ki az izzó ellenállását a mért adatokból!



Példák

1. Az ellenállás kiszámítása



Az íróasztalon levő izzólámpán 0,17 A erősségű áram halad át. A hálózati áramforrás feszültsége 230 V. Mekkora az izzólámpa ellenállása?

$U = 230\ \text{V}$
$I = 0{,}17\ \text{A}$
$R = ?$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{230\ \text{V}}{0{,}17\ \text{A}} \approx 1353\ \Omega.$$

Az izzólámpa ellenállása 1353 Ω.

2. A feszültség kiszámítása



Az elektrotechnikában alkalmazott egyik 3 Ω-os ellenálláson legfeljebb 1,7 A erősségű áram haladhat át. Legfeljebb mekkora feszültségű áramforráshoz szabad kapcsolni ezt az ellenállást?

$R = 3\ \Omega$
$I = 1{,}7\ \text{A}$
$U = ?$

$$R = \frac{U}{I} \quad |\cdot I$$

$$R \cdot I = U$$

$$U = R \cdot I = 3\ \Omega \cdot 1{,}7\ \text{A} = 5{,}1\ \text{V}$$

Legfeljebb 5,1 V feszültségű áramforráshoz szabad kapcsolni ezt az ellenállást.

3. Az áramerősség kiszámítása



A 230 V feszültségű áramforráshoz kapcsolt elektromos radiátor ellenállása 35 Ω. Mekkora erősségű áram halad át a radiátor fűtőszálán?

$U = 230\ \text{V}$
$R = 35\ \Omega$
$I = ?$

$$R = \frac{U}{I} \quad |\cdot I$$

$$R \cdot I = U \quad |:R$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230\ \text{V}}{35\ \Omega} \approx 6{,}57\frac{\text{V}}{\frac{\text{V}}{\text{A}}} = 6{,}57\frac{\text{V} \cdot \text{A}}{\text{V}} = 6{,}57\ \text{A}$$

A villanymelegítőn áthaladó áram erőssége 6,57 A.

Érdekesség

A túlmelegedés veszélye. Minél nagyobb feszültségű áramforráshoz kapcsoljuk ugyanazt a fogyasztót, annál nagyobb a rajta áthaladó áram erőssége. Az áramforrás feszültségével arányosan nő az áramerősség is. Egy bizonyos határon túl azonban ez már káros lehet; a fogyasztó túlmelegedhet, leéghet és tüzet is okozhat. Ezért minden fogyasztón feltüntetik, hogy mekkora feszültségű áramforráshoz kell kapcsolni. Ha ennél kisebb feszültségű áramforráshoz kapcsoljuk, akkor nem működik megfelelően, ha pedig nagyobb a feszültség, akkor tönkremehet.

Kérdések és feladatok

1. Először 3 V, majd 6 V feszültségű áramforráshoz kapcsoljuk a kerékpár izzólámpáját. Hasonlítsd össze az izzón áthaladó áram erősségét!

2. Az autóban levő akkumulátor feszültsége 12 V. A fényszórón 5 A, az irányjelző lámpáján 0,4 A erősségű áram halad át.
   a) Mekkora az ellenállása a fényszórónak?
   b) Mekkora az ellenállása az irányjelző lámpának?
   c) Hasonlítsd össze a két izzólámpa ellenállását!

3. Egy laptopot 19 V feszültséggel és 3,95 A erősségű árammal tölt a tápegysége. Mekkora a laptop ellenállása töltés közben?

4. A számítógéphez kapcsolt tintasugaras nyomtató csatlakozóvezetékén 130 mA az áramerősség. Az áramforrás feszültsége 230 V. Mekkora a nyomtató elektromos ellenállása?



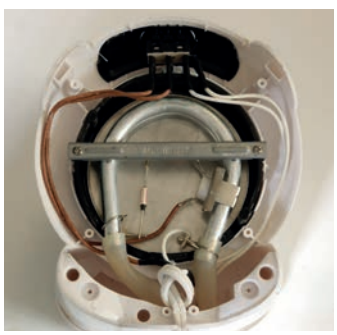
5. A rádióműszerészek által használt forrasztópáka ellenállása működés közben 9,6 Ω, az áramerősség 2,5 A. Mekkora az áramforrás feszültsége?

6. Az akkumulátorral működő kézi porszívó ellenállása 30,7 Ω, az áramerősség 0,14 A. Mekkora az áramforrás feszültsége?

7. A zsebizzó ellenállása működés közben 17,5 Ω. Az izzón áthaladó áram erőssége 200 mA. Mekkora a feszültség az izzó két kivezetése között?

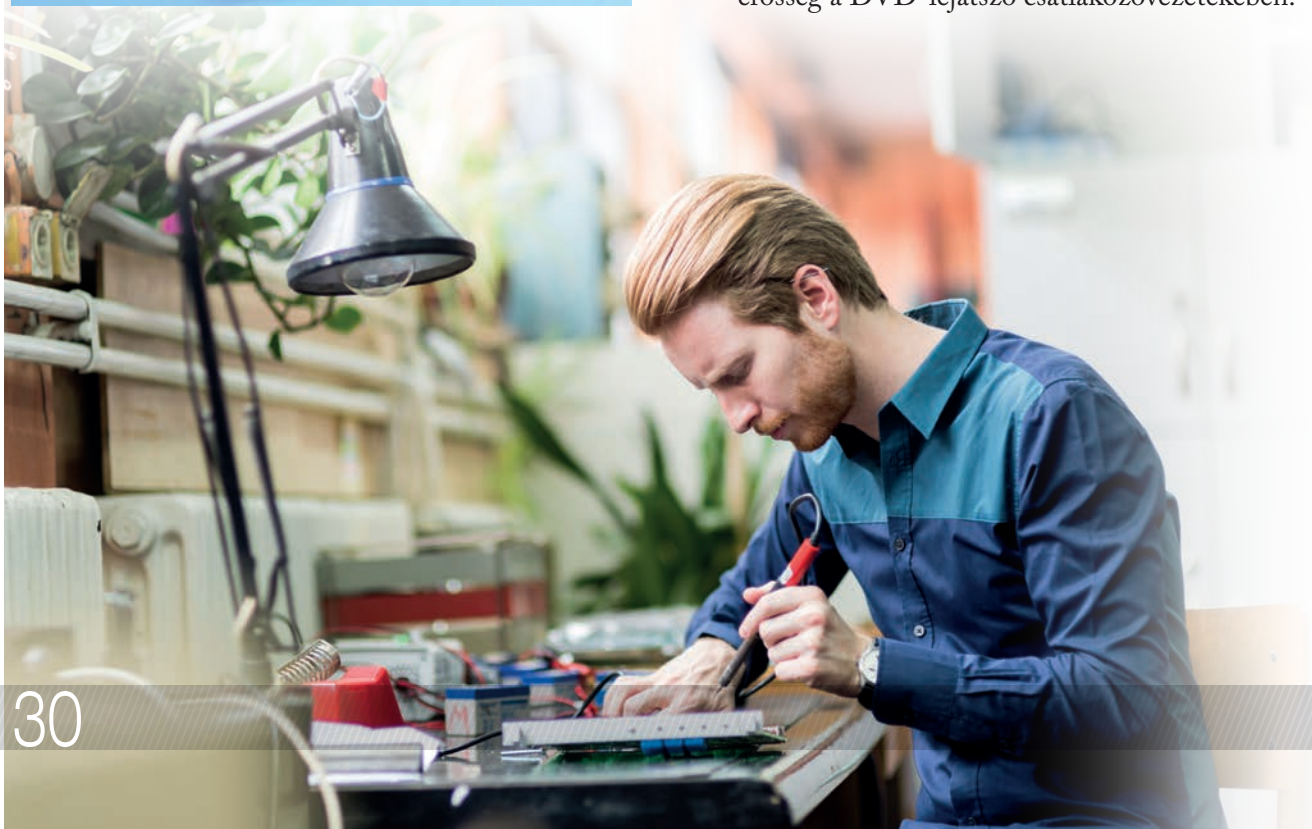
8. Az egyik sétálómagnó motorjának az ellenállása 5 Ω, az áramerősség 1,2 A. Mekkora az áramforrás feszültsége?

9. Az egyik kávéfőző fűtőszálának az ellenállása 81 Ω. Az áramforrás feszültsége 230 V. Mekkora a fűtőszálon áthaladó áram erőssége?



10. Az egyik zsebszámológép ellenállása 3 kΩ. Két darab sorba kapcsolt, 1,5 V feszültségű ceruzaelemmel működik. Mekkora a létrejövő áramerősség?

11. Az egyik DVD-lejátszó ellenállása 2300 Ω. Az áramforrás feszültsége 230 V. Mekkora az áramerősség a DVD-lejátszó csatlakozóvezetékében?



7. AZ ELEKTROMÁGNES ÉS ALKALMAZÁSAI



Az áram hatása az iránytűre

Az iránytű fölé vezetéket helyezünk, és a vezetéket néhány pillanatra zsebtelephez kapcsoljuk. Az iránytű kitér eredeti irányából. Az áram kikapcsolásakor azonban a kitérés megszűnik.

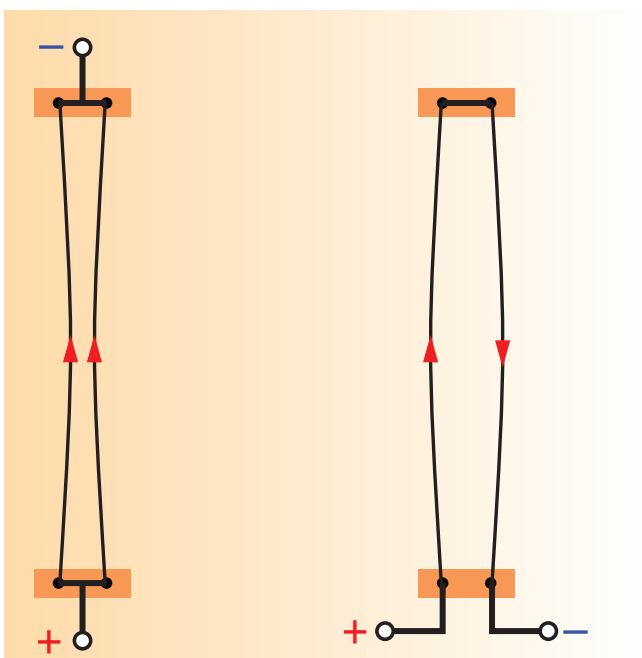
Ez arra utal, hogy a vezető körül mágneses mező jön létre, ha a vezetékben áram folyik. Ez a mágneses mező hat az iránytűre, és elfordítja azt.



Egyenes vezető vasreszelékkel

A vezető körül kialakuló mágneses mező vasreszelékkel ugyanúgy kimutatható, mint ahogy a mágnesrúd körül levő mezőt korábban kimutattuk. Megfigyelhetjük, hogy a vasreszelék ilyenkor a vezeték körüli olyan körök mentén rendeződik, melyek középpontjában a vezeték van.

Egymással párhuzamosan helyezünk el két hajlékony vezetéket. Ha kellően erős áramot vezetünk át rajtuk, akkor a két vezeték elmozdul. Ha az áramirány azonos a vezetékekben, akkor vonzzák egymást, ha ellentétes, akkor taszítják egymást. A jelenség azzal magyarázható, hogy az *áram hatására mindkét vezeték körül mágneses mező jön létre*. Emiatt kölcsönhatás alakul ki az első vezeték körüli mágneses mező és a második vezeték, illetve a második vezeték által keltett mező és az első vezeték között.

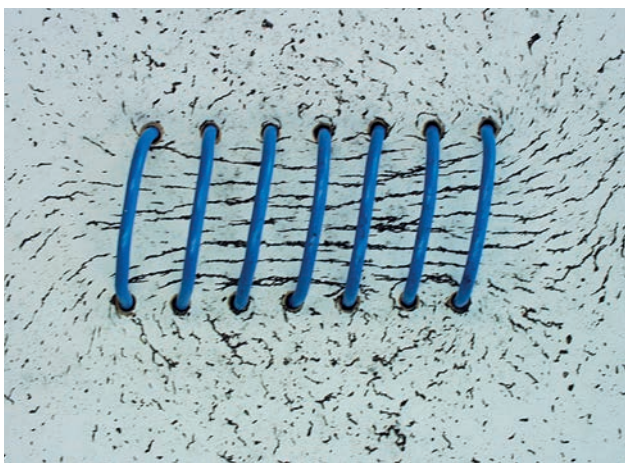


Párhuzamos vezetők közti kölcsönhatás

Ha a vezetékből egy kört vagy tekercset alakítunk ki, akkor a körülöttük szintén mágneses mező jön létre, ha a vezetékben áram folyik. Ez a mágneses mező



Körvezető vasreszelékkel

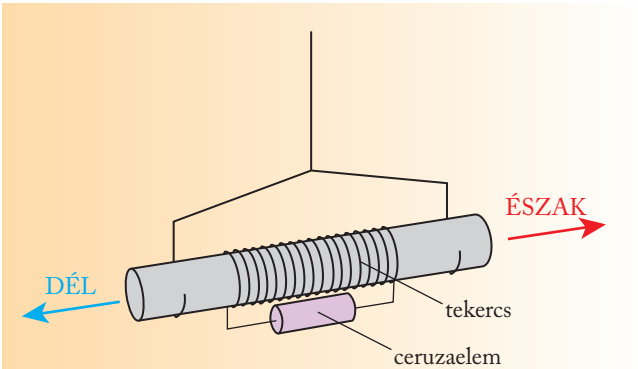


Tekercs vasreszelékkel

vasreszelékkel szintén szemléltethető. Megfigyelhető, hogy a tekercsnél a vasreszelék ahhoz hasonlóan rendeződik el, mint a mágnesrúd közelében.

Ha egy iránytű közelébe zsebtelephez kapcsolt tekercset közelítünk, akkor az iránytű kitér az egyensúlyi helyzetéből. Az áramkör megszakítása után azonban újra visszaáll az eredeti irányba, akárcsak a lecke első kísérletében. A vezeték, a körvezető és a tekercs tehát *mágneses tulajdonságot* mutat, ha áram folyik bennük. A mágneses hatás azonban megszűnik, ha az áramot kikapcsoljuk.

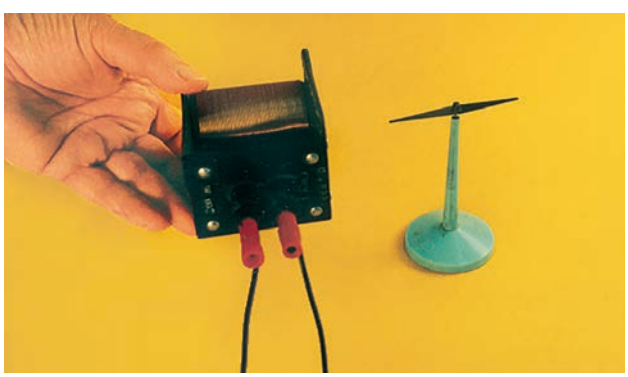
Fonálra függesztjük a ceruzaelemhez kapcsolt tekercset. Rövid idő után a tekercs észak–déli irányba áll be ugyanúgy, mint a mágnesrúd. Ha felcseréljük az elemhez csatlakozó vezetékeket (vagyis megváltoztatjuk a tekercsben az áram irányát), akkor a tekercs az ellenkező irányba fordul. A tekercs pólusait tehát az áram iránya határozza meg.



Az elektromágnes É–D irányba fordul

Ha a felfüggesztett áramjárta tekercs végeihez mágnesrudat közelítünk, akkor ugyanúgy vonzást és taszítást tapasztalunk, mint az acélmágnesek esetében: *az ellentétes pólusok vonzzák, az azonos pólusok taszítják egymást.*

A zsebtelephez kapcsolt tekercset apró vasszögekhez közelítjük. A tekercs magához vonzza a szögek egy részét. Ezután a tekercs belsejébe lágyvasból ké-



Tekercs és iránytű



Elektromágnes szegekkel

Érdekesség

Kapcsolat a mágnes és az elektromos áram között. Hans Christian *Oersted* (őrszted, 1777–1851) dán fizikus fedezte fel 1820-ban, hogy a vezetőben folyó elektromos áram kitéríti a mágnestűt. André Marie *Ampère* francia fizikus ismerte fel, hogy az áramjárta tekercs hasonló tulajdonságú, mint a mágnesrúd. Felfedezte, hogy két vezeték között mágneses kölcsönhatás tapasztalható, ha azokon elektromos áram halad át.

szült *vasmagot* teszünk. A tekercs most sokkal több szöget vonz magához, mint vasmag nélkül.

A vasmaggal ellátott tekercset *elektromágnesnek* nevezzük. Kísérletekkel igazolható, hogy az elektromágnes körüli mágneses mező erőssége függ:
- **az elektromágnesen áthaladó áram erősségétől,**
- **az elektromágnes menetszámától,**
- **a vasmag anyagától,**
- **a tekercs és a vasmag alakjától.**

Az elektromágnes gyakorlati alkalmazásai

Sok olyan eszközt, gépet alkalmazunk a gyakorlatban, amelynek a működtetéséhez elektromos áram mágneses hatását használjuk fel. A következőkben ezek közül ismerkedünk meg néhánnyal.

Teheremelő elektromágneseket használnak az üzemekben, gyárakban a vastömbök, vashulladékok felemelésére, szállítására. Az elektromos áram ki- és bekapcsolásával lehet szabályozni, hogy a daru a vastárgyat „megfogja” vagy elengedje.

Az *elektromos csengőben* az elektromágnes előtt lágyvas van, amelyet rugalmas fémlemez tart. Ha a kapcsolóval zárjuk az elektromágnes áramkörét, akkor az elektromágnes magához vonzza a lágyvasat. A lemez végén levő fémgomb a csengőre üt. E pillanat-

Internet

1. Johann *Strauss* (1825–1899) osztrák zeneszerző *Elektromágneses polka* című művét 1852-ben írta, ekkor még újdonságnak számított az elektromosság. A mű elérhető és meghallgatható a https://www.youtube.com/watch?v=C0lWGvL4zDs címen.
2. Nézd meg a http://www.fizkapu.hu/animator/_egyenaramu_motor.html címen található animációt, amely az egyenáramú motor működését szemlélteti. Figyeld meg a kommutátor működését és a forgórész pólusváltását!

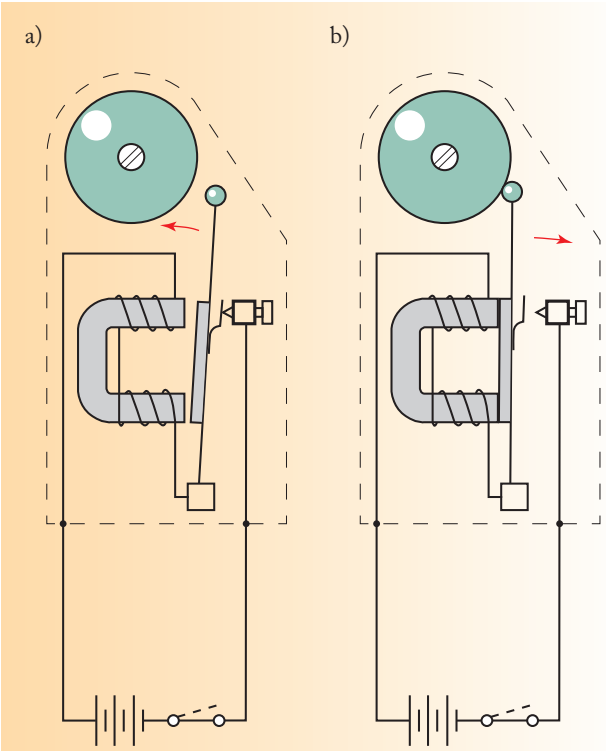


Az elektromágneses térrel hangszer is készíthető

- Keress rá bővebben a „theremin” szóra a weben!



Teheremelő mágnes

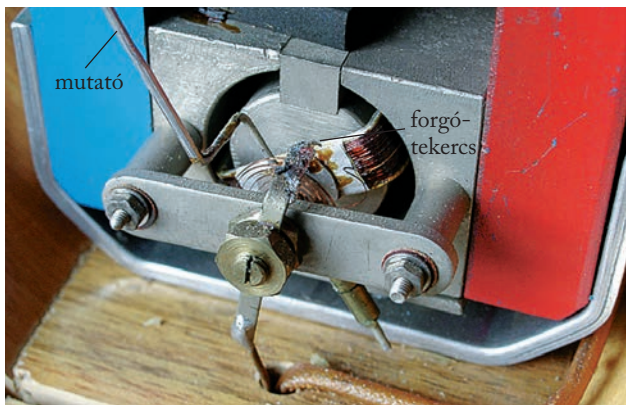


A csengő működése

ban megszakad az áramkör, ezért az elektromágnes elveszíti mágnességét. A rugalmas lemez visszatér eredeti helyzetébe. Ezáltal azonban újból záródik az áramkör, s az elektromágnes megint magához rántja a lágyvasat. Ez a mozgás addig ismétlődik, amíg a kapcsolót zárva tartjuk.

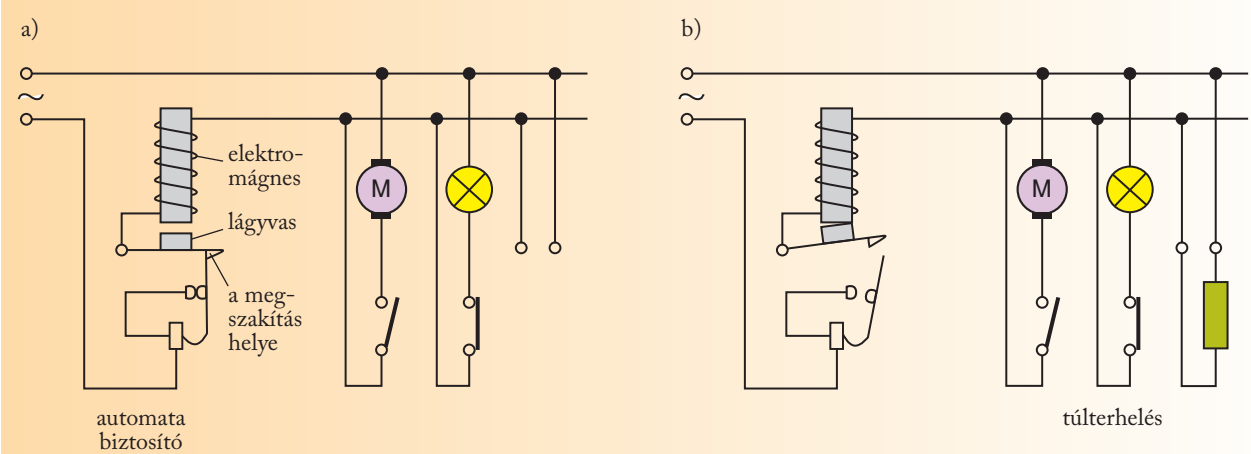
Az *automata biztosítót* a lakás főáramkörébe iktatják. Ha az áramerősség rövidzárlat vagy túlterhelés miatt a megengedettnél nagyobb, akkor az elektromágnes a lágyvasat magához vonzza, s ezáltal az áramkör megszakad. A hiba megszüntetése után a biztosítót újra be lehet kapcsolni.

Forgótekercses műszer a tanári bemutató kísérletekhez alkalmazott, nagyméretű műszer. Mágneses pólusai között tengelyre erősített könnyű tekercs fordulhat el. Ha a tekercsen áram halad át, akkor az állandó mágnes és a tekercs közötti mágneses kölcsönhatás következtében a tekercs és vele együtt a mutató elfordul. Minél nagyobb az áramerősség, annál nagyobb a mutató kitérése. Ha a műszeren nem folyik áram, a tekercset és ezzel a mutatót egy rugó húzza vissza az alaphelyzetébe.

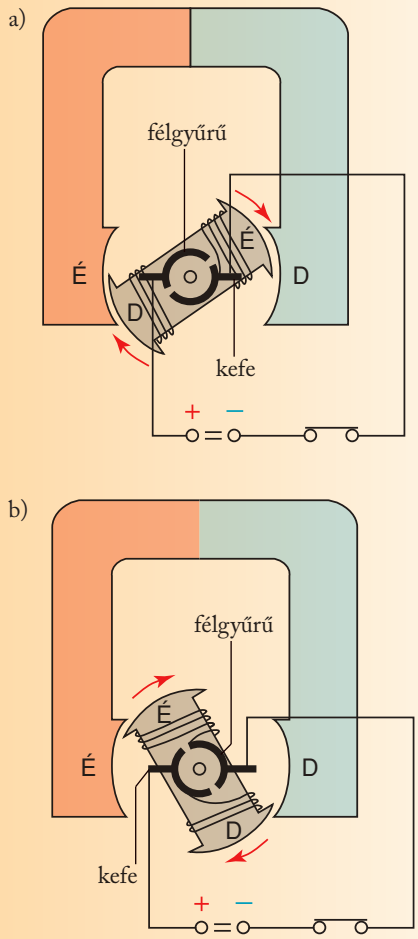


Forgótekercses műszer

A *villanymotorok* (elektromotorok) szintén az áram mágneses hatása alapján működnek. A legegyszerűbb motorok állórésze állandó mágnes, forgórésze pedig tengelyre erősített elektromágnes. A forgórész tengelyén rézből készült két félgyűrű van. Ezekhez csatlakozik a forgórész tekercsének két vége. A félgyűrűkkel szénből készült kefék érintkeznek, amelyek az áramforráshoz csatlakoznak. Az álló- és forgórész sarkai kölcsönösen vonzzák egymást. Amikor az ellentétes pólusok éppen egymással szembe kerülnek, mindkét kefe a másik félgyűrűvel kerül érintkezésbe. Emiatt a tekercsben megváltozik az



Az automata biztosító működése



A villanymotor működése

áramirány, ezért a forgórészben felcserélődnek a mágneses pólusok. Az eddigi vonzás helyett taszítás jön létre, így a forgórész továbbfordul.

Elektromotor a gyakorlatban

Az elektromágnes sokkal erősebb, mint az ugyanakkora méretű állandó mágnes. Növelni lehet az elektromos motor álló- és forgórésze közötti vonzóerőt azáltal, hogy állórészként is elektromágnest alkalmazunk. A gyakorlatban alkalmazott elektromos motorok többségében az állórész és a forgórész is több tekercsből áll. Ezáltal egyenletesebbé válik a forgórész forgása. Az ilyen motoroknak a tengelyén a két félgyűrű helyett a tekercsek számának megfelelő érintkező van. Ezekhez érintkeznek a szénből készült kefék. Az egyenáramú motor fordulatszáma függ a motoron áthaladó áram erősségétől. A motorra kapcsolt feszültség változtatásával szabályozni lehet a motor fordulatszámát.

Az elektromos motorokban az elektromos energia nagy része mozgási energiává alakul át. Az energia kis része azonban számunkra nem hasznosítható hővé

Érdekesség

Információk mágneses rögzítése. A számítógép merevlemez-meghajtójában (winchesterén) egy mágnesezhető réteggel bevont merev korong van. Ezen a mozgatható író-olvasó fejbe épített parányi elektromágnes segítségével, mágneses módon, bitenként rögzítik az információkat. Ezen a módon rendkívül sok információ tárolható kis helyen. Például egy 1 terrabájtos tenyérnyi merevlemez egységen $10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000$ bájt adat fér el. Ez megfelel kb. 500 millió oldal szövegnek, vagy 500 000 jó minőségű fotónak, vagy 200 filmnek.

Jó tudni!

Az anyagok mágneses tulajdonságaira elsőként *Ampère* kísérelt meg magyarázatot adni 1822-ben. Feltételezése szerint az anyag belsejében *elemi köráramok* folynak, amelyek a körvezetőhöz hasonlóan mágneses mezőt hoznak létre. A köráramok tehát egy-egy apró *elemi mágnesnek* is tekinthetők. A nem mágnesezhető anyagban ezek iránya rendezetlen, és ezt a rendezetlenséget a külső mágneses mező sem befolyásolja. Ezek az anyagok tehát nem lépnek kölcsönhatásba a mágneses mezővel. Vasban és acélban az elemi mágnesek szintén rendezetlenek. Apró iránytűkhöz hasonlóan azonban külső mágneses mező hatására a mező irányába fordulnak. Ennek eredményeképpen a vas és az acél mágneses tulajdonságot mutat. Lágyvasban a külső mező megszűnése után (a hőmozgás miatt) a rendezettség megszűnik, ezért a lágyvas elveszti mágnesezettségét. Az acélban a rendezettség megmarad, ezért az acél megőrzi mágneses tulajdonságait.

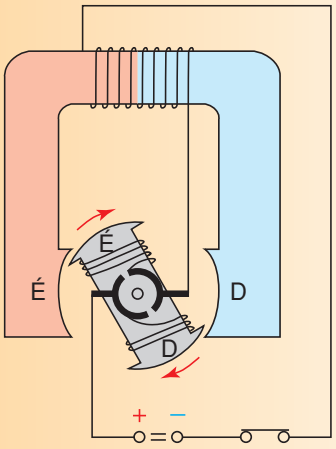
Ampère magyarázata érthetővé teszi, hogy miért nem választhatók szét a kétpólusú mágnes pólusai, és utal arra is, hogy az anyagok atomjaiban elektromos töltések mozognak.

Érdekesség

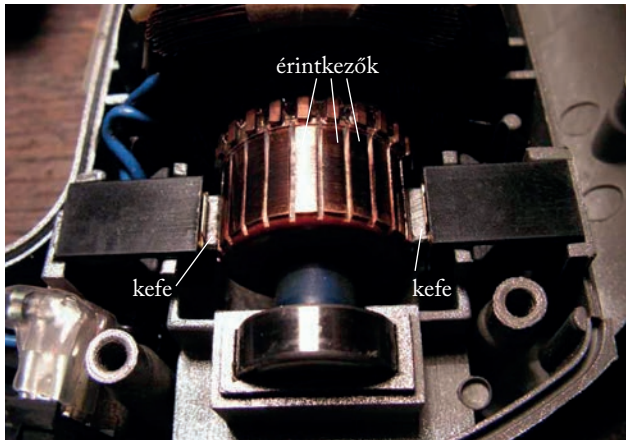


A „villanydelejes forgony”. *Jedlik* Ányos (1800–1895) győri bencés tanár, később pesti egyetemi tanár 1829-ben Győrött készítette el „villanydelejes forgonyát”, az első villanymotort. Később Werner *Siemens* (1816–1892) német fizikus és gyáros tette a gyakorlatban is alkalmazhatóvá a villanymotort. A Siemens-gyár tervezte és szállította a budapesti millenniumi földalatti vasút első kocsiját 1896-ban.

- Milyen szavakat használunk ma a „villanydelejes” és a „forgony” kifejezések helyett?



Az elektromotor állórésze elektromágnes



Kommutátor egy villanymotorban

alakul. Ezért melegszik működés közben minden motor. Az elektromos motorok hatásfoka (60–90%) azonban lényegesen nagyobb, mint a gőzgépeké vagy a belső égésű motoroké (20–40%). Nagy előnyük ezenkívül az elektromos motoroknak, hogy nem szennyezik a környezetet. (Érdemes abba is belegondolni, hogy az elektromos áramot hogyan állítjuk elő: nem biztos, hogy teljesül, hogy nem szennyezik a környezetet, legfeljebb más helyen történik a szennyezés.)

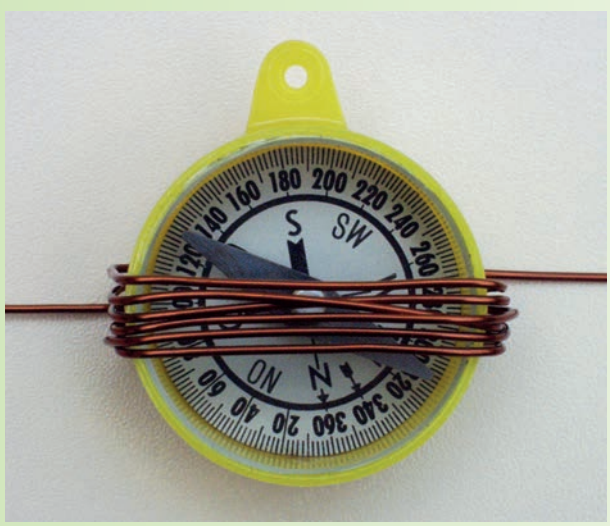
Érdekesség

A japán mágnesvonat 603 km/h sebességgel száguldott. 2015 elején megdöbbentő gyorsasági rekordot állított be a japán vasúttársaság maglev névre hallgató vonata egy tesztszakaszon. A mágnesvonat 603 km/h sebességgel száguldott majdnem 11 másodpercig.

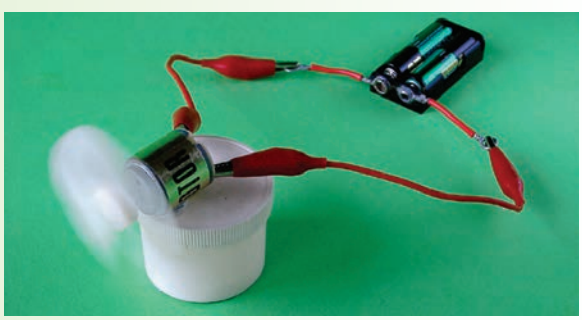
2025 után tervezik üzembe helyezni a mágnesvonatot, amelynek várható átlagsebessége is nagyon magas, 500 km/h lesz.

Kísérletek

1. Csévélj 4 menetet vékony, szigetelt rézvezetékből az iránytű köré a mutatóval párhuzamosan! Kapcsold a vezeték két végét zsebtelephez néhány pillanatra! Figyeld meg az iránytű kitérésének a nagyságát! Csévélj ezután 8 menetet az iránytű köré! Kapcsold most is a vezeték két végét a zsebtelephez rövid ideig! Figyeld meg ismét az iránytű kitérésének a nagyságát! Mit tapasztalsz?



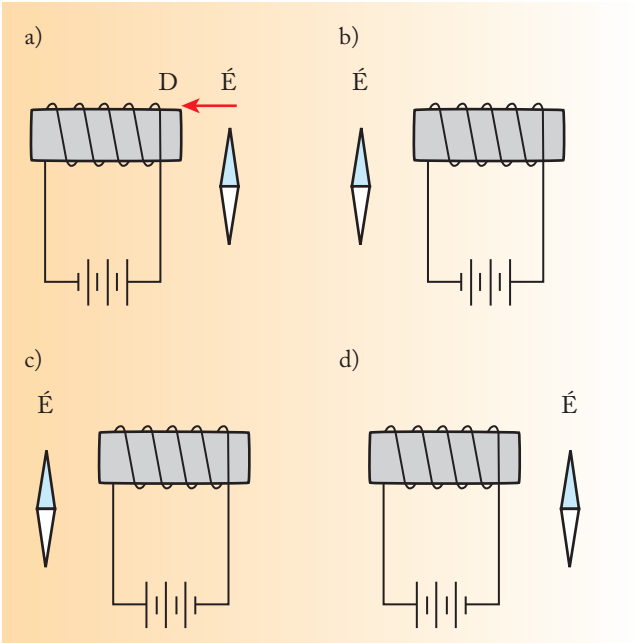
2. Létesíts áramkört két ceruzaelemből, elektromos motormodellből és vezetékekből! Rögzíts ventilátort a motor tengelyére!
   a) Figyeld meg a ventilátor forgásirányát!
   b) Cseréld fel a telep pólusait! Figyeld meg most is a forgásirányt! Adj magyarázatot a tapasztaltakra!



3. Keress az interneten leírásokat, amelyek alapján egyszerű egyenáramú motorokat készíthetsz! (Például a https://www.youtube.com/watch?v=kkXUmex-fy4 címen található videó segít az elkészítésben.) **Csak elemekkel, zsebtelepel kísérletezz, a hálózati áram veszélyes!**

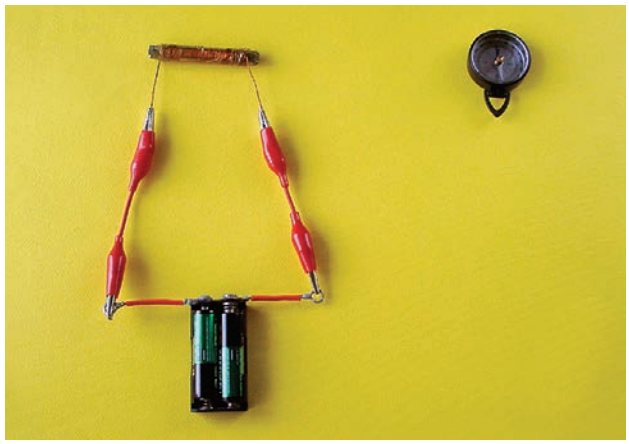
Kérdések és feladatok

1. Állapítsd meg a rajzok összehasonlítása alapján, hogy milyen irányba tér ki a b)–d) rajzon ábrázolt iránytű!



2. Egy elektromágnesen először 0,2 A, másodszor 0,3 A erősségű áram halad át. Hasonlítsd össze az elektromágnes körüli mágneses mező erősségét e két esetben!

3. A vasszögekből és szigetelt vezetékből elektromágnest készítettünk, és azt két ceruzaelemből álló telephez kapcsoltuk. Az elektromágnes közelébe egy iránytűt tettünk, és azt addig távolítottuk, hogy már éppen ne térítse ki az elektromágnes. Az iránytű és az elektromágnes közötti távolságot a következőkben nem változtatjuk.



a) Milyen módon tudjuk elérni, hogy az iránytű újra kitérjen eredeti irányából?

b) Azt szeretnénk, hogy az iránytű az előzővel ellentétes irányba térjen ki. Miként lehet ezt megoldani?

4. A forgótekercses feszültségmérő műszer mutatója bekapcsolás előtt középen áll, a 0 jelzésnél. Áramforráshoz kapcsoljuk a műszert. A mutató balra tér ki a 2 V-os beosztásig. Mi történik akkor, ha

a) felcseréljük az áramforrás sarkait;

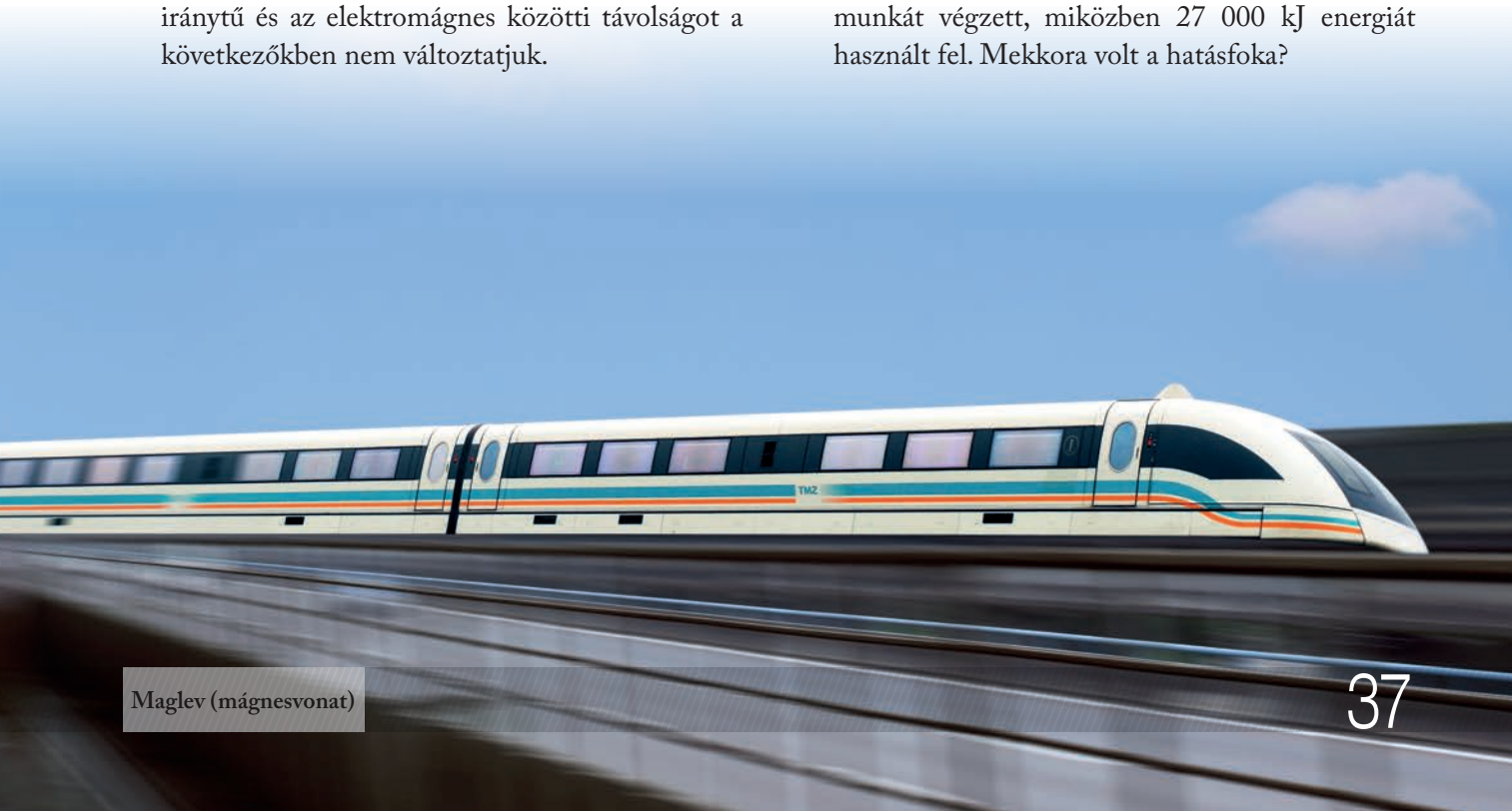
b) az eredeti felére csökkentjük a feszültséget?

5. Nevezz meg olyan készülékeket, eszközöket, amelyekben elektromos motor van, és annak működtetéséhez

a) galvánelemet vagy akkumulátort használnak;

b) hálózati áramforrást alkalmaznak!

6. Az egyik elektromos motor 22 410 kJ hasznos munkát végzett, miközben 27 000 kJ energiát használt fel. Mekkora volt a hatásfoka?



Maglev (mágnesvonat)

8. AZ ELEKTROMOS TELJESÍTMÉNY

Az elektromos teljesítmény fogalma



Háztartási robotgép

Az elektromos készülékeket, fogyasztókat mindig meghatározott teljesítményre méretezik. A teljesítményadatokat a fogyasztók többségén fel is tüntetik. Ezeknek az adatoknak az összehasonlításával meg tudjuk állapítani például azt, hogy a háztartási robotgépnek nagyobb a teljesítménye, mint a kézi keverőgépnek.

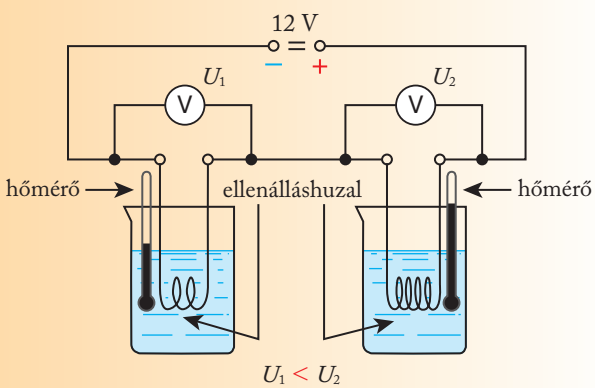


Kézi keverőgép

A robotgép tehát *több munkát végez ugyanannyi idő alatt*, mint a keverőgép.

Az elektromos főzőlapnak (rezsónak) is nagyobb a teljesítménye, mint az elektromos forrasztópákának. Így az elektromos főzőlapban *több hő fejlődik ugyanannyi idő alatt*, mint a forrasztópákában.

Mitől függ az elektromos teljesítmény?

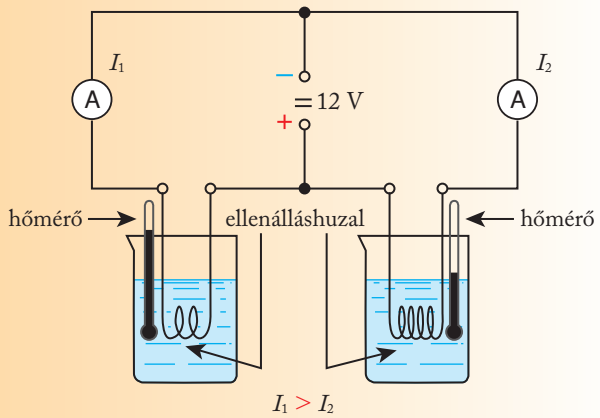


Kísérlet rajza ($U_1 < U_2$)

Két főzőpohárba egyenlő mennyiségű, azonos hőmérsékletű vizet öntünk. A poharakba különböző ellenállású fűtőszálat teszünk, s azokat sorosan kapcsoljuk az áramforráshoz. A két fűtőszálon így azonos erősségű áram halad át, de a végpontjaik között mért *feszültség különböző.* Egyenlő ideig tartjuk bekapcsolva a két fűtőszálat, s közben mérjük a két pohárban a víz hőmérséklet-emelkedését. Azt tapasztaljuk, hogy amelyik fűtőszál végpontjai között nagyobb a feszültség, az nagyobb hőmérséklet-emelkedést okozott. Ebből arra következtethetünk, hogy a nagyobb feszültségre kapcsolt fűtőszálban ugyanannyi idő alatt több hő fejlődött, mint a kisebb feszültségre kapcsolt fűtőszálban. Eszerint *nagyobb feszültségnél nagyobb a fogyasztó teljesítménye*. Következtetéseinket egy táblázatban is összefoglaltuk.

Feszültségek	U_1	U_2	$U_1 < U_2$
Hőmérséklet-változások	ΔT_1	ΔT_2	$\Delta T_1 < \Delta T_2$
Hőmennyiségek	$Q_1 = c \cdot m \cdot \Delta T_1$	$Q_2 = c \cdot m \cdot \Delta T_2$	$Q_1 < Q_2$
Teljesítmények	$P_1 = \frac{Q_1}{t}$	$P_2 = \frac{Q_2}{t}$	$P_1 < P_2$

Két főzőpohárba egyenlő mennyiségű, azonos hőmérsékletű vizet öntünk. A poharakba ismét különböző ellenállású fűtőszálat teszünk, de azokat most párhuzamosan kapcsoljuk az áramforráshoz. A két



Kísérlet rajza ($I_1 > I_2$)

fűtőszál végpontjai között így azonos a feszültség, de *különböző erősségű áram halad át rajtuk.* Most is egyenlő ideig tartjuk bekapcsolva a két fűtőszálat, s közben mérjük a két pohárban a víz hőmérséklet-emelkedését. Azt tapasztaljuk, hogy amelyik fűtőszálon nagyobb erősségű áram halad át, az nagyobb hőmérséklet-emelkedést okozott. Ebből – az előzőekhez hasonlóan – azt a következtetést vonhatjuk le, hogy *nagyobb áramerősségnél nagyobb a fogyasztó teljesítménye*. Következtetéseinket ismét táblázatba foglaltuk.

Hasonló eredményeket kaphatunk akkor is, ha nem a fogyasztón fejlődő hőmennyiség, hanem a fogyasztó (pl. motor) által végzett munka alapján következtetünk a teljesítményre.

Kísérleteink szerint tehát a fogyasztó teljesítménye annál nagyobb,
- **minél nagyobb a feszültség, és**
- **minél nagyobb az áramerősség.**

Az elektromos teljesítmény kiszámítása

A fogyasztó teljesítménye megegyezik a fogyasztó kivezetései közti feszültség és a fogyasztón áthaladó áram erősségének szorzatával. Képlettel felírva:

teljesítmény = feszültség · áramerősség

$$P = U \cdot I$$

Ha az összefüggésbe a feszültséget voltban, az áramerősséget amperben helyettesítjük be, akkor a teljesítményt wattban kapjuk. Képlettel felírva:

$$[P] = [U] \cdot [I] = \text{V} \cdot \text{A} = \text{W}$$

Érdekesség

A névleges teljesítmény és a tényleges teljesítmény. Az egyik kávéfőzőn például a következő adatok olvashatók: 230 V/800 W. Ez azt jelenti, hogy ha a kávéfőzőt 230 V feszültségű áramforráshoz kapcsoljuk, akkor a teljesítménye 800 W. Ezt a teljesítményt *névleges teljesítménynek* nevezzük. Ha azonban a feszültség valamilyen ok miatt csak 220 V, akkor a mért feszültségből és áramerősségből határozhatjuk meg a *tényleges teljesítményt*. 220 V feszültség esetén csak 732 W lesz a tényleges teljesítménye ugyanennek a kávéfőzőnek.

Áramerősségek	I_1	I_2	$I_1 > I_2$
Hőmérséklet-változások	ΔT_1	ΔT_2	$\Delta T_1 > \Delta T_2$
Hőmennyiségek	$Q_1 = c \cdot m \cdot \Delta T_1$	$Q_2 = c \cdot m \cdot \Delta T_2$	$Q_1 > Q_2$
Teljesítmények	$P_1 = \frac{Q_1}{t}$	$P_2 = \frac{Q_2}{t}$	$P_1 > P_2$

A teljesítményre vonatkozó összefüggés az ellenállás meghatározását felhasználva két másik alakban is felírható.

1. Az első alak felírásához *fejezzük ki a feszültséget* az ellenállás képletéből!

$$R = \frac{U}{I} \quad \Rightarrow \quad U = R \cdot I$$

A teljesítményre vonatkozó $P = U \cdot I$ összefüggésbe a feszültség helyett a most kapott $U = R \cdot I$ összefüggés alapján beírhatjuk az ellenállás és áramerősség szorzatát.

$P = U \cdot I = R \cdot I \cdot I = I^2 \cdot R$,

azaz

$$P = I^2 \cdot R$$

2. A másik alak felírásához *fejezzük ki az áramerősséget* az előbb kapott $U = R \cdot I$ képletből!

$$U = R \cdot I \quad \Rightarrow \quad I = \frac{U}{R}$$

A teljesítményre vonatkozó $P = U \cdot I$ összefüggésbe az áramerősség helyett a most kapott $I = \frac{U}{R}$ összefüggés alapján beírhatjuk a feszültség és az áramerősség hányadosát.

$$P = U \cdot I = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R},$$

azaz:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

A teljesítményre vonatkozó három képlet közül mindig azt célszerű használnunk, amelyikhez az adatok rendelkezésre állnak, vagy amelyikhez a szükséges adatok más információkból könnyebben meghatározhatók.



Mosógép

Jó tudni!

Tudjuk, hogy az SI-ben az áramerősség alapmennyiség. Mértékegysége, az amper az SI-ben *alapegység*. A teljesítmény SI-egysége a watt. A feszültség SI-egységét, a voltot úgy értelmezték, hogy amperrel megszorozva éppen wattot adjon.

Érdekesség

A vasaló és a mosógép változó teljesítménye. A hőfokszabályzós vasaló bekapcsolás után felmelegszik, majd amikor a hőmérséklete elérte a beállított értéket, akkor kikapcsol. Ha vasalás közben a hőmérséklete egy meghatározott érték alá csökken, akkor automatikusan újra bekapcsol. Megmértük, hogy miként változik az egyik, 1200 W névleges teljesítményű vasaló teljesítménye 1 órás vasalás közben. A hőfokszabályzót a vászon vasalásához szükséges fokozatra kapcsoltuk. A legkisebb teljesítmény 1013 W, a legnagyobb teljesítmény pedig 1120 W volt. Ugyanakkor a vasalás 60 percéből a vasaló csak 12 percig volt bekapcsolt állapotban, 48 percig pedig kikapcsolt állapotban volt.

Az automata mosógép bekapcsolás után önműködően szivattyúzza és melegíti a vizet, forgatja a mosódobot, öblögeti, centrifugálja a ruhát, és befejezésül leengedi a vizet. Eközben szivattyúmotort, fűtőtestet, mosódobot forgató motort működtet a mosógép. Ezek teljesítménye különböző. Ennek megfelelően változik mosás közben a mosógép teljesítménye. Mérésünk szerint, az egyik automata mosógép teljesítménye például 1850 W volt, miközben a fűtőtest melegítette a vizet, s csupán 8,5 W volt a teljesítmény, amikor a gép áztatta a ruhát a meleg vízben. (A 8,5 W teljesítmény az automatika működtetéséhez volt szükséges.)

A mérést mindegyik alkalommal egy olyan készülékkel végeztük, amely a dugaszolóaljzat (konnektor) és fogyasztó közé kapcsolható, és méri a fogyasztó pillanatnyi teljesítményét, a bekapcsolás idejét és még néhány további adatot is. A mért adatokat tárolja is a készülék.



Példák



1. A 230 V hálózati áramforráshoz kapcsolt fúrógépen 2,39 A erősségű áram halad át. Mekkora a fúrógép teljesítménye?

$U = 230\ \text{V}$
$I = 2{,}39\ \text{A}$
$P = ?$
$P = U \cdot I = 230\ \text{V} \cdot 2{,}39\ \text{A} = 549{,}7\ \text{W} \approx 550\ \text{W}$

A fúrógép teljesítménye 550 W.

2. Az autó fényszórójának a teljesítménye 60 W. Az áramforrás feszültsége 12 V. Mekkora a fényszórón áthaladó áram erőssége?

$P = 60\ \text{W}$
$U = 12\ \text{V}$
$I = ?$
$P = U \cdot I \quad | : U$
$I = \frac{P}{U} = \frac{60\ \text{W}}{12\ \text{V}} = \frac{60\ \text{V} \cdot \text{A}}{12\ \text{V}} = 5\ \text{A}$

Kísérlet

A elektromos játék mozdonyt kör alakú pályára helyeztük. Megvizsgáltuk a mozdony teljesítményét különböző feltételek mellett. Áramforrásként mindegyik esetben hálózati áramátalakítót alkalmaztunk. Mértük az áramerősséget és az áramforrás két kivezetése között a feszültséget. E mennyiségek alapján kiszámítottuk a játék mozdony teljesítményét. A következő eredményeket kaptuk:

a) A mozdony vízszintes pályán haladt kocsi nélkül:

$U = 11{,}6\ \text{V}$; $I = 0{,}13\ \text{A}$; $\boldsymbol{P = 1{,}508\ \text{W}}$.

b) A mozdony vízszintes pályán haladt három kocsival:

$U = 11{,}6\ \text{V}$; $I = 0{,}14\ \text{A}$; $\boldsymbol{P = 1{,}624\ \text{W}}$.

c) Dobozokkal alátámasztottuk a sínt. Így a pálya egy részén a játék vonat emelkedőn, más részén lejtőn haladt.

A mozdony emelkedőn haladt három kocsival:

$U = 11{,}6\ \text{V}$; $I = 0{,}16\ \text{A}$; $\boldsymbol{P = 1{,}856\ \text{W}}$.

A mozdony lejtős pályán haladt három kocsival:

$U = 11{,}6\ \text{V}$; $I = 0{,}12\ \text{A}$; $\boldsymbol{P = 1{,}392\ \text{W}}$.



- Magyarázzuk meg a játék mozdony teljesítményének változásait!

Kérdések és feladatok

1. A háztartási porszívó motorján áthaladó áram erőssége 4,78 A. A hálózati áramforrás feszültsége 230 V. Mekkora a porszívó teljesítménye?

2. Olvasd le a zsebizzón feltüntetett adatokat! (A törtvonal előtti szám a feszültség, a törtvonal utáni szám az áramerősség mérőszáma.) A zsebizzót az előírt feszültségű áramforráshoz kapcsoljuk.
a) Mekkora az izzó ellenállása?
b) Mekkora az izzó teljesítménye?

3. A 10 W teljesítményű LED-lámpa és a 60 W teljesítményű izzólámpa közel azonos mennyiségű fényt ad, ha 230 V feszültségre kapcsoljuk őket. Mekkora az áramerősség
a) a LED-lámpában;
b) az izzólámpában?

4. Egy 3 W teljesítményű LED-lámpán 0,25 A erősségű áram folyik keresztül. Mekkora a feszültség a LED-lámpa két kivezetése között?

5. A kenyérpirító teljesítménye 950 W. Az áramforrás feszültsége 230 V.
a) Mekkora a kenyérpirítón áthaladó áram erőssége?
b) Mekkora az izzásban levő fűtőszál ellenállása?



Kenyérpirító

9. AZ ELEKTROMOS MUNKA

Hétköznapi példa



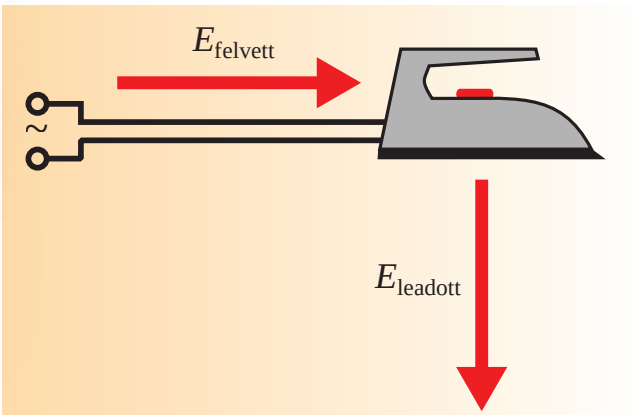
Betonkeverőgép munka közben

A betonkeverőben, a mosógépben, a fúrógépben és más eszközökben a villanymotorok mechanikai munkát végeznek. A merülőforraló, a vasaló, a rezsó és más elektromos melegítőkészülékek működése közben az eszköz és környezete termikus energiája növekszik. Az akkumulátor feltöltése során az akkumulátorban végbemenő kémiai folyamatok eredményeképpen nő az akkumulátor kémiai energiája.



Merülőforraló

A munkavégzéssel, illetve energianövekedéssel párhuzamosan az áramforrás elektromos energiája csökken. Az energiamegmaradás törvényének megfelelően amennyi a fogyasztó munkavégzése, illetve a fogyasztó (és a környezet) energiájának növekedése, annyival csökken az áramforrás elektromos energiája.



A felvett és leadott energia vasalónál

Az áramforrás tehát munkát végez a fogyasztón, ezt a munkát *elektromos munkának* nevezzük.

A fogyasztó működése során az áramforrás energiája csökken (pl. a zsebtelep lemerül). Ezt úgy is mondhatjuk, hogy a fogyasztó működése közben az áramforrás energiáját csökkenti, azaz energiát fogyaszt. Emiatt szokás az elektromos munkát *elektromos fogyasztásnak* is nevezni. (Ez az eredete a fogyasztó elnevezésnek is.)

Az elektromos hálózatban vagy a kerékpár-generátornál az áramforrás elektromos energiája a fogyasztás ellenére sem csökken. Ennek az az oka, hogy a fogyasztó által felvett elektromos energiát az erőmű generátorán, illetve a kerékpár-generátoron végzett mechanikai munkavégzés pótolja. Az állandó villa-

mosenergia-ellátáshoz tehát a generátoron mindig annyi munkát kell végezni, amennyi a fogyasztók elektromos fogyasztása.

A munka kiszámítása

Az elektromos munkát (fogyasztást) a teljesítményre vonatkozó, előző évben tanult összefüggésből lehet meghatározni.

$$P = \frac{W}{t} \quad |\cdot t$$

$$P \cdot t = W$$

Ennek alapján az elektromos munka:

$$W = P \cdot t$$

Ha az összefüggésbe a teljesítményt wattban, az időt pedig másodpercben helyettesítjük be, akkor az elektromos munkát joule-ban kapjuk. Képlettel felírva:

$$[W] = [P] \cdot [t] = \mathrm{W} \cdot \mathrm{s} = \mathrm{J}$$

A munka mértékegységei

A háztartásban és az iparban a teljesítményt kilowattban, az időt órában mérjük. Ha az előző képletben a teljesítményt kilowattban, az időt pedig órában adjuk meg, akkor az elektromos munkát kilowattórában (kWh) kapjuk. Képlettel felírva:

$$[W] = [P] \cdot [t] = \mathrm{kW} \cdot \mathrm{h} = \mathrm{kWh}$$

A joule és a kilowattóra között a következő összefüggés van:

$$1\ \mathrm{kWh} = 1\ \mathrm{kW} \cdot 1\ \mathrm{h} = 1000\ \mathrm{W} \cdot 3600\ \mathrm{s} = \\ = 3\ 600\ 000\ \mathrm{J},$$

azaz:

$$1\ \mathrm{kWh} = 3\ 600\ 000\ \mathrm{J}$$

$$1\ \mathrm{kWh} \underset{3\ 600\ 000}{>} 1\ \mathrm{J}$$

Az energiaszolgáltatók a lakásban, üzemben felhasznált elektromos energiát fogyasztásmérővel („villanyórával”) mérik. A régebbi típusok az áram mágneses hatása alapján működtek, de napjainkban már elektronikusan működő, digitális kijelzővel rendelkező fogyasztásmérőket is használnak. A fogyasztásmérők kilowattóra egységekben jelzik a fogyasztást.

Érdekesség



A felhasznált elektromos energia mérése. Az elektromos vezetékhálózatok kiépítését követően az elektromos fogyasztást először az elektromos áram vegyi hatása alapján mérték. *Bláthy* Ottó Titusz (1860–1939) magyar mérnök 1889-ben olyan fogyasztásmérőt tervezett, amely az elektromos áram mágneses hatását felhasználva működik. Ugyanebben az évben a Ganz gyár gyártani kezdte a fogyasztásmérőt. A ma használt fogyasztásmérők is ennek a készüléknek a továbbfejlesztett változatai.

Érdekesség

Energiatakarékos modern készülékek. Nagy mennyiségű energiát takaríthatunk meg azáltal, ha olyan elektromos készülékeket használunk, amelyeknek jó a hatásfokuk; vagyis amelyek ugyanakkora munka elvégzéséhez kevesebb elektromos energiát használnak fel; *kicsi a fogyasztásuk.* 2011-től az Európai Unióban forgalmazott valamennyi háztartási és szórakoztató elektronikai gépen rajta kell lennie az energiacímkének, amelyen szín- és betűkóddal jelölik a besorolást. A zöld és A^{+++} a legjobb, a piros és a D, az E, az F, a G a legrosszabb energiafogyasztású. A *G* betű már arra figyelmeztet, hogy a készülék nagyon pazarló, „energiafaló”, *nagy a fogyasztása.*

Energiatakarékossági tájékoztató címke

- A hűtőszekrény (névleges) teljesítménye 250 W. Ha folyamatosan működne a motorja, mennyi elektromos energiát fogyasztana egy év alatt? A tájékoztató alapján állapítsd meg, hogy mennyi a hűtőszekrény egyéves várható fogyasztása! Mi lehet a két eredmény közti jelentős eltérés magyarázata?



Más kiszámítási módok

Az előzőleg kapott $W = P \cdot t$ képletbe a teljesítmény helyett a $P = U \cdot I$ összefüggés alapján beírhatjuk az feszültség és áramerősség szorzatát.

$W = P \cdot t = U \cdot I \cdot t$

Ennek alapján az elektromos munka:

$$W = U \cdot I \cdot t$$

Ha az összefüggésbe a feszültséget voltban, az áramerősséget amperben, az időt pedig másodpercben helyettesítjük be, akkor az elektromos munkát joule-ban kapjuk. Képlettel felírva:

$[W] = [U] \cdot [I] \cdot [t] = \text{V} \cdot \text{A} \cdot \text{s} = \text{W} \cdot \text{s} = \text{J}$

A teljesítményre az előző fejezetben kapott két másik összefüggést felhasználva is kiszámíthatjuk az elektromos munkát:

$$W = I^2 \cdot R \cdot t \quad \text{vagy} \quad W = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

A munkára vonatkozó három képlet közül mindig azt használjuk, amelyikhez az adatok rendelkezésre állnak, vagy amelyikhez a szükséges adatok más információkból könnyebben meghatározhatók.

Példa



A háztartási fagylaltgép 40 perc alatt fagyasztja meg a fagylaltot. A hálózati áramforrás feszültsége 230 V, az áramerősség 5,2 A. Mekkora az elektromos munka?

$U = 230 \text{ V}$

$I = 5{,}2 \text{ A}$

$t = 40 \text{ min} = 2400 \text{ s}$

$W = ?$

$W = U \cdot I \cdot t = 230 \text{ V} \cdot 5{,}2 \text{ A} \cdot 2400 \text{ s} = 2\,870\,400 \text{ J} \approx$

$\approx 2870 \text{ kJ}$

Ezt megadhatjuk kilowattórában is:

$$W = 2\,870\,400 \text{ J} = \frac{2\,870\,400}{3\,600\,000} \text{ kWh} \approx 0{,}797 \text{ kWh}$$

Az elektromos munka 2870 kJ = 0,797 kWh.



Fogyasztásmérő („villanyóra”)

- Nézd meg, hogy lakásotok fogyasztásmérője hagyományos, vagy elektronikus! **Ne nyúlj a fogyasztásmérőhöz és a környezetében levő vezetékekhez, berendezésekhez!**



Elektronikus fogyasztásmérő

- Két egymást követő napon nézd meg, mekkora fogyasztást mutat lakásotok fogyasztásmérője! Határozd meg, mennyi volt a felhasznált elektromos energia a két leolvasás között! **Ne nyúlj a fogyasztásmérőhöz és a környezetében levő vezetékekhez, berendezésekhez!**

1. A kávéőrlőt 230 V feszültségű áramforráshoz kapcsoljuk. Az áramerősség 0,78 A. Mennyi az elektromos munka egy adag kávé ledarálása közben, 50 másodperc alatt?

2. A 230 V feszültségű hálózathoz kapcsolt CD-lejátszó hálózati csatlakozóvezetékében 0,04 A az áramerősség. A CD-lejátszón meghallgatjuk *Liszt Ferenc: Hungária* című szimfonikus költeményét. A mű lejátszása 21,5 percig tart. Mennyi a CD-lejátszó fogyasztása?

3. A porszívót 1,5 óráig működtetjük. A hálózati áramforrás feszültsége 230 V, az áramerősség 5,2 A. Mekkora az elektromos munka?

4. A 230 V feszültségű hálózati áramforráshoz kapcsolt hősugárzón 2,2 A erősségű áram halad át. Egy őszi napon 5 órán át tartjuk bekapcsolva. Mekkora az elektromos munka?

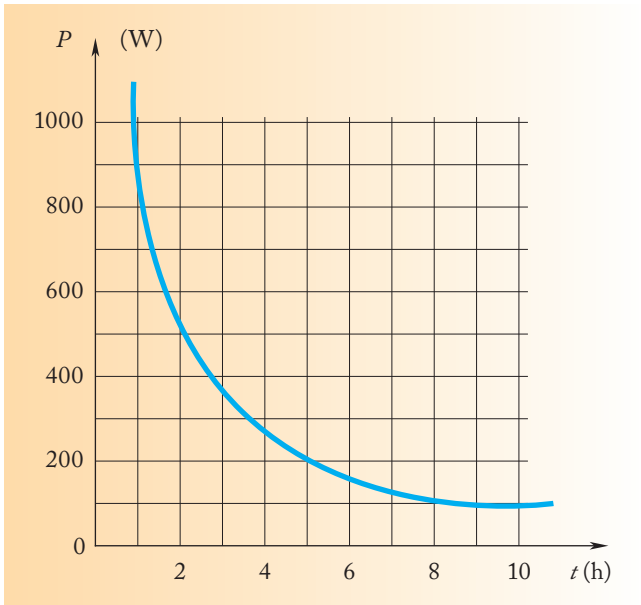
5. A gyalugépet hajtó motornak 5 kW a tényleges teljesítménye. Mekkora a fogyasztása, ha 4 órán át használjuk a gépet?

6. Az 1000 W teljesítményű merülőforralóval 0,5 óráig melegítjük a vizet.
a) Mennyi a fogyasztása?
b) Hány kJ-lal nő a víz termikus energiája?

7. Az egyik hűtőszekrény 1,45 kWh elektromos energiát használt fel 24 óra alatt. Mekkora volt ezalatt a hűtőszekrény átlagos teljesítménye?

8. Egy laptop fogyasztása 0,3 kWh volt 4 órai használat alatt. Mekkora a laptop teljesítménye?

9. A grafikon azt ábrázolja, hogy mennyi ideig lehet 1 kWh elektromos energia felhasználásával működtetni a különböző teljesítményű fogyasztókat.
a) Állapítsd meg a grafikon alapján, hogy mennyi ideig lehet működtetni az 1 kWh elektromos energiával a 100 W teljesítményű izzólámpát, az 500 wattos kávéfőzőt és az 1000 wattos porszívót!
b) Milyen összefüggés van a fogyasztó teljesítménye és az idő között?



10. A mikrosütő elektromos teljesítménye 830 W. Az étel 0,5 óra alatt sült meg benne, miközben 800 kJ-lal nőtt az étel termikus energiája.
a) Mekkora a mikrosütő fogyasztása?
b) Mekkora a hatásfoka?



Gyalugép működés közben

10. AZ ELEKTROMOS ENERGIA

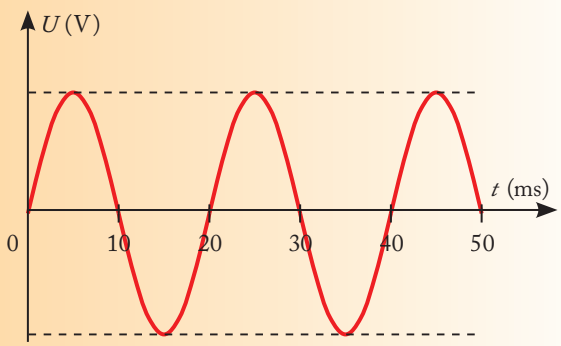
Váltakozó áram előállítása

A háztartásokban és a gazdaságban felhasznált *elektromos energia nagy részét erőművekben, generátorokkal állítják elő*. A generátorok mechanikai munka felhasználásával állítják elő a villamos energiát. A generátorok túlnyomó többsége váltakozó áramot állít elő, mert egyrészt csak a váltakozó áram szállítható gazdaságosan nagyobb távolságokra, másrészt a váltakozó áramú generátorok és motorok szerkezete egyszerűbb.



Generátorok (Kapruni vízerőmű)

Váltakozó áram jellemzői



Váltakozó feszültség

A váltakozó áramnál a feszültség nagysága és polaritása periodikusan (folyamatosan ismétlődve) változik. Ennek hatására a vezető belsejében a töltött részecskék (elektronok, ionok) rezgőmozgást végeznek. Egy-egy teljes rezgés időtartama csupán 0,02 másodperc, így másodpercenként 50 rezgés történik. Ezt röviden úgy mondjuk, hogy *a váltakozó áram frekvenciája 50 hertz* (kimondva: herc, rövidítve: Hz). Európában és a világ sok országában ugyancsak 50 Hz a hálózati áram frekvenciája.

A lakásokban rendelkezésre álló hálózati váltakozó feszültségnél a maximális feszültség 325 V. Az energiafelhasználás szempontjából azonban nem ezzel a csúcsfeszültséggel, hanem az effektív (tényleges,

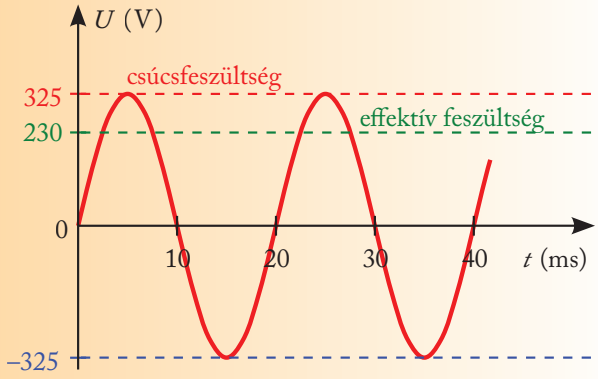
Jó tudni!

A hertz többszöröseit is a már ismert SI-prefixumokkal képezzük. A leggyakrabban használt többszörösök:

kilohertz (kHz), $1\ \text{kHz} = 10^3\ \text{Hz}$,
megahertz (MHz), $1\ \text{MHz} = 10^6\ \text{Hz}$,
gigahertz (GHz), $1\ \text{GHz} = 10^9\ \text{Hz}$.

Internet

1. Nézd meg az interneten, hogy mely országokban 50 Hz a hálózati áram frekvenciája! Mely országokban használnak ettől eltérő frekvenciájú hálózati váltakozó áramot? Mekkora az ott használt frekvencia?
2. Keresd meg az interneten, mi volt az *Edison* és *Westinghouse* közti áramháború! Ki volt az a Magyarországon is dolgozó mérnök, aki szintén részt vett ebben az összecsapásban?
3. A http://www.fizkapu.hu/fizfilm/fizfilm4.html webcímen néhány kisfilm található. Nézd meg közülük a *Szélerőművek* és *Az ottensteini vízerőmű* címűeket!



Az effektív feszültség

hatásos) feszültséggel kell számolnunk. A gyakorlatban általában az effektív feszültséget adják meg, és ezt többnyire csak feszültségnek nevezzük. *Magyarországon az effektív feszültség értéke 230 V.*

Erőművek csoportosítása

Az erőművek fontos jellemzője, hogy milyen *energiahordozóból* állítanak elő elektromos energiát. Ennek alapján az erőművek lehetnek például szénerőmű, gázerőmű, vízerőmű, szélerőmű, naperőmű, geotermikus erőmű, atomerőmű. Csoportosíthatók aszerint is, hogy a felhasznált energiahordozó *megújuló* (például víz, szél, napfény, biomassza, geotermikus energia) vagy *nem megújuló* (szén, kőolaj, urán).

Az elektromos energia szállítási problémái

Az elektromos energiát előállító nagy erőműveket a szénbányák, olajkutak, gázvezetékek közelébe, a folyókon létesített víztározók mellé célszerű építeni. Innen az elektromos energiát a fogyasztókhoz általában igen nagy távolságra kell szállítani. A hosszú vezetékeknek nagy az ellenállásuk; bennük sok hő fejlődik, ami kárba vész, veszteséget jelent. A mérések, vizsgálatok azt mutatták, hogy azonos teljesítmény esetén *sokkal kisebb hő fejlődik nagy feszültség alkalmazásakor, mint kisebb feszültség esetén.* A generátorok által előállított feszültség azonban – szigetelési nehézségek miatt – nem növelhető egy bizonyos határon túl. A megoldást a transzformátor alkalmazása jelenti.

[1] Nikola Tesla a mai Horvátország területén, Smiljanban született, mely akkor az Osztrák Császársághoz tartozott.

Érdekesség

A frekvencia és a hertz. A *frekvencia* latin eredetű szó, jelentése: gyakoriság. A frekvencia pontos fogalmáról középiskolában lesz szó. A frekvencia SI-mértékegysége a hertz (Hz), amelyet Heinrich *Hertz* német fizikusról neveztek el. Az 1 Hz frekvencia 1 rezgést jelent másodpercenként, az 50 Hz 50 rezgést másodpercenként. Az 1 GHz 10^9 Hz, azaz 1 000 000 000 rezgést jelent 1 másodperc alatt.

Érdekesség

Magyarország villamosenergia-felhasználása. Magyarország 2013. évi villamosenergia-felhasználása 42,2 milliárd kWh = 42,2 TWh volt (ez számjegyekkel kiírva: 42 200 000 000 kWh). A magyarországi termelés 30,3 milliárd kWh, a behozatal (import) 11,9 milliárd kWh volt. A teljes hazai termelésnek mintegy felét (15,4 milliárd kWh) a paksi atomerőmű biztosította.

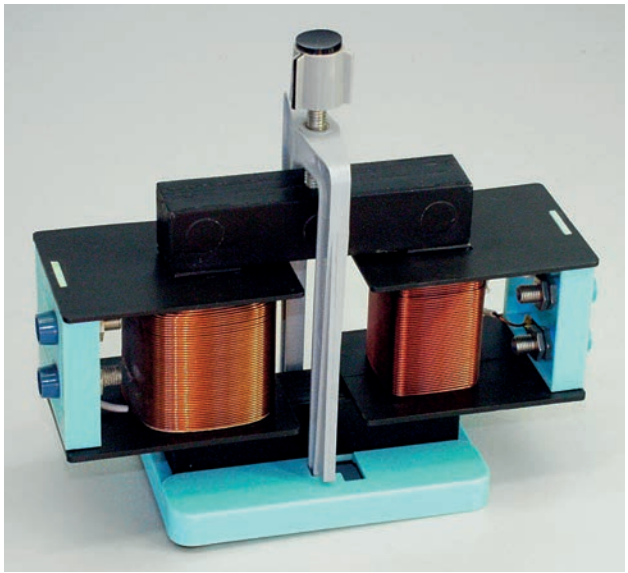
A megtermelt és behozott villamos energia a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt. országos távvezeték-hálózatán keresztül jut el a fogyasztókhoz. A társaság internetes honlapján további érdekes és friss adatok találhatók a villamos energia előállításával és elosztásával kapcsolatban.

Érdekesség

Transzformátor a távvezetékekhez. Nikola *Tesla* (1856–1943) szerb[1] származású fizikus tervei alapján építették fel Amerikában, a Niagara-vízesésnél az első váltakozó áramú erőművet. Itt alkalmaztak először transzformátort és távvezetéket az elektromos energia továbbításához. A zárt vasmagú transzformátor megalkotása és az elektromos energia elosztásának korszerű megvalósítása *Déri* Miksa (1854–1938), *Bláthy* Ottó Titusz (1860–1939) és *Zipernowsky* Károly (1850–1942) magyar mérnökök nevéhez fűződik (1885). Transzformátoruk egyik másolata a nagycenki Széchenyi István Emlékmúzeumban látható.


Déri–Bláthy–Zipernowsky transzformátora

- Állapítsd meg a fénykép alapján, hogy milyen szigetelőanyagot használtak az első, zárt vasmagú transzformátor megalkotói!



Szétszedhető iskolai transzformátor

A transzformátor működése

A transzformátor két, egymástól elszigetelt tekercsből és egy közös, zárt vasmagból áll.

A feszültség átalakítására transzformátort használunk. Ha az egyik tekercsre váltakozó feszültséget kapcsolunk, akkor a másik tekercsben szintén váltakozó feszültség keletkezik.

A keletkező feszültség nagysága a két tekercs menetszámától függ. Ha a második tekercs menetszáma nagyobb, mint az első tekercsé, akkor nagyobb feszültség keletkezik a második tekercsben, mint amekkorát az elsőre kapcsoltunk.

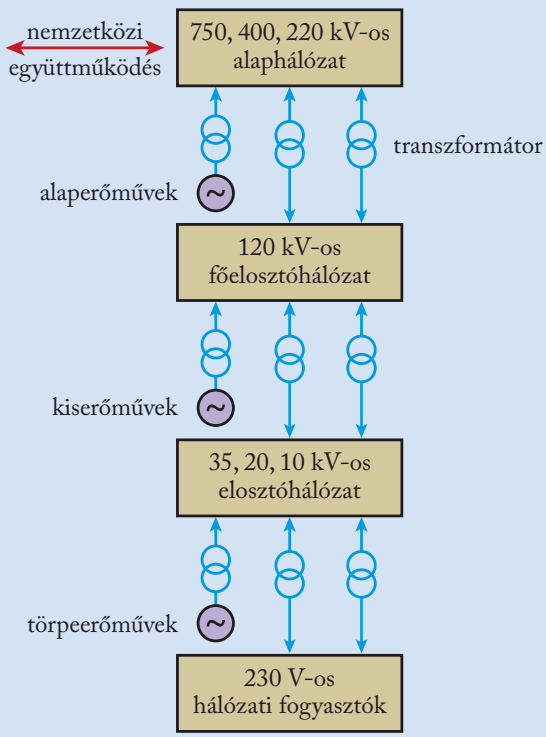
Ha a második tekercs menetszáma kisebb, mint az első tekercsé, akkor kisebb feszültség keletkezik a második tekercsben, mint amekkorát az elsőre kapcsoltunk.

Az elektromos energia szállítása

A generátorban előállított elektromos energiát az erőműnél „feltranszformálják”, és nagyfeszültségű távvezetékeken szállítják a településekhez, üzemekhez. Az ott levő transzformátorokkal pedig „letranszformálják” a feszültséget a megfelelő értékre. A nagyfeszültségű távvezetékeken a többszörös átalakítás ellenére sem lép fel akkora veszteség, mintha transzformálás nélkül vezetnék az elektromos energiát a felhasználás helyére. A transzformátorban fellépő veszteség csak töredéke a többi energiaveszteségnek.

Érdekesség

Magyarország elektromos hálózata. A nagy teljesítményű erőművek által termelt és a külföldről vásárolt elektromos energiát közvetlenül az országos alaphálózatra juttatják (750, 400, 220 kV-os távvezeték). Az elektromos energiát erről az alaphálózatról két fokozatban a felső és a középfeszültségű elosztóhálózatra továbbítják (120 kV-os, illetve 35, 20, 10 kV-os távvezetéken). A települések mellett, a fogyasztók közelében transzformálják le ezt a feszültséget 230 V-ra.



A magyar elektromos hálózat

- Az egyik szélerőmű teljesítménye 250 kW. A termelt elektromos energiát a közeli 10 kV-os távvezetékre „táplálják”. Állapítsd meg az ábra alapján, hogy milyen nagyságrendű ez a szélerőmű!



Transzformátorállomás

Az elektromos energia nagy előnye, hogy könnyen átalakítható más energiává. További előnye, hogy tiszta, nem szennyezi a környezetet. Ugyanakkor számolnunk kell azzal is, hogy az előállítás helyén az erőmű például a tüzelőanyagok elégetése által szennyezi a környezetet. Ezért minden területen takarékoskodnunk kell az energiával.

Az energiatakarékosság egyik lehetséges módja, hogy a fogyasztókat csak addig tartjuk bekapcsolva, amíg használatukra feltétlenül szükség van. Különösen érvényes ez a nagy teljesítményű készülékekre (pl. a hőfejlesztő készülékekre), mivel ezek rövid ideig történő használata is nagy energiafelhasználással jár.

Jelentős mennyiségű energia takarítható meg azáltal is, ha jó hatásfokú elektromos készülékeket használunk. Az ilyen készülékek ugyanis több energiát hasznosítanak ugyanannyi energiából, mint a kevésbé jó hatásfokúak. A hagyományos izzólámpa a felhasznált elektromos energiának csak kis részét képes a számunkra hasznos fénnyé alakítani. A felvett elektromos energia nagy része hővé alakul, ami ebben az esetben veszteségnek számít. A fénycső és a kompakt fénycső ugyanakkora fényerőt kb. 20% energia árán képes biztosítani. A LED-lámpák még jobb hatásfokúak, tartósabbak, és a környezetet sem szennyezik annyira, mint a higanyt tartalmazó kompakt fénycsövek.

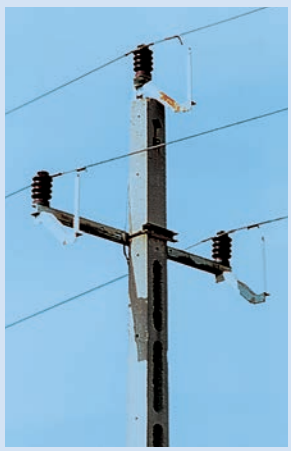
Az energiatakarékossággal segítjük környezetünk megóvását, ugyanakkor jelentős anyagi megtakarítást is hoz számunkra.

Érdekesség

Védelem a villám ellen. Súlyos következményekkel járhat, ha villámcsapás éri a távvezetékeket. A védekezés egyik módja, hogy a 120 kV vagy annál nagyobb feszültségű távvezetékek fölé egy olyan vezetéket is kifeszítenek, amely a tartó fémoszloppal van összeköttetésben. A fémoszlopot ugyanolyan földeléssel látják el, mint a villámhárítót. A védekezés másik módja, hogy a középfeszültségű távvezetékek oszlopaira, a vezetékek alá földeléssel ellátott fémpálcát rögzítenek, amelynek a csúcsa meghatározott távolságra van a távvezetéktől. Ez a távolság nagyobb annál, hogy szikra jöjjön létre a távvezeték és a fémcsúcs között. Ha azonban villámcsapás éri a távvezetéket, akkor szikra keletkezik, és a villám a fémcsúcson, a földelő vezetéken át a földbe jut.



Védőföldelés távvezetéken


Szikraköz távvezetéken

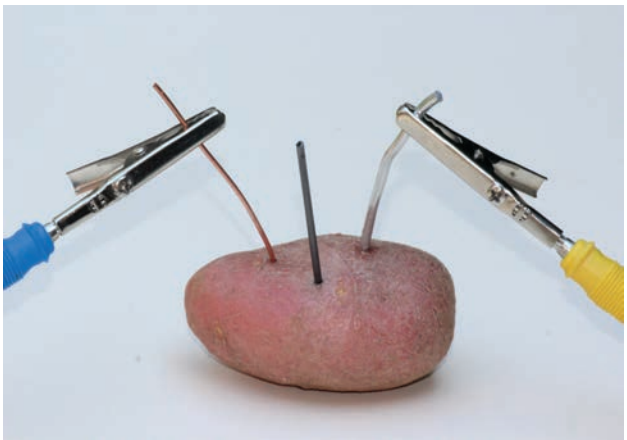
Kérdések és feladatok

1. A 2013. évi adatok alapján a magyarországi villamosenergia-felhasználás hány százaléka származott a paksi atomerőműből? (Segít a 47. oldali 2. Érdekesség.)
2. Magyarországon 2013-ban a vízerőművek együttes villamosenergia-termelése 0,213 milliárd kWh, a szélerőművek termelése 0,718 milliárd kWh volt. Az éves felhasználás hány százaléka származott vízenergiából, illetve szélenergiából?
3. A http://www.mavir.hu/web/mavir/frekvencia címen a MAVIR internetes rendszerében elérhető a hálózati áram frekvenciájának tényleges, mérésen alapuló értéke. Hasonlítsd össze, hogy mekkora az eltérés az 50 Hz-től!
4. A http://www.mavir.hu/web/mavir/adatpublikacio címen a MAVIR internetes rendszerében elérhetők a villamosenergia-felhasználás aktuális üzemi adatai. Nézd meg, mekkora a pillanatnyi termelés, a behozatal és a felhasználás!
5. A MAVIR rendszerében a http://www.mavir.hu/web/mavir/rendszerterheles címen az villamosenergia-felhasználás, a http://www.mavir.hu/web/mavir/szeltermeles címen a szélerőművek termelési adatai érhetők el. A grafikonokról olvasd le az aktuális teljesítményadatokat: *„Bruttó tény rendszerterhelés”* és *„Időjárásfüggő termelők (szélerőművek) tény”*! Számítsd ki ezek alapján, hogy az adott időpontban a szélerőművek a fogyasztás hány százalékát fedezik!
6. Nézd meg a lakásotokban, milyen módon lehetne takarékoskodni a villamos energiával! Melyek azok, amelyekhez te is hozzájárulhatsz? Megállapításaidat írd le néhány mondatban, és törekedj a megvalósításukra!

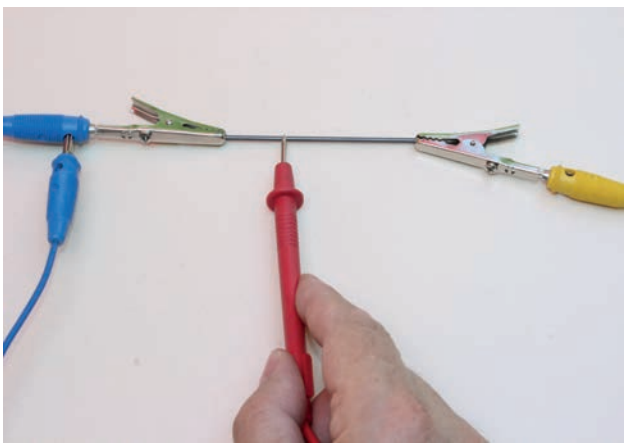
FIZIKAI VIZSGÁLATOK

1. Szúrj egy burgonyába egy-egy vastagabb réz- és alumíniumhuzalt, valamint egy ceruzabelet (grafitszálat)! A fémhuzalok, illetve a grafitszál körülbelül 2-2 centiméterre legyenek egymástól! Mérd meg az így kapott galvánelem feszültségét
   a) az alumínium és a réz között,
   b) a réz és a grafit között,
   c) az alumínium és a grafit között!

2. Kapcsold egy zsebtelepre krokodilcsipesz és vezeték segítségével egy ceruzabél két végét! Kapcsolj egy feszültségmérő műszert a ceruzabél egyik vége és a végétől 1 cm-re levő közbülső pontja közé!
   a) Mérd meg a feszültséget! A kapott értéket írd be a füzetbe átmásolt táblázatba!
   b) Növeld a ceruzabél egyik vége és a közbülső pont közti távolságot 2 cm-re! Ismételd meg a mérést! A mért értéket jegyezd fel a táblázatba!
   c) Centiméterenként növeld a távolságot, és minden helyzetben mérd meg a feszültséget! A mérések eredményeit írd be a táblázatba!
   d) Ábrázold grafikonon, hogyan függ a feszültség a csatlakozási pontok távolságától!
   e) Milyen kapcsolat van a feszültség és a távolság között?
   f) Mik okozhattak hibát a mérés során? Hogyan tudnád pontosabbá tenni a méréseidet?



Galvánelem burgonyából (az 1. méréshez)



Mérés ceruzabélen (a 2. méréshez)

Táblázat a mérésekhez, melyet másolj át a füzetedbe, és oda rögzítsd az adatokat!

l (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8
U (V)								

ÖSSZEFOGLALÁS

Elektromos kölcsönhatás

A testek egy része dörzsöléssel *elektromos állapotba* hozható. A testek elektromos állapota *pozitív* vagy *negatív* lehet. Ha egy testben a pozitív és negatív töltések hatása kiegyenlíti egymást, akkor a test *semleges*. Az elektromos állapotban levő testek között, illetve az elektromos állapotban levő és a semleges testek között *elektromos kölcsönhatás* lép fel. Az azonos elektromos állapotú testek taszítják, az ellentétesek vonzzák egymást. Az anyagok *vezetők* vagy *szigetelők* aszerint, hogy bennük az elektromosan töltött részecskék (elektron, proton, ionok stb.) elmozdulhatnak vagy helyhez kötöttek.

Elektromos áram

A vezetőben áramló töltések mozgása az *elektromos áram*. Az áram hatásai: *hőhatás*, *mágneses hatás*, *kémiai hatás*, *élettani hatás*. Az áram erőssége a hatásai alapján mérhető. Az *áramerősség* alapmennyiség, jele *I*, mértékegysége az *amper* (A). Az elektromos *áramkör részei* az áramforrás, a fogyasztó, a vezeték és a kapcsoló.

Az áramkör két pontja között annál nagyobb a *feszültség*, minél több munkát végez az elektromos mező, miközben egy elektront (vagy azzal azonos nagyságú töltést) az egyik pólustól a másikig elmozdít. A feszültség jele *U*, mértékegysége a *volt* (V).

Ohm törvénye: ugyanazon fogyasztó esetében a feszültség és az áramerősség között egyenes arányosság van. Az *ellenállás* a fogyasztó két kivezetése között mért feszültség és a fogyasztón áthaladó áram erősségének a hányadosaként meghatározott fizikai mennyiség.

Az ellenállás jele *R*, mértékegysége az *ohm* (Ω).

$$\text{ellenállás} = \frac{\text{feszültség}}{\text{áramerősség}} \qquad R = \frac{U}{I}$$

Mágneses kölcsönhatás

A mágnes és a vas között *mágneses kölcsönhatás* van. Mágneses kölcsönhatás lép fel a mágnesek között is. A mágneses kölcsönhatás a pólusoknál a legerősebb. A szabadon elforduló kétpólusú mágnes észak–déli irányba áll be. A mágnes észak felé mutató végét *északi pólusnak*, a másik végét *déli pólusnak* hívjuk. A mágnesek azonos pólusai taszítják, az ellentétes pólusai vonzzák egymást.

Elektromágnes

Az *áram hatására* a vezeték körül, illetve a tekercsben *mágneses mező jön létre*. A vasmagos tekercs az *elektromágnes*, amely csak addig mágneses, amíg áram folyik benne.

Elektromágnest tartalmaz a teheremelő mágnes, a villanycsengő, az automata biztosító, a forgótekercses műszer és a villanymotor. A villanymotorokban az elektromos energia jelentős része mozgási energiává alakul át, de a hőfejlődés miatt néhány százalék veszteség is van.

Elektromos munka és teljesítmény

A *fogyasztó teljesítménye* megegyezik a fogyasztó kivezetései közti feszültség és a fogyasztón áthaladó áram erősségének szorzatával.

$$\text{teljesítmény} = \text{feszültség} \cdot \text{áramerősség}$$

A teljesítmény jele a *P*, mértékegysége a watt (W). A teljesítmény kiszámításának módjai:

$$P = U \cdot I \qquad P = I^2 \cdot R \qquad P = \frac{U^2}{R}$$

A *végzett munka*, illetve a *fogyasztás* megegyezik a fogyasztó kivezetései közti feszültség, a fogyasztón áthaladó áram erősségének és a munkavégzés időtartamának a szorzatával.

elektromos munka = teljesítmény · idő

$$W = P \cdot t$$

Az elektromos munka jele a W, mértékegysége a joule (J), ha a teljesítményt wattban, az időt másodpercben adjuk meg.

Az elektromos munka kiszámításának más módjai:

$$W = U \cdot I \cdot t \qquad W = I^2 \cdot R \cdot t \qquad W = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

Az elektromos hálózat

Magyarországon és az *Európai Unió* többi országában *50 Hz-es váltakozó feszültségű elektromos hálózat* működik. A hálózat *effektív feszültsége* 230 V. Az erőművekben valamilyen energiahordozó (atomenergia, szén, gáz, olaj, víz, szél, napfény stb.) energiáját villamos energiává alakítják. Az előállított váltakozó áramot feltranszformálják és *nagyfeszültségű vezetékhálózaton* juttatják el a fogyasztó közelébe. Ott több lépésben 230 V-ra letranszformálva jut el a fogyasztókhoz.

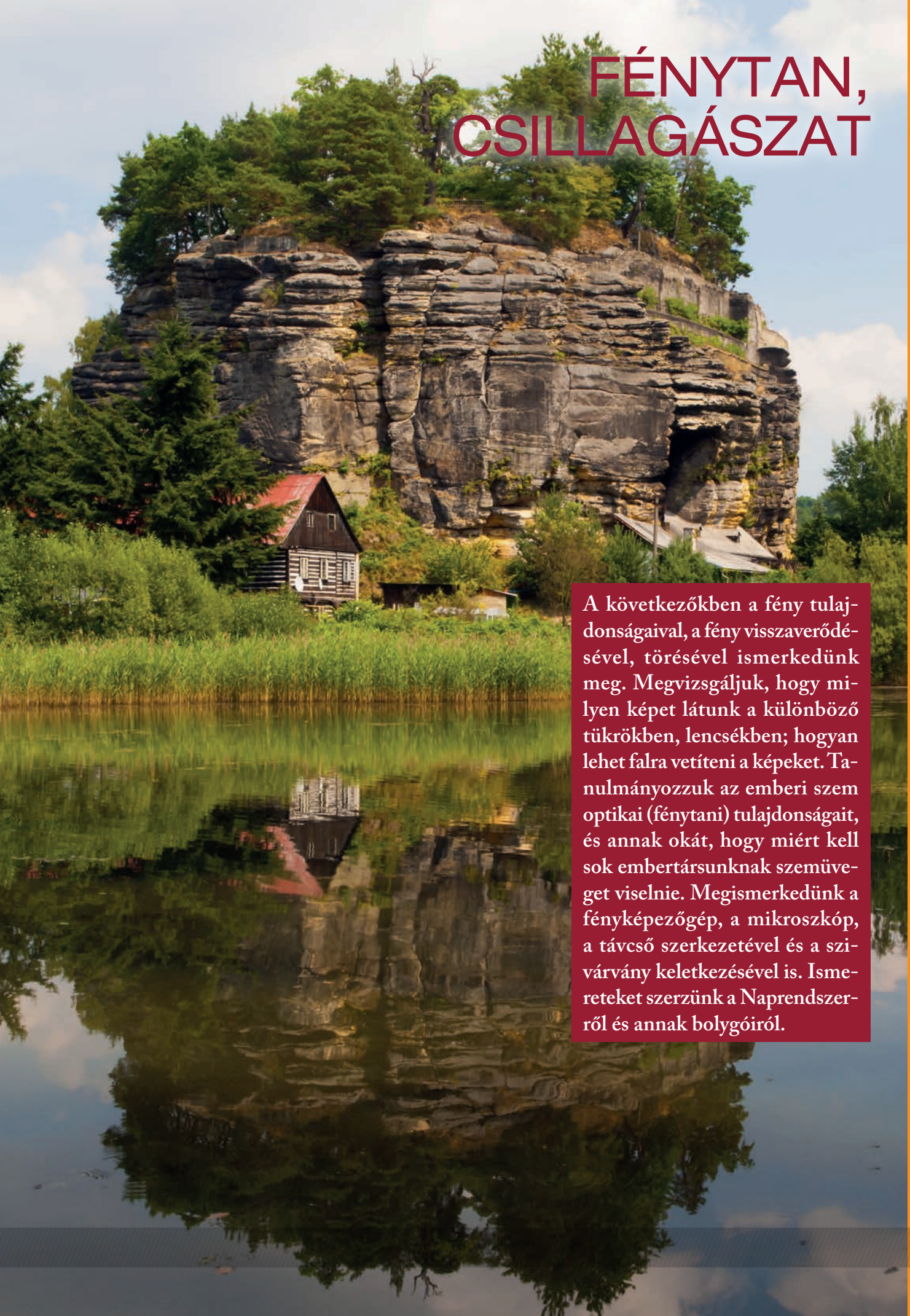
A villamos energia előállítása együtt jár a környezet szennyezésével és a nem megújuló energiaforrások kimerülésével. Ezért mindent meg kell tenni a pazarló felhasználás megszüntetésére és az energiatakarékos megoldások alkalmazására. Lehetőségek szerint előnyben kell részesíteni a megújuló, illetve a kevésbé környezetszennyező energiaforrásokat.

Kérdések és feladatok

1. Csoportosítsd a felsorolt anyagokat aszerint, hogy vezetők vagy szigetelők! Gumi, grafit, alumínium, konyhasó vizes oldata, üveg, PVC, réz, vas, porcelán.
2. Az áram melyik hatását hasznosítják a felsorolt eszközökben? Vasaló, villanymotor, akkumulátor, automata biztosító, villanypásztor, izzólámpa, hajszárító, automata mosógép.
3. Csoportosítsd a felsorolt eszközöket aszerint, hogy áramforrások vagy fogyasztók! Izzólámpa, ceruzaelem, villanymotor, akkumulátor, akkumulátortöltő, kerékpár-generátor, mobiltelefon, televízió, napelem.
4. Mi a különbség a lágyvas és az acél között mágneses szempontból?
5. Mi a hasonlóság és mi a különbség a mágnesrúd és az elektromágnes között?
6. Egy autó izzólámpáján 12 V feszültség hatására 5 A erősségű áram halad át.
   a) Mekkora az izzó ellenállása?
   b) Mekkora az izzó teljesítménye?
   c) Mennyi a fogyasztása 20 percnyi működés alatt?
7. Egy hálózati feszültséggel működő hősugárzó teljesítménye 1200 W.
   a) Mekkora a fogyasztása 2,5 óra alatt?
   b) Mekkora erősségű áram folyik át rajta üzem közben?
   c) Mekkora az ellenállása?



FÉNYTAN, CSILLAGÁSZAT



A következőkben a fény tulajdonságaival, a fény visszaverődésével, törésével ismerkedünk meg. Megvizsgáljuk, hogy milyen képet látunk a különböző tükrökben, lencsékben; hogyan lehet falra vetíteni a képeket. Tanulmányozzuk az emberi szem optikai (fénytani) tulajdonságait, és annak okát, hogy miért kell sok embertársunknak szemüveget viselnie. Megismerkedünk a fényképezőgép, a mikroszkóp, a távcső szerkezetével és a szivárvány keletkezésével is. Ismereteket szerzünk a Naprendszerről és annak bolygóiról.

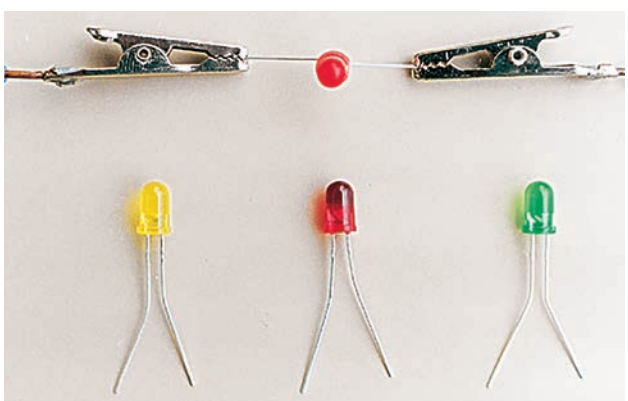
11. A FÉNY TERJEDÉSE

Fényforrások



Gyertya

A Nap, a Hold, a villám, az izzólámpa, a gyertyaláng, a világítódióda, a mobiltelefon képernyője, a szentjánosbogár világít.



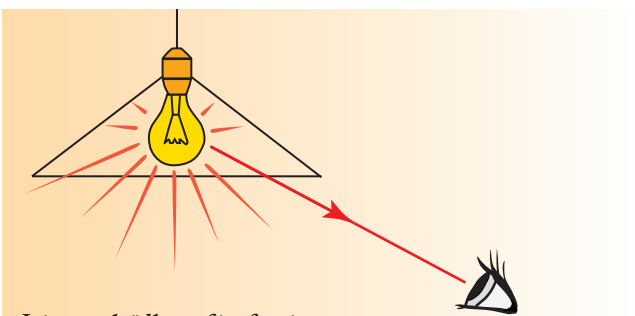
Világítódiódák (LED-ek)

Az olyan testet, amely fényt bocsát ki, *fényforrásnak* nevezzük.

Az olyan fényforrást, amelynek van saját fénye, *elsődleges fényforrásnak* hívjuk.

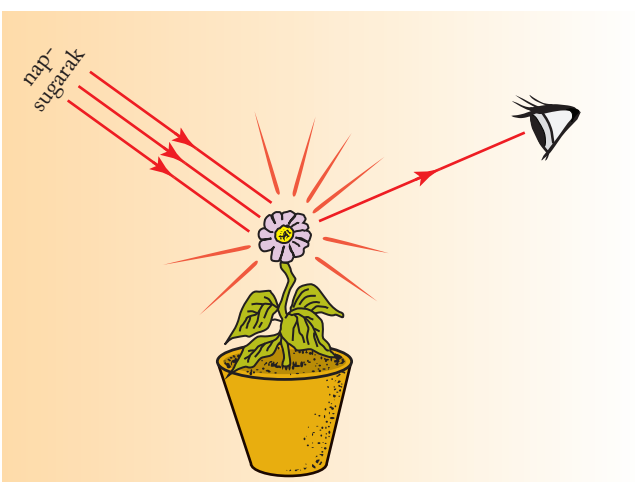
Azt, amely csak más fényforrások fényét veri vissza, *másodlagos fényforrásnak* nevezzük.

Anyagok fényáteresztő képessége



Lámpa: elsődleges fényforrás

A fényforrásokat akkor látjuk, ha a róluk a fény a szemünkbe érkezik. A virágot, a falon függő képet, a könyvet és más, nem világító testeket csak akkor látjuk, ha valamely fényforrás megvilágítja azokat, és a róluk visszaverődő fény a szemünkbe jut.



Virág: másodlagos fényforrás

Az ablaküveg, a levegő, a vékony vízréteg átengedi a fény nagy részét. Ezek az *átlátszó* anyagok. A falon, a vaslemezen, a deszkán keresztül nem hatol át a fény. Ezeket *átlátszatlan* anyagoknak mondjuk. Ha olajos papíron vagy a „tejüvegen" keresztül nézünk egy tárgyat, akkor az nehezen ismerhető fel, csak a körvonalai látszanak. Az ilyen anyagokat *áttetsző* anyagoknak nevezzük.

A fény terjedése

A Nap és a csillagok fénye a világűrön át is eljut hozzánk. A fény tehát nemcsak az átlátszó vagy áttetsző anyagokban terjed, hanem a légüres térben (vákuumban) is.

A fényterjedéshez nincs szükség közvetítő közegre.

(Emlékeztetőül: A hang nem terjed a légüres térben, a hang terjedéséhez szükség van valamilyen közvetítő közegre.)

Az erdő fái között bejutó napsugarak egyenes vonalban haladnak. Az autó fényszórójának a fénynyalábja is egyenes vonalú. A fényforrás felé tartott hajlékony csövön át csak akkor jut szemünkbe fény, ha a cső egyenes. A görbe csövön át nem látjuk a fényforrást.

Érdekesség

Átlátszatlan víz – átlátszó fémréteg. A víz átlátszó. A mély tengerek mélyén azonban tökéletesen sötét van, mivel a vastag vízrétegen nem képes áthatolni a fény. A fémek átlátszatlanok, de nagyon vékony rétegben átlátszókká válnak. Nagyon jól látunk például a vékony fémréteggel bevont napszemüvegen keresztül. Vékony fémbevonattal látják el a fényképezőgépek lencséjét is. Ettől a fémrétegtől látjuk kékes színűnek a gép lencséjét. Érdekes módon az ilyen lencsén át több fény jut a fényképezőgépbe, mint a bevonat nélküli lencsén keresztül.

Érdekesség

Szemünk védelmében… Szemünk épségének a megóvása érdekében gondoskodnunk kell a helyes megvilágításról. Az a helyes, ha írás közben olyan irányból érkezik a fény, hogy kezünk nem árnyékolja be a papírt. A gyenge és a túl erős fény egyaránt ártalmas.

Kísérletek

1. Kapcsold fel a szobában levő izzólámpát! Tarts a falhoz közel egy kisebb méretű labdát! Figyeld meg a falra vetülő árnyékot! Közelítsd a labdát a fényforráshoz! Figyeld meg most is az árnyékot! Milyen változást tapasztalsz?



2. A CD- vagy DVD-lemezen vékony fémréteg található. Vizsgáljuk meg ennek átlátszóságát!
   a) Vizsgáld meg, van-e árnyék az asztali lámpa fényébe tett CD- vagy DVD-lemez mögött! Átlátszónak tekinthető a lemezen levő vékony fémréteg ebben a kísérletben?
   b) Nézd meg az arcodat egy CD- vagy DVD-lemezt tükörként használva! Átlátszónak tekinthető a lemezen levő vékony fémréteg ebben a kísérletben?
   c) Nézz a CD- vagy DVD-lemezen keresztül egy lámpa felé! Átlátszónak tekinthető a lemezen levő vékony fémréteg ebben a kísérletben?

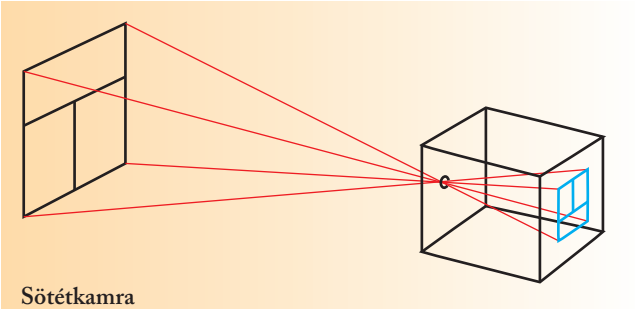


A fény tehát egyenesen terjed az olyan anyagban, amely *homogén*, azaz mindenütt azonos tulajdonságú. Ha azonban egy másik közeg határához ér, megváltozhat a terjedés iránya (pl. egy tükörről visszaverődve).

A fény homogén közegben egyenes vonalban terjed. Terjedési irányát csak akkor változtatja meg, ha egy másik közeg határához érkezik.

Az *árnyék* is a fény egyenes vonalú terjedésének a következménye. A fény nem kerüli meg a testeket, ezért keletkezik a testek mögött árnyék. A fény egyenes vonalú terjedése, illetve az árnyékjelenség ad magyarázatot a nap- és holdfogyatkozásra is.

A fény egyenes vonalú terjedésén alapul a *sötétkamra* is. Egy zárt doboz egyik oldalát eltávolítjuk, s helyére áttetsző papírt ragasztunk. A szemközti oldalra 2-3 mm átmérőjű lyukat fúrunk. Ha e nyílást az ablak irányába tartjuk, akkor az ablak és az azon át látható táj fordított képe látható az áttetsző papíron.



Sötétkamra

Fény terjedési sebessége

A fény terjedéséhez időre van szükség. **A fény terjedési sebessége légüres térben 300 000 $\frac{km}{s}$.** A fény különböző anyagokban ennél kisebb sebességgel halad, és sebessége függ attól is, hogy milyen anyagban terjed. A gázokban és így a levegőben is a fény sebessége majdnem ugyanakkora, mint légüres térben.

A fény terjedési sebességével értelmezhető a *fénytani sűrűség* is. Két anyag közül azt nevezzük fénytanilag sűrűbbnek, amelyikben a fény kisebb sebességgel halad. Mivel a fény sebessége levegőben közel 300 000 $\frac{km}{s}$, üvegben pedig „csak” 200 000 $\frac{km}{s}$, ezért az üveg optikailag sűrűbb, mint a levegő. (A fénytani sűrűség és a sűrűség között nincs kapcsolat.)

Érdekesség

A sötétkamra mint sokoldalú eszköz. Az arabok már 900 körül ismerték a sötétkamrát. Segítségével megfigyelték a napfogyatkozást és a napfoltokat anélkül, hogy szabad szemmel kellett volna a Napba nézniük. A sötétkamrát a XVI. században *Leonardo da Vinci* (1452–1519) olasz festő, szobrász, építész és fizikus tökéletesítette, és egészen a XIX. századig rajzolási segédeszközként szolgált. Később a fényképezéshez használták a sötétkamrát.

Magyarországon az Egri Főiskola Líceumában látogatható a toronyépület tetején elhelyezkedő, ma is működő állapotban lévő Camera Obscura (sötétkamra, periszkóp), amely nemcsak Magyarországon, hanem az egész világon ritkaságnak számít. Az eszközt Hell Miksa tervezte 1776-ban, ez Európa legrégebbi ma is működő ilyen berendezése. Eszterházy Károly püspök, az építtető átadása pillanatától a nagyközönség szórakoztatására szánta. Az óriási „fényképezőgéppel” Eger kicsinyített, mozgalmas, élő városképe vetíthető le a besötétített terem közepén lévő fehér asztal felületére.

Internet

Ma már léteznek olyan tenyérnyi lézeres távolságmérők, amelyek *a fény terjedési sebessége alapján határozzák meg a mérendő távolságot*. A készülék megméri, hogy a kibocsátott lézerfény mennyi idő alatt teszi meg a kérdéses távolságot. Ebből és a (levegőbeli) fénysebességből kiszámítja a távolságot, a kapott értéket pedig megjeleníti a digitális kijelzőn. Nézd meg az eszköz működéséről a http://www.fizkapu.hu/fizfilm/fizfilm6.html címen található honlapon a *Távolságmérés lézeres távmérővel* című kisfilmet! Határozd meg a film alapján, mennyi idő alatt tette meg oda-vissza a lézerfény a mért távolságot!



Fényév

Azt a távolságot, amelyet a fény légüres térben egy év alatt megtesz, *fényévnek* nevezzük, az angol *light year* alapján jele ly (el-ipszilon).

Bár a fényév nem SI-egység, a csillagászatban korlátozás nélkül használható.

Jó tudni!

1. A légüres térben mérhető fénysebesség jele *c*. Pontos értéke – néhány különböző módon felírva – a következő:

   $c = 299\,792\,458 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2{,}99\,792\,458 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} =$

   $= 299\,792{,}458 \frac{\text{km}}{\text{s}}$.

   A pontos érték helyett gyakran csak a kerekített értéket használjuk:

   $c \approx 300\,000\,000 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$.

2. A fényév óriási távolság, de a csillagászatban előforduló hihetetlenül nagy távolságok könnyebb megadásához szükség van rá.
   Egy fényév távolság:

   $1 \text{ ly} \approx 9{,}46 \cdot 10^{15} \text{ m} = 9\,460\,000\,000\,000\,000 \text{ m} =$

   $= 9\,460\,000\,000\,000 \text{ km}$.

Érdekesség

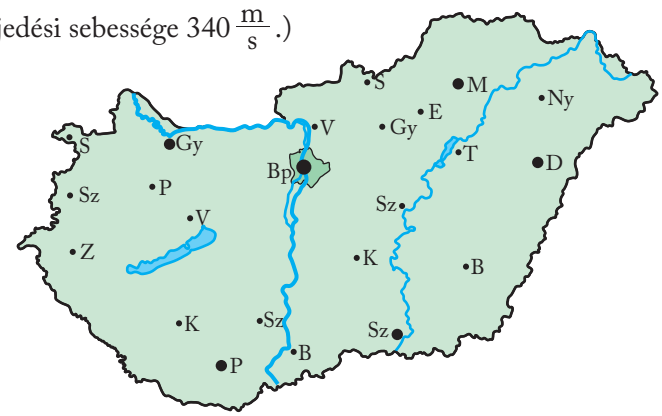
A fénysebesség. A fény sebességének első meghatározása Olaf *Römer* (1644–1710) dán csillagásznak sikerült 1672–1675 között. A Jupiter egyik holdjának a keringési periódusát mérte. Fél év múlva, amikor a mérést megismételte, észrevette, hogy a hold „késett". Amint kiderült, ez abból adódott, hogy időközben távolabb került a Föld a Jupitertől, és így a fénynek hosszabb utat kellett megtennie a Földig. Földi körülmények között, kísérleti berendezéssel Armand *Fizeau* (fizó, 1819–1896) francia fizikus mérte meg először a fény sebességét 1849-ben. A fény sebessége néhány anyagban (kerekítve):

Anyag neve	Fénysebesség az anyagban
Levegő	$300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$
Víz	$225\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$
Alkohol	$220\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$
Üveg	$200\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$
Gyémánt	$125\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$

Kérdések és feladatok

1. Készíts vázlatrajzot arról, hogy milyen sorrendben helyezkedik el a Nap, a Föld és a Hold
   a) napfogyatkozáskor;
   b) holdfogyatkozáskor!

2. A térkép Magyarországot mutatja, néhány város kezdőbetűjével. A fény 0,001 s alatt tenné meg a Sopron–Szeged távolságot. Állapítsd meg a térkép segítségével, hogy mennyi idő alatt tenné meg a Zalaegerszeg–Nyíregyháza távolságot
   a) a fény;
   b) a hang! (A hang terjedési sebessége $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.)



3. Az utasszállító repülőgép 8000 m magasan pontosan fölöttünk száll. Mennyi idő alatt ér a helyzetjelző lámpájának a fénye hozzánk? Mennyi idő alatt ér hozzánk a repülő motorjának a hangja?

4. A Föld közepes távolsága a Naptól 149,6 millió km. Mennyi idő alatt jut el a Nap fénye a Földre?

5. A Hold közepes távolsága a Földtől 384 400 km. Mennyi idő alatt jut el a Holdról visszaverődő fény a Földre?

12. A FÉNYVISSZAVERŐDÉS

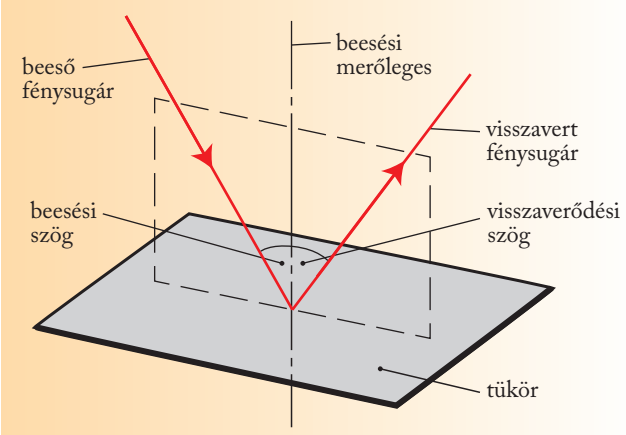
Láttuk, hogy a fény homogén közegben egyenes vonalban terjed, de egy másik közeg határához érkezve megváltozhat a terjedési iránya. Ha például a fénysugarak útjába tükröt helyezünk, arról a fénysugarak visszaverődnek. Visszaverődik a fény a sima fémlapról és a víz felszínéről is. A következőkben azt vizsgáljuk meg, hogy milyen törvényszerűség szerint verődik vissza a *síktükörről* a ráeső fénysugár.

Nevezetes sugarak

A *beeső fénysugár* a tükör egy pontjáról visszaverődik. Ebbe a pontba (gondolatban) merőlegest állítunk a tükör síkjára. Ez a *beesési merőleges.* Ehhez viszonyítjuk a beeső és a *visszavert fénysugarat.*

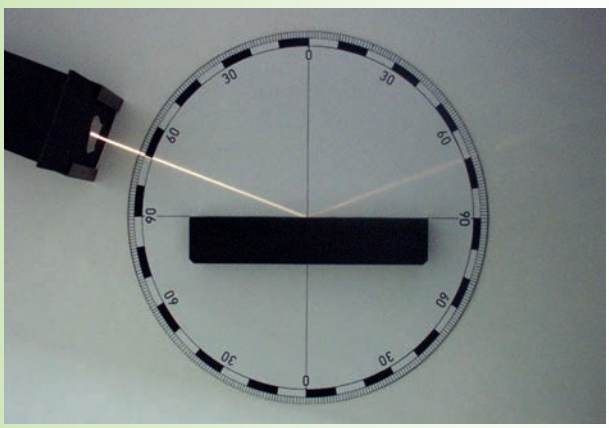
Ha különböző irányokból vetítünk fénysugarat a tükörre, akkor mindegyik esetben azt látjuk, hogy a beeső fénysugár, a beesési merőleges és a visszavert fénysugár egy síkban van.

A beeső fénysugár és a beesési merőleges közötti szöget *beesési szögnek,* a visszavert fénysugár és a beesési merőleges közötti szöget *visszaverődési szögnek* nevezzük.



A fény visszaverődése síktükörről

Kísérlet



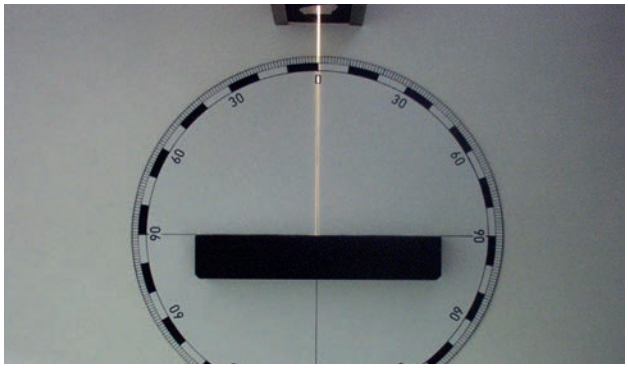
Visszaverődés tükörről ($\alpha = 75°$)

Egy méréssorozatban különböző irányokból fénysugarat bocsátunk a tükör felületére. Megmérjük, hogy különböző beesési szögeknél mekkora a visszaverődési szög. A következő táblázat egy ilyen méréssorozat adatait tartalmazza.

Beesési szög (α)	0°	10°	20°	30°	45°	60°	75°
Visszaverődési szög (β)	0°	10°	20°	30°	45°	60°	75°

Érdekesség

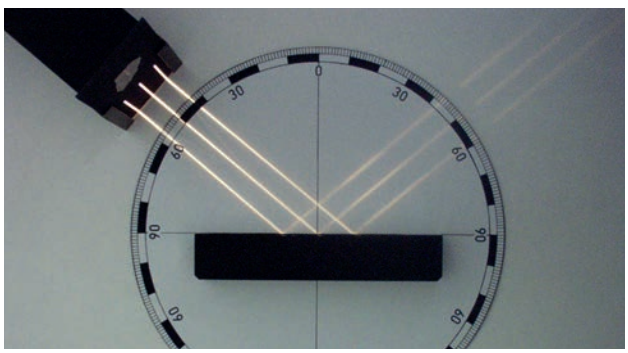
Tükörkészítés régen és ma. Az 5000 éves egyiptomi sírokban – más leletek mellett – rézből készült tükröket is találtak a régészek. A kínaiak is évezredek óta ismerik a bronztükröt. Kr. e. 300 körül híres etruszk tükörkészítő műhelyek voltak Közép- és Észak-Itáliában. A fémlapok azonban könnyen elhomályosodtak, ezért később üveget helyeztek rájuk. Így született meg az üvegtükör. Különösen híres volt a velencei csiszolt üvegtükör. Ma a tükrök többségét úgy készítik, hogy ezüstsóoldattal vonják be az üveget, és abból vegyi eljárással kivonják az ezüstöt, ami az üvegre tapad. Ezt festékréteggel vonják be, hogy megakadályozzák az ezüstréteg lekopását.



Visszaverődés tükörről ($\alpha = 0°$)

A visszaverődési szög mindig ugyanakkora, mint a beesési szög.

Ha merőlegesen éri a fény a síktükröt (vagyis 0° a beesési szög), akkor a fénysugár önmagában verődik vissza. A síktükörre párhuzamosan érkező fénysugarak visszaverődés után is párhuzamosak maradnak.



Párhuzamos fénysugarak visszaverődése

A visszavert fénysugár geometriai szerkesztéssel is meghatározható. A szerkesztés lépései:

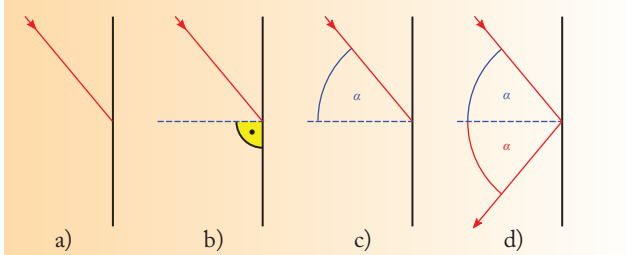
a) Megrajzoljuk a beeső fénysugarat.

b) Megszerkesztjük a beesési merőlegest.

c) Berajzoljuk a beesési szöget jelölő körívet.

d) Átmásoljuk a beesési szöget a beesési merőleges másik oldalára és berajzoljuk a visszavert fénysugarat.

A szerkesztés lépései az ábrasorozaton megfigyelhetők. (Végezd el a szerkesztést te is a füzetedben!)



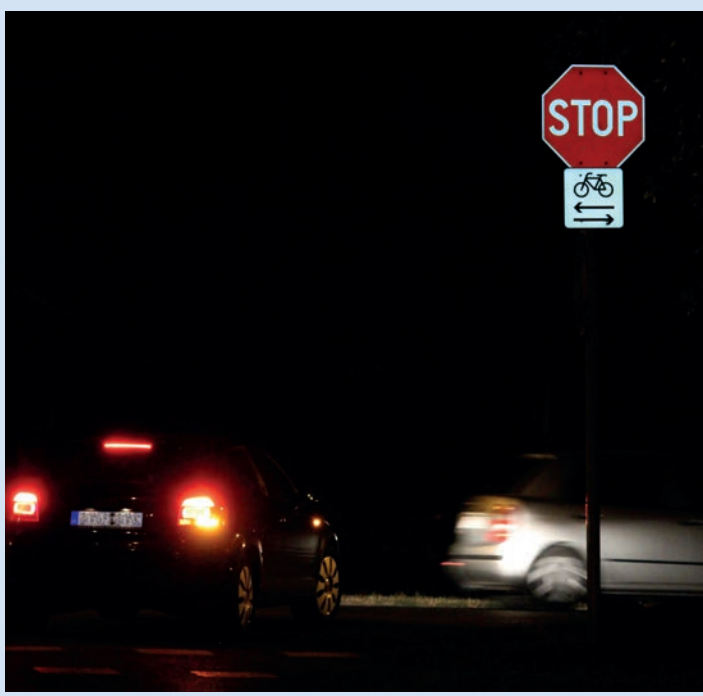
A visszavert fénysugár megszerkesztése

Kísérletek

1. Helyezz egy síktükröt a padlóra, pontosan a mennyezeti lámpa alá!
   a) Hová veri vissza a tükör a lámpa fényét?
   b) Fordítsd el a tükröt úgy, hogy 45°-os szöget zárjon be a vízszintessel! Hogyan veri vissza most a tükör a lámpa fényét? Mekkora szöggel fordítottad el a tükröt, és mekkora szöggel fordult el a visszavert fénysugár (fénynyaláb)? Adj magyarázatot a tapasztalatokra!
2. Ragasztószalaggal (cellux, szigetelőszalag stb.) rögzíts három zsebtükröt egymáshoz úgy, hogy mindegyik merőleges legyen a másik kettőre! Egy-két méter távolságból világíts rá egy erős fényű zseblámpával! Hova veri vissza a fényt az így elkészített *sarokreflektor*?

Érdekesség

A vetítővászon és a KRESZ-tábla. A papír, a fal, a vetítővászon felülete érdes. E felületek a rájuk eső párhuzamos fénysugarakat minden irányba szétszórják. Ezért láthatók az ilyen felületek minden irányból. A vetítéshez használt gyöngyvásznat, a közlekedési jelzőtáblákat apró, átlátszó gyöngyöket tartalmazó festékkel vonják be. Az ilyen felületek a fény nagy részét mindig a beeső fény irányába verik vissza. Ennek következtében az ilyen közlekedési tábla a reflektor fényének többségét éppen a jármű felé veri vissza, és ezáltal szinte világít a sötétben.



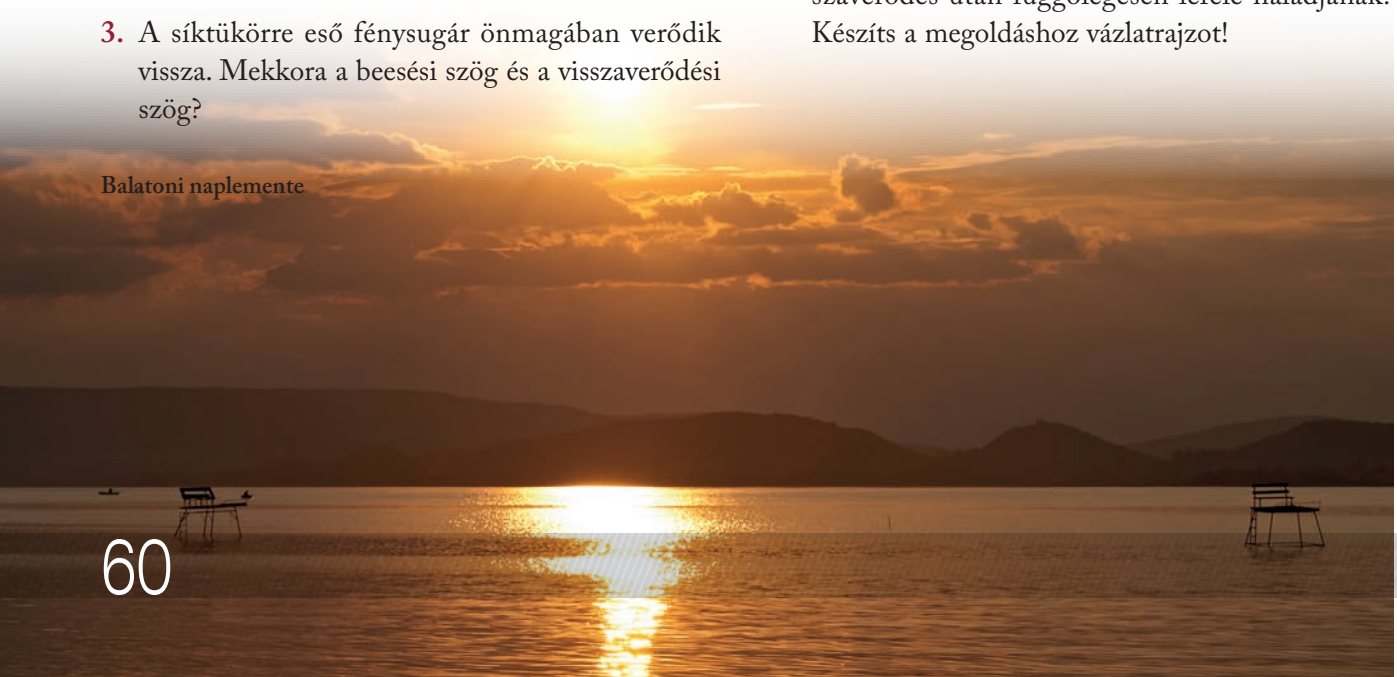
Internet



1. A spanyol *Sevilla* város mellett épült meg a képen látható PS10 naphőerőmű (spanyolul *Planta Solar 10*). Az erőmű a napfényt felhasználva termel villamos energiát. *A napfényt 624 darab, egyenként 120 m^2 felületű, mozgatható síktükör irányítja egy központi toronyra*, ahol a tényleges villamosenergia-termelés folyik. Keress további információt (méretek, működés, teljesítmény stb.) az erőmű működéséről a magyar *Wikipédián*, a https://hu.wikipedia.org címen! A könyvben is látható fotót a https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PS10_desde_PS20.jpg címen találod meg. Nézd meg teljes méretre nagyítva! Hasonlítsd össze a felnagyított képen a tükrök méretét egy gépkocsi nagyságával! Megfigyelhető az is a képen, hogy a tükrök között nagy a távolság. Vajon miért nem helyezték közelebb a tükröket egymáshoz?
2. A http://www.fizkapu.hu/animator/lista.html címen néhány, fényképekből összeállított animáció található. Nézd meg közülük az ehhez a fejezethez kapcsolódó *Fényvisszaverődés* című animációt!

Kérdések és feladatok

1. Mekkora a visszaverődési szög, ha a beeső fénysugár és a tükör közötti szög 40°?
2. Mekkora a visszaverődési szög, ha a beeső fénysugár és a visszaverődő fénysugár közötti szög 50°?
3. A síktükörre eső fénysugár önmagában verődik vissza. Mekkora a beesési szög és a visszaverődési szög?
4. A napsugarak a földre a függőlegessel 50°-os szöget alkotva esnek be. Egy síktükör segítségével be akarunk világítani egy kútba. Milyen szöget zárjon be a vízszintessel a tükör, hogy a napsugarak visszaverődés után függőlegesen lefelé haladjanak? Készíts a megoldáshoz vázlatrajzot!



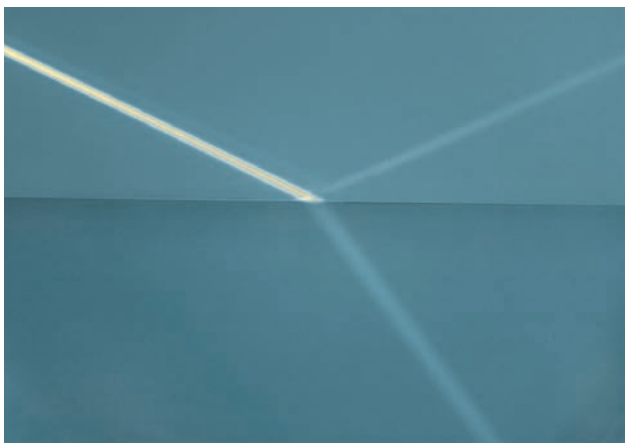
Balatoni naplemente

13. A FÉNYTÖRÉS ÉS A TELJES FÉNYVISSZAVERŐDÉS

Fénytörés

Ferde irányban fénysugarat bocsátunk az üveg felszínére. A fénysugár egy része visszaverődik, más része az üveg felszínén megváltoztatja irányát, *megtörik* a levegő és az üveg határfelületén, és behatol az üvegbe. Hasonlót tapasztalunk akkor is, ha a fénysugár a víz vagy más átlátszó anyag (közeg) határához ér.

A következőkben azt vizsgáljuk meg, hogy milyen törvényszerűség szerint törik meg a határfelülethez érkező fénysugár.



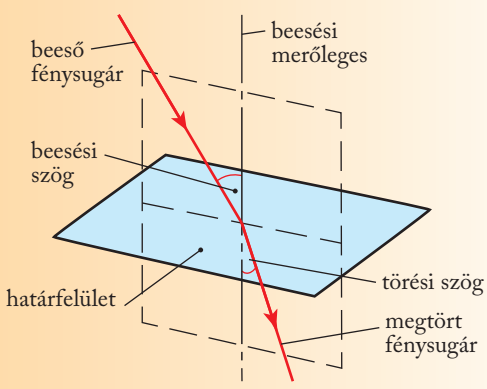
Fénytörés levegő–üveg felületen

Nevezetes sugarak

A *beeső fénysugár* a határfelület egy pontján megtörik. Ebbe a pontba merőlegest állítunk a határfelület síkjára. Ez a *beesési merőleges.* Ehhez viszonyítjuk a beeső és a *megtört fénysugarat.*

Ha különböző irányokból vetítünk fénysugarat az üveg felületére, akkor mindegyik esetben azt látjuk, hogy a beeső fénysugár, a beesési merőleges és a megtört fénysugár egy síkban van.

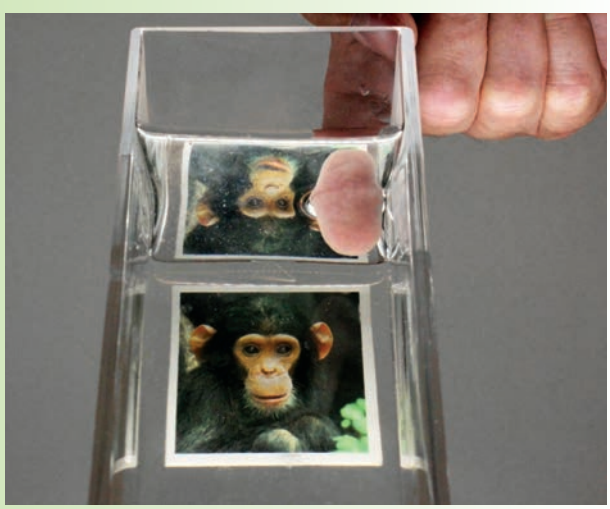
A beeső fénysugár és a beesési merőleges közötti szöget *beesési szögnek,* a megtört fénysugár és a beesési merőleges közötti szöget *törési szögnek* nevezzük.



A fény törése sík határfelületen

Kísérletek

1. Húzz egy vastag vonalat a papírlapra! Helyezz a vonalra egy vízzel töltött poharat! Nézd ferde irányból a vonalat a vízen keresztül! A vonalat megtörtnek látod. Miért?
2. Az asztal szélére helyezzük a vízzel félig töltött üvegkádat. A tőlünk távolabb levő függőleges üvegfalra egy képet rögzítünk, közvetlenül a víz felszíne alá. Ha alulról nézzük a víz felszínét, akkor a képet és annak tükörképét látjuk a vízben.



Kísérlet

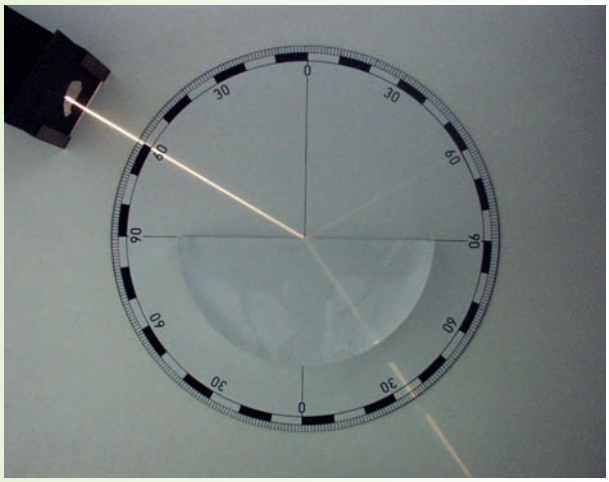
Egy méréssorozatban különböző irányokból fénysugarat bocsátunk egy plexiből készült félkorong felületére. (A plexi egy átlátszó műanyagfajta.) Megmérjük, hogy különböző beesési szögeknél mekkora a törési szög, ha a fény a *levegőből a plexibe* lép. A következő táblázat egy ilyen méréssorozat adatait tartalmazza.

Beesési szög *(α)*	0°	10°	20°	30°	45°	60°	75°
Törési szög *(β)*	0°	7°	13°	19°	28°	35°	40°

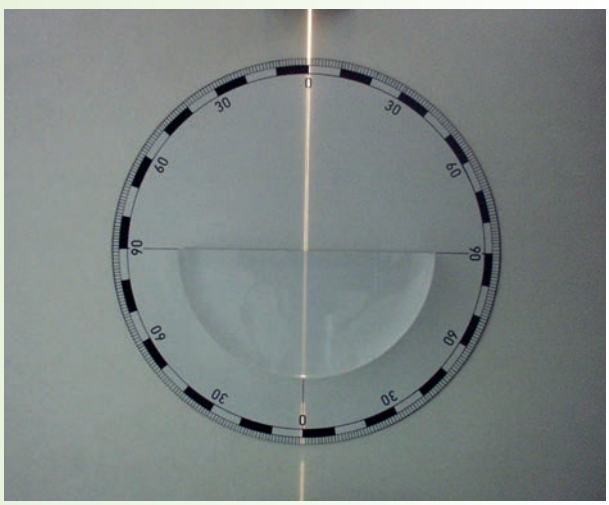
Azt látjuk, hogy ha 0° a beesési szög, azaz *ha merőlegesen éri a fény a határfelületet, akkor törés nélkül halad tovább a fénysugár. Minden más esetben a törési szög kisebb, mint a beesési szög.* Azt is megfigyelhetjük, hogy *nagyobb beesési szöghöz nagyobb törési szög tartozik.* Ha azonban (a nulla értékeket kihagyva) kiszámítjuk az összetartozó értékek hányadosát, akkor minden adatpárnál más-más értéket kapunk. A beesési szög és a törési szög közötti kapcsolat tehát *nem egyenes arányosság, mert a két mennyiség hányadosa nem állandó.* (Az összefüggés meghatározásához középiskolai matematikai ismeretek szükségesek.)

Hasonlót tapasztalunk akkor is, ha a fény *levegőből vízbe* lép, csak ebben az esetben ugyanakkora beesési szöghöz más törési szög tartozik, mint a plexinél.

Beesési szög *(α)*	0°	10°	20°	30°	45°	60°	75°
Törési szög *(β)*	0°	8°	15°	22°	32°	41°	46°



Fénytörés levegő–plexi felületen ($\alpha = 60°$)



Fénytörés levegő–plexi felületen ($\alpha = 0°$)

Más anyagok esetében is azt tapasztaljuk, ha a fény optikailag ritkább anyagból sűrűbb anyagba lép, akkor:

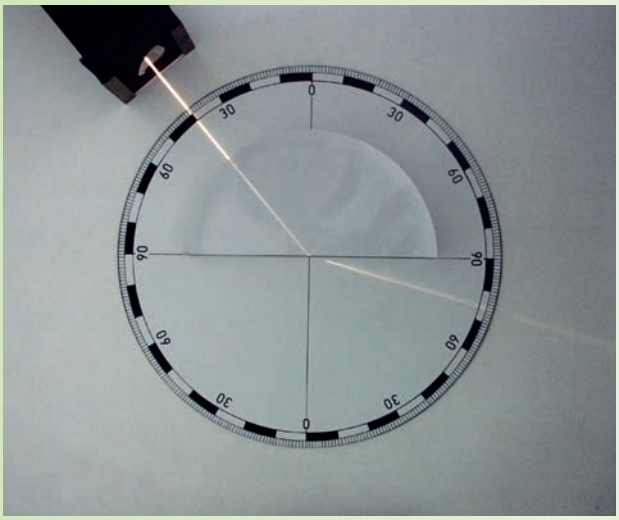
1. **A merőlegesen beeső fénysugár nem törik meg.**
2. **Minden más esetben a törési szög kisebb, mint a beesési szög.**



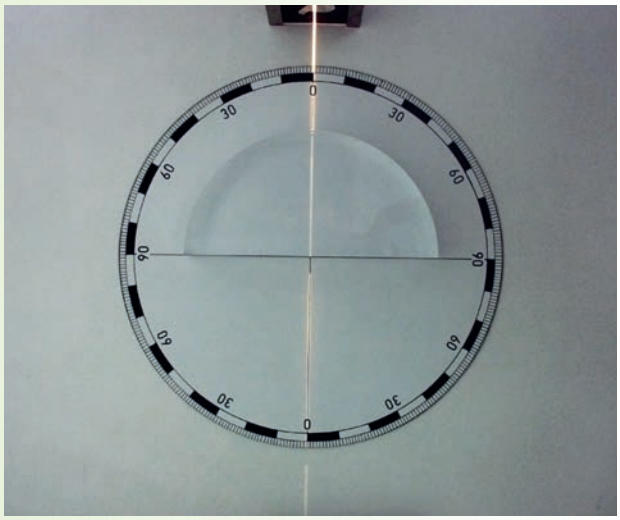
Érdekesség

Optikailag sűrűbb. Optikai (fénytani) szempontból azt az anyagot tekintjük sűrűbbnek, amelyben kisebb a fény terjedési sebessége. Az alkohol például fénytanilag sűrűbb a víznél, a mechanikai sűrűséget tekintve azonban kisebb sűrűségű, mint a víz. (Az alkoholban 220 000 $\frac{\text{km}}{\text{s}}$ a fény terjedési sebessége. Az alkoholnak 0,79 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, a víznek 1 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ a sűrűsége.)

Kísérlet



Fénytörés plexi–levegő felületen ($\alpha = 40°$)



Fénytörés plexi–levegő felületen ($\alpha = 0°$)

Amennyiben *megfordítjuk a fény útját*, és különböző irányokból fénysugarat bocsátunk a plexiből a levegőbe, akkor a következő mérési adatokat kapjuk.

Beesési szög *(α)*	0°	10°	20°	25°	30°	35°	40°
Törési szög *(β)*	0°	15°	31°	40°	49°	60°	75°

Mérési adataink szerint, *ha merőlegesen éri a fény a határfelületet, akkor törés nélkül halad tovább a fénysugár. Minden más esetben a törési szög nagyobb, mint a beesési szög.* (Nagyobb beesési szöghöz most is nagyobb törési szög tartozik. A köztük levő összefüggés azonban nem egyenes arányosság, mert hányadosuk nem állandó.)

Hasonlót tapasztalunk akkor is, ha a fény *vízből levegőbe* lép, csak ebben az esetben ugyanakkora beesési szöghöz más törési szög tartozik, mint a plexinél.

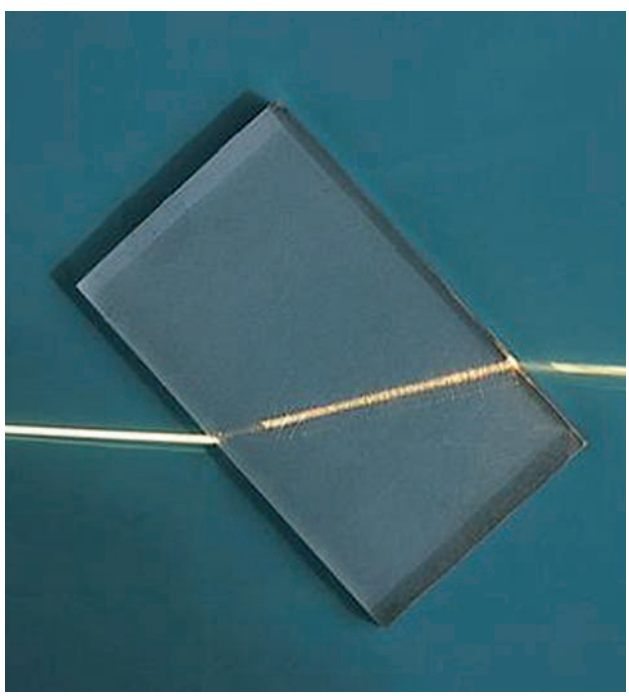
Beesési szög *(α)*	0°	10°	20°	25°	30°	35°	40°
Törési szög *(β)*	0°	13°	27°	34°	42°	50°	58°

Más anyagok esetében is azt tapasztaljuk, ha a fény optikailag sűrűbb anyagból ritkább anyagba lép, akkor:

1. **A merőlegesen beeső fénysugár nem törik meg.**
2. **Minden más esetben a törési szög nagyobb, mint a beesési szög.**

Párhuzamos falú lemez a fény útjában

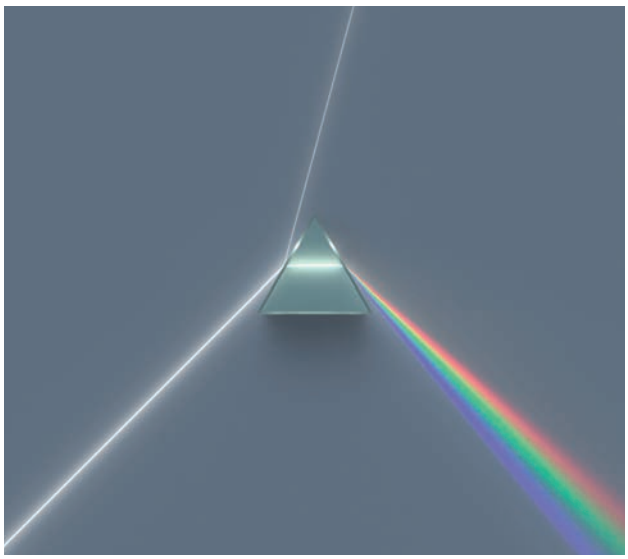
Fénytörés párhuzamos falú lemezen. Ha a párhuzamos falú átlátszó lemezre ferdén fénysugarat bocsátunk, akkor az kétszer törik meg. Először akkor, amikor a levegőből az üvegbe lép, másodszor pedig akkor, amikor az üvegből a levegő határfelületéhez ér. A fénysugár az eredeti irányhoz képest *párhuzamosan eltolódva* halad tovább.



Fénytörés párhuzamos falú lemezen

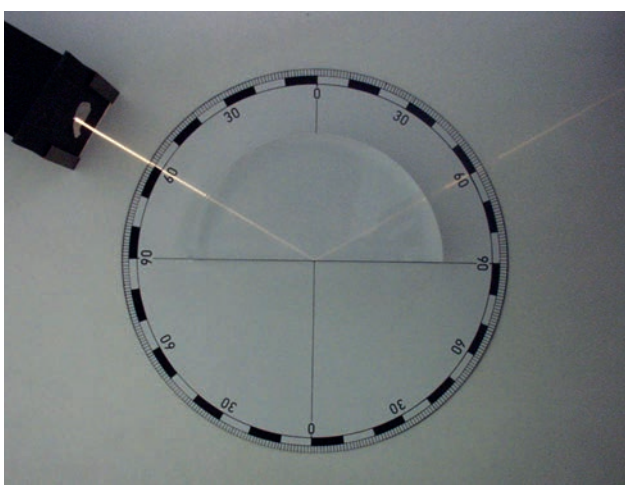
Prizma a fény útjában

Fénytörés a prizmán. A kísérleteinkhez egy olyan háromszögalapú hasábot, *prizmát* használunk, amely üvegből készült. Ha fénysugarat bocsátunk egy ilyen üvegprizmára, akkor a rajta áthaladó fénysugár kétszer ezen is megtörik. Először akkor, amikor belép az üvegbe, másodszor pedig akkor, amikor az üveg és a levegő határfelületéhez ér. A fénysugár *a prizma vastagabb része felé törve* halad tovább.



Fénytörés prizmán

Teljes fényvisszaverődés

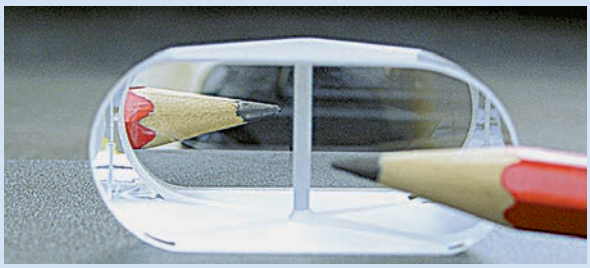


Teljes fényvisszaverődés ($\alpha = 60°$)

Amikor a fénysugár az üvegből a levegőbe lép, akkor a törési szög nagyobb, mint a beesési szög. Ha növeljük a beesési szöget, akkor elérhetünk egy olyan helyzetet, hogy a megtört fénysugár már közvetlenül a két anyag határfelületén halad. (Ez üvegnél kb.

Érdekesség

Képfordító prizma. Az asztalra tett derékszögű prizma átfogója előtt egy ceruzát tartunk. A ceruza képe a prizmában a másik oldalon jelenik meg. Ilyen tapasztalatok alapján ezt a prizmát *képfordító prizmának* nevezzük.



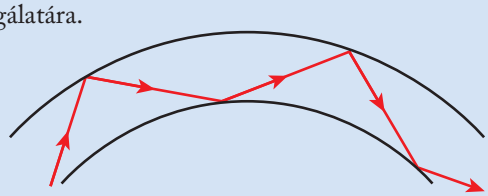
- Helyezz magad elé függőlegesen egy zsebtükröt! Tarts a tükör elé egy ceruzát jobbról, közelítve, úgy ahogy ezt a fényképen a prizma előtt látod! Hasonlítsd össze a prizmában és a tükörben látott képet!

Internet

1. A http://www.fizkapu.hu/animator/lista.html címen néhány, fényképekből összeállított animáció található. Nézd meg közülük az ehhez a fejezethez kapcsolódó *Fénytörés 1.*, *Fénytörés 2.*, *Fényvisszaverő prizma 1.* és *Fényvisszaverő prizma 2.* című animációkat!
2. Az *ulexit* nevű ásvány természetes száloptikaként viselkedik. Keress az interneten olyan videókat az ulexitről, amelyek szemléltetik az ásvány érdekes viselkedését! (Javasolt keresőkifejezések: *ulexit, természetes száloptika.)*
3. A http://www.fizkapu.hu/fiztan/cikkek/c_15_002.pdf címen egy leírást olvashatsz arról, hogyan lehet elkészíteni a száloptika működő modelljét.

Érdekesség

Fénykábel. Ha a görbe üvegrúd végét megvilágítjuk, akkor megfelelő feltételek mellett a fény nem lép ki az üvegrúdból. Miután a fény az üvegrúd belső falához ér, ott teljes visszaverődés jön létre. Ezen az elven alapul a távközlésben alkalmazott *optikai szálak* működése. Több optikai szál kötegbe rendezésével képátvitelre alkalmas, hajlékony *száloptika* is készíthető. Ezeket például a gyógyászatban is alkalmazzák a belső szervek vizsgálatára.

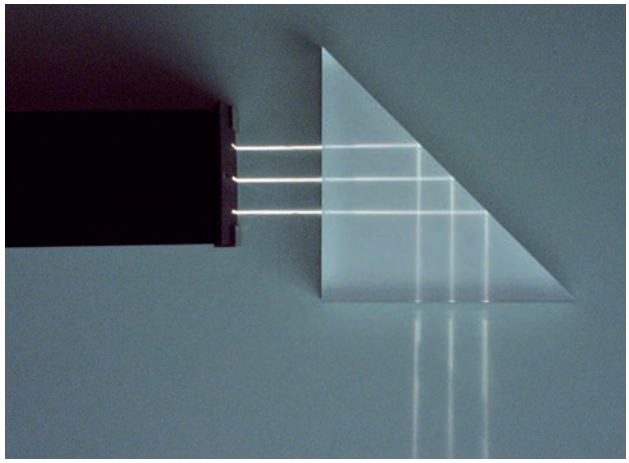


Az optikai szál elve

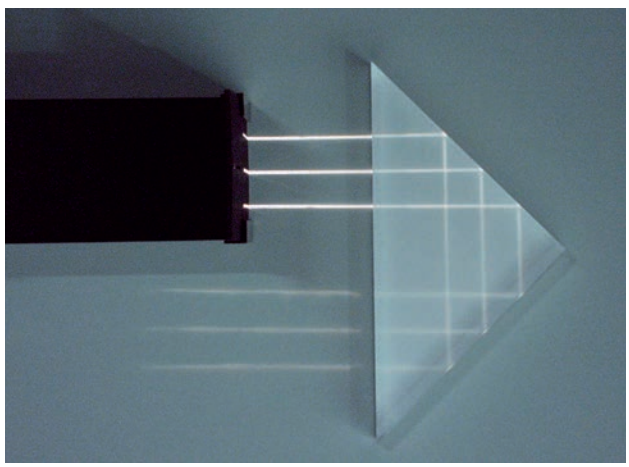
42°-os beesési szögnél következik be.) Ha ezen túl is növeljük a beesési szöget, akkor a fénysugár nem lép ki a levegőbe, hanem a teljes fénymennyiség visszaverődik a határfelületről. Ezt a fényjelenséget *teljes fényvisszaverődésnek* nevezzük.

A teljes fényvisszaverődés más anyagoknál is létrejön, ha a fény optikailag sűrűbb közegben haladva egy optikailag ritkább közeg határfelületéhez érkezik, és a beesési szög elég nagy. (Víznél ez a határszög 49°, gyémántnál 25°.)

Ha a derékszögű prizma befogójára merőlegesen bocsátunk fénysugarakat, akkor az üveg belső felületén teljes fényvisszaverődés történik, és az átfogón visszaverődő fénysugarak derékszögben haladnak tovább. Ha pedig a prizma átfogójára vetítünk fénysugarakat, akkor azok kétszeres visszaverődés után az eredeti fénysugárral párhuzamosan, ellentétes irányban verődnek vissza.



Fényvisszaverődés prizmán



Kétszeres fényvisszaverődés prizmán

Kérdések és feladatok

1. Szélcsendes idő van a Balatonon. A vizet napkeltétől napnyugtáig érik a napsugarak. Miként változik eközben
   a) a beesési szög;
   b) a törési szög?



2. A fénysugár a vízből a levegőbe lép. A törési szög egyenlő a beesési szöggel. Miként lehetséges ez?

3. A pohárban levő szívószál a folyadék felszínénél megtörtnek látszik. Mi a magyarázata?

4. E fejezet első táblázatának adatai megadják, hogy mekkora a beesési és a törési szög, ha a fény a levegőből a plexibe lép. Ábrázold grafikonon az összetartozó mennyiségeket!

5. A párhuzamos falú üveglemezre fénysugarat vetítünk. A beesési szög 19°. Hány fokos a törési szög ott, ahol a fénysugár az üvegből a levegőbe lép? Készíts vázlatrajzot a megoldáshoz!

Mesterséges szivárvány.

- Figyeljük meg locsolótömlővel vagy kézi permetezővel létrehozott vízcseppeken a kialakuló szivárványt! Hogyan kell elhelyezkednünk a Naphoz (fényforráshoz) képest, hogy a jelenséget megfigyelhessük?

14. KÉPALKOTÁS. A SÍKTÜKÖR KÉPALKOTÁSA

Hétköznapi példák

Tudjuk, hogy a testeket (elsődleges vagy másodlagos fényforrásokat) csak akkor látjuk, ha róluk fény jut a szemünkbe. Néha azonban előfordul, hogy nem ott és nem akkorának látjuk őket, ahol vannak. Például ha belenézünk a fürdőszobai tükörbe, akkor a tükör síkja mögött látjuk magunkat. A gépkocsi visszapillantó tükrében látható jármű sem ott van és nem is akkora, mint a tükörben keletkező kicsinyített képe. Az egysejtű papucsállatka sem akkora, mint amekkora a mikroszkópban keletkező nagyított képe. A következőkben megvizsgáljuk, hogy hogyan látjuk a tárgyakat, illetve hogyan és milyen kép keletkezhet egy tárgyról.

Előzetesen néhány általános fogalmat értelmezünk a *fénytani (optikai) eszközök* (tükör, lencse, vagy ezekből összeállított berendezés) képalkotásával kapcsolatban.

A tárgy és az optikai eszköz távolságát *tárgytávolságnak* nevezzük.

A kép és az optikai eszköz távolságát *képtávolságnak* nevezzük.

A tárgytávolság jele *t*, a képtávolságé *k*.

Az olyan képet, amelyet ernyőn (vetítővásznon, falon, papírlapon) is fel lehet fogni, *valódi képnek* nevezzük.

Az olyan képet, amelyet nem lehet ernyőn felfogni, *látszólagos képnek* nevezzük.

Néha előfordul, hogy az optikai eszköz nem hoz létre képet a tárgyról.

Képalkotás

Elsőként azt az esetet elemezzük, amikor a tárgyról kiinduló fény a levegőben haladva, közvetlenül jut a szemünkbe. A tárgy egy pontjából (*P*) kiinduló fénysugarak egyenes vonalban haladnak, mert a fény ebben az esetben homogén közegben (levegőben) terjed. A fénysugarak közül néhány eljut a szemünkbe is.



Tükörkép a fürdőszobai tükörben

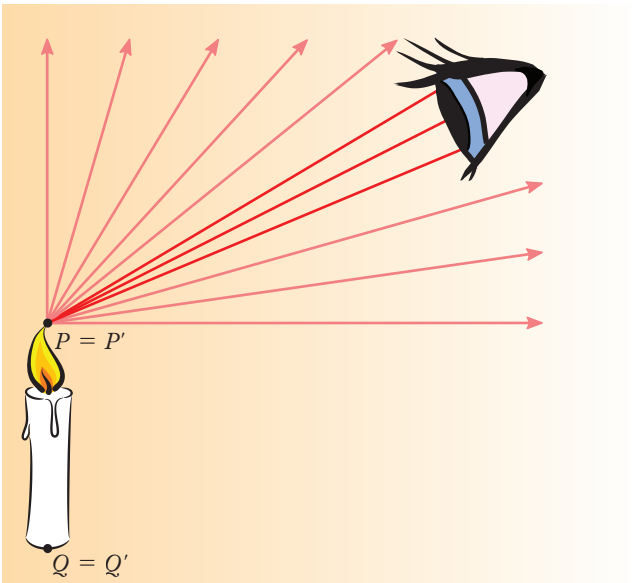
- Melyik kezével nyúl a fiatal nő a hajához? És a tükörképen?

Érdekesség

Térbeliség. A síkra vonatkozó tükrözés érdekes tulajdonsága, hogy felcseréli a térbeli irányítottságot. Jobb és bal kezünk térbeli irányítottsága éppen ellentétes. Ez azt jelenti, hogy nem tudjuk a jobb kezünket olyan helyzetbe mozgatni, hogy fedésbe kerüljön a ballal. Ha azonban például a jobb tenyerünket egy tükörhöz érintjük, akkor tükörképe olyan lesz, mint a bal kezünké. Ugyanez okozza azt, hogy a tükörben látott szöveget alig tudjuk elolvasni (tükörírás).

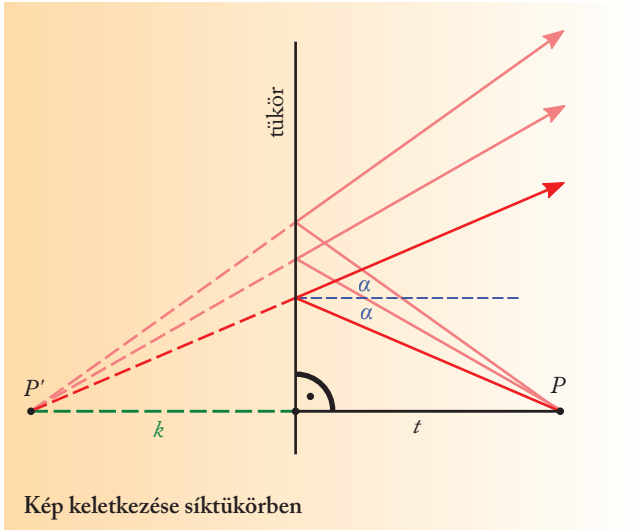
Internet

1. Nézd meg az interneten, mi a *kaleidoszkóp* és hogyan működik! Keress olyan leírást, amely alapján te is elkészíthetsz egy ilyen eszközt! Keresd meg azt is, mi a kaleidoszkóp szó eredete!
2. Nézd meg az interneten, hol használnak a gyakorlatban ma is *periszkópot*! Keresd meg azt is, mi a periszkóp szó eredete!



Közvetlen látás

A tárgy egy pontjának síktükörben keletkező képe a fényvisszaverődésről tanultak alapján szerkesztéssel is meghatározható. A rajz alapján igazolható, hogy a *P* és a *P'* pontok azonos távolságra vannak a tükörtől. t = k



Kép keletkezése síktükörben

A tárgy egy pontjának képét ott látjuk, ahol a szemünkbe érkező fénysugarak visszafelé történő meghosszabbításai metszik egymást. A rajz alapján nyilvánvaló, hogy ez a metszéspont (*P'*) ugyanott van, ahol a tárgy adott pontja a valóságban is elhelyezkedik.

Ugyanígy a tárgy többi pontjának képét is pontosan ott látjuk, ahol a pont van. Például a gyertya aljánál levő *Q* pont és *Q'* képe ugyanott van. Ezek alapján nyilvánvaló, hogy a gyertya képének nagysága ($\overline{P'Q'}$) akkora, mint amekkora a tárgy ($\overline{PQ}$).

Kiterjedt tárgy esetén ez a megállapítás a tárgy minden pontjára érvényes. A rajz alapján azt is észrevehetjük, hogy a tárgy és a kép egymásnak geometriai értelemben vett tükörképei. (Síkra történő tükrözés.) Megfigyelhetjük azt is, hogy a képtávolság ugyanakkora, mint a tárgytávolság, és a keletkező kép ugyanakkora, mint a tárgy. Mivel síktükörnél a kép

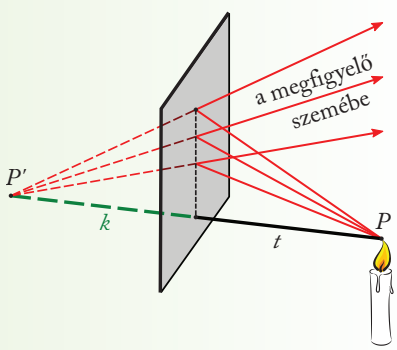
Gondolatkísérletek

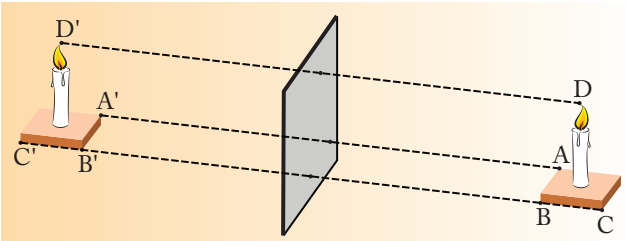


A tó sima vízén úszó hattyúról *tükörkép* keletkezik. Ha gyertyát helyezünk egy síktükör elé, akkor a gyertya képét a tükör mögött látjuk. A gyertya képe a gyertyával *megegyező állású* és *ugyanakkora,* mint a gyertya. A tükörben látott kép *ugyanakkora távolságban* van a tükör mögött, mint a gyertya a tükör előtt. Hasonlót tapasztalunk akkor is, ha a gyertya helyett más tárgynak a tükörképét vizsgáljuk a síktükörben.

A síktükörben látható kép keletkezését a következő módon magyarázhatjuk. A tárgy egy *P* pontjából kiinduló fénysugarak a tükörről visszaverődve jutnak el a szemünkbe. Szemünk azonban „nem tudja”, hogy a beérkező fénysugarak iránya megváltozott. Emiatt az adott pont képét ott látjuk, ahol a szemünkbe érkező fénysugarak visszafelé történő meghosszabbításai metszik egymást. Ez a *P'* metszéspont azonban most nem ott van, ahol tárgy adott pontja (*P*) elhelyezkedik.







Kiterjedt tárgy képe síktükörnél

a tükör mögött keletkezik, így oda nem is jut el fény a tárgyról. Ezt a képet tehát nem lehet ernyőn felfogni, a síktükör látszólagos képet alkot. Tapasztalatainkat összefoglalva:

A síktükörben látott kép mindig
- **látszólagos,**
- **a tárggyal megegyező állású,**
- **a tárggyal egyenlő nagyságú,**
- **a képtávolság ugyanakkora, mint a tárgytávolság.**

Érdekesség

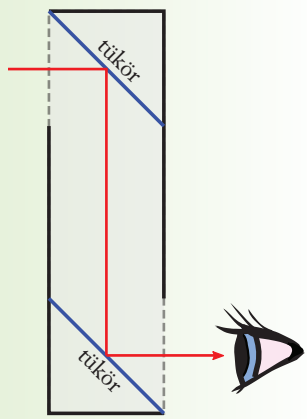
Tükörkép tükörképe. Próbafülkében, liftben, bevásárlóközpontokban, vasúti kocsik fülkéiben láthatunk olyan tükröket, amelyek egymással szemben, párhuzamosan állnak. Az egyik tükörben keletkező képről a másik tükör újabb képet hoz létre, és így tükörképek sorozatát láthatjuk.



Kísérletek

1. Állj két karnyújtásnyira egy falitükör elé! A tükör felé kinyújtott kezedben tarts egy függőleges helyzetű ceruzát. Milyen messze van tőled a ceruza képe? Mekkorának látod a ceruzához képest annak tükörképét? Készíts róla vázlatrajzot, és magyarázd meg segítségével a látottakat! Mekkorának látnád a ceruza tükörképét, ha három karnyújtásnyira állnál a faltól? Hova kell állnod, hogy a tükörképet feleakkorának lásd, mint a ceruzát? Igaz-e, hogy a ceruza és a tükörképe mindig ugyanakkora? (Segítségül: Igaz-e, hogy a magasban szálló repülőgép kisebb lett a felszállás után?)

2. Készíts *periszkópot* egy hosszabb papírdoboz és két zsebtükör felhasználásával! Vágj nyílást a doboz egyik oldalán, a véglap közelében, és egy másikat a szemközti lapján, a másik véglap közelében! Ragaszd be a két tükröt a nyílásokkal szemben, 45°-os szögben! A periszkóp segítségével olyan, takarásban levő helyekről (pl. fal mögül) is kiláthatsz, ahonnan egyébként nem látnál a takarás miatt.

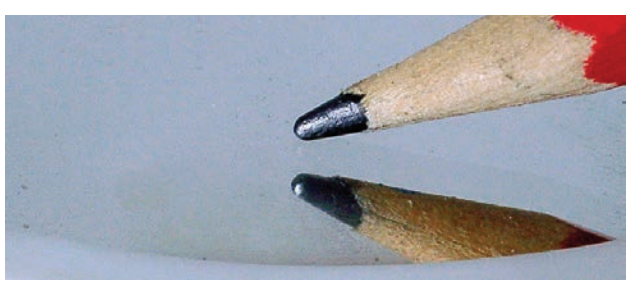


3. Ragasztószalaggal (cellux, szigetelőszalag stb.) rögzíts három zsebtükröt egymáshoz úgy, hogy mindegyik merőleges legyen a másik kettőre! Milyen képet hoz létre rólad az így elkészített *sarokreflektor*? Csukd be az egyik szemed! Hol látod a nyitott szemedet? Fordítsd el kissé a sarokreflektort! Hol látod most a nyitott szemedet?

Kérdések és feladatok

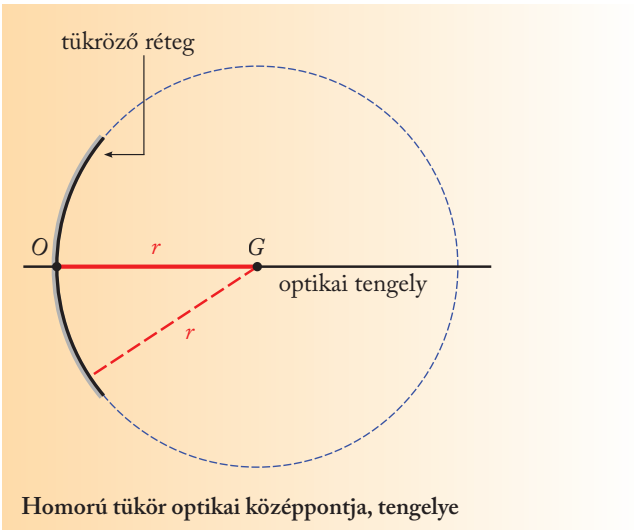
1. Üvegtükörhöz érintettük a ceruza hegyét. Miért van néhány milliméternyi távolság a ceruzahegy és annak képe között?

2. A fehér papírlap a beeső fény nagyobb hányadát veri vissza, mint az üveg. Miért mégis az üvegen látunk tükörképet, a papírlapon pedig soha?



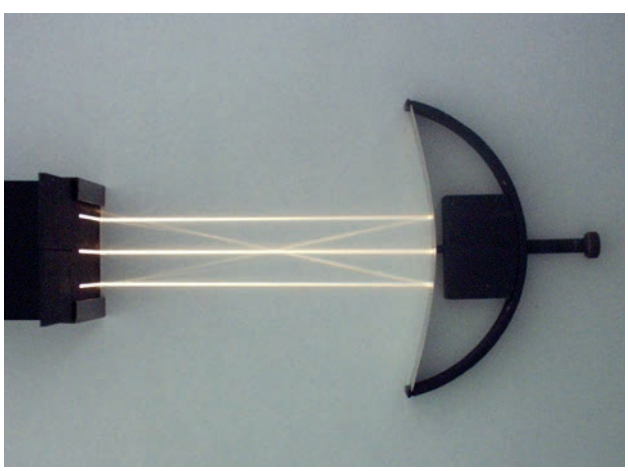
15. A HOMORÚ ÉS A DOMBORÚ TÜKÖR

Homorú tükör



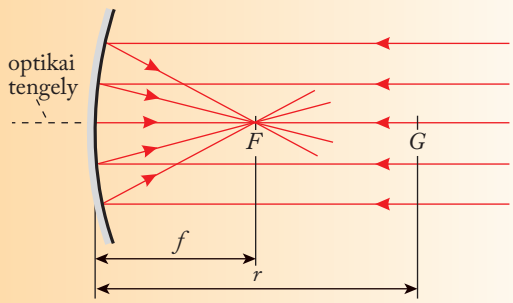
Homorú tükör optikai középpontja, tengelye

A homorú gömbtükröt úgy képzeljük el, hogy a gömbfelületből kivágunk egy gömbsüveget, s annak belső felületét tükrözővé tesszük. A gömbsüveg középső pontját (O) a tükör *optikai középpontjának*, az eredeti gömbfelület középpontját (G) *görbületi középpontnak* nevezzük. Az O és G által meghatározott egyenes a tükör *optikai tengelye.* Az ($\overline{OG}$) szakasz éppen megegyezik az eredeti gömbfelület r sugarával.



Homorú tükör gyújtópontja

Párhuzamos fénysugarakat vetítünk a *homorú tükörre* az optikai tengellyel párhuzamosan. Azt látjuk, hogy a tükör összetartóan veri vissza a fénysugarakat úgy, hogy azok egy ponton haladnak át. Ha a homorú tükörrel összegyűjtjük a napsugarakat, akkor az ide helyezett papír meggyullad. Ezt a pontot *gyújtópontnak* vagy *fókusznak* nevezzük. A megfigyelések szerint a gyújtópont (F) az optikai középpont és a görbületi középpont közti ($\overline{OG}$) szakasz felezőpontjában van.



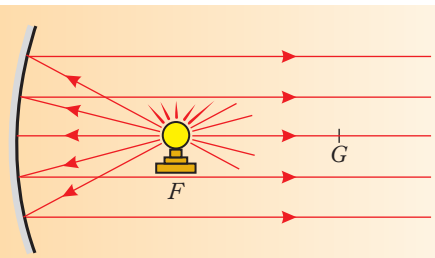
Homorú tükör gyújtótávolsága

A gyújtópont és a tükör közötti távolságot *gyújtótávolságnak* vagy *fókusztávolságnak* nevezzük.

A fókusztávolság jele *f*. A gyújtótávolság fele a görbületi sugárnak, képlettel: $f = \frac{r}{2}$.

Ha a gyújtópontba pontszerű fényforrást helyezünk, akkor a fénysugarak a homorú tükörről visszaverődve párhuzamosan haladnak.

Amennyiben a fényforrást közelítjük kissé a tükörhöz, a fénysugarak széttartókká válnak.



Fényforrás a fókuszban

Kísérlet



Homorú tükör képalkotása: $t < f$

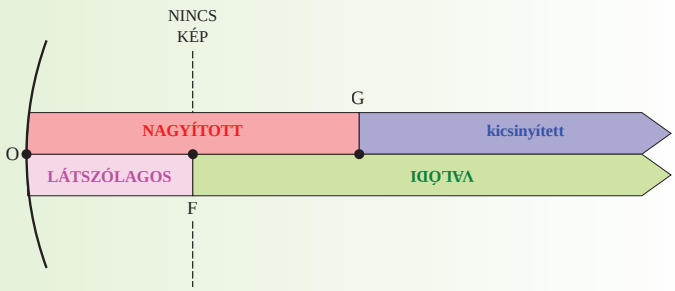


Homorú tükör képalkotása: $f < t < 2f$



Homorú tükör képalkotása: $t > 2f$

Ha a homorú tükör elé helyezünk egy gyertyát, akkor a keletkező kép tulajdonságai eltérőek lesznek attól függően, hogy a gyertyát a fókuszponton belül, a fókuszpont és a görbületi középpont közé vagy a görbületi középponton kívül helyezzük el. A következő táblázat és rajz azt mutatja, hogy miképpen változnak a homorú tükörben keletkező kép tulajdonságai, ha a tárgyat fokozatosan távolítjuk a tükörtől.



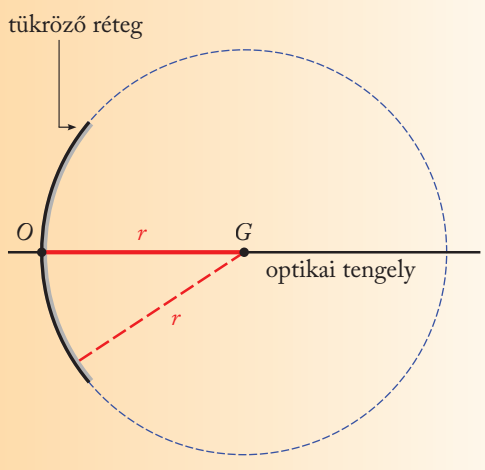
A kép jellemzői homorú tükörnél

A kép	A tárgy				
	O és *F* között	*F*-nél	*F* és *G* közt	*G*-nél	*G*-n kívül
– minősége	látszólagos	NINCS KÉP	valódi		
– állása	azonos		fordított		
– nagysága	nagyított		nagyított	egyenlő	kicsinyített
– helye	tükör mögött		*G*-n kívül	*G*-nél	*F* és *G* közt

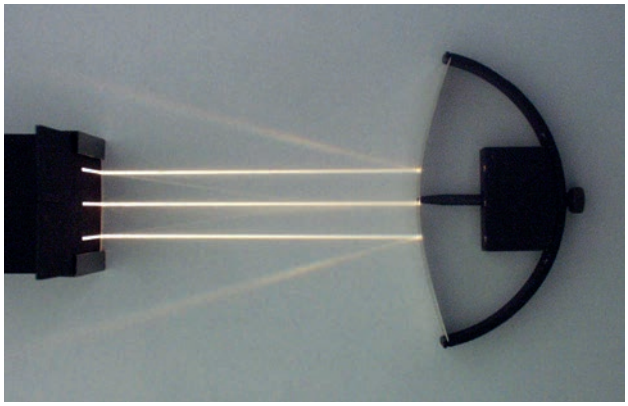
Domború tükör

A domború gömbtükröt úgy képzeljük el, hogy a gömbfelületből kivágunk egy gömbsüveget, s annak külső felületét tükrözővé tesszük. A homorú tükörnél látott módon itt is értelmezhető az optikai középpont, a geometriai középpont és az optikai tengely.

A *domború tükör* az optikai tengellyel párhuzamos fénysugarakat széttartóan veri vissza, mintha azok a tükör mögül egy pontból indulnának ki. Ezt a pontot szokás *látszólagos gyújtópontnak* (*látszólagos fókusznak*) nevezni. Minél domborúbb a tükör, annál széttartóbbakká válnak visszaverődés után a fénysugarak.



Domború tükör optikai középpontja, tengelye



Domború tükör látszólagos gyújtópontja

Kísérlet



Gyertyát helyezünk a domború tükör elé. A gyertya képét a tükör mögött látjuk. Ezt a képet nem lehet ernyőn felfogni. Ez a kép tehát *látszólagos*. A tükörben látott képről azt is „leolvashatjuk”, hogy a gyertyával *megegyező állású* és *kisebb*, mint a gyertya. A tükörben látott kép a tükör mögött látszik.

Hasonlót tapasztalunk akkor is, ha a gyertya helyett más tárgynak a domború tükörrel létrehozott képét vizsgáljuk. Tapasztalatainkat ennek megfelelően a következőkben foglalhatjuk össze:

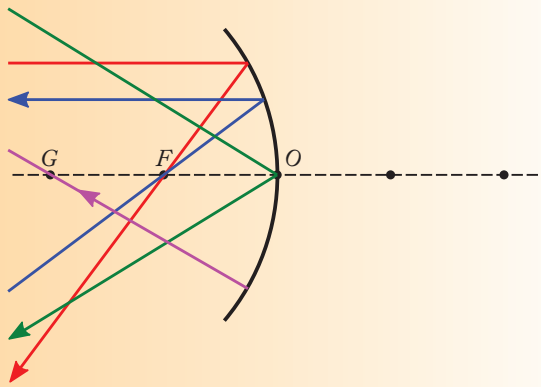
A domború tükörben látott kép mindig
- **látszólagos,**
- **a tárggyal megegyező állású,**
- **kicsinyített, és**
- **a tükör mögött látható.**

Internet

A http://www.fizkapu.hu/animator/lista.html címen néhány, fényképekből összeállított animáció található. Nézd meg közülük az ehhez a fejezethez kapcsolódó *Homorú tükör képalkotása* című animációt!

Nevezetes sugármenetek

A gömbtükrökben keletkező kép meg is szerkeszthető. Ehhez célszerű olyan fénysugarakat kiválasztani, amelyek a beesési szög és a visszaverődési szög megrajzolása nélkül is megszerkeszthetők. Ezeket nevezetes sugármeneteknek nevezzük.

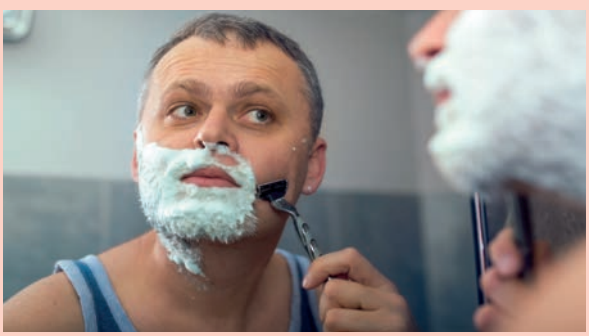


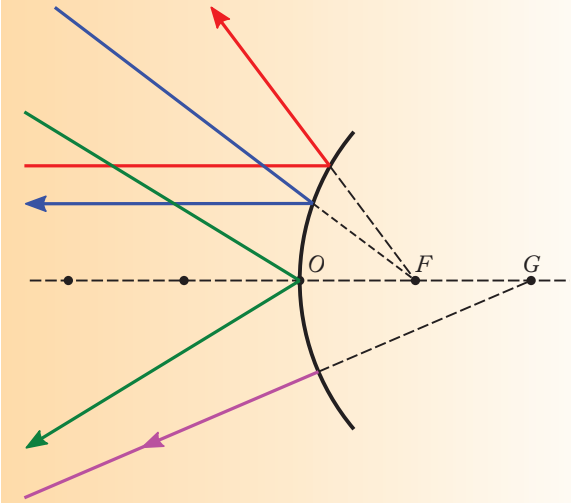
Homorú tükör nevezetes sugármenetei

A homorú tükör sugármenetei:
- **Az optikai tengellyel párhuzamos fénysugár a fókuszon áthaladva verődik vissza.**
- **A fókusz felől érkező fénysugár az optikai tengellyel párhuzamosan verődik vissza.**
- **Az optikai középpontba érkező fénysugár az optikai tengely másik oldalán verődik vissza, de az optikai tengellyel bezárt szöge ugyanakkora marad.**
- **A tükör görbületi középpontja felől érkező fénysugár önmagában verődik vissza.**

Jó tudni!

A tapasztalatok szerint bármely egyszerű optikai eszköznél (síktükör, gömbtükrök, lencsék stb.) *a látszólagos kép a tárggyal mindig megegyező állású, a valódi kép pedig mindig fordított állású.* (A több elemből álló, összetett optikai eszközökre nem létezik ilyen egyszerű szabály.)





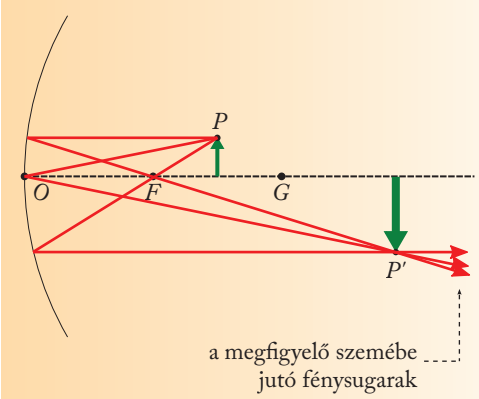
Domború tükör nevezetes sugármenetei

A domború tükör sugármenetei:

- **Az optikai tengellyel párhuzamos fénysugár úgy halad, mintha a látszólagos fókuszból indult volna.**
- **A látszólagos fókusz felé haladó fénysugár az optikai tengellyel párhuzamosan verődik vissza.**
- **Az optikai középpontba érkező fénysugár az optikai tengely másik oldalán verődik vissza, de az optikai tengellyel bezárt szöge ugyanakkora marad.**
- **A tükör görbületi középpontja felé haladó fénysugár önmagában verődik vissza.**

Tükörben keletkezett kép szerkesztése

A nevezetes sugármenetek felhasználásával megszerkesztjük egy tárgy **homorú tükörben** keletkező képét. A tárgyat és a képet most csak egy-egy nyíllal jelezzük.



Képszerkesztés 1. (homorú tükör, valódi kép)

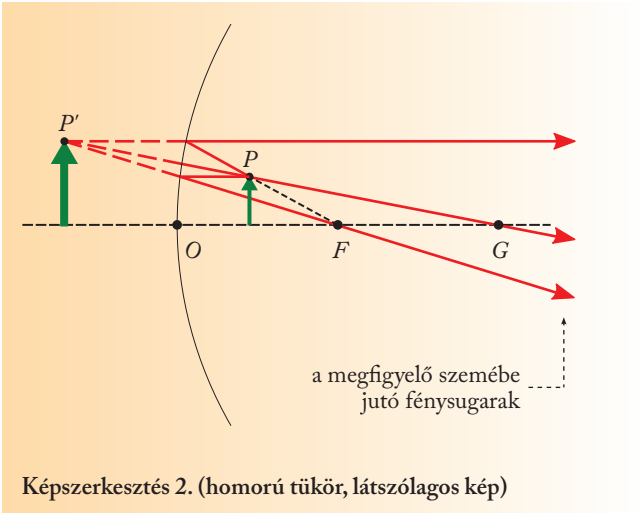
Kísérletek

1. Tartsd magad elé a fényes merítőkanál domború felületét! Figyeld meg, milyennek látod benne magadat! Fordítsd ezután magad felé a kanál homorú felületét! Milyennek látod most a tükörképedet?
2. Egy homorú tükörrel fókuszáld egy távoli izzólámpa fényét egy fehér lapra! Társad mérje meg ezzel a módszerrel a tükör fókusztávolságát! **Ha napfénnyel is elvégzitek a kísérletet, ügyeljetek arra, hogy ne okozzatok tüzet!**
3. Ceruzát tartunk közvetlenül a homorú tükör elé. A tükörben nagyított képet látunk. Távolítjuk a ceruzát a tükörtől. Amikor a kép „eltűnik”, akkor a ceruza a tükör gyújtópontjában van. Mérd meg ezzel a módszerrel a tükör fókusztávolságát!
4. Helyezz egy kerékpárokon használható LED-es hátsólámpát az asztalon fekvő fehér lapra úgy, hogy a lámpa felfelé világítson! Helyezz fölé egy homorú tükröt! Mozgasd úgy a tükröt, hogy a lámpa éles képe a lámpa mellé kerüljön! Mérd meg az asztallap és a tükör távolságát! Határozd meg ebből az adatból a tükör fókusztávolságát!

Az első szerkesztésnél a tárgy a fókusz és a görbületi középpont között van. A tárgy egyik pontjából (a nyílhegytől) kiinduló széttartó fénysugarak a tükrön történő visszaverődés után összetartóak lesznek, egy pontban találkoznak, majd újra szétválnak. Ha ezek a sugarak szemünkbe jutnak, akkor a pont képét a beérkező fénysugarak visszafelé történő meghosszabbításainak metszéspontjában látjuk.

Ez a megállapítás a tárgy többi pontjának képére is érvényes: a tárgy bármely pontjából kiinduló, kezdetben széttartó fénysugarak most újra találkoznak. Ha a kép helyére egy ernyőt helyezünk, akkor a fénysugarak éppen az ernyőn találkoznak. A tárgy minden egyes pontjához az ernyőn tartozik egy képpont, melynek színét és fényességét a tárgypont színe és fényessége határozza meg. Ennek eredményeképpen az ernyőn megjelenik a homorú tükör által létrehozott *valódi kép*. A rajz megerősíti korábbi megfigyeléseinket: a keletkező kép most valódi, fordított állású, nagyított, és a geometriai középpontnál távolabb van a tükörtől.

A második szerkesztésnél a tárgy az optikai középpont és a fókuszpont között van. A tárgy egyik pontjá-

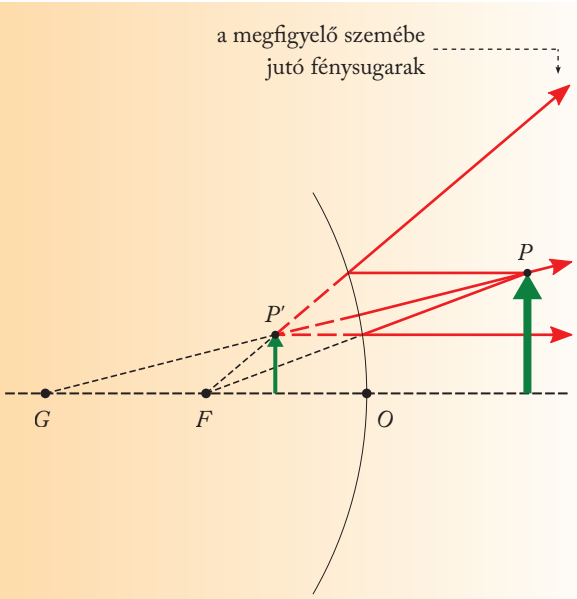


Képszerkesztés 2. (homorú tükör, látszólagos kép)

ból (a nyílhegytől) kiinduló széttartó fénysugarak a tükrön történő visszaverődés után is széttartóak maradnak. Ha ezek a sugarak szemünkbe jutnak, akkor a pont képét a beérkező fénysugarak visszafelé történő meghosszabbításainak metszéspontjában látjuk. Ez a megállapítás a tárgy többi pontjának képére is érvényes.

A rajz ebben az esetben is megerősíti korábbi megfigyeléseinket: a keletkező kép most egyenes állású, nagyított, és a tükör mögött keletkezik. A tükör mögé nem is jut el fény a tárgyról, így ezt a képet nem lehet ernyőn felfogni. A homorú tükör most látszólagos képet hoz létre.

A nevezetes sugármenetek felhasználásával a tárgy **domború tükörben** keletkező képét is megszerkeszthetjük. A tárgy egyik pontjából kiinduló széttartó fénysugarak a tükrön történő visszaverődés után is széttartóak maradnak. Ha ezek a sugarak szemünkbe jutnak, akkor a pont képét a beérkező fénysugarak visszafelé történő meghosszabbításainak metszéspontjában látjuk. A tárgy többi pontjának képe is így jön létre.



Képszerkesztés 3. (domború tükör)

A rajz ismét megerősíti korábbi megfigyeléseinket: a keletkező kép egyenes állású, kicsinyített, és a tükör mögött keletkezik. A tükör mögé nem is jut el fény a tárgyról, így ezt a képet nem lehet ernyőn felfogni. A domború tükör (mindig) látszólagos képet hoz létre.

Kérdések és feladatok

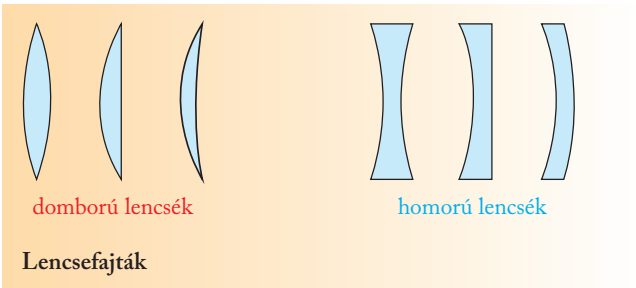
1. A homorú tükör fókusztávolsága 20 cm. Hogyan verődnek vissza a tükörről a zsebizzóból kiinduló fénysugarak, ha a tükör és az izzó közti távolság
   a) 20 cm; b) 18 cm; c) 22 cm?
2. Milyen tükörben láthatunk a tárggyal megegyező nagyságú, látszólagos képet?
3. Milyen tükörrel állíthatunk elő valódi képet?
4. Milyen tükörben láthatunk kicsinyített, látszólagos képet?
5. Egy rózsa nagyított képe a homorú tükörben a rózsával megegyező állású.
   a) Hol van a rózsa a tükörhöz viszonyítva?
   b) Hol látjuk a nagyított képet?
   c) Valódi vagy látszólagos a kép?
6. Milyen képet látunk a karácsonyfán levő színes üveggömbben?



7. A golyóstollat először a domború tükör elé tesszük, majd a homorú tükör elé helyezzük, a gyújtóponton belül. Hasonlítsd össze a kétféle tükörben látható képet!

16. A GYŰJTŐLENCSE ÉS A SZÓRÓLENCSE

Domború lencsék

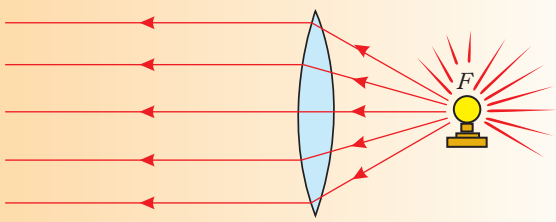


Lencsefajták

A szemüveg, a kézi nagyító fénytani lencse. Lencsét találunk a vetítőgépben, a fényképezőgépben, a mikroszkópban is. A fénytani lencse átlátszó anyagból készül, amelyet leggyakrabban két gömbfelület határol, de egyik felülete lehet sík is.

Vannak olyan lencsék, amelyek középen vastagabbak, mint a szélükön. Ezek a *domború lencsék.* Olyan lencsék is vannak, amelyeknek a közepe vékonyabb, mint a peremük. Ezek a *homorú lencsék.*

Párhuzamos fénysugarakat vetítünk a domború lencsére az optikai tengellyel párhuzamosan. Azt látjuk, hogy a lencsén áthaladva megtörnek a fénysugarak (ha optikailag sűrűbb a lencse anyaga), s azok egy ponton haladnak át. A domború lencsét ezért szokás *gyűjtőlencsének* is nevezni. Ha a gyűjtőlencsével a napsugarakat egy papírlapra fókuszáljuk, akkor a papír meggyullad. Ezt a pontot *gyújtópontnak* vagy *fókusznak* nevezzük. A gyűjtőlencse mindkét oldalán van egy-egy gyújtópont, ezek szimmetrikusan helyezkednek el. A lencse középpontja és a gyújtópont közötti távolságot *gyújtótávolságnak* vagy *fókusztávolságnak* mondjuk.

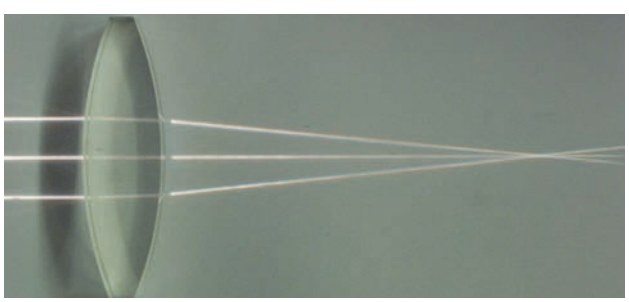


Fényforrás a fókuszban

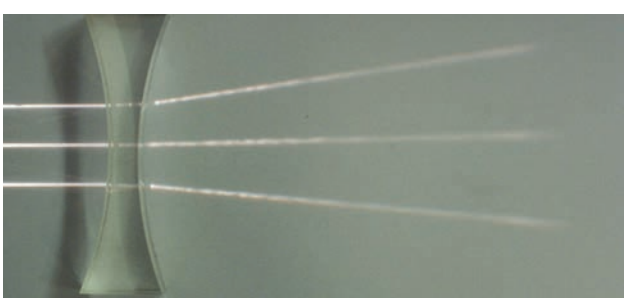
Ha pontszerű fényforrást helyezünk a gyűjtőlencse fókuszába, akkor a fénysugarak a lencsén megtörve, *párhuzamosan* haladnak tovább. Amennyiben a fényforrást közelítjük kissé a lencséhez, a fénysugarak a lencse másik oldalán széttartókká válnak.

Homorú lencse

Párhuzamos fénysugarakat bocsátunk a homorú lencsére. A lencsén áthaladó fénysugarak megtörnek és *széttartókká* válnak (ha optikailag sűrűbb a lencse anyaga). A homorú lencsét ezért *szórólencsének* is szokták nevezni. A lencsén áthaladó fénysugarak úgy haladnak tovább, mintha egy pontból indulnának ki. Ezt a pontot szokás látszólagos gyújtópontnak (látszólagos fókusznak) nevezni. A szórólencse mindkét oldalán van egy-egy látszólagos gyújtópont, ezek szimmetrikusan helyezkednek el.

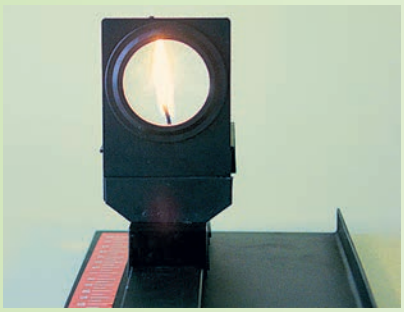


Gyűjtőlencse gyújtópontja



Párhuzamos sugarak széttartókká válnak a szórólencsén

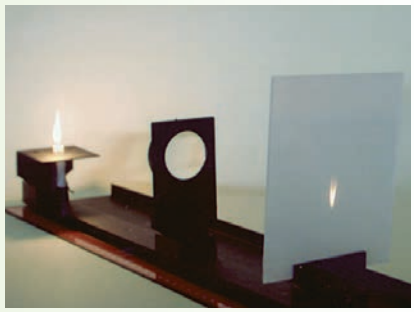
Kísérlet



Gyűjtőlencse képalkotása: $t < f$

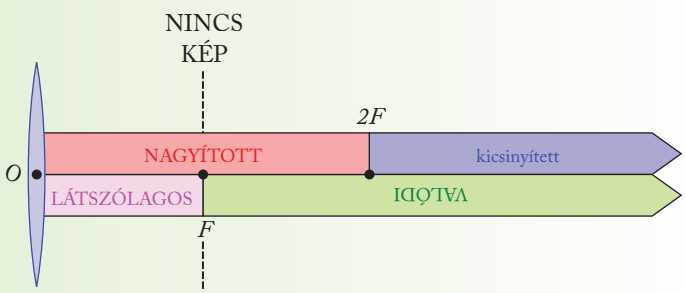


Gyűjtőlencse képalkotása: $f < t < 2f$



Gyűjtőlencse képalkotása: $t > 2f$

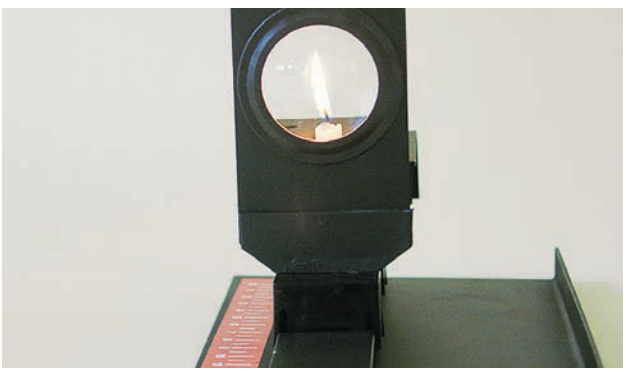
Ha a gyűjtőlencse elé helyezünk egy gyertyát, akkor a keletkező kép tulajdonságai eltérőek lesznek attól függően, hogy a gyertyát a lencse és a fókuszpont közé, a fókuszpont és a fókusztávolság közé vagy a fókusztávolság kétszeresén kívül helyezzük el. A következő táblázat és rajz azt mutatja, hogy miképpen változnak a gyűjtőlencsében keletkező kép tulajdonságai, ha a tárgyat fokozatosan távolítjuk a lencsétől.



A kép jellemzői gyűjtőlencsénél

A kép	A tárgy				
	O és *F* között	*F*-nél	*F* és 2*F* közt	2*F*-nél	2*F*-en kívül
– minősége	látszólagos	NINCS KÉP	valódi		
– állása	azonos		fordított		
– nagysága	nagyított		nagyított	egyenlő	kicsinyített
– helye	tárggyal megegyező oldalon		2*F*-en kívül	2*F*-nél	*F* és 2*F* közt

Gyertyát helyezünk a szórólencse elé. A gyertya képét a tárggyal *megegyező oldalon* látjuk. Ezt a képet nem lehet ernyőn felfogni. Ez a kép tehát *látszólagos.* A látott képről azt is „leolvashatjuk”, hogy a gyertyával *megegyező állású* és *kisebb,* mint a gyertya.



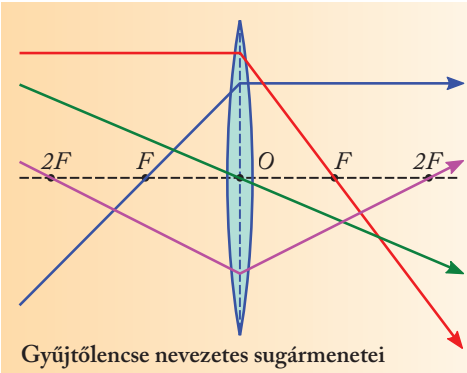
Szórólencsével látható kép

Hasonlót tapasztalunk akkor is, ha a gyertya helyett más tárgynak a szórólencsével létrehozott képét vizsgáljuk. Tapasztalatainkat ennek megfelelően a következőkben foglalhatjuk össze:

A szórólencsén át látott kép mindig
- **látszólagos,**
- **a tárggyal megegyező állású,**
- **kicsinyített, és**
- **a tárggyal megegyező oldalon látható.**

Nevezetes sugármenetek

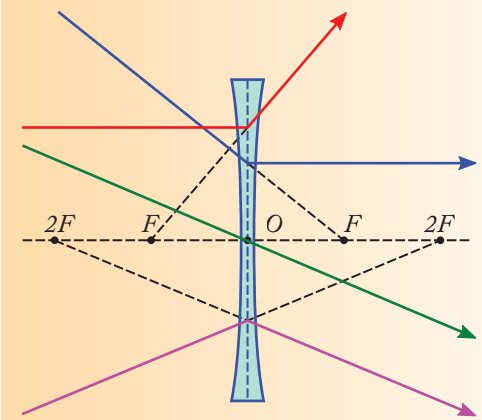
Kísérleti tapasztalataink felhasználásával a lencsék által létrehozott kép meg is szerkeszthető. Ehhez most a lencsék nevezetes sugármeneteit használhatjuk fel. (A színek segítenek a fénysugarak azonosításában.)



Gyűjtőlencse nevezetes sugármenetei

A gyűjtőlencse nevezetes sugármenetei:

- Az optikai tengellyel párhuzamos fénysugár a fókuszon át halad tovább.
- A fókusz felől érkező fénysugár az optikai tengellyel párhuzamosan halad tovább.
- A optikai középpontba érkező fénysugár egyenesen halad tovább.
- A fókusztávolság kétszeresében levő pont felől érkező fénysugár a lencse másik oldalán ugyancsak a fókusztávolság kétszeresében levő ponton halad át.



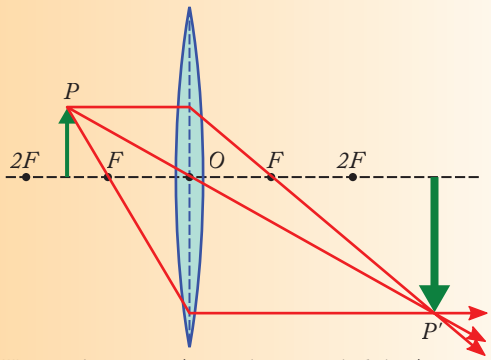
Szórólencse nevezetes sugármenetei

A szórólencse nevezetes sugármenetei:

- Az optikai tengellyel párhuzamos fénysugár úgy halad, mintha a látszólagos fókuszból indult volna.
- A túloldali látszólagos fókusz felé haladó fénysugár az optikai tengellyel párhuzamosan halad tovább.
- A optikai középpontba érkező fénysugár egyenesen halad tovább.
- A lencse túloldalán, a fókusztávolság kétszeresében levő pont felé haladó fénysugár a lencse másik oldalán úgy halad tovább, mintha az innenső oldalon, a fókusztávolság kétszeresében levő pontból indult volna.

Lencsékben keletkezett kép szerkesztése

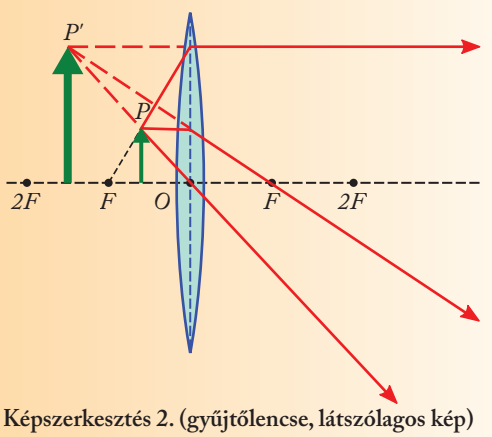
A nevezetes sugármenetek felhasználásával megszerkesztjük egy tárgy gyűjtőlencsében keletkező két képét. A tárgyat és a képet most is csak egy-egy nyíllal jelezzük.



Képszerkesztés 1. (gyűjtőlencse, valódi kép)

Az első szerkesztésnél a tárgy a fókusz és a fókusztávolság kétszeresében levő pont között van. A tárgy egyik pontjából (a nyílhegytől) kiinduló széttartó fénysugarak a gyűjtőlencsén történő áthaladás után összetartóak lesznek, egy pontban találkoznak, majd újra szétválnak. Ha ezek a sugarak szemünkbe jutnak, akkor a pont képét a beérkező fénysugarak visszafelé történő meghosszabbításainak metszéspontjában látjuk. A homorú tükörnél látott gondolatmenettel belátható, hogy a keletkező kép most valódi, fordított állású, nagyított, és a fókusztávolság kétszeresénél is távolabb van a lencsétől.

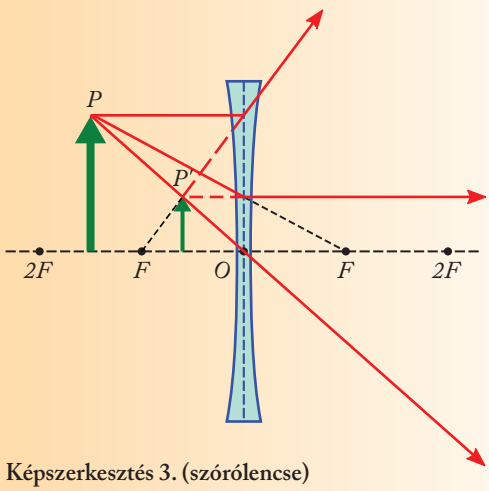
A második szerkesztésnél a tárgy az optikai középpont és a fókuszpont között van. A tárgy egyik pontjából (a nyílhegytől) kiinduló széttartó fénysugarak a gyűjtőlencsén történő áthaladás után is széttartóak maradnak. Ha ezek a sugarak szemünkbe jutnak,



Képszerkesztés 2. (gyűjtőlencse, látszólagos kép)

akkor a pont képét a beérkező fénysugarak visszafelé történő meghosszabbításainak metszéspontjában látjuk. Belátható, hogy a keletkező kép most látszólagos, egyenes állású, nagyított, és a lencsének azon az oldalán keletkezik, ahol a tárgy van.

A nevezetes sugármenetek felhasználásával a tárgy szórólencsében keletkező képét is megszerkeszthetjük. A tárgy egyik pontjából kiinduló széttartó fénysugarak a szórólencsén történő áthaladás után is széttartóak maradnak. Ha ezek a sugarak szemünkbe jutnak, akkor a pont képét a beérkező fénysugarak visszafelé történő meghosszabbításainak metszéspontjában látjuk. A rajz megerősíti korábbi megfigyeléseinket: a keletkező kép látszólagos, egyenes állású, kicsinyített, és a tükör mögött keletkezik.



Képszerkesztés 3. (szórólencse)

Kísérletek

A kísérleteknél ügyelj arra, hogy a fókuszált napfény ne okozzon tüzet!

1. Helyezd a gyűjtőlencsét a napsugarak útjába!
   a) Állapítsd meg napsugarak és egy papírlap segítségével a lencse gyújtótávolságát!
   b) Közelítsd, majd távolítsd a papírlapot a lencséhez! Hogyan változik a papírlapra vetődő fényfolt nagysága?
2. Helyezz a szórólencsén áthaladó napsugarak útjába egy papírlapot! Csökkentsd, majd növeld a lencse és a papírlap közötti távolságot! Figyeld meg, miként változik a papírlapra vetődő fényfolt nagysága!
3. Cseppents vizet a hosszú műanyag vonalzón levő lyukba! Ügyelj arra, hogy a vízcsepp alul domború maradjon! A vízcsepp gyűjtőlencsét alkot.
   a) Nézz rajta keresztül nyomtatott szöveget! Milyennek látod?
   b) Kocogtasd meg a vonalzót annyira, hogy a lyukban csak kevés víz maradjon! A vízcsepp most szórólencsévé válik. Nézz rajta keresztül nyomtatott szöveget! Milyennek látod?
4. Helyezd a gyűjtőlencsét a bekapcsolt izzólámpa közelébe úgy, hogy a lámpa a lencse fókusztávolságán kívül legyen! Keresd meg egy papírlap segítségével a lencse másik oldalán az izzószálról keletkező valódi képet! Távolítsd a lencsét az izzótól, és keresd meg újra a képet! Figyeld meg, miként változik a kép!

Kérdések és feladatok

1. A gyűjtőlencse gyújtótávolsága 12 cm. A lencsét a napsugarak útjába tesszük. A lencse másik oldalán, a lencsétől 15 cm-re elhelyezett papírlapon fényfoltot látunk. Mit tapasztalunk akkor, ha a papírlapot lassan mozgatva, 8 cm-nyi távolságra közelítjük a lencséhez?
2. A gyűjtőlencse fókusztávolsága 10 cm. Hogyan haladnak a lencse mögött a zsebizzóból kiinduló fénysugarak, ha a lencse és az izzó közti távolság
   a) 10 cm; b) 8 cm; c) 12 cm?
3. Pontszerű fényforrást helyeztünk el a lencse egyik oldalára. A lencse másik oldalán papírlapot helyezünk a fénysugarak útjába. Az optikai tengely mentén mozgatjuk a papírlapot. Azt tapasztaljuk, hogy mindenütt ugyanakkora a fényfolt.
   a) Milyen lencsével végeztük a kísérletet?
   b) Hol volt a fényforrás a lencséhez viszonyítva?
4. A csírázó búzát gyűjtőlencsén át vizsgáljuk. Nagyított, a tárggyal megegyező állású képet látunk.
   a) Hol van a búza a lencséhez viszonyítva?
   b) Hol látjuk a nagyított képet?
   c) Milyen a kép minősége?
5. A radírt először a gyűjtőlencse fókusztávolságán belül helyezzük el, majd a szórólencse mögé tesszük. Hasonlítsd össze a kétféle lencsén át látott képet!
6. Hasonlítsd össze a szórólencsén át látott képet a domború tükörben látott képpel!

17. OPTIKAI ESZKÖZÖK GYAKORLATI ALKALMAZÁSAI

Homorú tükör gyakorlati alkalmazásai

A *homorú tükör* a párhuzamos fénysugarakat a fókuszban gyűjti össze. A szemorvos és a gégész homorú tükröt használ a vizsgálatokhoz. A tükör a ráeső párhuzamos fénysugarakat a vizsgált felületre fókuszálja, ezáltal jó megvilágítást ad.

Ha a homorú tükör elé, a gyújtópontnál kicsit közelebb pontszerű fényforrást helyezünk, akkor a fénysugarak a tükrön történő visszaverődés után enyhén széttartó nyalábot alkotnak. A homorú tükörnek ezt a tulajdonságát hasznosítjuk az autó fényszórójában, a zseblámpában, a kerékpár első lámpájában.

A különféle vetítőgépekben is alkalmaznak homorú tükröt. Az izzólámpa a tükör görbületi középpontjában van. Az izzóból hátrafelé induló sugarakat a tükör az izzó felé veri vissza, így ezek a sugarak is növelik a film megvilágítását.

Képalkotásnál a homorú tükör előnye más tükrökkel szemben, hogy vele nagyított kép is létrehozható, így jobban megfigyelhetők a részletek is. Ezért alkalmaz vizsgálataihoz homorú tükröt a fogorvos, és ezért használnak homorú tükröt kozmetikai tükörként.



Borotválkozótükör képalkotása

- Valódi vagy látszólagos kép keletkezik a fotón látható helyzetben a lány szeméről?

Domború tükör gyakorlati alkalmazásai



Visszapillantó tükör képalkotása

- Hogyan látszódnak a feliratok (pl. rendszámok) a visszapillantó tükörben?

Domború tükröt alkalmaznak az autókon és más járműveken is visszapillantó tükörként. Domború tükör látható sok városi útkereszteződésben is, amelyben a járművek vezetői megfigyelhetik a keresztező utca forgalmát. Erre a célra azért alkalmaznak domború tükröt, mert kicsinyített képet hoz létre, így nagy terület látható benne. A domború tükörben viszont nehezebb a tárgyak nagyságát, távolságát megítélni.



Közlekedést segítő tükör



Órás egyszerű nagyítóval

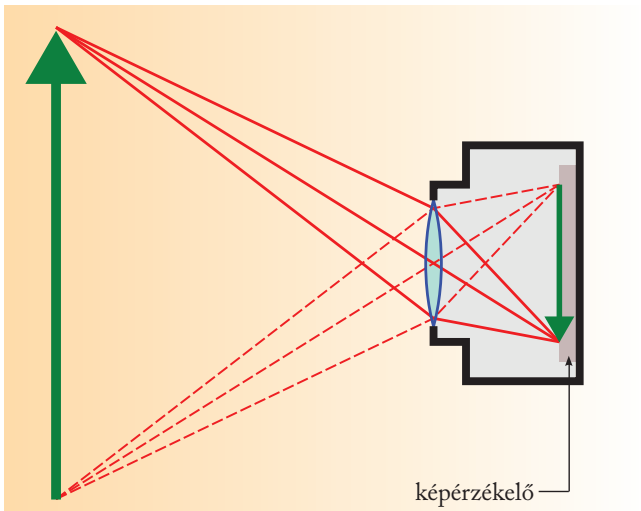
A *gyűjtőlencsét* az órások, az ékszerészek és a bélyeggyűjtők egyszerű nagyítóként használják. A lencsét olyan közel tartják a vizsgált tárgyhoz, hogy a tárgy a lencse fókuszán belül legyen. Ilyen módon a gyűjtőlencsének azt a tulajdonságát hasznosítják, hogy a lencsén keresztül a tárgy nagyított, a tárggyal megegyező állású képét lehet látni.

Amikor az írásvetítővel vagy projektorral képet vagy szöveget vetítünk az ernyőre (vetítővászonra, falra), akkor a gyűjtőlencsének azt a tulajdonságát használjuk fel, hogy nagyított, valódi képet is elő lehet vele állítani. Ugyancsak nagyított, valódi képet állít elő a diavetítő is. A diaképet erős fénnyel világítjuk meg. Mivel a keletkező kép fordított állású, a diaképet fordítva („fejjel lefelé") helyezzük a vetítőgépbe. Így a vetített kép a valósággal megegyező állású lesz.



Vetítés projektorral

A fényképezőgépben (videokamerában, mobiltelefon kamerájában) domború lencse található. Fényképezéskor a gyűjtőlencsének azt a tulajdonságát használjuk fel, hogy vele kicsinyített, valódi képet is elő lehet állítani. A fényképezőgépben fordított állású kép keletkezik. A kép keletkezési helyénél a digitális fényképezőgépben, videokamerában a képérzékelő (CCD érzékelő), a hagyományos fényképezőgépekben a film helyezkedik el.



Digitális fényképezőgép elve

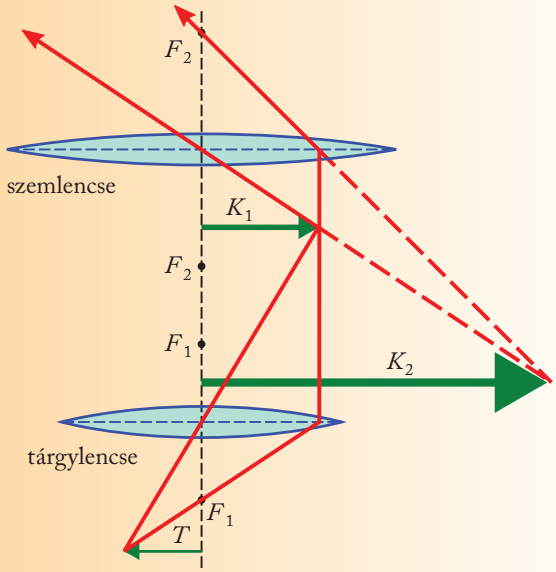
A *mikroszkóp* a szabad szemmel nem látható apró tárgyak vizsgálatára használható *összetett optikai eszköz*. A mikroszkópban két gyűjtőlencse van. A tárgy közelében levő *tárgylencse* a tárgyról (T) nagyított, fordított állású, valódi képet ad (K_1). Ezt a képet nézzük a szemünk közelében levő *szemlencsével* mint egyszerű nagyítóval, és látszólagos nagyított képet látunk (K_2). A mikroszkópban a tárgyat két üveglemez közé tesszük és a kis asztalkára rögzítjük. A tárgy jó

Érdekesség

Vetítőgép és fényképezőgép. Az első vetítőgépet Dániában mutatták be 1665-ben. Árnyképet lehetett vele vetíteni. Az első fényképet a francia Josepf Nicéphore *Nièpce* (niepsz, 1765–1833) francia katonatiszt készítette 1816-ban. Eljárását Louis Jacques Mandé *Daguerre* (dager, 1787–1851) francia festő tökéletesítette. Az 1840-es években *Petőfi Sándorról* is készült fényképfelvétel.



Nièpce és Daguerre



Mikroszkóp képalkotása

megvilágítását egy forgatható homorú tükörrel biztosítjuk. A mikroszkóppal 2000-szeres nagyítás is elérhető.

A *távcső* különböző típusai a tőlünk távol levő tárgyak (csillagok, hegyek, állatok stb.) megfigyelésére szolgálnak.

A *Kepler-féle csillagászati távcső* két domború lencséből áll. A tárgylencse fókusztávolsága lényegesen nagyobb, mint a szemlencse fókusztávolsága. A tárgylencse a távoli tárgyról (pl. egy holdkráterről) kicsinyített, valódi képet ad (K_1). Ezt a képet azonban a szemlencsével mint egyszerű nagyítóval nézhetjük (K_2). A rajzról megállapítható, hogy a távcső látszólagos, nagyított, de fordított képet ad. A csillagászati megfigyelésekben azonban ez nem zavaró. Ezt a távcsövet csillagászati távcsőnek is szokták nevezni.

Érdekesség

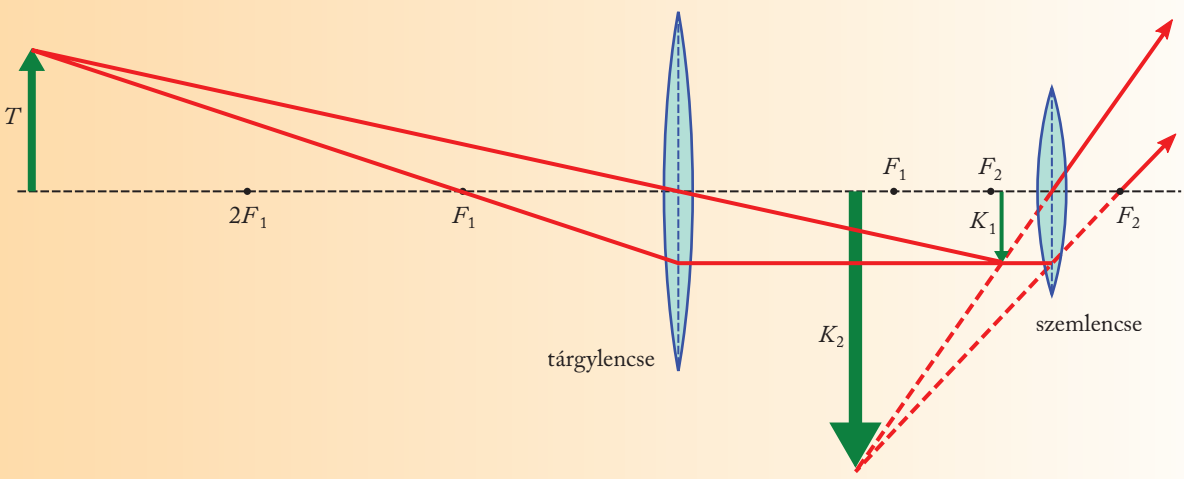
Galilei, Kepler, Newton. Galileo *Galilei* (1564–1642) olasz fizikus 1609-ben építette meg távcsövét. Galilei használta először a távcsövet csillagászati megfigyelésekhez. Távcsöve segítségével számos csillagászati felfedezést tett. (A Hold hegyei, a Jupiter holdjai stb.) Johannes *Kepler* (1571–1630) német csillagász és fizikus 1611-ben, Isaac *Newton* (1643–1727) angol fizikus 1668-ban dolgozta ki távcsövét. A kezdetleges lencsék színhibái miatt Newton homorú tükörre cserélte a Kepler-távcső tárgylencséjét.

A *prizmás távcsőben* a Kepler-féle távcső lencséi közé két derékszögű (képfordító) prizmát helyeznek el. Az egyik prizma a jobb és a bal oldalt, a másik a kép alsó és felső részét cseréli fel. Emiatt ezek a távcsövek földi használatra is alkalmasak, mert a távcsőben a valóságnak megfelelő állású képet látunk. Azokban a távcsövekben vannak prizmák, amelyek „megtört” alakúak.



Prizmás távcső

- Nézz utána, mit jelent az ezen a távcsövön látható 12 × 40 felirat!



A Kepler-féle távcső képalkotása

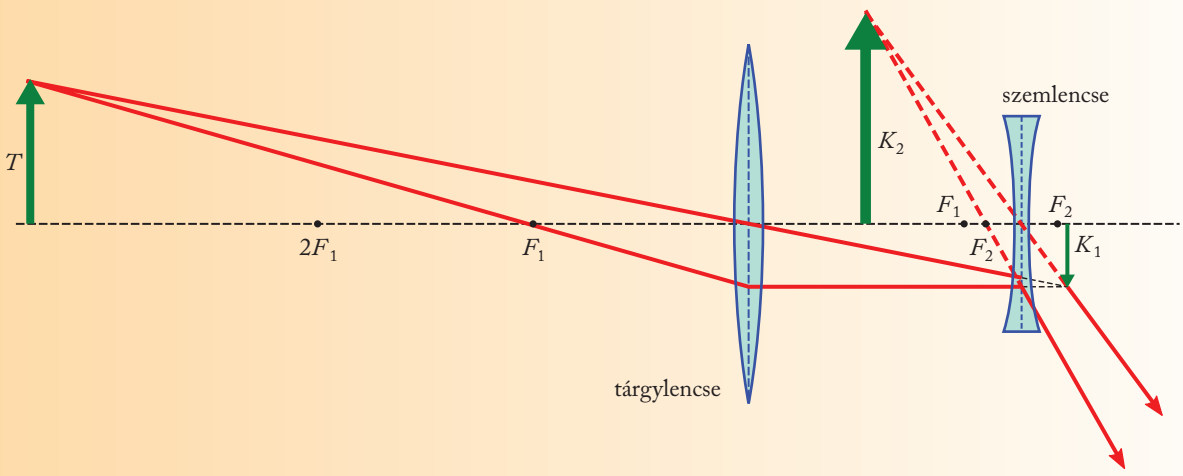
Érdekesség

Zoom. A mai fényképezőgépek objektívje általában több lencséből áll. Az ilyen objektívek fókusztávolsága függ a lencsék távolságától is. A zoomoptikák lencséi egymáshoz képest elmozdíthatók, így megváltozik a lencserendszer fókusztávolsága. A nagyobb fókusztávolságú objektívvel készített fotón a tárgyak közelebbinek tűnnek. Kisebb fókusztávolságnál viszont nagyobb terület látszik a képen. A digitális zoomnál csak számítástechnikai eszközökkel oldják meg a közelítést, ez azonban rontja a digitális kép minőségét.



Fényképezőgép

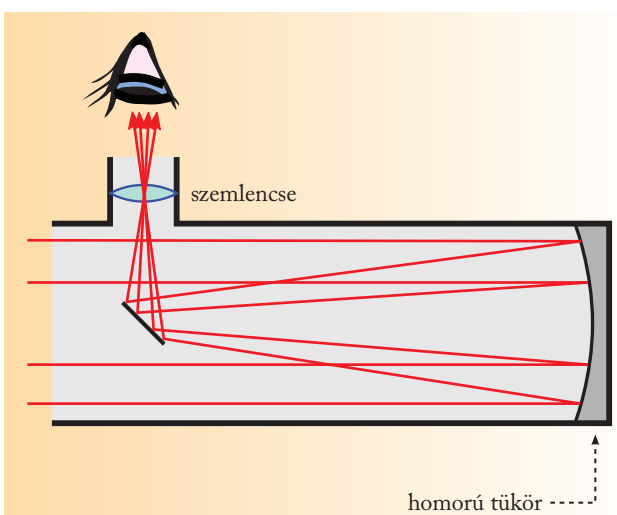
- A képen látható fényképezőgép objektívjén a 18–55 mm felirat a fókusztávolságot jelzi. Hányszoros az optikai zoom?



A Galilei-féle távcső képalkotása

A *Galilei-féle távcső* tárgylencséje gyűjtőlencse, szemlencséje szórólencse. A tárgylencse fókusztávolsága itt is nagyobb, mint a szórólencséé. A távoli tárgy egy pontjából kiinduló széttartó nyaláb a tárgylencse után egy összetartó nyalábbá válik. Mielőtt azonban ez a nyaláb egy pontban egyesülhetne, a nyaláb útjában elhelyezkedő szemlencse széttartóvá teszi a fénysugarakat. Ezek a sugarak jutnak a szemünkbe. A tárgy képét a fénysugarak visszafelé történő meghosszabbításainak metszéspontjában látjuk. A kép a tárggyal megegyező állású, látszólagos és nagyított. Ezt a távcsövet hollandi vagy színházi távcsőnek is nevezik.

A *Newton-féle távcső* optikai szempontból a Kepler-féle távcső továbbfejlesztése. A tárgylencsét egy homorú tükör helyettesíti benne. A távoli égitestekről érkező fénysugarakat most nem gyűjtőlencse, hanem homorú tükör gyűjti össze. A visszaverődő fénysugarak útjában egy kisméretű tükör van, amely 90°-kal megváltoztatja a fénysugarak irányát. A képet a távcső oldalánál elhelyezett szemlencsén keresztül látjuk. Ilyen rendszerű távcsövet alkalmaznak napjainkban a csillagvizsgálók többségében. Ezt a távcsövet tükrös távcsőnek is nevezik.



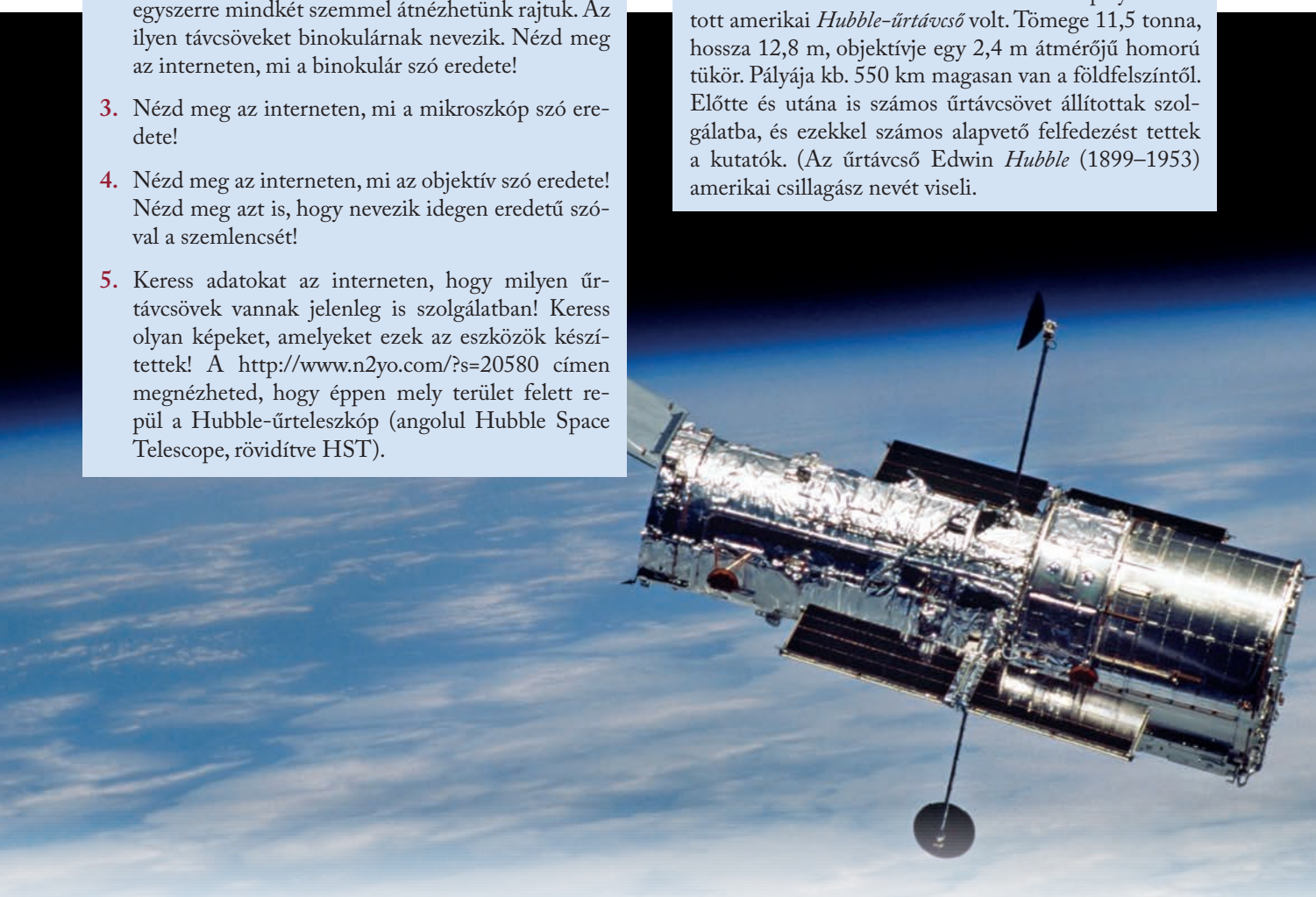
A Newton-féle távcső szerkezete

Internet

1. A távcsövet teleszkópnak is nevezik. Nézd meg az interneten, mi a teleszkóp szó eredete! Milyen magyar elnevezése van még a távcsőnek? Járj utána, mi köze van a távcsőnek a teleszkópantennához, a teleszkópos felfüggesztéshez és a teleszkópos horgászbothoz!
2. A prizmás távcsövek többsége valójában két egyforma távcsőből áll, amelyeket egy állítható tartószerkezet egymással párhuzamos helyzetben tart. Így egyszerre mindkét szemmel átnézhetünk rajtuk. Az ilyen távcsöveket binokulárnak nevezik. Nézd meg az interneten, mi a binokulár szó eredete!
3. Nézd meg az interneten, mi a mikroszkóp szó eredete!
4. Nézd meg az interneten, mi az objektív szó eredete! Nézd meg azt is, hogy nevezik idegen eredetű szóval a szemlencsét!
5. Keress adatokat az interneten, hogy milyen űrtávcsövek vannak jelenleg is szolgálatban! Keress olyan képeket, amelyeket ezek az eszközök készítettek! A http://www.n2yo.com/?s=20580 címen megnézheted, hogy éppen mely terület felett repül a Hubble-űrteleszkóp (angolul Hubble Space Telescope, rövidítve HST).

Érdekesség

Távcsövek a világűrben. A légkör folyamatosan változó fénytörése és a fényszennyezés zavarja a csillagászati megfigyeléseket. Ezért a csillagászati távcsövek többségét magas hegyekre telepítik. A fénynek így kisebb utat kell megtenni az alsóbb, sűrűbb és szennyezettebb légrétegekben, továbbá ezeken a helyeken általában a fényszennyezés is kisebb. A világűrbe telepített űrtávcsövek esetén ilyen problémák nem jelentkeznek, mert nincs levegőréteg, és nincs fényszennyezés sem. A leghíresebb űrtávcső az 1990-ben Föld körüli pályára állított amerikai *Hubble-űrtávcső* volt. Tömege 11,5 tonna, hossza 12,8 m, objektívje egy 2,4 m átmérőjű homorú tükör. Pályája kb. 550 km magasan van a földfelszíntől. Előtte és utána is számos űrtávcsövet állítottak szolgálatba, és ezekkel számos alapvető felfedezést tettek a kutatók. (Az űrtávcső Edwin *Hubble* (1899–1953) amerikai csillagász nevét viseli.



Kérdések és feladatok

1. A tűzoltóautók elején többnyire a ƆÀƧÒTIOΣÙT felirat szerepel. Miért? Olvasd el tükör segítségével a feliratot!
2. Egy diavetítő lencséjének a fókusztávolsága 85 mm.
   a) Melyik két szélső érték között lehet a diafilm a vetítés közben?
   b) Milyen a vetített kép állása a diaképhez viszonyítva?



3. A fényképezőgép lencséjének (objektívjének) 24 mm a fókusztávolsága. A géppel fényképet készítünk a távoli hegyekről.
   a) Határozd meg a két szélső értéket, amelynél nagyobb, illetve kisebb lehet a lencse és a film közötti távolság!
   b) Milyen a filmen keletkező kép állása a valósághoz képest?

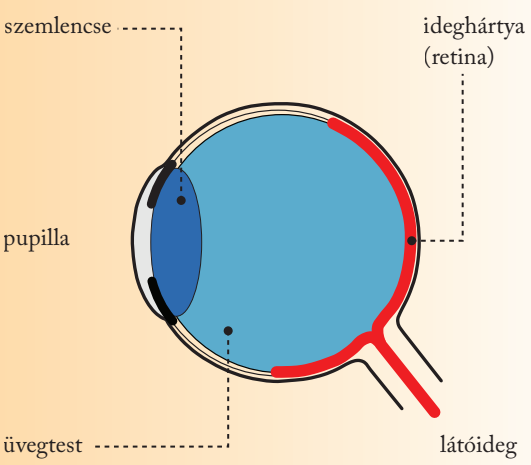
18. A SZEM ÉS A LÁTÁS

A legtöbb élőlény érzékeli a fényt. A fejlettebb élőlényekben fényérzékelő szervek is kialakultak, ezeket szemnek nevezzük. Szemünk és látásunk fontos szerepet tölt be életünkben, a hozzánk érkező információk nagy részét látásunkkal szerezzük.

Az emberi szem

Az *emberi szem* szerkezete az ábrán látható. A fény a közepén levő nyíláson, a *pupillán* keresztül jut a szemünkbe. A túl erős fény károsítaná a szemidegeket, ha viszont kevés fény jut a szemünkbe, akkor nem látjuk jól a tárgyakat. Szemünk a pupillanyílás szűkítésével, tágításával igazodik a külső fényviszonyokhoz. Ha sok a fény, akkor a pupillanyílás kisebb, ha kevés a fény, akkor a pupillanyílás nagyobbá válik.

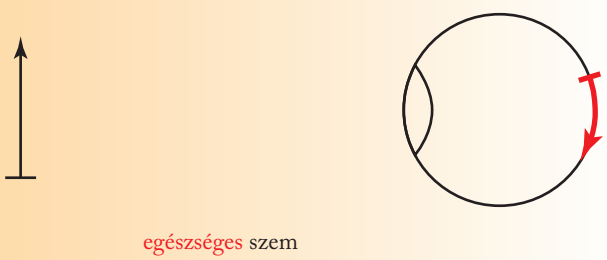
A pupilla mögött található *szemlencse* gyűjtőlencse. A szemlencse és a mögötte található *üvegtest* a szemgolyó hátsó falán levő *ideghártyán* kicsinyített, fordított állású, valódi képet hoz létre. Érdekes, hogy az ideghártyán fordított kép keletkezik, mégis a valóságnak megfelelő helyzetben észleljük a tárgyakat. (Ez az agyban zajló képfeldolgozási folyamatnak köszönhető.)



Az emberi szem és részei



Emberi szem



Kép keletkezése egészséges szemben

Kísérletek

1. Tarts magad elé zsebtükröt, és figyeld meg, mekkora a pupillád! Fordulj először az ablak, majd a szoba sötét része felé! Figyeld meg, miként változik a pupillád nagysága!
2. Nézz egy távoli tárgyra az ablakon át! A tárgyat élesen, de az előtérben levő ablakkeretet homályosan látod. Nézz ezután ugyanerről a helyről az ablakkeretre! Most az ablakkeretet látod élesen, a távoli tárgyat pedig homályosan. Mi a magyarázata ennek a tapasztalatnak?

A szemlencse domborúságát és ezzel a fókusztávolságot szemizmainkkal finoman változtatni tudjuk úgy, hogy a nézni kívánt tárgyról mindig a retinán keletkezzen kép. A közeli tárgyak nézésekor a szemlencse domborúbb, távoli tárgyak nézésekor laposabb lesz. Az egészséges szem a közeli és a távoli tárgyak nézéséhez egyaránt tud alkalmazkodni. Idősebb korban azonban a szem alkalmazkodóképessége csökken.

Az ideghártyában levő érzékelősejtek a fényt ingerületté alakítják, amely a látóideg közvetítésével az agyba jut. Az emberi szemben található érzékelősejtek egy része képes a színek megkülönböztetésére is. (A színlátás képessége a többi főemlősben is kialakult. Az állatok nagy része azonban nem érzékeli a színeket.)

Hasonló felépítésű a legtöbb gerinces állat szeme is. A gerinctelen állatok szemei azonban jelentősen különbözhetnek az emberi szemtől.

Jó tudni!

1. Ha közeli tárgyakat nézünk, akkor a szemünkben levő izmok növelik a szemlencse görbületét, ezáltal csökken a szemlencse fókusztávolsága. A szem azonban csak bizonyos határon belül képes a szemlencse fókusztávolságát változtatni. Ezért olvasás közben a könyvet a szemünktől kb. 25 cm-re kell tartanunk. Ártalmas és szemfájást okozhat, ha túl közel tartjuk a könyvet a szemünkhöz. Káros lehet szemünkre az is, ha félhomályban vagy vakítóan erős fényben olvasunk, dolgozunk. A szemüveget viselő személyeknek az is árt, ha nem a megfelelő dioptriájú szemüveget használják.
2. A szemorvosok a szemüveglencsének a gyújtótávolsága helyett a lencse *törőképességét* adják meg.

   A törőképesség a gyújtótávolság reciproka: $D = \frac{1}{f}$
   A törőképesség mértékegysége a dioptria.

   $$[D] = \frac{1}{[f]} = \frac{1}{\text{méter}} = \text{dioptria}$$

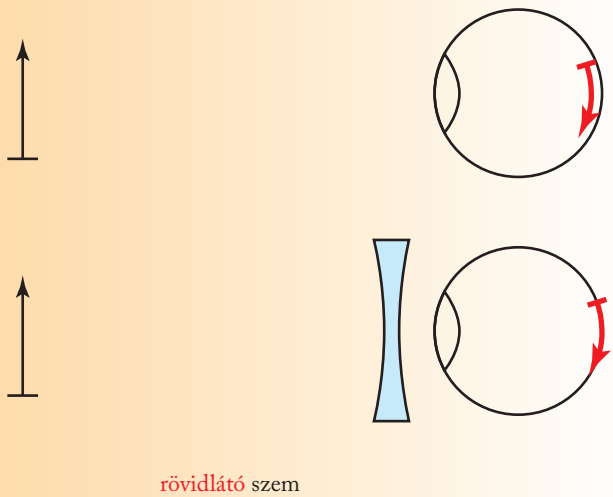
   A dioptria összhangban van az SI-vel, de nem SI-egység. Egységes nemzetközi rövidítése sincs, többnyire dpt-vel jelölik. A következő táblázat néhány gyűjtőlencse törőképességét és fókusztávolságát adja meg.

Törőképesség *(D)*	1 dpt	2 dpt	3 dpt	4 dpt	5 dpt
Fókusztávolság *(f)*	1 m	0,5 m	0,33 m	0,25 m	0,2 m

   A szórólencsék fókusztávolságát és törőképességét a negatív előjellel jelzik. Ha például egy szórólencse látszólagos fókuszpontja 0,5 méterre van a lencsétől, akkor a lencse –2 dioptriás.

Rövidlátás

A *rövidlátó* ember szemlencséje közelebbre gyűjti össze a fényt, mint kellene, így a távoli tárgyak éles képe az ideghártya előtt jön létre; az ideghártyán elmosódott kép keletkezik. A rövidlátó ember látásának a javítására olyan szemüveget rendel a szemorvos, amelyben homorú lencse van.

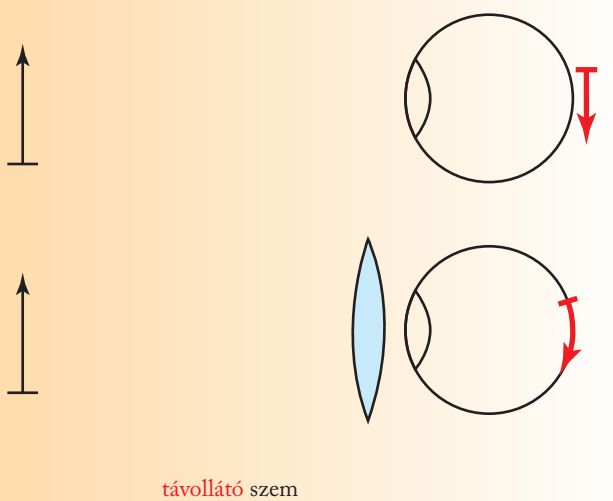


rövidlátó szem

Kép keletkezése rövidlátó szemben

Távollátás

A *távollátó* ember szemében az ideghártya mögött keletkezne az éles kép; az ideghártyán elmosódott kép jön létre. A távollátó ember látásának javításához domború lencsés szemüveg viselése szükséges.



távollátó szem

Kép keletkezése távollátó szemben

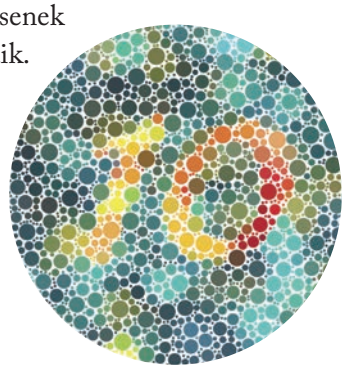


A hagyományos szemüveg helyett sokan *kontaktlencsét* viselnek, amelyet közvetlenül a szemgolyóra kell felhelyezni. (Innen kapta a nevét: kontakt – érintkező.) A kontaktlencse szemmel érintkező része pontosan illeszkedik a szem alakjához.

Színtévesztés

Az emberek mintegy 4 százaléka színtévesztő vagy súlyosabb esetben színvak. A színtévesztők a vörös–zöld–kék alapszínek közül egy vagy két színt gyengébben érzékelnek a többinél. A színvakok egy vagy több alapszínt egyáltalán nem érzékelnek. Mindkét rendellenesség eredményeképpen bizonyos színárnyalatokat nem tudnak megkülönböztetni, de súlyosabb esetben akár a teljes színlátás is hiányozhat.

A színtévesztőknek nincsenek jellegzetes tüneteik, panaszaik. Színtévesztésüket többnyire véletlenül, alkalmassági vagy szűrővizsgálatok során fedezik fel. Bizonyos foglalkozásokat, tevékenységeket a színtévesztők nem végezhetnek (ilyen pl. a villanyszerelés).

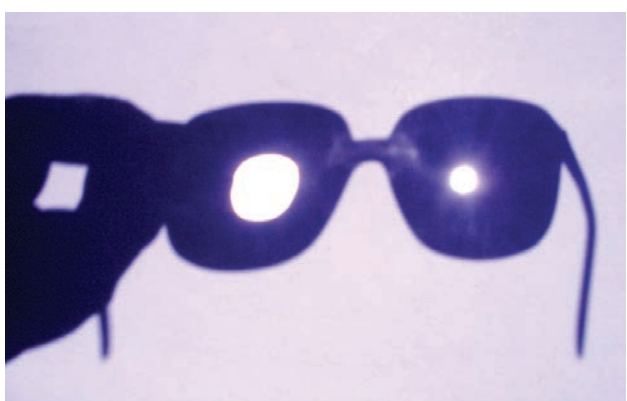


Kérdések és feladatok

1. Hol van a szem gyújtópontjához viszonyítva
   a) az a tárgy, amelyet nézünk;
   b) a szemünkben levő ideghártya?
2. A könyv betűi fölé tartjuk az egyik fiú szemüvegét. Kicsinyített, az eredetivel megegyező állású betűket látunk a szemüvegen át nézve. Miért kell szemüveget hordania ennek a fiúnak?



3. Az egyik kislány szemüvegét a napsugarak útjába tartjuk. A szemüveg a napsugarakat egy pontba gyűjti össze. Miért kell szemüveget hordania ennek a kislánynak?
4. A szemüveget a napsugarak útjába tettük. A mögötte levő papírlapon két fehér fényfolt jelent meg. Mi lehet az oka, hogy a fényfoltok különbözőek?

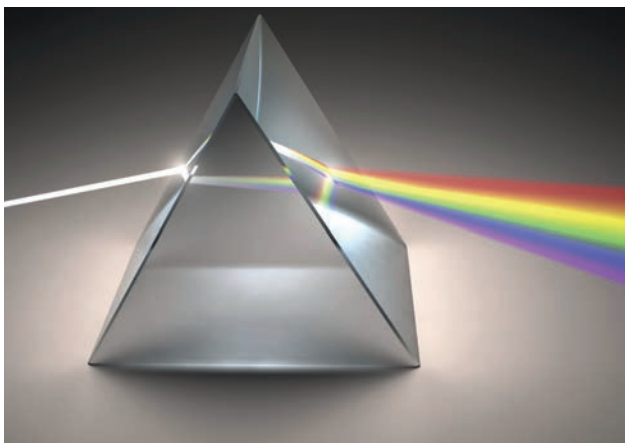


Szemüveg árnyéka papírlapon

19. A FEHÉR FÉNY SZÍNEKRE BONTÁSA. SZÍNKEVERÉS

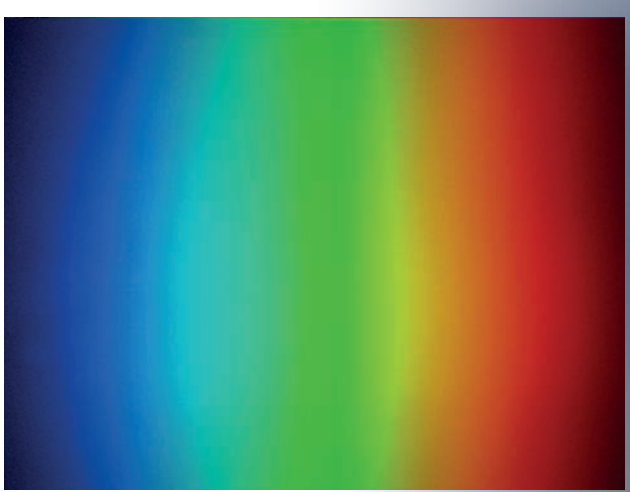
Fehér fény

A prizmát a Nap sugarainak az útjába helyezzük. A megtört fénysugarakat ernyőn fogjuk fel.



Fehér fény felbontása prizmával

A prizma nemcsak megtöri, hanem *színekre* is bontja a napsugarakat. Az ernyőn a színek sorozata jelenik meg. A vörös, narancs, sárga, zöld, kék és ibolyaszín között további színeket is látunk. Közöttük folytonos az átmenet. A prizmán áthaladó fény *folytonos színképre* bomlik.



Folytonos színkép

Ezeket a színeket már nem lehet további, újabb színekre bontani. Ez azt bizonyítja, hogy a fehér fény *összetett fény*. A prizma a fehér fény különböző színű sugarait különböző mértékben töri meg. Legjobban az ibolya, legkevésbé a vörös színű sugarakat téríti el.

Kísérletek szerint nemcsak a fehér fény, hanem bármely fénynyaláb prizmával ugyanígy a színeire bontható. Az így színeire bontott fényt, illetve az útjába tett ernyőn megjelenő színes fényfoltot *színképnek* nevezzük.

Szivárvány

A napsugarak színekre bomlása ad magyarázatot a *szivárvány* keletkezésére is. Szivárványt akkor látunk, ha előttünk esik az eső, mögöttünk pedig süt a Nap. Ilyenkor a napfény az esőcseppekben többször megtörik, visszaverődik, színekre bomlik, s mi ezt látjuk szivárványként.

Szivárvány

Összegző színkeverés

Ha vetítőgéppel vörös és zöld színű fényt vetítünk a fehér fal ugyanazon részére, akkor sárgának látjuk a fényfoltot. Hasonló módon, bármilyen két vagy több szín összeadása, keverése révén újabb színeket kapunk. A különféle színű fénysugarak egyesítése az *összegző színkeverés* (additív színkeverés).



Vörös + zöld színkeverés

A fehér fény prizmával létrehozott színképét egy gyűjtőlencsével újra egyesítve fehér fényt kapunk. A fehér fény folytonos színképének összegzésével fehér fényt kapunk. Ha a színképből valamilyen színt vagy színtartományt az egyesítés előtt kitakarunk, akkor a megmaradt színárnyalatok összegzése színes fényt eredményez.

A sárga és kék megfelelő arányú keverésével fehér fény is létrehozható. Ugyancsak fehér fényt eredményez a vörös és a cián (kékeszöld) összegző keverése is. Az ilyen színeket, amelyek összeadó keveréssel fehéret adnak, *kiegészítő színeknek* nevezzük.

Kivonó színkeverés

A színkeverés másik módja azon alapul, hogy az anyagok a rájuk eső fehér fényből csak bizonyos színtartományokat engednek át, illetve csak bizonyos színtartományokat vernek vissza. Az olyan színkeverést, amelynek során a beeső fényből bizonyos színtartományokat kihagyunk, *kivonó színkeverésnek* (szubtraktív színkeverésnek) nevezzük.

Érdekesség

A színkép felismerése. Isaac *Newton* (1643–1727) angol fizikus ismerte fel 1666-ban, hogy a napfény a szivárvány színeire bontható, s hogy azok lencsével egyesítve ismét fehér fényt adnak.

Érdekesség

A lézerek színképe. Ha vörös vagy zöld lézerfényt bocsátunk prizmára, akkor az nem bomlik fel további színekre. A lézerfény egyszínű fényt bocsát ki, a lézerfény színképe tehát egyetlen színárnyalatot tartalmaz.

Kísérlet

Ha vetítőgéppel vörös, zöld és kék színű fényt vetítünk a fehér fal ugyanazon részére, akkor a keletkező folt fehér lesz. A tapasztalatok szerint három jól megválasztott színű fény összegzésével is létre lehet hozni a fehér fényt. A vörös, zöld és kék fény megfelelő arányú keverésével a szivárvány bármely színárnyalata is előállítható. Ezzel a módszerrel hozzák létre a színes képet a televíziók, monitorok, mobiltelefonok képernyőjén. Ugyancsak e három alapszínből áll a projektorok által kivetített kép is. A LED-paneleken vörös, zöld és kék világítódiódák fényének keverékeként alakulnak ki a színek.

Érdekesség

Színes nyomtatás. A kivonó színkeverést alkalmazzák a nyomdákban a színes nyomtatásnál. A fehér lapra felvitt színes festékrétegek a beeső fehér fényből egyes színtartományokat elnyelnek. A visszavert fényből tehát bizonyos színek hiányoznak. A megmaradó színárnyalatok keverékét látjuk a nyomtatványon. A színes nyomtatáshoz cián, sárga és bíbor festéket használnak, de a teljesen fekete területekre külön fekete réteget is nyomtatnak. (Ez az eljárás a négyszínnyomás.)

A számítógéphez kapcsolható színes nyomtatók is e négy szín egymásra nyomása révén állítják elő az eredeti képhez hasonló, színes képet vagy nyomtatványokat.



Például az előzőekben leírt kísérletnél használt vörös színszűrő gyakorlatilag csak a vörös színt, a zöld szűrő csak a zöld fényt engedi át. Ha a két szűrőt egymásra tesszük, és fehér fénnyel átvilágítjuk, akkor az egymáson levő szűrőkön gyakorlatilag nem jut át fény. A vörös és zöld szín kivonó keverése feketét eredményez.

Testek színe



Muskátli (virág és levél)

A testek a rájuk eső fény egy részét elnyelik, más részét visszaverik. *A testek színe attól függ, hogy róluk milyen összetételű fény jut a szemünkbe.* Például a muskátli piros virága a fehér napfényből csak a piros fénysugarakat veri vissza, ezért azt pirosnak látjuk. A leveléről visszaverődő fényből azonban a kék és a vörös árnyalatok jelentős része hiányzik, ezért levelét zöldnek látjuk. A fehér fal a napfény mindegyik színű sugarából ver vissza valamennyit, ezért fehérnek látjuk. A fekete test minden színt elnyel.

Az átlátszó testek színe is attól függ, hogy milyen fény jut át rajtuk keresztül a szemünkbe. Ha a színes ablaküveg egyik részén például csak a kék színű fényt engedi át, akkor azt kéknek látjuk; azt a részét pedig sárgának látjuk, amelyen keresztül csak a sárga szín juthat a szemünkbe.

Kísérletek

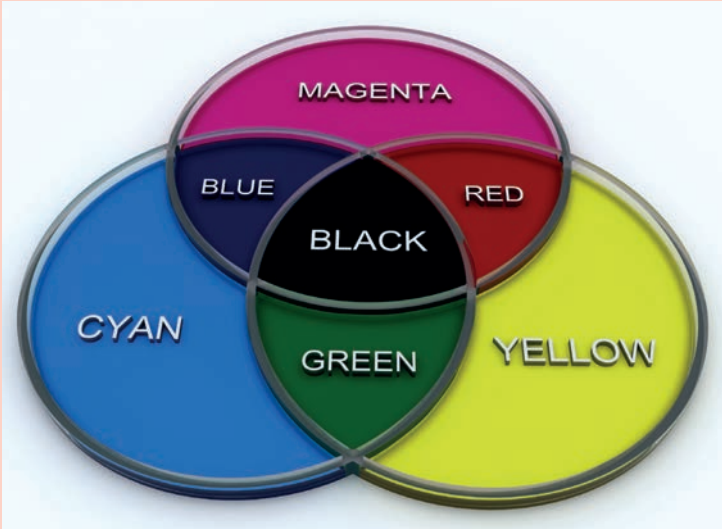
1. Ossz be egy papírkorongot hat körcikkre, és fesd rá a szivárvány színeit! Szúrj át egy kihegyezett gyufaszálat vagy fogpiszkálót a korong közepén! Pörgesd meg a korongot! Milyen színűnek látod a korongot? Miért nem tiszta fehér?
2. Állj úgy az udvaron, hogy mögötted legyen a Nap! Permetezz magad elé vizet a kézi virágpermetezővel! A szivárvány színeit láthatod a finom páraszemcsék irányában.
3. Élelmiszerboltban figyeld meg, hogy milyen színűnek látszik a zöld üvegbe töltött vörösbor! Magyarázd meg a látottakat!
4. Figyeld meg egyszerű nagyítóval a színes televízió képernyőjén vagy számítógépes monitoron, hogy milyen színekből áll össze a színes kép!
5. Az okostelefonokra letölthető olyan alkalmazás, amellyel a teljes képernyő színét tetszőleges színűre lehet állítani. Tölts le egy ilyen alkalmazást, és állítsd a képernyő színét kékre! Egy teljesen sötét helyen világíts meg ezzel a fénnyel egy paradicsomot, egy sárgarépát és egy zöld levelet! Milyenek látod őket? Végezd el a kísérletet zöld és vörös fénnyel is! A kísérletet számítógép monitorával is elvégezheted, ha előzőleg egy rajzolóprogrammal (pl. a Paint programmal) a teljes képernyőt egyszínűre fested.



Színes üvegablak

Jó tudni!

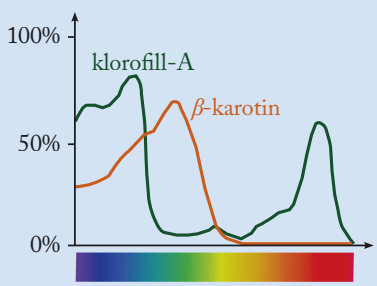
A számítástechnikában, a digitális fényképezésben a színeket leggyakrabban az RGB-rendszerben kódolják. (Az elnevezésben az R, G, B betűk a *vörös*, *zöld* és *kék* szavak angol/német megfelelőinek kezdőbetűi (red/rot, green/grün és blau/blue). A színek mindhárom színösszetevőjét egy bájt információval adják meg, így mindhárom érték 0–255 közti lehet. Néhány szín és hárombájtos színkódja ebben a rendszerben:



	fehér	vörös	zöld	kék	cián	sárga	bíbor	narancs	fekete
R	255	255	0	0	0	255	255	255	0
G	255	0	255	0	255	255	0	128	0
B	255	0	0	255	255	0	255	0	0

Érdekesség

A klorofill és a karotin színelnyelése. A grafikon a növényekben található klorofill és karotin fényelnyelésének színektől való függését ábrázolja. A klorofill a fehér napfényből elsősorban annak kék és vörös összetevőit nyeli el. A visszavert fényben megmaradó színárnyalatok keverékeként a leveleket zöldnek látjuk. Ősszel a klorofill lebomlik, ezért a levelek megsárgulnak. A narancssárga színt ilyenkor többnyire a karotin okozza, amely a sárgarépában és a sütőtökben is megtalálható. Hogyan magyarázható a sárgarépa és a sütőtök színe a grafikon alapján?



Internet

1. Töltsd le a http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0394.jpg címen található fotót, amelyen egy számítógép képernyőjének részlete látható! Nézd meg a felnagyított képen, milyen színű képpontokból állnak össze a kép különféle színű részei!
2. Indítsd el számítógépen a Paint programot! Rajzolj egy téglalapot a képernyőre és színezd ki különféle egyéni színeket beállítva, az RGB színösszetevők megváltoztatásával! (A Windows 8 Paint programjában: Kezdőlap → Színek szerkesztése.) Figyeld meg, milyen változást okoz az egyes színösszetevők megváltoztatása!
3. Töltsd le a vörös és zöld színek összegzését bemutató fényképet a https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Additive_color_mixing.jpg címről. Figyeld meg a kéz árnyékát! Magyarázd meg a látottakat a kivonó színkeverésről tanultak alapján!

Kérdések és feladatok

1. Miért látjuk zöldnek az út mentén a város nevét jelző táblát?
2. Az egyik mezei virág a napsugarakból elnyeli a vörös, a narancs, a sárga, a zöld és az ibolya színűeket. Milyen színűnek látjuk ezt a virágot?
3. Miért látjuk más színűnek ugyanazt a ruhaanyagot fénycsővilágításban, mint napfényben?
4. Miért látszanak egyes testek fehér fényben is feketének?

20. FÉNYFORRÁSOK. FÉNYSZENNYEZÉS

Az elsődleges fényforrásoknak különleges szerepe van. Elsődleges fényforrások nélkül másodlagos fényforrások sem létezhetnek, mivel azok közvetve mindig egy elsődleges fényforrás fényét verik vissza. Ebben a fejezetben áttekintjük az elsődleges fényforrásokat, elsősorban azokat, amelyek napjaink világítástechnikájában meghatározó szerepet játszanak. (Az egyszerűbb szóhasználat miatt ebben a fejezetben fényforráson általában elsődleges fényforrást értünk.)

A Nap, a Hold, a csillagok, a villám, a sarki fény, a szentjánosbogár, a vulkáni láva *természetes fényforrások*. A fáklya, a gyertya, az izzólámpa, a fénycső, a kompakt fénycső, a LED és a lézer *mesterséges fényforrások*.



A Nap természetes fényforrás

Természetes fényforrások

A természetes fényforrások közül kitüntetett szerepet játszik a *Nap*, mivel fénye az egész élővilágot befolyásolja. Napfény kell a növények fotoszintéziséhez, az állatokban és az emberben a D-vitamin képződéséhez. A nappali időszakban a napfény elegendő fényt biztosít a látáshoz, nem kell mesterséges fényforrásokat használni. Az éjszakai órákban a *Hold* veszi át a szerepét (bár a Hold nem elsődleges fényforrás). Ennek ellenére a telihold fényénél még jól lehet látni. Még akkor is meglepően jól látunk, ha sem a Nap, sem a Hold nincs az égen, mert még a *csillagok* is elegendően sok fényt biztosítanak a látáshoz.

A sarkvidékeken megfigyelhető *sarki fény* a Napból érkező nagy sebességű részecskék (főleg elektronok és protonok) hatására keletkezik mintegy 100 km magasságban. A villám valójában elektromos szikrakisülés, de túl rövid ideig és kiszámíthatatlan időpontokban jön létre, így világításra gyakorlatilag nem használható.

Az élőlények egy része különféle biokémiai folyamatok révén képes fény előállítására. Ezek közül a legismertebb a Magyarországon is megtalálható *szentjánosbogár*. Egyes *mélytengeri állatok* szintén képesek hasonló fénykibocsátásra.



Világító medúza

Internet

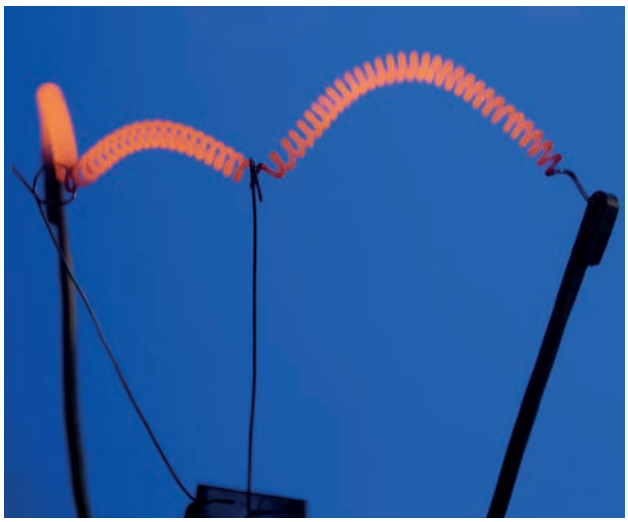
1. A *mélytengeri horgászhal* a hátúszójából kifejlődött világító „horgászbotjával" csalogatja magához zsákmányát. A https://www.youtube.com/watch?v=XUVerZsbYiw címen megnézhetsz róla egy kisfilmet.
2. Olvasd el a https://hu.wikipedia.org/wiki/Sarki_f%C3%A9ny címen található írást a *sarki fényről*! Nézd meg a cikkben szereplő képeket is teljes felbontásra nagyítva!

Tűz

A *tűz* átmenetet képez a természetes és mesterséges fényforrások között. A villámcsapás vagy vulkáni tevékenység miatt kialakuló természetes tüzek az ember megjelenése előtt is léteztek. Az így keletkezett tüzet később az ősember is felhasználta, illetve különféle módszerrel maga is képes lett tűzgyújtásra. A *fáklyák*, majd a *mécsesek* és a *gyertyák* több ezer évig voltak az emberek kizárólagos világítási eszközei. Az égésen alapuló fényforrások közül a *gázlámpa* jelent meg legutolsóként. A XIX. században a nagyvárosokban gázlámpákat használtak közvilágításra.

Mesterséges fényforrások

Az elektromos világítóeszközök első, gyakorlatban is elterjedt képviselője az *ívlámpa* volt. Ezt az eszközt a XIX. század végén, az ipari méretű áramtermelés megindulását követően kezdték tömegesen használni. Belsejében az elektromos ívhegesztésnél is alkalmazott módon, két szénrúd között *elektromos ívkisülés* jön létre. Ez jelentős hőfejlődéssel és fénykibocsátással jár. Ez a lámpa a közterületeken hamar kiszorította a gázlámpákat, de lakások világítására nem volt alkalmas a túl nagy fényerő, a jelentős hőfejlődés és a nehézkes kezelhetőség miatt.



Izzószál

- Nézd meg az izzószálat a nagyított képen! Milyen az izzószál alakja?

Az elektromos világítás elterjedésében nagy lépés volt az *izzólámpa* megjelenése a XIX. század végén. Ebben egy vékony fémhuzal (többnyire volfrámszál) izzik a rajta átfolyó *áram hőhatásának* eredményeképpen. Az izzólámpa egyszerűen használható, a tömegtermelés miatt olcsó, és a különböző célokra számos méretű és teljesítményű változata létezik. Hátránya viszont, hogy a felhasznált villamos energiának csupán 2–5 százalékát alakítja fénnyé, a többi a környezetet melegíti. Ez a fényforrás a XX. század elejétől kezdve több mint száz éven át meghatározó szerepet játszott a világítástechnikában.

Elsősorban az izzólámpák rossz hatásfoka miatt fejlesztették ki a *fénycsöveket*. A csőben található kis nyomású argon–higanygőz gázkeverék van. A cső végein található kivezetésekre (elektródákra) feszültséget kapcsolva a csőben *gázkisülés* jön létre. Ennek fénye viszonylag gyenge. Ezért a cső belső falára olyan bevonatot (fényport) visznek fel, amely a kisülésben keletkező ultraibolya fény hatására látható fényt bocsát ki. A kibocsátott fény színe a fénypor anyagától függ. Megfelelő fényporokkal különféle színű, illetve fehér fényt előállító fénycsövek is készíthetők. A fénycső előnye, hogy hatásfoka eléri a 20-25 százalékot, továbbá élettartama 7-10 ezer óra. Ez többszöröse az izzólámpa kb. 1000 órás működési idejének. Hátránya, hogy mindkét végén elektromos csatlakozást kell kialakítani, továbbá a bekapcsolásához és működtetéséhez további alkatrészek szükségesek (fénycsőgyújtó és fojtótekercs, illetve elektronikus előtét).

További súlyos gond, hogy *higanyt és higanygőzt* tartalmaznak, amely rendkívül *környezetszennyező*. A használhatatlanná vált fénycsöveket ezért tilos a háztartási szemétbe dobni. A vásárlás helyén az elhasznált fénycsövek díjmentesen leadhatók, mert vásárláskor már ki kellett fizetnünk a biztonságos megsemmisítés költségét. A leadott fénycsövekből kivonják és újrahasznosítják az egyébként drága higanyt, továbbá újrahasznosítják az egyéb anyagokat is (üveg, fémek stb.).

Kísérlet

Tölts le az okostelefonodra egy olyan alkalmazást, amellyel a *megvilágítás erősségét* mérheted! (Javasolt keresőkifejezés: Lux Meter.) Mérd meg vele lakásotok különböző helyein a megvilágítás erősségét! A méréshez a telefont tedd az adott helyre, fénymérőjét (kameráját) a fényforrás felé irányítva! A mobiltelefon fényérzékelőjét ne tedd a fényforrás közvetlen közelébe és ne fordítsd közvetlenül a Nap felé! (A lakószobába 50 lux, irodai munkahelyre 300 lux az ajánlott érték.)

A *kompakt fénycsövek* működése megegyezik a fénycsövekével. A kisülési cső azonban itt jóval vékonyabb, hajlított és mindkét vége egy hagyományos csavarmenetes fejrészhez kapcsolódik. Mivel ez a fej a működéshez szükséges elektronikát is tartalmazza, a kompakt fénycső közvetlenül becsavarható a hagyományos izzólámpa helyére. E fényforrások élettartama típustól függően 6-15 ezer óra, hatásfokuk a gyakorlatilag a fénycsőével azonos. Áruk magasabb a hagyományos izzóknál, de a hosszabb élettartam és a kisebb fogyasztás miatt alkalmazásuk gazdaságosabb. (Emiatt gyakran a köznyelvben energiatakarékos izzóknak is nevezik őket, noha nem izzólámpák.) Higanytartalmuk miatt ezeknél is ugyanazokat a környezetvédelmi szabályokat kell betartani, mint a fénycsöveknél.



Kompakt fénycső

A *világítódióda* vagy angol elnevezésének kezdőbetűi alapján *LED* félvezető anyagból előállított fényforrás. Az általa kibocsátott fény színe a félvezető összetételétől függ. Kis fényereje miatt kezdetben csak jelzőlámpaként használták a különféle színű, többnyire vörös, zöld és sárga világítódiódákat. A világítódiódák néhány volt feszültséggel működnek, jó hatásfokúak, és emiatt a hagyományos izzókhoz viszonyítva alig fejlesztenek hőt. Fontos jellemzőjük, hogy csak az egyik irányba vezetik az áramot, ekkor világítanak. Fordított polaritású feszültségre kapcsolva gyakorlatilag nem folyik rajtuk áram.

Amikor sikerült nagy fényerejű kék LED-et is kifejleszteni, lehetővé vált a világítási célra is használható *fehér fényű világítódióda* létrehozása is. Ebben a fénycsövekhez hasonlóan fénypor alakítja a kék LED fényét fehér fénnyé.

Ilyen fehér LED-ekből épül fel a 230 V-os, hagyományos izzók foglalatába becsavarható LED-lámpa is. Az ilyen lámpák fejrésze egy elektronikus egységet is tartalmaz, amely a LED-ek működéséhez szükséges feszültséget állítja elő a hálózati váltakozó áramból. A LED-lámpák élettartama 20-50 ezer óra, hatásfokuk valamivel jobb, mint a kompakt fénycsöveké. Előnyük, hogy nem tartalmaznak higanyt, így kevésbé környezetkárosítóak. A kompakt fénycsövekkel összehasonlítva további előnyt jelent,



LED-lámpa (230 V, 10 W, 806 lm, 3000 K)

- Mekkora a 10 W-os LED-lámpa éves fogyasztása, napi 4 óra működési idővel számolva?

Jó tudni!

Az Európai Unió területén 2009. szeptember 1-jétől fokozatosan megszüntették a hagyományos háztartási izzólámpák gyártását és árusítását. Bizonyos speciális típusok még forgalmazhatók, de ezek egy része fokozatosan kikerül a forgalomból.

Érdekesség

A következő táblázat adott fényáram előállításához szükséges elektromos teljesítményeket tartalmazza a hagyományos izzólámpák, a kompakt fénycsövek és a LED-lámpák esetében. (A *fényáram* a fényforrás fontos jellemzője, mértékegysége a *lumen*, jele lm. Általában feltüntetik a fényforrás csomagolásán is.)

Fényáram (lm)	Elektromos teljesítmény (W)		
	Izzólámpa	Kompakt fénycső	LED-lámpa
450	40	9–11	6–8
800	60	13–15	9–12
1100	75	18–20	13–16
1600	100	24–28	18–22

hogy bekapcsolás után azonnal teljes fénnyel világítanak, továbbá jobban elviselik a ki-be kapcsolásokat. Drágábbak a kompakt fénycsöveknél, de a hosszabb élettartam és a kisebb fogyasztás miatt alkalmazásuk gazdaságosabb.

Az izzólámpa fényét melegebbnek, a fénycsövekét általában hidegebbnek érezzük. Ennek az oka az, hogy a különféle fényforrások fényének színösszetétele különböző. A sok vörös és sárga összetevőt tartalmazó fényt melegebbnek, a sok zöldet és kéket tartalmazót hidegebbnek érezzük. Ennek valószínű oka, hogy a vörössel a tüzet, az izzást, a lángot hozzuk kapcsolatba, a kékkel a vizet, a jeget.

A lámpákban használt fényforrások megválasztásakor az *egészségügyi szempontokat* is figyelembe kell venni. A fényforrásnak elegendő fényt kell biztosítani az adott célra. A túl kevés fénynél nem látunk jól és élesen, a túl sok fényben káprázik a szemünk.

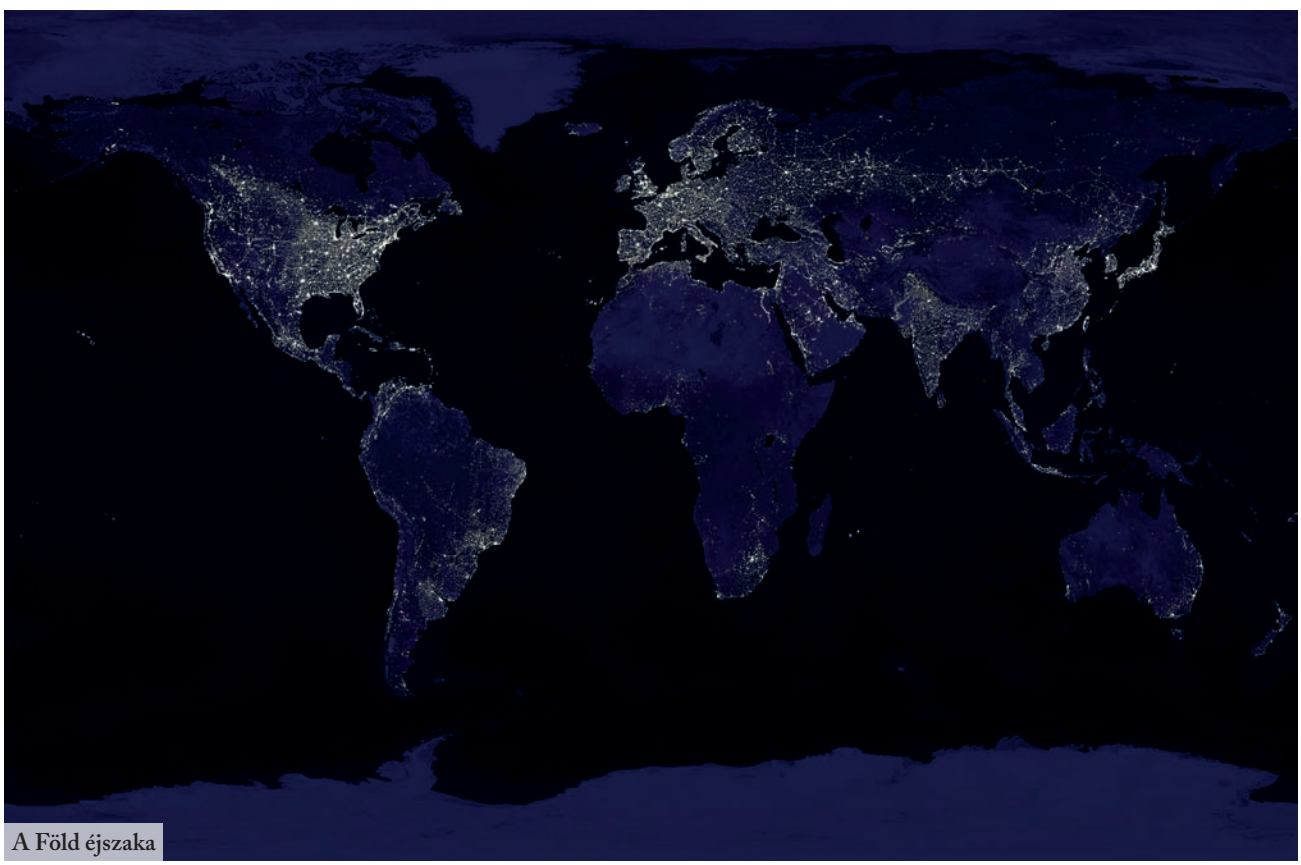
A lámpákat úgy kell elhelyezni, hogy kellő megvilágítást biztosítsanak, ne okozzanak zavaró csillogást például a televízió vagy monitor képernyőjén. Általános szabály, hogy a helyiség közepére szerelt egyetlen fényforrás helyett célszerű helyi, kiegészítő fényforrásokat is használni. Ezek teljesítménye általában kisebb, így használatukkal energiát is megtakaríthatunk.

Érdekesség

A tapasztalatok szerint az izzó szilárd testek által kibocsátott fényben annál több kék összetevő fordul elő, minél magasabb a test hőmérséklete. Ennek alapján a fényforrások színösszetételét a színhőmérséklettel jellemzik. (Izzólámpáknál ez gyakorlatilag megegyezik az izzószál hőmérsékletével, de más fényforrásoknál nincs ilyen közvetlen kapcsolat.)

A táblázat néhány fényforrás színhőmérsékletét tartalmazza.

Fényforrás	Színhőmérséklet (K)
Gyertyaláng	1 500
Izzólámpa	2 700
Melegfehér kompakt fénycső vagy LED-lámpa	3 000
Hidegfehér kompakt fénycső vagy LED-lámpa	5 000
Napfény (függőleges beesésnél)	5 500
Kék égbolt (északi irányban, közvetlenül naplemente után)	10 000



A Föld éjszaka

Fényszennyezés

Az éjszakai műholdfelvételeken jól kirajzolódnak a nagyvárosok. Az éjszakai világításra használt fényforrások fényének egy része vagy közvetlenül, vagy a talajról, épületekről visszaverődve felfelé halad. Ezek a felfelé haladó fénysugarak a légkörben levő párán és porszemcséken szétszóródnak. Így a települések felett egy fénykupola alakul ki, amely számos környezeti problémát okoz.

A *fényszennyezés* miatt napjainkban a városokból már alig látszanak a csillagok. Ez nemcsak a csillagászoknak okoz gondot, hanem sok olyan élőlénynek is, amelyek éjszaka a csillagok vagy a Hold alapján tájékozódnak. Ennek egyik következménye a lámpák körül keringő és végül elpusztuló sok lepke és egyéb rovar.

Az éjszakai világításra a köz- és közlekedésbiztonság miatt van szükség. Megfelelő árnyékolókkal, tükrökkel azonban gondoskodni kell arról, hogy a lámpák csak a szükséges felületeket világítsák meg. Az égbolt felé is sugárzó fényforrások a legnagyobb fényszennyezők. A díszkivilágításoknak az éjszaka közepén történő lekapcsolásával szintén csökkenthető a fényszennyezés. Az esti kivilágítás ésszerű csökkentésével, mozgásérzékelős kapcsolók alkalmazásával jelentős energia is megtakarítható.

Internet

1. Olvasd el a https://hu.wikipedia.org/wiki/Izz%C3%B3l%C3%A1mpa címen található írást az *izzólámpákról*! Milyen magyar vonatkozásai voltak az izzólámpák tökéletesítésének? Olvasd el az ezekkel kapcsolatos szócikkeket is!
2. A http://www.fizkapu.hu/fizfilm/fizfilm3.html címen néhány kisfilm található. Nézd meg közülük a *Fénycsövek* címűt, amely a fényporok szerepét szemlélteti! (A kísérletben használt áramforrás akkora feszültséget hoz létre, hogy az áram átfolyik a fénycső üvegfalán.)
3. Nyisd meg a https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Earthlights_dmsp.jpg címen található, a könyvben is szereplő képet, amely a *fényszennyezést* szemlélteti! Nagyítsd ki teljes méretre, és keresd meg rajta Párizst, Moszkvát, Budapestet és a Nílust! Hasonlítsd össze az Alpok és a Kárpátok területén a fényszennyezést!

Kérdések és feladatok

1. Készíts listát arról, hogy lakásotokban milyen fényforrásokat használtok! Van-e köztük olyan, amely egy esetleges áramszünet esetén is használható? Melyiket lenne érdemes energiatakarékosabbra cserélni?
2. Számítsd ki, mennyivel kerül kevesebbe évente, ha egy 60 wattos izzó helyett egy 10 wattos LED-lámpát használunk, ha minden nap 4 órát üzemeltetjük! A számításhoz a „villanyszámlán” szereplő egységárat használd!
3. Nézz utána, milyen fényforrásokat árusítanak a lakóhelyeden vagy annak környékén! Van-e köztük hagyományos izzólámpa?
4. Nézz utána, hol lehet leadni lakóhelyeden vagy annak környékén a tönkrement fénycsöveket, kompakt fénycsöveket!
5. Keress információkat arról, miért veszélyezteti a fényszennyezés a szentjánosbogarak szaporodását!



Budapest éjjel

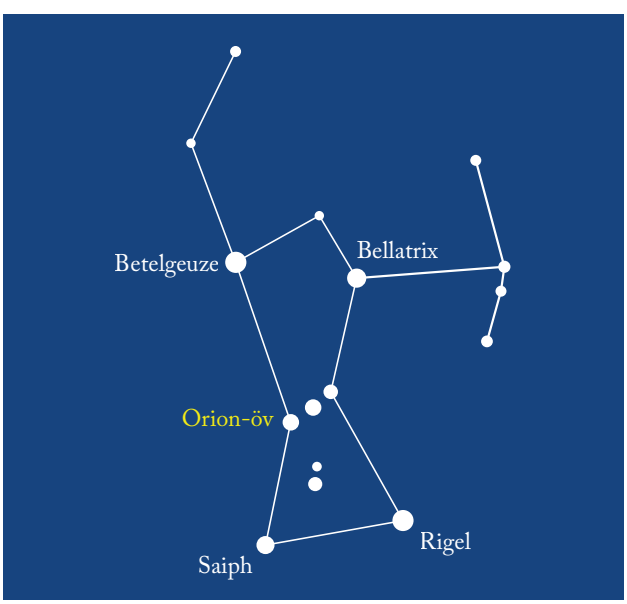
21. AZ ÉGITESTEK LÁTSZÓLAGOS MOZGÁSA

Csillagképek

Ha derült éjszaka felnézünk az égre, látszólag mozdulatlan csillagokat látunk.

Az egymás közelében látható csillagok csoportját *csillagképnek* nevezzük.

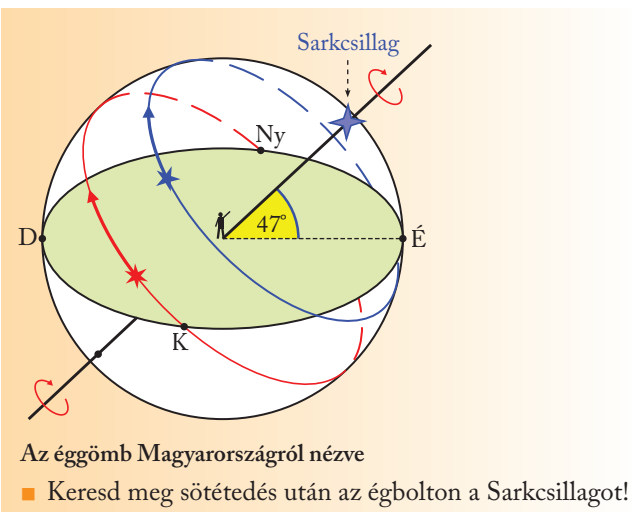
Ezekhez már az ókorban is különféle dolgokat társítottak az emberek, és ma is ezeket a neveket használjuk a megnevezésükre. Ilyen csillagkép például a *Nagy Medve*, amely tartalmazza a *Göncölszekeret*, a *Kis Medve*, a *Cassiopeia* és az *Orion*.



Az Orion csillagkép

Csillagnap

Ha hosszabb ideig figyelünk egy kiválasztott csillagot, akkor azt látjuk, hogy a csillag lassan elmozdul. Jól megfigyelhető ez a mozgás, ha az égitest egy fa vagy torony közelében látható. A csillagok mozgásuk közben egymáshoz viszonyított helyzetüket megtartják. Úgy tűnik, mintha a csillagok egy sötét gömbfelületen,



Az éggömb Magyarországról nézve

- Keresd meg sötétedés után az égbolton a Sarkcsillagot!

az *éggömbön* volnának rögzítve, és ez az éggömb a csillagokkal együtt, egy tengely körül lassan körbefordulna. Az éggömb forgástengelye a *Sarkcsillag* felé mutat és Magyarországon kb. 47°-os szöget zár be a látóhatár síkjával. Ez a forgás jól látható az olyan fényképeken, amelyek úgy készülnek, hogy a rögzített fényképezőgép zárszerkezetét 30–120 percre kinyitják.

Az éggömb a csillagokkal együtt 23 óra 56 perc alatt tesz meg egy teljes fordulatot. Ezt az időtartamot *csillagnapnak* nevezzük.



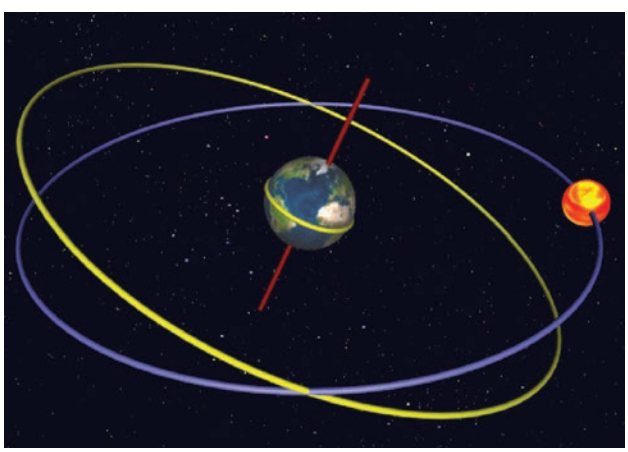
Csillagok pályái

- Határozd meg, mennyi ideig volt nyitva a fényképezőgép zárszerkezete!

Nap

A Nap látszólag együtt forog az éggömbbel. Keleten felkel, nyugaton pedig a látóhatár alá bukik. Pontosabb megfigyelések szerint azonban a Nap lassan lemarad a csillagokhoz képest. A mérések szerint *a Nap két delelése között 24 óra telik el*.

A Nap emiatt lassan elmozdul a csillagokhoz képest, így mindig más és más csillagkép irányában látszik. Mozgása közben azonban minden évben az éggömb ugyanazon helyein halad keresztül, és egy év elteltével visszatér a kiindulási helyéhez. A Napnak az éggömbön befutott pályáját *ekliptikának* nevezzük.



Az ekliptika fogalma

A Nap június 21-én van az ekliptika legészakibb (a Sarkcsillaghoz legközelebbi) pontjában. Ez az időpont a *nyári napforduló*, ekkor leghosszabb a nappal és legrövidebb az éjszaka. A *téli napforduló* december 21-én van, ekkor a Nap az ekliptika legdélibb pontjában van. A két időpont közt van a tavaszi és az őszi *napéj-egyenlőség*, amikor a nappal és az éjszaka egyenlő hosszúságú. Ekkor a Nap egyenlő távolságra van az éggömb északi és déli pólusától.

Hold

A Hold szintén elmozdul a csillagos éggömbhöz képest, késése naponta kb. 1 óra. Eközben megvilágítása periodikusan változik: újhold, első negyed, telihold, harmadik negyed. A Hold fázisváltozásai 28 naponként ismétlődnek.

Az ekliptika közelében olyan égitestek is vannak, amelyek mozgása szintén eltér a csillagok mozgásától, sőt pályájuk hurkokat is tartalmaz. Ezeket az égitesteket *bolygóknak* nevezzük. Szabad szemmel is látható bolygó például a *Vénusz*, a *Mars* és a *Jupiter*.

Jó tudni!

A csillagképek csillagai általában nem tartoznak egymáshoz, és többnyire óriási távolságokra vannak egymástól. Ha a csillagképeket nem a Földről, hanem más irányból látnánk, akkor teljesen más alakzatokat látnánk. (Akkor bizonyára más csillagokat vélnénk egymáshoz tartozónak.) Az ábrán az *Orion* csillagkép néhány fényes csillagának térbeli helyzetét ábrázoltuk. Becsüld meg, hova kellene berajzolni a születésed pillanatában a *Saiph*, illetve a *Bellatrix* csillagokról a Föld felé elinduló fénysugarak jelenlegi helyzetét!



A bolygók némelyikének saját *holdja* is van. Ezek a holdak a bolygó körül keringenek. A Jupiter négy legfényesebb holdja már egy egyszerű prizmás távcsővel is látható.



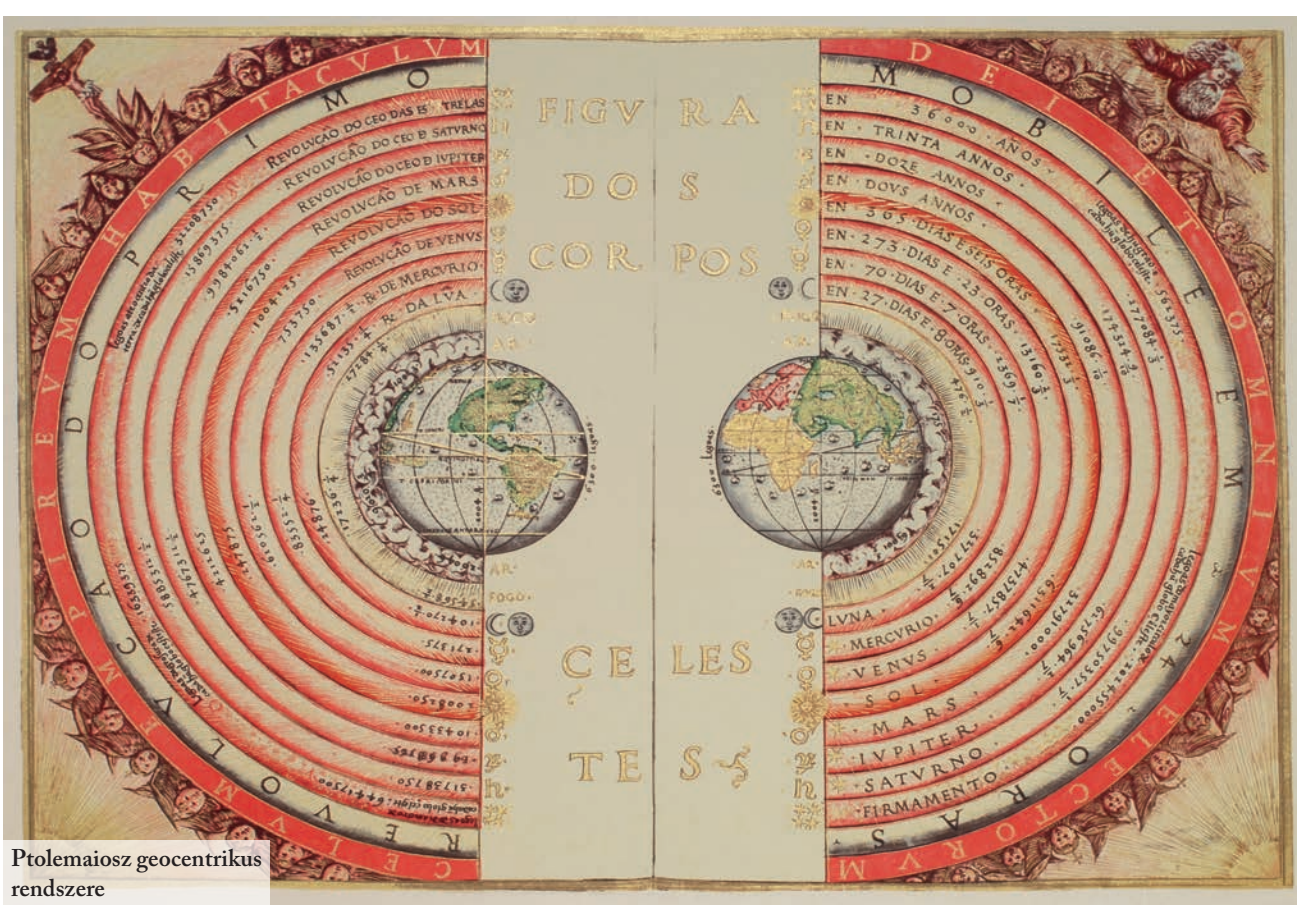
A Hold fázisváltozásai

Az ókori gondolkodók többsége azt gondolta, hogy az égitestek átlátszó kristálygömbökhöz erősítve mozognak. Ebben a rendszerben a kristálygömbök közös középpontjában helyezkedik el a Föld. Ez az elképzelés a *geocentrikus világkép* (földközéppontú világkép). Minden egyes bolygó mozgásának pontos magyarázatához azonban négy-négy, egyenletesen forgó kristálygömbre volt szükség. A geocentrikus világkép kidolgozásában jelentős szerepe volt *Ptolemaiosz* görög csillagásznak, akinek rendszerét közel 1500 éven át használták. Ennek az volt az oka, hogy Ptolemaiosz modellje pontosan írta le a bolygók, a csillagok és a Hold mozgását, így előre ki lehetett számítani a helyzetüket. A modell hibája viszont, hogy semmiféle kapcsolatban sincs az égitestek valódi mozgásával, és nem veszi figyelembe azok méretét, tömegét sem. (Ptolemaiosz rendszerében a nagy tömegű Nap kering a sokkal kisebb tömegű Föld körül.)

Kopernikusz lengyel csillagász vetette fel, hogy a világmindenség középpontjában a Nap áll. Ez az elképzelés a *heliocentrikus világkép* (napközéppontú világkép). Ebben a rendszerben a bolygók (köztük

Internet

1. Keresd meg az interneten, hogy mely csillagképek fekszenek az ekliptika mentén! A te születésnapodon melyik irányában volt látható a Nap?
2. A csillagászok a csillagképek latin nevét használják. Keresd meg az interneten a *Nagy Medve*, a *Kis Medve*, a *Cassiopeia* és az *Orion* csillagképek latin nevét, és annak nemzetközi rövidítését!
3. Keresd meg az interneten, hogyan lehet meghatározni a Göncölszekér segítségével a Sarkcsillag helyét, és így az északi irányt is!
4. Számos olyan alkalmazás létezik, amely megmutatja az égitestek pillanatnyi helyzetét. Tölts le egy ilyen alkalmazást az okostelefonodra, és este keresd meg vele az égbolton a *Kis Medve*, *Nagy Medve* és *Cassiopeia* csillagképeket! Miért nem találod az égbolton az *Oriont*? Mikor érdemes az Orion keresésével próbálkoznod?
5. Nézd meg a https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bartolomeu_Velho_1568.jpg webcímen elérhető, a könyvben is látható képet teljes méretben! Állapítsd meg, mikor készült a kép! Keresd meg, hogy milyen sorrendben ábrázolja az égitesteket! A kép közepétől jobbra, fent megtalálható minden égitest keringési ideje. Írd ki a füzetedbe őket! Melyik két földrész hiányzik a Föld ábrázolásáról?



Ptolemaiosz geocentrikus rendszere

Jó tudni!

1. Klaudiosz *Ptolemaiosz* (kb. 100–170) görögül író, Egyiptomban élő, római polgárjoggal rendelkező matematikus, csillagász és geográfus volt. Ő alkotta meg a geocentrikus világkép legrészletesebben kidolgozott változatát. Elgondolásait a 150 körül megírt *Almageszt* (A legnagyobb [könyv]) című munkájában tette közzé. *Geográfia* című művében összefoglalta korának földrajzi ismereteit.
2. Nikolausz *Kopernikusz* (latinosan Nicolaus Copernicus, 1453–1543) lengyel csillagász 1510 körül fogalmazta meg a heliocentrikus világkép gondolatát. Az erről szóló könyve azonban csak halálának évében, 1543-ban jelent meg. A katolikus egyház azonban azonnal betiltotta művét.
3. Galileo *Galilei* (1564–1642) olasz fizikus, csillagász az 1632-ben megjelent *Dialogo* (Párbeszédek) című könyvben hasonlította össze a geocentrikus és a heliocentrikus rendszert. A katolikus egyház azonban a betiltott kopernikuszi tanok terjesztése miatt perbe fogta, tanainak visszavonására kényszerítette, és házi őrizetre ítélte. (A Vatikán csak 1992-ben törölte Galilei ítéletét.)
4. Johannes *Kepler* (1571–1630) német csillagász II. Habsburg *Rudolf* (1552–1612) német-római császár, magyar és cseh király udvari csillagászaként dolgozott. Első két törvénye az 1609-ben megjelent *Astronomia nova* (Új csillagászat) című művében, a harmadik törvénye pedig az 1619-ben kiadott *Harmonices mundi* (A világ harmóniájáról) című könyvében jelent meg.
5. Isaac *Newton* (1643–1727) angol fizikus az 1687-ben megjelent *Philosophiae naturalis principia mathematica* (A természetfilozófia matematikai alapjai) című könyvében tette közzé a róla elnevezett törvényeket és a gravitációs törvényét. Ezekkel számos mechanikai jelenséget, köztük a Hold és a bolygók mozgását is sikerült megmagyaráznia.

a Föld is) és a csillagok is a Nap körül keringenek. Kopernikusz elképzelése szerint egyedül a Hold kering a Föld körül. (A többi bolygó holdjait ekkor még nem ismerték.)

Később *Galilei* távcsöve segítségével 1610-ben felfedezte a Jupiter négy holdját. Ezek nem a Föld, hanem a Jupiter körül keringenek. Galilei ezzel megtalálta a geocentrikus világkép helytelenségének egyértelmű bizonyítékát, hiszen a négy hold nem a Föld körül keringett.

A bolygók mozgásának pontos leírását *Kepler* adta meg. A három *Kepler-törvény* azonban csak a bolygók mozgását írta le, a mozgás okaira nem adott magyarázatot.

Az égitestek mozgásának dinamikai okát *Newton* ismerte fel: az égitestek közt ható *gravitációs erő* magyarázatot ad az égitestek mozgására. A gravitációs erő ismeretében a Newton-törvények segítségével a Kepler-törvények levezethetők. (Ehhez azonban egyetemi szintű matematikai ismeretekre van szükség.)



Los Angeles, Griffith Obszervatórium

22. A NAPRENDSZER SZERKEZETE

Kopernikusz, Galilei, Kepler, Newton és az őket követő csillagászok munkássága eredményeképpen ma a következőket tudjuk az égitestekről és azok mozgásáról.

Galaxis

A *csillagok* nagy tömegű, saját fényt kibocsátó égitestek, azaz *elsődleges fényforrások*. A legközelebbi csillag a Nap, amely több szempontból átlagosnak számít. A csillagok (a Napot kivéve) nagyon távoli égitestek, a legközelebbi csillag is több fényévnyi távolságra van tőlünk.

A csillagok nem egyenletesen elszórva helyezkednek el a térben, hanem galaxisokba tömörülnek. A *galaxis* többnyire lencse alakú, örvénylő, több milliárd csillagot, valamint gáz- és porfelhőket tartalmazó rendszer. A galaxisok lassan forognak a tömegközéppontjukon átmenő tengely körül. A középponttól távolabb levő csillagok lemaradnak a tengelyhez közelebb fekvőktől. A szabad szemmel megfigyelhető csillagok többsége (a Nap is) a *Tejútrendszer* nevű galaxis tagja.



Galaxis (Andromeda)

- Milyen messze van tőlünk az Andromeda-galaxis?

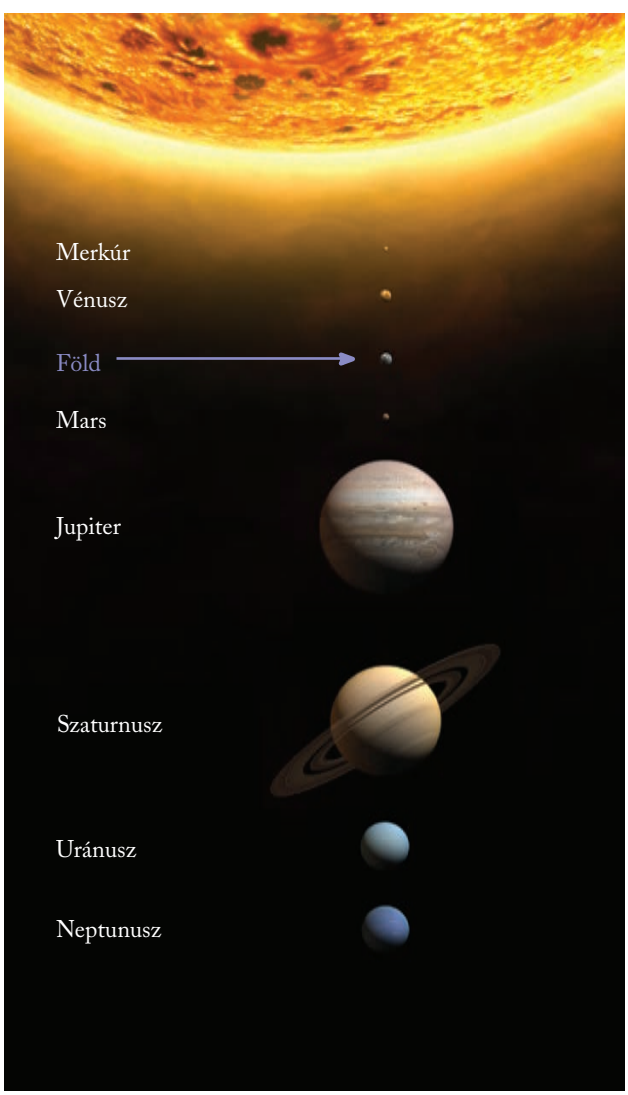
Jó tudni!

1. Edwin *Hubble* (1889–1953) amerikai csillagász mutatta ki 1923-ban, hogy az *Andromeda-köd* valójában csillagok milliárdjaiból álló galaxis. Emiatt nem lehet a Tejút része, hanem önálló, a Tejúthoz hasonló galaxis. Emiatt ma már az *Andromeda-galaxis* elnevezést használjuk. Hubble a galaxisok mozgásával kapcsolatban megállapította, hogy a galaxisok többsége távolodik egymástól. A *Hubble-űrteleszkóp* az ő nevét viseli. Ez a legsikeresebb űrtávcső, amely a földfelszíntől kb. 550 km magasan kering, és 1990 óta végez csillagászati megfigyeléseket.
2. Ha a galaxisok távolodását visszafelé képzeljük el, akkor ez azt jelenti, hogy korábban a galaxisok közelebb voltak egymáshoz. Évmilliárdokkal ezelőtt tehát az egész világegyetem egy egészen kis térrészben zsúfolódott össze. Ezzel a gondolatmenettel juthatunk el az *ősrobbanás* gondolatához. A fizikusok és csillagászok mérésekkel is igazolták, hogy *a teljes világegyetem mintegy 13,7 milliárd éve egyetlen pontból kirobbanva jött létre egy olyan irtózatos erejű robbanással, amelynek következtében az anyag még most is óriási sebességgel száguld minden irányba.*
3. A Naprendszer és benne a Föld viszonylag fiatal. Mai ismereteink szerint *a Naprendszer kb. 4,5 milliárd éve jött létre* egy kozmikus gáz- és porfelhő gravitációs eredetű összehúzódásával. Az összehúzódás miatt felmelegedő ősi Nap belsejében végül beindultak azok az atommagfolyamatok, amelyek ma is biztosítják a Nap folyamatos energiasugárzását.
4. A csillagok olyan messze vannak, hogy még távcsővel nézve is csak fénylő pontoknak tűnnek. A Naprendszer égitesteinek részletei viszont távcsövekkel láthatóvá válnak. Az űrszondák kamerái is eljuthatnak a közelükbe, és fényképeket készíthetnek felszínükről. A képeket digitálisan, rádiójelek segítségével küldik vissza a Földre.

Naprendszer

A *Naprendszert* a Nap, a bolygók és azok holdjai, valamint számos kisebb égitest alkotja. Középpontjában a Nap van, amely 150 millió kilométerre van a Földtől. A Nap magjának hőmérséklete eléri a 15 millió °C-ot, a felszíne azonban „csak” 5500 °C-os. A Nap emiatt jelentős mennyiségű energiát sugároz szét, és ez a napsugárzás nélkülözhetetlen a földi élethez. A Nap energiája a belsejében lejátszódó atommagfolyamatokból származik. Ennek során *hidrogénatommagok egyesülnek héliumatommagokká, miközben a folyamatban energia szabadul fel.*

A Naprendszerben nyolc nagybolygó van: *Merkúr, Vénusz, Föld, Mars, Jupiter, Szaturnusz, Uránusz, Neptunusz*. A Naprendszer bolygói a Nap körül keringenek, miközben saját tengelyük körül is forognak.

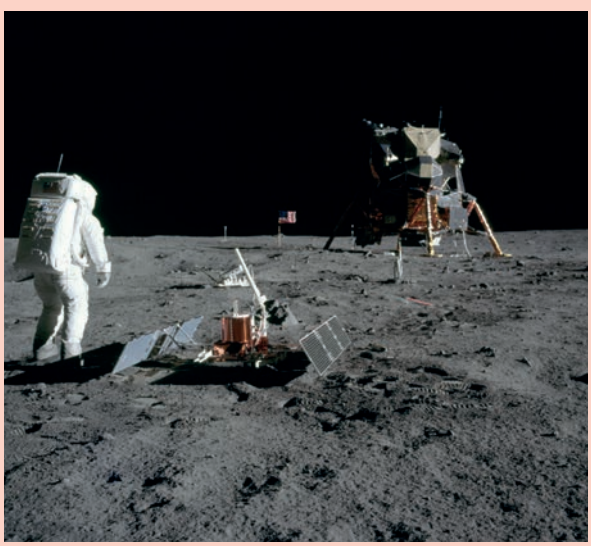


A Naprendszer bolygói

A nyolc nagyobb bolygón kívül számos kisbolygó is mozog a Nap körül. Ezek többsége a Mars és a Jupiter pályája közötti kisbolygóövezetben található. Még két hasonló övezet van a Naprendszer külső vidékén: a *Kuiper-öv* és az *Oort-felhő*. Ezekben is számos égitest található, melyek mérete a homokszemtől a ház nagyságú szikladarabokon át a kisbolygó méretig terjed. A bolygóknak és kisbolygóknak nincs sa-

Jó tudni!

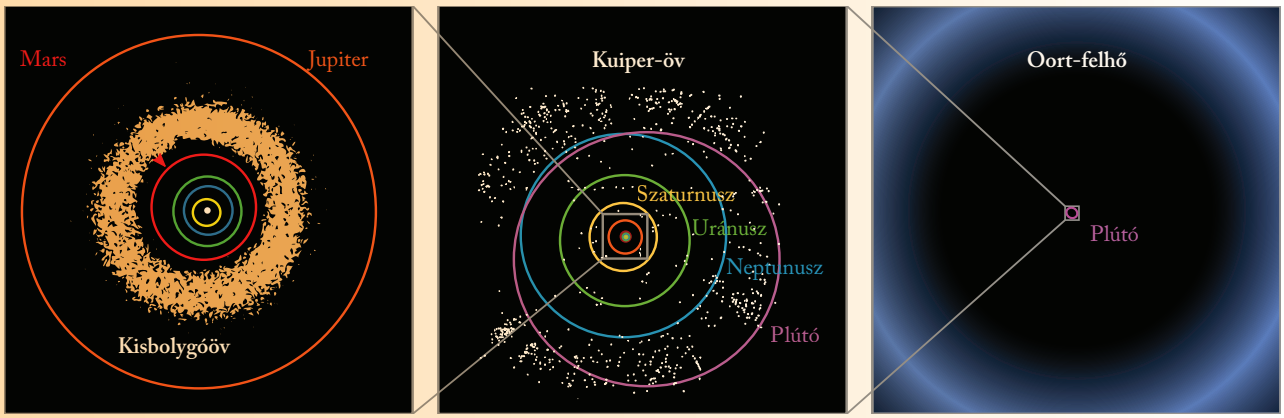
Egyes űrszondák le is szállhatnak a Naprendszerbeli égitestekre, és ott egyéb vizsgálatokat, méréseket és megfigyeléseket végezhetnek. Néhány űrszonda eljutott a Naprendszer peremvidékére is, a *Voyager–1* pedig a Naprendszert is elhagyta. Ember eddig csupán a Holdon járt. Az *Apollo-program* keretében 1969–1972 között, 6 küldetés során, összesen 12 amerikai űrhajós jutott el a Holdra és tért vissza szerencsésen.



■ Ki lépett először a Holdra?

Internet

1. Járj utána, mi a Tejút legismertebb két magyar elnevezése! Milyen mondák kapcsolódnak hozzá? Keress képeket az interneten a Tejútról!
2. Keress olyan képeket, amelyeket űrtávcsövek készítettek! Miért előnyös az űrtávcső alkalmazása a földi távcsövekhez képest? Mi a hátránya az alkalmazásuknak?
3. Járj utána, hogyan fedezték fel a héliumot, és honnan ered az elnevezése!
4. Mely égitesteken szálltak le eddig űrszondák? Mely égitestek felszínén üzemelnek napjainkban is űrszondák?

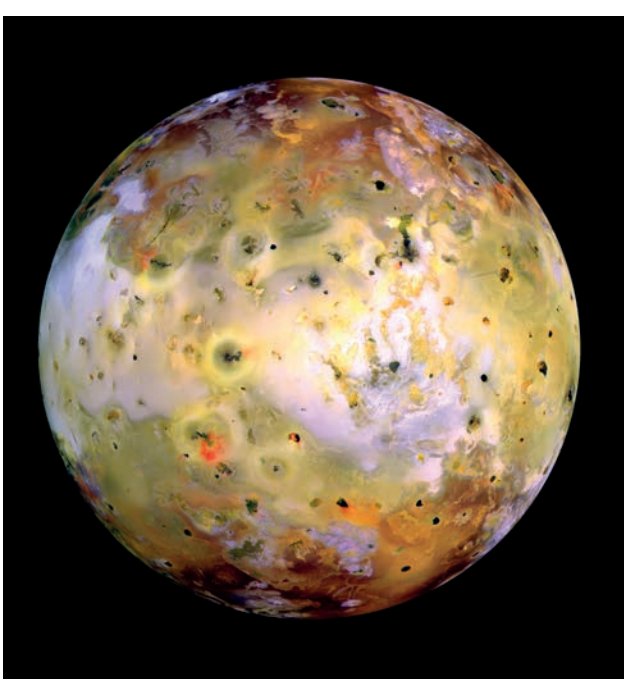


Kisbolygóöv, Kuiper-öv, Oort-felhő

ját fényük. *Másodlagos fényforrások,* mert csak a róluk visszaverődő napfény miatt látjuk őket.

Holdnak nevezzük az olyan égitestet, amely valamelyik bolygó körül kering. Vannak olyan bolygók, amelyek körül több hold is kering. A képen a Jupiter *Io* nevű holdja látható. *A Földnek egyetlen holdja van, a Hold*. Néhány bolygót sajátos gyűrűrendszer vesz körül, amelyben por és kisebb-nagyobb szikladarabok keringenek. A legismertebb és legnagyobb gyűrűrendszere a *Szaturnusznak* van. A holdak is másodlagos fényforrások.

Az *üstökösök* a Naprendszer legkülső övezetéből származnak, és elnyújtott pályán a Nap körül keringenek. Az üstökösök anyagának jelentős része jég.



A Jupiter holdja, az Io

- Milyen anyagtól sárga az Io felszíne?

Kísérletek

1. Ülj egy forgószékre, és nézz a fejed fölé a mennyezetre! Társad lassan (!) forgassa körbe a széket! Figyeld meg a látottakat! A hatás jobban érzékelhető, ha öntapadó fóliából kivágott csillagokat ragasztasz a mennyezetre.

2. Helyezz el egy erős fényű zseblámpát szemmagasságban úgy, hogy vízszintesen világítson! Ez lesz a Nap modellje. A lámpától néhány méterre állj a lámpafénybe! Tarts a kezedben egy pingponglabdát 30-40 centiméterre a szemedtől! Lassan forogj körbe, és figyeld meg a „pingponglabda-hold” *fázisváltozásait*! Készíts fényképeket a pingponglabdáról a hold fázisváltozásait bemutató rajzon (96. o.) ábrázolt 2., 3. és 4. helyzetekben! Legyen a Föld modellje a fejed! Szemléltesd így a *napfogyatkozást* és a *holdfogyatkozást*! Fotózd le ezt is! (A kísérletet leárnyékolt vagy sötét helyen végezd el!) **A kísérlet közben ne nézz közvetlenül a zseblámpa vakító fényébe, és ne jusson közvetlenül a kamerába se a lámpa fénye!**

Jó tudni!

Exobolygóknak nevezzük azokat a bolygókat, amelyek Naprendszerünkön kívül, vagyis idegen csillagok körül keringenek. (Az elnevezés az *extraszoláris bolygó* kifejezésből rövidült, amelynek jelentése: Napon kívüli.) Az első exobolygót 1992-ben fedezték fel. A számuk rohamosan növekszik az egyre nagyobb távcsövek, illetve az egyre érzékenyebb műszerek eredményeképpen. A könyv írásakor (2015 nyarán) az ismert exobolygók száma közel 2000 volt. 2016 nyarán már 3500.

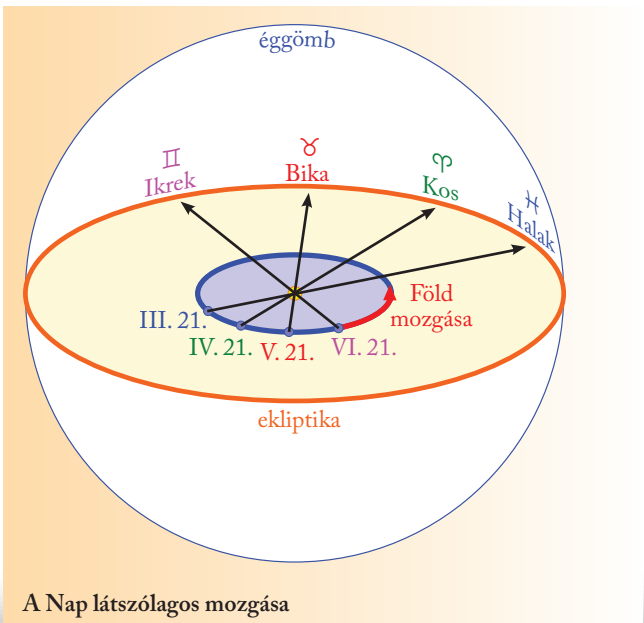
Amikor az üstökösök a Nap közelébe jutnak, anyaguk egy része megolvad, majd elpárolog. A napszél az üstökös magjából kiáramló port és gőzt elsodorja, így alakul ki az üstökös látványos csóvája. Bár napközelben egy-egy üstökös és csóvája is nagyon fényes lehet, de ez a fény csak a közeli Nap visszavert fénye. Az üstökösök is másodlagos fényforrások.

A *meteoroid* a Naprendszerben keringő por vagy kisebb-nagyobb kőzetdarab. Saját fénye nincs, így csak akkor észleljük, ha a Föld légkörébe érkezik és a levegővel történő súrlódás miatt felizzik. Az izzó meteoroid neve *meteor*, népi elnevezése hullócsillag. A nagyobbak elérhetik a földfelszínt is, ezek maradványait *meteoritnak* nevezzük. A meteorok elsődleges fényforrások.

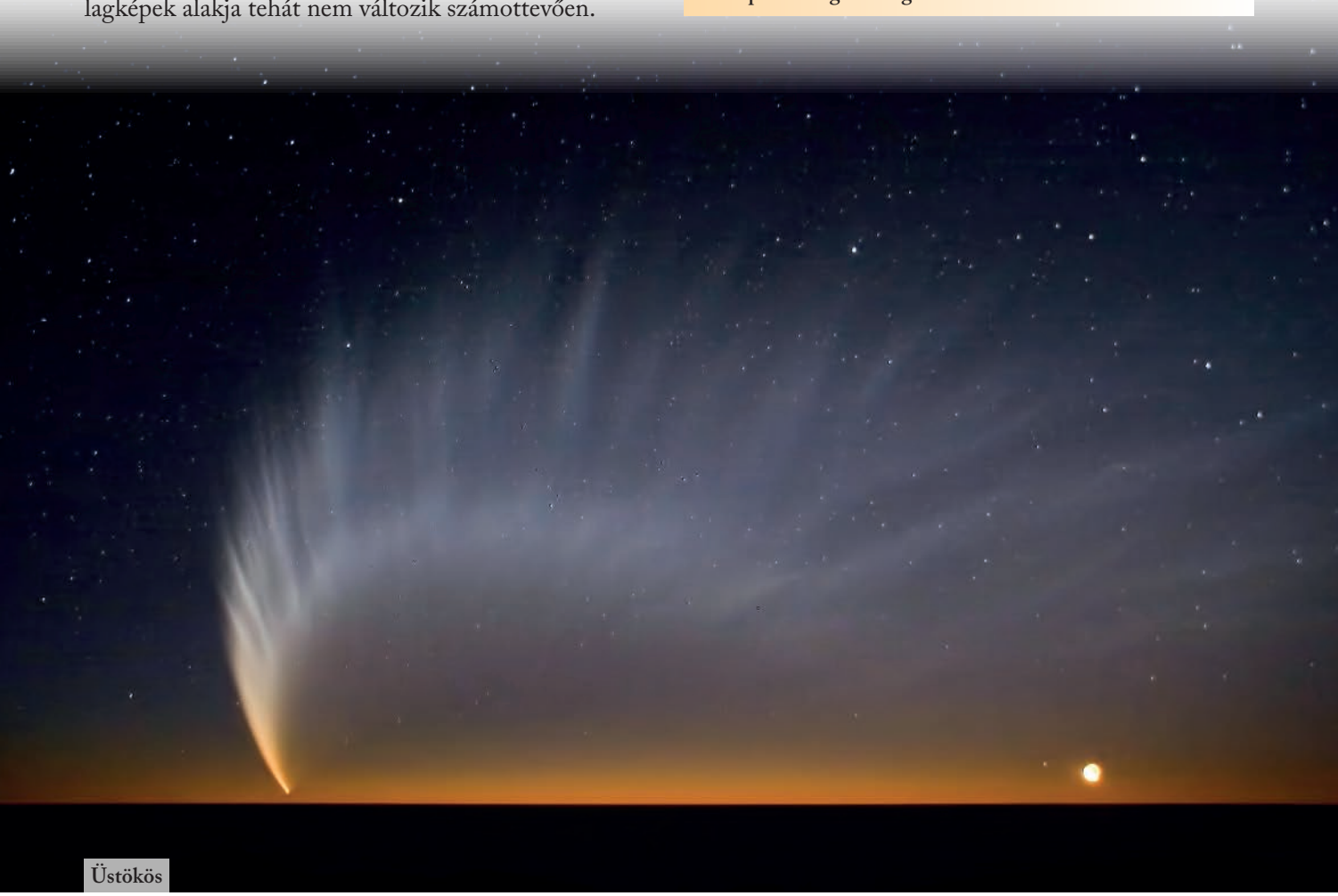
A bolygók mozgása

Az égbolt látszólagos mozgása mindezek alapján a következőképpen magyarázható: A Nap körülbelül 200 millió év alatt kerüli meg a Tejútrendszer középpontját, ezért a csillagok egymáshoz viszonyított helyzetét teljes életünk során változatlannak látjuk. A csillagképek alakja tehát nem változik számottevően.

Mivel a Föld 23 óra 56 perc alatt egyszer körbefordul saját tengelye körül, ezért a forgó Földről nézve úgy tűnik, mintha a csillagok ugyanennyi idő alatt megkerülnék a Földet. A Föld egy év alatt megkerüli a Napot, ezért a Nap a Földről nézve mindig más-más csillagkép irányában látszik.



A Nap látszólagos mozgása

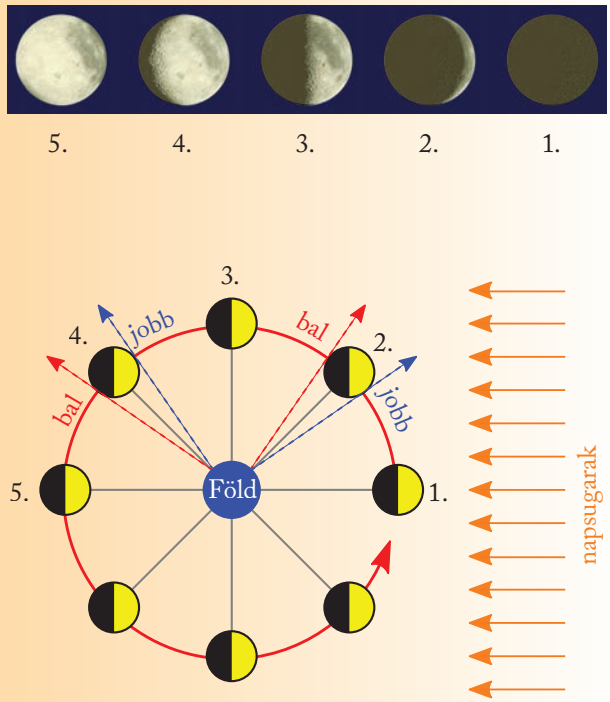


Üstökös

A bolygók a Nap körül keringenek. A bolygók többsége ugyanolyan irányba kering, és ugyanebbe az irányba forog a saját tengelye körül a Nap is. Mindez a Nap és a Naprendszer közös eredetére utal. A bolygók keringési ideje eltér a Föld kb. 365 napos keringési idejétől, ezért vagy a Föld hagyja le őket, vagy ők hagyják le a Földet. Emiatt a Földről nézve minden bolygó pályája bonyolult, hurkokat tartalmazó görbének látszik.

A holdak saját bolygójuk körül keringenek, továbbá forognak a saját tengelyük körül is. A Holdnak a Föld körüli keringése során mindig ugyanaz az oldala fordul a Föld felé. A Hold keringésének és tengely körüli forgásának időtartama ugyanis megegyezik. (Ugyanilyen kötött hold például a Jupiter Io nevű holdja is.) A Hold pályája megközelítőleg a földpálya síkjában fekszik. Emiatt, miközben a Hold 28 nap alatt egyszer megkerüli a Földet, a felénk néző félgömbjét a Nap különböző mértékben világítja meg. A megvilágítás ezen változása eredményezi a különböző holdfázisokat.

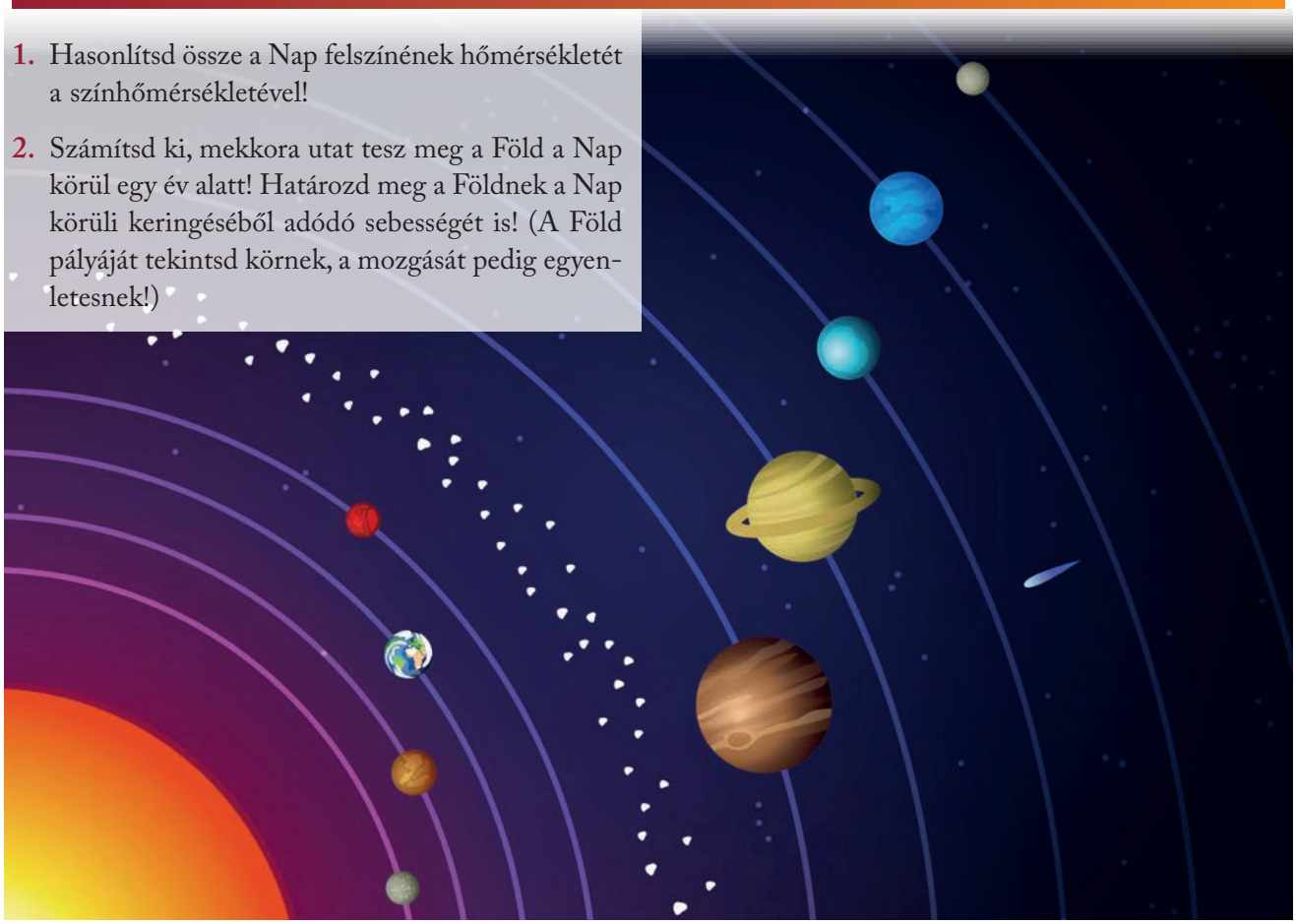
Ugyanígy változik a Nap körüli keringés miatt a Merkúr és a Vénusz megvilágítása is. Ez a változás azonban csak távcsövekkel, vagy nagyobb teleobjektívekkel készített fényképfelvételeken figyelhető meg.



A holdfázisok magyarázata

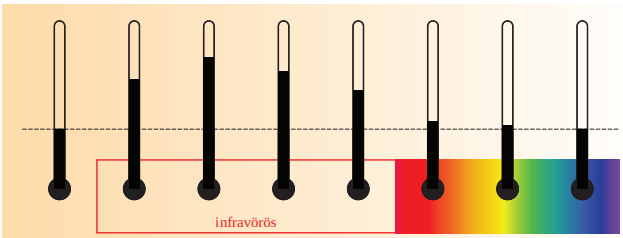
Kérdések és feladatok

1. Hasonlítsd össze a Nap felszínének hőmérsékletét a színhőmérsékletével!
2. Számítsd ki, mekkora utat tesz meg a Föld a Nap körül egy év alatt! Határozd meg a Földnek a Nap körüli keringéséből adódó sebességét is! (A Föld pályáját tekintsd körnek, a mozgását pedig egyenletesnek!)



23. AZ INFRAVÖRÖS ÉS AZ ULTRAIBOLYA FÉNY

Az infravörös fény



Az infravörös fény kimutatása

Ha a Nap vagy ívfény színképét egy ernyőn felfogjuk, és a színképen egy hőmérőt végigviszünk, akkor az ibolyától a vörös felé haladva a hőmérő egyre magasabb hőmérsékletet jelez. Ez a hőmérséklet-emelkedés a színkép vörös tartományát elhagyva tovább folytatódik, és csak távolabb szűnik meg. Ez arra utal, hogy *a színkép nem ér véget a vörösnél, csupán szemünk nem képes ennek a sugárzásnak az érzékelésére*. Ez a sugárzás az **infravörös fény** (infravörös sugárzás).

Hőmérsékletétől függő mértékben minden test kibocsát infravörös sugarakat, de a melegebb testek erősebben sugároznak. Az infravörös fényt nem látjuk, de a bőrünkben levő hőérzékelő idegvégződé-

Jó tudni!

1. Friedrich Wilhelm *Herschel* (hersel, 1738–1822) Angliában élő német csillagász 1800-ban fedezte fel az infravörös sugárzást. A napfény színképében ő is hőmérővel mutatta ki a „vörösön inneni”, azaz latin eredetű kifejezéssel *infravörös* sugárzást. Az angolban *infrared*, a németben *infrarot* az elnevezése, ezért gyakran IR-rel rövidítik.
2. Johann Wilhelm *Ritter* (1776–1810) német fizikus fedezte fel 1801-ben, hogy a színkép másik végén, az „ibolyán túl” is van olyan sugárzás, amely az emberi szem számára nem látható. Ezt latin eredetű kifejezéssel *ultraibolya* sugárzásnak nevezték el. Az angolban *ultraviolet*, a németben *ultraviolett* az elnevezése, ezért gyakran UV-vel rövidítik.

Kísérletek

1. Digitális fényképezőgéppel vagy mobiltelefonnal sötétben készíts képet egy távszabályzónak arról a részéről, amely a jeleket küldi! A kép készítése közben tartsd folyamatosan lenyomva a távszabályzó egyik gombját! Nézd meg az elkészült felvételt, és magyarázd meg a látottakat!
2. Rajzolj fekete kartonra néhány vonalat szövegkiemelő filctollal, majd helyezd a kartont pénzvizsgáló lámpa alá! Figyeld meg a látottakat!
3. Helyezz bankjegyet, igazolványt vagy alkoholzárjegyet, vasúti jegyet pénzvizsgáló lámpa alá! Figyeld meg, mely részei fluoreszkálnak! Takard le ezután őket egy vastagabb üveglappal, és figyeld meg a változást! Mi a jelenség magyarázata?

Érdekesség

Távirányító. Az infravörös sugarak legismertebb felhasználása a televízióhoz és egyéb elektronikus eszközhöz használt *távirányító*. A televíziónál csatornaváltáskor vagy a hangerő szabályozásakor a távirányító infravörös jeleket küld a tv-készüléknek. A beépített infravörös fényérzékelő ezt a jelet érzékeli, és ennek megfelelően vezérli a készüléket.



■ Végezd el egy távirányítóval az 1. kísérletet!

sekkel melegként érzékeljük. Az infravörös sugarakat melegítő hatásuk miatt *hősugaraknak* is nevezik. Melegítő hatását a gyógyászatban is használják.

Az infravörös fény a közönséges filmeken nem okoz feketedést, de gyártanak olyan filmeket, amelyek érzékenyek az infravörös sugárzásra. Vannak olyan fotoellenállások, fotodiódák és elektronikus képérzékelők, amelyek szintén érzékelik az infravörös sugárzást.

A lenyugvó napot vörösnek látjuk. A fehér napfényből a ködös, poros levegőben ugyanis az ibolya és a kék fény jobban szóródik, mint a vörös. Az ibolya és a kék sugarak kiszóródnak, a sárga és a vörös fény viszont eljut a szemünkbe. Az infravörös sugárzás még a vörösnél is kevésbé szóródik. A földfelszín műholdas megfigyelését ezért gyakran infravörös kamerákkal végzik, mert ezt a felhőzet alig zavarja.

Ultraibolya fényt bocsát ki a Nap, de az elektromos ívkisülésben, a fénycsövek és kompakt fénycsövek belsejében is keletkezik ultraibolya sugárzás. A közönséges üveg azonban a sugárzás nagy részét elnyeli. A kvarc kevésbé nyeli el az ultraibolya sugarakat, ezért az ultraibolya fény előállítására szolgáló kisülési csövek kvarcüvegből készülnek.

Az ultraibolya fény a filmen feketedést okoz. A fotoellenállások, fotodiódák és képérzékelők szintén érzékelik az ultraibolya sugárzást. Az élőlények

Érdekesség

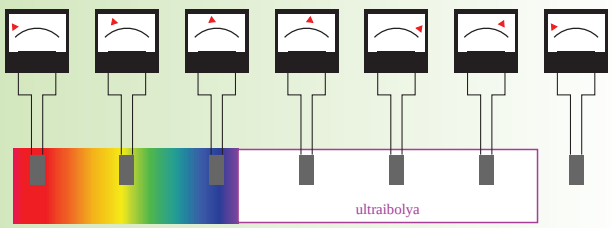
Hőfénykép. Megfelelő filmre „hőfénykép” készíthető. Hasonló képek infravörös fényre érzékeny speciális kamerával is készíthetők. Például az épületekről készült ilyen képeken felfedezhetők a hőszigetelés hiányosságai. Éjszakai felvételeket is lehet készíteni az infravörös sugarakkal.



- Jó a ház hőszigetelése? Hol van a legtöbb hőveszteség?

Kísérlet

Ha egy feszültségmérőhöz kapcsolt fényelemet a napfény vagy az ívlámpa színképén végigviszünk a vöröstől az ibolya felé, akkor a műszer mutatója az ibolyántúli tartományban is kitér, és a kitérés csak távolabb szűnik meg. Mindez arra utal, hogy a színkép az ibolyán túl is folytatódik, de ezt a sugárzást az infravöröshöz hasonlóan nem látjuk. Ez a sugárzás az *ultraibolya fény* (ultraibolya sugárzás).



Érdekesség

Gyógyítás infralámpával. Az infralámpa olyan speciális izzólámpa, amelynek izzószála működés közben a normál izzólámpákénál alacsonyabb hőmérsékletre melegszik. Emiatt a színképében nagyobb a vörös és infravörös sugarak aránya, mint a közönséges izzólámpák színképében. Az infralámpák foglalat felőli oldalát gyakran fémréteggel vonják be. Ez a hátrafelé induló hősugarakat is a lámpa első része felé veri vissza. Mivel infravörös fény csak a megvilágított testben nyelődik el, csak azt melegíti, a lámpa és a test közötti levegőt nem. Az infralámpával tehát közvetlen érintkezés nélkül lehet testeket felmelegíteni.



Az iparban szárításra, a mezőgazdaságban a fiatal állatok (csibék) melegítésére használják. A gyógyászatban a gyulladásos területek felmelegítésére használják. Az így felmelegített területen fokozódik a vérkeringés, és ez általában segíti a gyógyulást.

- Az áram melyik hatása teszi lehetővé az ívhegesztést?

szintén érzékenyek az ultraibolya fényre, az ultraibolya fénynek élettani (biológiai) hatása van. Bizonyos anyagok (pl. cink-szulfid) az ultraibolya fény hatására látható fényt bocsátanak ki. Ez a jelenség a *foszforeszkálás*, illetve a *fluoreszkálás*. (Ha egy anyag a besugárzás megszűnése után is látható fényt bocsát ki, akkor foszforeszkál. Ha csak addig világít, ameddig a megvilágító sugárzás is tart, akkor fluoreszkál.)

A levegő kétatomos oxigénmolekuláiból ultraibolya fény hatására ózon, azaz O_3 képződik. A légkörben 25–50 km magasságban így kialakuló *ózonréteg* a Napból érkező ultraibolya sugárzás jelentős részét elnyeli.

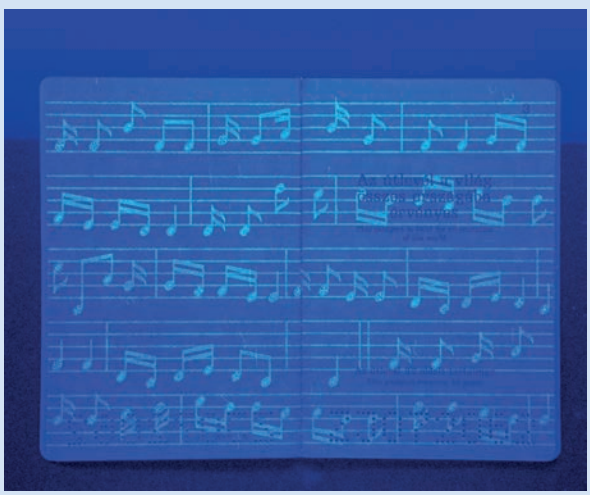
Az infravörös és az ultraibolya sugárzás sok tekintetben hasonlít a látható fényhez: homogén közegben egyenesen terjed, új közeg határán visszaverődik, illetve megtörik, gyűjtőlencsével vagy homorú tükörrel fókuszálható stb. Izzó szilárd testek színképében mindkettő előfordul. Mindezek alapján mindkettőt jogosan nevezhetjük fénynek. Csupán a mi szemünk nem képes a fény ezen tartományait érzékelni. (A helyzet hasonló, mint az infrahangok és az ultrahangok esetén.)

Érdekesség

Hamisítók ellen. Az ultraibolya fény hatására létrejövő fluoreszkálást felhasználják a bankjegyek, útlevelek és egyéb okmányok hamisításának megnehezítésére is. Olyan jeleket, feliratokat nyomtatnak rájuk, amelyek ultraibolya fény hatására fluoreszkálnak, így jól megkülönböztethetők a közönséges, fénymásolt hamisítványoktól.

Internet

1. A http://www.fizkapu.hu/fizfilm/fizfilm6.html címen található honlapon néhány kisfilm található. Nézd meg a *Az infravörös sugárzás* címűt, amely a lecke első ábráján vázolt kísérletről készült! (A kísérletet elektromos hőmérővel végezték.) Mekkora hőmérsékletet mértek árnyékban, továbbá a vörös és az infravörös tartományban?
2. Nézd meg a http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0388.jpg címen található képet! Magyarázd meg a látottakat! Vajon milyen irányba néz a ház két nagy ablaka?
3. A képen egy útlevél látható ultraibolya fényben. Nézd meg a képet és a látható fényben készített változatát a http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fizfoto6.html címen található weblapon! Minek a kottáját tartalmazza az útlevél minden második oldalpárja? Ha lehetőséged van rá, nézz meg pénzvizsgáló lámpa fényében egy útlevelet!



Érdekesség

Szemünk védelme. Az ultraibolya fény *kötőhártya-gyulladást* okoz. Emiatt nyáron célszerű olyan napszemüveget viselni, amely az ultraibolya sugaraktól is véd. Kvarcolás közben szintén védőszemüveget kell használni. A *hegesztésnél* a vakító fény mellett erős ultraibolya és hősugárzás is keletkezik. Ez súlyos szemgyulladást, illetve a bőrfelületeken a leégéshez hasonló tüneteket okoz. A hegesztésnél ezért beépített *fényvédővel ellátott védőpajzsot és kesztyűt* kell használni, továbbá célszerű hosszú ujjú ruházatot viselni.



Érdekesség

Barnulás. Az ultraibolya sugárzás nélkülözhetetlen a D-vitamin képződéséhez. Az ultraibolya sugárzás fokozza a bőrben a festékképződést is, ez viszont leárnyékolja a bőr mélyebb rétegeit. Ez a mechanizmus nyáron védelmet nyújt az intenzív ultraibolya sugárzás káros hatásaival szemben. A nyár elején, amikor a bőrben alig van festékanyag, a túl sok napozás bőrgyulladást, súlyosabb esetben bőrrákot okozhat. Különösen a déli órák veszélyesek, mert a sugarak ilyenkor közel merőlegesen haladnak át a levegőn. A levegőben megtett útjuk ekkor viszonylag rövid, így az ultraibolya sugárzásból a légkörben kevesebb nyelődik el, mint laposabb beesésnél.

A nyári napfény biztosítja a szükséges ultraibolya fényt. Télen viszont szükség lehet a mesterséges pótlására is, ehhez kvarclámpa használható. Ebben higanygőzzel töltött kisülési cső van. Mivel a közönséges üveg elnyelné az ultraibolya fényt, a cső burája kvarcüvegből készül. Emiatt nevezik ezt az eszközt kvarclámpának. A szoláriumokban olyan kvarclámpákat használnak, melyek külső megjelenésükben a fénycsövekhez hasonlítanak.



Érdekesség

Reszkessetek bacilusok! Az ultraibolya fény *fertőtlenítésre* is használható, mert roncsolja a kórokozók DNS-ét. Hatására ugyanakkor a levegő oxigénjéből ózon is keletkezik, ami szintén fertőtlenítő hatású. Kórházakban eszközök, orvosi műszerek fertőtlenítésére alkalmazzák. Az uszodák vízforgató berendezéseiben az uszodavíz, a vízművekben az ivóvíz fertőtlenítésre használják.

Kérdések és feladatok

1. Nézd meg újra a klorofill és karotin fényelnyelési görbéjét a 19. leckében! Vajon az ibolyához közeli ultraibolya fényt is elnyelik? Hogyan nyelik el a vöröshöz közeli infravörös fényt? Válaszaidat indokold!
2. Napszemüveg nélkül napon tartózkodni kevésbé veszélyes, mint ha olyan napszemüveget viselünk, amely az ultraibolya sugarakat átengedi, és csak a látható fényt csökkenti. Miért?
3. Hogyan jut el a Nap infravörös fénye a Föld felszínére? Hogyan melegíti fel a levegőt, ha nem nyelődik el benne? Miért hidegebb a légkör felső része?



24. A TELJES ELEKTROMÁGNESES SZÍNKÉP

A látható, az infravörös és az ultraibolya fény hasonló tulajdonságú. Környezetünkben számos olyan sugárzás létezik, amely hasonló tulajdonsággal rendelkezik. Ezek az *elektromágneses sugárzások* vagy másik elnevezéssel *elektromágneses hullámok*. Közéjük tartoznak a rádióhullámok, a mikrohullámok, a röntgensugárzás és a gamma-sugárzás.

Rádióhullámok és alkalmazásuk

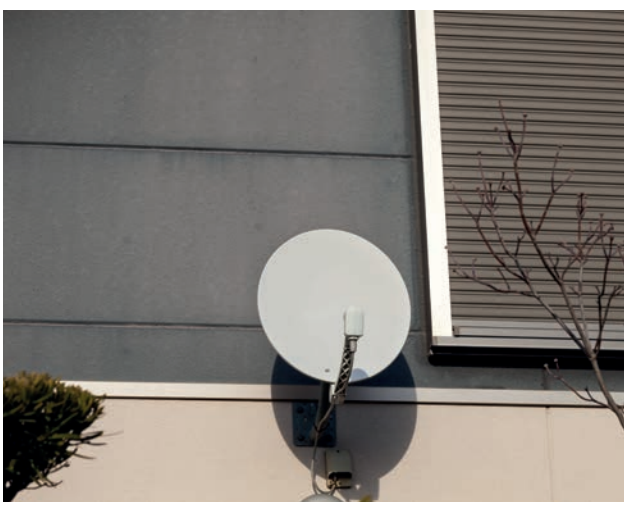
A *rádióhullámok* előállítása elektronikus úton történik. Egy elektronikus áramkörben olyan *váltakozó feszültséget* állítanak elő, melynek frekvenciája jellemzően 10^4 Hz és 10^{10} Hz között van. Ezt egy *antenna* sugározza ki, az így keletkező sugárzást nevezik rádióhullámnak.

A rádióhullámok a fényhez hasonlóan légüres térben fénysebességgel, egyenes vonalban terjednek. A különféle anyagok (elsősorban a fémek) felületéről visszaverődnek. A szigetelőanyagokon áthatolnak, azaz a szigetelők a rádióhullámok számára átlátszóak. Új közegbe lépve a fényhez hasonlóan megtörnek. A visszaverődést felhasználva homorú tükörrel fókuszálhatók is. Például a műholdvevők a 36 000 km magasan keringő műhold rádióhullámait veszik. A gyenge jeleket homorú tükör fókuszálja a vevőantennára.

A rádióhullámokat a vevőantenna alakítja vissza váltóárammá. Ez a nagyon gyenge váltóáram jut a rádióvevőben található elektronikus áramkörökbe. A rádióhullámokkal többféle információ továbbítható: vezérlőjelek (rádió-távirányítású eszközök), hang (rádió), kép (televízió), digitális jelek (mobiltelefon, wifi, Bluetooth, GPS).

Érdekesség

Parabolaantenna. A homorú tükörből és vevőfejből álló berendezést a köznyelvben együttesen parabolaantennának nevezik. Az antenna azonban itt a vevőfejbe épített apró alkatrész, mérete csupán 1-2 centiméter.



Parabolaantenna

Érdekesség

Marconi, Braun és Popov. Guglielmo *Marconi* (1874–1937) olasz fizikus 1894-ben kezdte kísérleteit a Hertz-féle hullámokkal. Marconi 1901-ben már az Atlanti-óceánon át is tudott rádióüzenetet küldeni. Marconi később rádióvevőjében felhasználta a Karl Ferdinand *Braun* (1850–1918) német fizikus által felfedezett félvezető diódát. Tevékenységéért Braunnal együtt 1909-ben fizikai Nobel-díjat kapott. A rádió kifejlesztésében jelentős munkát végzett Alekszandr *Popov* (1859–1906) orosz mérnök. 1895-ben berendezésével már 4 km távolságra tudott jeleket küldeni. Popov találta fel az antennát is.

Érdekesség

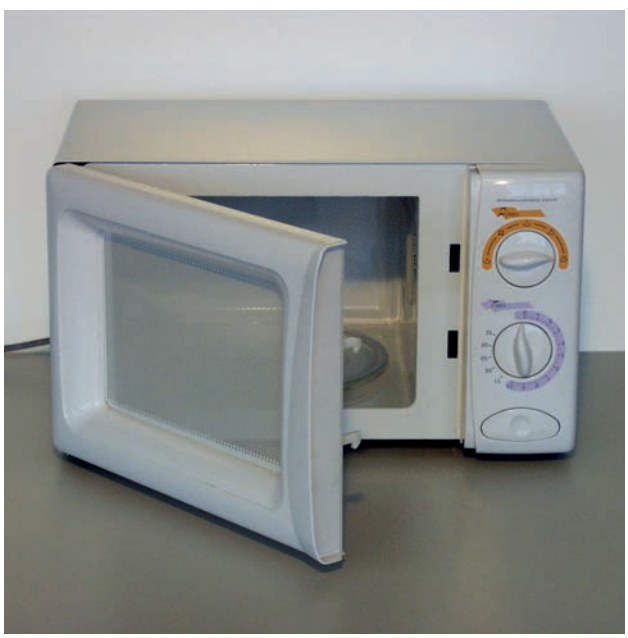
Európa-csúcs Lakihegyen. A *Magyar Rádió* adásai 1924-ben indultak meg. Az 1930-as években átadott stúdiók akusztikai (hangtani) tervezését *Békésy György* végezte, aki később a hallási folyamatok vizsgálatáért 1961-ben orvosi Nobel-díjat kapott. A Csepel-szigeten 1933-ban üzembe helyezett, 307 m magas *lakihegyi adótorony akkor Európa legmagasabb építménye volt.* A Magyar Televízió kísérleti adásai 1955-ben kezdődtek meg.

Mikrohullámok és alkalmazásuk

A *mikrohullámok* frekvenciája jellemzően 10^4 Hz és 10^{10} Hz között van. Előállításuk többnyire a *magnetron* nevű, erre a célra kifejlesztett eszközben történik. Ezt eredetileg a *radarberendezések* gyártásához fejlesztették ki, de a *mikrohullámú sütők* belsejében is magnetron van. A mikrohullámok terjedési tulajdonságai gyakorlatilag megegyeznek a rádióhullámokéval.

A mikrohullámok fontos alkalmazási területe a radar. A radarkészülék adóberendezése homorú tükörrel párhuzamossá alakított mikrohullámú sugárnyalábot bocsát ki. A tükör helyzete meghatározza a nyaláb irányát. A mikrohullámok a tárgyakról (repülő, hajó, esőcseppek) visszaverődnek. A visszavert hullámok a vevőkészülékbe jutnak. A kibocsátás és visszaérkezés közt eltelt időtartamból a fénysebesség ismeretében a tárgy távolsága meghatározható. Az irány a tükör helyzetéből adódik. A radarok többségénél a tükör az antennával együtt forgatható, és a berendezés rövid időn belül sok mérést elvégezve képes térképszerűen megjeleníteni a környezetében elhelyezkedő testeket (repülőgépek, hajók, zivatar).

A mikrohullámok másik alkalmazása a mikrohullámú sütő. Ezek mindegyikében 2450 MHz, azaz 2 450 000 000 Hz frekvenciájú mikrohullámot állítanak elő. *Az ilyen frekvenciájú hullámot a víz ugyanis jól elnyeli, a víz által elnyelt mikrohullámok pedig felmelegítik a vizet.* Mivel az élelmiszerekben sok víz van, a mikrohullámokkal hamar és egyenletesen lehet



Mikrohullámú sütő



Radarantenna

Érdekesség

Sarokreflektor radarhoz. A hajózásban olyan bójákat is használnak, amelyeken három, egymásra merőleges fémlapból összeállított *sarokreflektor* van. Ez a radarforrás felé veri vissza a radarsugarakat, akárcsak a három egymásra merőleges tükör a fénysugarakat (*12. lecke, 59. oldal, 2. kísérlet*). A hajóról kibocsátott radarhullámok nagy része így a hajó felé verődik vissza, megkönnyítve a bója észlelését. Ugyanilyen sarokreflektorokat hajókon is elhelyeznek, hogy a hajó észlelését más hajók radarjai számára megkönnyítsék.



- Olvasd el a Wikipédia *Visszatükrözés* című szócikkét!

az ételeket felmelegíteni, illetve megfőzni. További előnye a mikrohullámoknak, hogy a szigetelőanyagok nem nyelik el őket. Az üvegből, kerámiából vagy műanyagból készült edények így nem melegednek fel a mikrohullámoktól. Az arany vagy ezüst díszítésű porcelánedényeket viszont nem szabad a mikrohullámú sütőbe tenni. A fémdíszítésben mint antennában ugyanis olyan erős áram keletkezik, amely megolvasztja a díszítést.

Röntgensugárzás és alkalmazásai

A *röntgensugárzás* frekvenciája jellemzően 10^{16} Hz és 10^{19} Hz között van. Előállításuk többnyire a *röntgencsőben* történik, de a csillagok egy része is bocsát ki röntgensugárzást.



Röntgencső

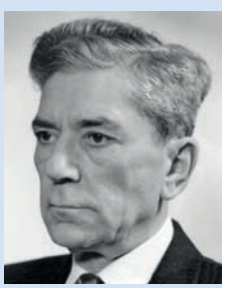
A röntgensugárzás homogén közegben egyenesen terjed. Légüres térben a terjedési sebessége megegyezik a fénysebességgel. A filmen feketedést okoz. A fotoellenállások, fotodiódák és képérzékelők szintén érzékelik a röntgensugárzást. A röntgensugárzás hatására egyes anyagok fluoreszkálnak, illetve foszforeszkálnak. Az élőlények szintén érzékenyek rá, a túl sok röntgensugárzás a leégéshez hasonló tüneteket, illetve rákot okozhat. A röntgensugárzás legismertebb tulajdonsága, hogy nagy az áthatolóképessége. Az áthatolóképesség függ az anyagtól. A nagy atomtömegű anyagok jobban, a kisebb atomtömegűek kevésbé nyelik el a röntgensugárzást.

A röntgensugarak vizsgálati célra történő alkalmazása is ezen alapul. Az élő szervezetek elsősorban szén-. hidrogén-, oxigén-, nitrogénatomokat tartalmaznak. A csontokban azonban jelentős mennyiségű kalcium is van. Ezeknek az anyagoknak a relatív atomtömege kerekítve a következő:

Kísérletek

1. Tegyél egy fél bögre vizet a mikrohullámú sütőbe, és melegítsd fél percen át! Kezeddel óvatosan(!) tapogasd meg, hol melegedett fel a bögre! Magyarázd meg tapasztalataidat!
2. Határozd meg GPS-készülék, okostelefonba vagy tabletbe épített GPS segítségével lakásod vagy iskolád koordinátáit! Ellenőrizd mérésed eredményét úgy, hogy a koordinátákat beírod a Google Térkép keresősorába! Nézd meg, hogy a mérés helyszíne jelenik-e meg a keresés eredményeként!

Érdekesség



Holdradar-kísérlet. *Bay Zoltán* (1900–1992) magyar fizikusnak és kutatócsoportjának 1946. február 6-án sikerült a Holdra kisugárzott és onnan visszaverődött radarhullámokat kimutatnia. Bay ekkor a budapesti Egyesült Izzó kutatólaboratóriumának vezetője volt. Az elsőbbség e téren azonban az amerikai J. H. *Dewitt* csoportjáé lett, akik 1946. január 10-én végzett hasonló kísérleteikkel megelőzték Bay Zoltánt.

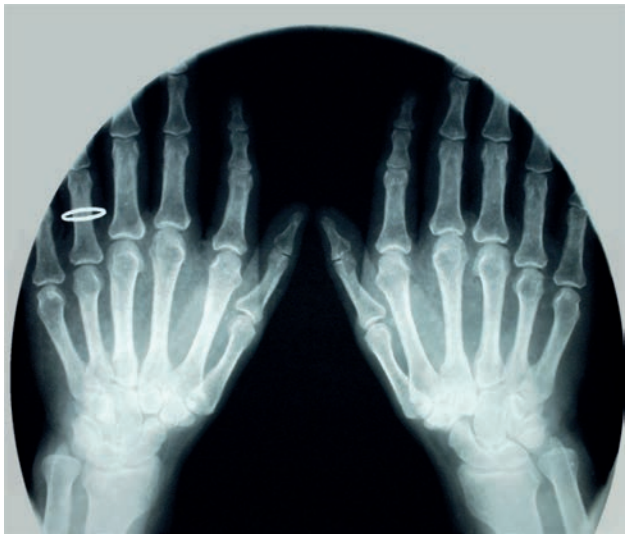
Internet

1. Keress radarképeket zivatarokról az *Országos Meteorológiai Szolgálat* (OMSZ) honlapján! Az OMSZ honlapja a http://www.met.hu/ címen érhető el.
2. A www.flightradar24.com címen elérhető weblapon folyamatosan nyomon követhető a *repülőgépek helyzete és útvonala*. Nézd meg az oldalt, illetve nézd meg a rendszer működését ismertető oldalt a http://www.flightradar24.com/how-it-works címen. Hol használ *Flightradar24* rendszer rádióhullámokat? A honlapnak van okostelefonra, tabletre írt változata is. Ha a földről látható repülőgépet a kamerával „megcélozod”, akkor ez az applikáció képes a gép azonosítására is.
3. Nézz utána, milyen módszerekkel védik a röntgensugárzástól a röntgenkészülékek közelében dolgozókat!

Anyag	szén	hidrogén	oxigén	nitrogén	kalcium
Relatív atomtömeg	12	1	16	14	40

Látható, hogy a kalcium atomjainak tömege lényegesen nagyobb, mint a többi anyagé. Emiatt a röntgensugarak a kalciumtartalmú csontokban jobban elnyelődnek, mint a lágy szövetekben. A röntgenképeken a csontok így jól látható árnyékot hoznak létre. A röntgensugárzást ezért a felfedezésétől kezdve használják orvosi vizsgálatokra. A kép egy olyan személy kezéről készült, akinek hat-hat ujja volt.

Az iparban öntvények, hegesztések „átvilágítására” használják, mert segítségével a rejtett öntési hibák, repedések felfedezhetők.



Hatujjú kéz röntgenképe

Gamma-sugárzás

A *gamma-sugárzás* frekvenciája jellemzően 10^{19} Hz-nél is nagyobb. Atommag-átalakulásokban és egyéb részecskefizikai folyamatokban keletkezik. Tulajdonságai hasonlóak a röntgensugárzás tulajdonságaihoz. Ugyanúgy nagy az áthatolóképessége, és az élő szervezetre is ugyanolyan hatást fejt ki. A gamma-sugárzás a jelenleg ismert legnagyobb frekvenciájú elektromágneses hullám.

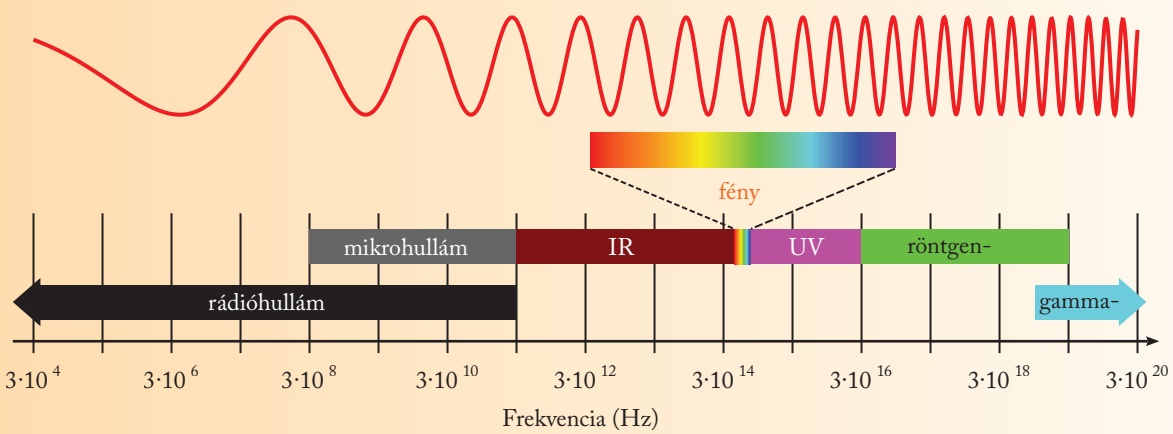
A most megismert elektromágneses sugárzások, valamint az infravörös, a látható és az ultraibolya fény jellemzői több tekintetben megegyeznek:

- **Légüres térben fénysebességgel haladnak.**
- **Homogén közegben egyenes vonalban terjednek.**
- **Elektromágneses kölcsönhatásra képesek.**
- **További vizsgálatok szerint hullámként terjednek.**

Mindezek alapján ezeket a sugárzásokat elektromágneses hullámoknak nevezzük. Az elektromágneses hullámok legfontosabb tulajdonságai az ábrán láthatók.

Jó tudni!

Az elektromágneses hullámok különféle kölcsönhatásokban vesznek részt. Megfigyelhetjük azonban, hogy *egy adott kölcsönhatás csak egy adott értéknél nagyobb frekvenciájú elektromágneses hullámoknál jön létre*. Például a rádióhullámok és a mikrohullámok nem okoznak feketedést a filmeken, az infravörös fény és a nála nagyobb frekvenciájú elektromágneses hullámok viszont igen. A cink-szulfid csak az ultraibolya fény és az annál nagyobb frekvenciájú elektromágneses hullámok hatására fluoreszkál. Ugyanígy az elektromágneses hullámok közül bőrleégést, illetve rákos megbetegedést is csak az ultraibolya fény és annál nagyobb frekvenciájú hullámok idézhetnek elő. Mindezek mélyebb okáról középiskolában lesz szó.



Az elektromágneses hullámok

Érdekesség

Röntgen és az X-rays. Wilhelm Conrad *Röntgen* (1845–1923) német fizikus, a würzburgi egyetem professzora 1895-ben fedezte fel a később róla elnevezett, addig ismeretlen sugárzást. Mivel az ismeretlent gyakran x-szel jelölik, Röntgen az ismeretlen sugárzást X-sugárzásnak (németül: X-Strahlung, angolul: X-rays) nevezte. Angol nyelvterületen ma is ez utóbbi elnevezést használják. Röntgen kísérletei során észrevette a sugárzás nagy áthatolóképességét és a csontokban történő elnyelődését. Ennek alapján szinte azonnal elkezdődött a sugárzás orvosi alkalmazása is. Röntgen 1901-ben felfedezéséért megkapta a fizikai Nobel-díjat. Ő volt az első fizikai Nobel-díjas, mivel a Nobel-díjak kiadását ebben az évben kezdték el.





Kérdések és feladatok



1. Mennyi idő alatt ér a 36 000 km magasan éppen fölötted elhaladó GPS-műhold jele a GPS-vevőbe?
2. Mennyi idő alatt ér a solti rádióadótól a lakásotokig a rádióadás?
3. Miért kell lehetőleg kerülni a terhes nők röntgenvizsgálatát?
4. Mennyi idő alatt érnek a mobiltelefonod rádiójelei a 3 kilométerre levő toronyba?

FIZIKAI VIZSGÁLATOK

1. Állíts az asztalon fekvő papírlap egyik sarkába egy vashengert, az átlósan szemben levő sarokba pedig egy pontosan ugyanekkora alumíniumhengert! Rajzold körül ceruzával a hengereket! Ezután helyezz egy függőleges helyzetű üveglapot a két henger közé! Mozgasd addig az üveglapot, amíg az alumíniumhenger tükörképe egybe nem esik a vashengerrel!
   a) Figyeld meg, mekkora az alumíniumhenger képe a vashengerhez képest!
   b) Jelöld be ceruzával az üveglap helyét a papíron!
   c) Mi volt a tárgy a kísérletben?
   d) Hol keletkezett a kép a kísérletben?
   e) Mérd meg a tárgytávolságot és a képtávolságot! Hasonlítsd össze őket!

2. A fényképen a tükörben is olvashatók a pirossal írt szavak. Végezd el te is a kísérletet a keretben látható szavakkal! Adj magyarázatot a jelenségre! Keress te is hasonló „piros betűs” szavakat!





3. Nézd a tollad képét egy síktükörben! Melyek a keletkező kép jellemzői? Helyezz közvetlenül a síktükör felületére egy gyűjtőlencsét! Figyeld meg az így összeállított optikai rendszer által a tollról létrehozott képet különböző helyzetekben! Melyek a keletkező kép jellemzői az egyes helyzetekben? Milyen optikai eszközhöz hasonlít ez az optikai rendszer?

BOCI BOCI TARKA

IDE DOBD EBBE

HIDD A DECI < ICCE

EDD NE IDD

HOBBID A HECC

ÖSSZEFOGLALÁS

A fény

A fény légüres térben 299 792 458 m/s sebességgel terjed, ezt a sebességet röviden *fénysebességnek* nevezzük. Ennél gyorsabban egyetlen test sem mozoghat, és semmilyen hatás sem terjedhet gyorsabban. Légüres térben azonban az összes elektromágneses hullám ugyanekkora sebességgel halad. A különféle átlátszó anyagban a fény sebessége ennél az értéknél kisebb.

Homogén közegben a fény (és az összes elektromágneses hullám) *egyenes vonalban terjed*.

A fényvisszaverődés törvénye

Új közeg határán a fény egy része visszaverődik.

– A beeső sugár, a beesési merőleges és a visszavert sugár egy síkban van.
– A beesési szög és a visszaverődési szög ugyanakkora.

A fénytörés törvénye

Az átlátszó közeg határán a fény egy része áthatol és többnyire megtörik.

– A beeső sugár, a beesési merőleges és a megtört sugár egy síkban van.
– A merőlegesen beeső fénysugár törés nélkül halad tovább.
– Minden más esetben
  a) ha a fény optikailag ritkább anyagból sűrűbb anyagba lép, akkor a törési szög kisebb, mint a beesési szög;
  b) ha a fény optikailag sűrűbb anyagból ritkább anyagba lép, akkor a törési szög nagyobb, mint a beesési szög.

A *teljes fényvisszaverődés* akkor jön létre, ha a fény optikailag sűrűbb közegben haladva egy optikailag ritkább közeg határfelületéhez érkezik, és a beesési szög elég nagy. Teljes visszaverődésnél a teljes fénymennyiség visszaverődik.

Optikai eszközök

Ha *párhuzamos fénysugarak* érkeznek egy optikai eszközre, akkor a különféle eszközök után a fénysugarak útja a következő lehet:

– A *síktükör* a beeső párhuzamos fénysugarakat párhuzamos nyalábként veri vissza.
– A *homorú tükör* és a *gyűjtőlencse* a beeső párhuzamos fénysugarakat a fókuszban gyűjti össze.
– A *domború tükör* és a *szórólencse* a beeső párhuzamos fénysugarakat széttartóvá teszi, mintha azok a látszólagos fókuszból indultak volna.

Valódi kép keletkezik, ha az optikai eszköz a tárgy egy pontjáról kiinduló széttartó fénysugarakat egy pontba gyűjti össze. A valódi kép ernyőn felfogható. *Látszólagos kép* keletkezik, ha a tárgy egy pontjáról kiinduló széttartó fénysugarak az optikai eszköz után is széttartóak, de a visszafelé történő meghosszabbításuk egy pontban metszi egymást. A látszólagos kép nem fogható fel ernyőn.

– A *síktükör* mindig látszólagos, egyenes állású, a tárggyal azonos nagyságú képet hoz létre.
– A *homorú tükör* és a *gyűjtőlencse* a tárgy helyzetétől függően valódi és látszólagos, illetve kicsinyített és nagyított képet is létrehozhat.
– A *domború tükör* és a *szórólencse* mindig látszólagos, egyenes állású, a tárgynál kisebb képet hoz létre.



Az *emberi szem* a látás szerve. A szemlencse és az üvegtest gyűjtőlencseként működik, és kicsinyített, fordított állású, valódi képet hoz létre az ideghártyán. Ha a szem nem az ideghártyán hoz létre képet, hanem előtte vagy mögötte, akkor *szemüveggel* vagy kontaktlencsével a látáshiba általában megszüntethető.

A fehér fény

A fehér fény prizmával a szivárvány színeire bontható. A különféle színű fények additív vagy szubtraktív módon keverhetők. A szivárvány színeinek additív keverésével fehér fényt kapunk. A vörös, zöld és kék alapszínek additív keverésével tetszőleges szín létrehozható (RGB színkeverés).

Fényforrások

A *fényforrások* olyan testek, melyek fényt bocsátanak ki. Csoportosításuk: elsődleges–másodlagos fényforrások, természetes–mesterséges fényforrások. A világítástechnikában aszerint is csoportosíthatjuk őket, hogy milyen folyamat során hozzák létre a fényt (izzás, kémiai folyamat, biológiai folyamat stb.). A fényforrások és világítótestek helyes megválasztásával jelentős energia és pénz takarítható meg, továbbá a környezet is kevésbé sérül (fényszennyezés, környezetkárosító anyagok).

Csillagászat

Az égitestek egy része szintén fényforrás. Közülük csak a csillagok (köztük a Nap) és a meteorok elsődleges fényforrások. A bolygók, holdak és üstökösök másodlagos fényforrások. Az égitestek mozgását sokáig a geocentrikus elképzeléssel magyarázták. Csak Kopernikusz, Galilei, Kepler és Newton munkássága nyomán alakult ki a heliocentrikus világkép. A Kepler-törvények pontosan leírják az égitestek mozgását, a Newton-törvények pedig megadják e mozgások dinamikai (erőtani) okait.

Elektromágneses színkép

A látható fényhez hasonló sugárzások vizsgálatával kiderült, hogy a teljes elektromágneses színképnek csupán egy szűk tartományát tudjuk a szemünkkel érzékelni. A teljes színkép tartományai: rádióhullámok, mikrohullámok, infravörös fény, látható fény, ultraibolya fény, röntgensugárzás, gamma-sugárzás.

Kérdések és feladatok

1. Az ismert öt optikai eszköz közül melyek hozhatnak létre
   a) nagyított képet,
   b) kicsinyített képet,
   c) valódi képet,
   d) látszólagos képet?

2. Az ismert öt optikai eszköz közül melyek nem hozhatnak létre
   a) nagyított képet,
   b) kicsinyített képet,
   c) valódi képet,
   d) látszólagos képet?

3. Csoportosítsd a felsorolt eszközöket aszerint, hogy *szokásos használatuk közben* valódi vagy látszólagos képet hoznak létre! Mikroszkóp, fényképezőgép, visszapillantó tükör, kozmetikai tükör, egyszerű nagyító, vetítőgép, tükröződő ablaküveg, ablaküveg (átnézéskor).

4. A síktükörre beeső fénysugár 30°-os szöget zár be a tükörrel. Mekkora a beesési szög? Mekkora a visszaverődési szög?

5. A levegőből vízbe belépő fénysugár törési szöge 45°. Mekkora lehet a beesési szög? Mekkora lehet a beeső sugár és a vízfelszín közti szög?

6. Minden egyes felsorolt égitestnél nevezd meg a központi égitestet! Föld, Hold, Jupiter, Vénusz, Io, üstökös, kisbolygó, exobolygó.

7. Csoportosítsd a felsorolt fényforrásokat aszerint, hogy elsődleges vagy másodlagos fényforrások! (A mesterséges fényforrásoknál a kérdés a bekapcsolt, üzem közbeni állapotra vonatkozik.) LED-lámpa, Vénusz, Nap, lézer, exobolygó, meteor, infralámpa, Sarkcsillag, kompakt fénycső, üstökös.

8. Rakd frekvenciájuk szerint *csökkenő sorrendbe* a felsorolt elektromágneses sugárzásokat! Sárga fény, pénzvizsgáló lámpa fluoreszkálást okozó sugárzása, gamma-sugárzás, a solti rádióadó sugárzása, zöld fény, röntgensugárzás, hősugárzás, mikrohullám.

FOGALOMTÁR

A tankönyvben előforduló fizikai fogalmak, kifejezések jegyzéke.

Az ábécérendben közölt fogalmak, kifejezések értelmezése után zárójelben közöljük annak a leckének a számát, amelyben a fogalmak, kifejezések először fordulnak elő, illetve amelyben azok értelmezése szerepel.

akkumulátor Olyan áramforrás, amelyben az energia csökkenése során fellépő anyagátalakulások megfordíthatók, ha rajta keresztül ellenkező irányú áramot vezetünk át. Amikor az akkumulátort használjuk, akkor a kémiai energia elektromos energiává alakul át; amikor pedig „töltjük" az akkumulátort, akkor az elektromos energia alakul át kémiai energiává. (3.)

amper (A) Az áramerősség mértékegysége. André Marie Ampère (amper) francia fizikusról nevezték el. (4.)

áramerősség A zárt áramkörben a vezetéken áthaladó áram erőssége annál nagyobb, minél több elektron halad át a vezeték keresztmetszetén ugyanannyi idő alatt. Az áramerősség jele: *I*. Mértékegysége: amper (A), mA. (4.)

áramforrás Olyan készülék, amely tartós töltésáramlást képes fenntartani. Áramforrás pl. a „ceruzaelem", a zsebtelep, az akkumulátor, a napelem, a generátor. (3.)

áramkör Az elektromos áramkör részei: az áramforrás, a fogyasztó, a vezetékek és a kapcsoló. (3.)

beesési merőleges A tükör felületére bocsátott fénysugár visszaverődik. A víz felszínére eső fénysugár megtörik. Merőlegest állítunk abba a pontba, amelyben a fény visszaverődik, illetve megtörik. Ez a merőleges a beesési merőleges. Ehhez viszonyítva mérjük a beesési szöget, illetve a visszaverődési és törési szöget. (12.)

biztosító Ha az áramkörben a megengedettnél nagyobb az áramerősség, akkor a vezeték felmelegszik, tüzet, balesetet okozhat. Ennek megelőzésére biztosítót iktatnak az áramkörbe. Az olvadóbiztosítóban alacsony olvadáspontú huzal van, amely a megengedettnél nagyobb áramerősség esetén megolvad, és így megszakítja az áramkört. Az automata biztosítóban elektromágnes van, amely a megengedettnél nagyobb áramerősség esetén magához vonz egy érintkezőt, s ezáltal megszakítja az áramkört. (7.)

domború lencse A domború lencsére bocsátott párhuzamos fénysugarak a lencsén áthaladva, egy pontban, a gyújtópontban (fókuszban) találkoznak. A gyújtópontba helyezett fényforrásból kiinduló fénysugarak a lencsén áthaladva, párhuzamosan haladnak tovább. (16.)

domború tükör A domború tükörre eső párhuzamos fénysugarak széttartóan verődnek vissza a tükörről. (15.)

egyszerű nagyító Ha a domború lencsét egyszerű nagyítóként akarjuk használni, akkor a lencsét olyan közel kell a tárgyhoz tartanunk, hogy az a lencse fókusztávolságán belül legyen. Ebben az esetben a lencsén át nagyított, a tárggyal megegyező állású, látszólagos képet látunk. (17.)

elektrolit A savak, lúgok, sók vizes oldatai vezetik az elektromos áramot. Ezeket az anyagokat elektrolitoknak nevezzük. Az elektrolitokban az ionok áramlásaként jön létre az elektromos áram. (3.)

elektromágnes A elektromágnes vasmagból és az azt körülvevő tekercsből áll. Ha áramforráshoz kapcsoljuk, akkor mágneses hatást mutat. Elektromágnest alkalmaznak pl. a teheremelő mágnesben, az elektromos csengőben, az automata biztosítóban, a forgótekercses és a lágyvasas műszerben. (7.)

elektromos áram Az elektromosan töltött részecskék egyirányú áramlása. A fémekben a könnyen mozgó elektronok áramlásaként, az elektrolitokban a pozitív és negatív ionok áramlásaként jön létre az elektromos áram. (3.)

elektromos energia Az energia egyik fajtája. Elektromos energiát áramforrásokkal állíthatunk elő valamilyen más energiafajtából; pl. vegyi energiából galvánelemekkel, mechanikai energiából generátorokkal, termikus (belső) energiából termoelemekkel, a napsugárzásból napelemekkel. Az elektromos energiát a különféle fogyasztókkal alakíthatjuk át más energiává. (3.)

elektromos fogyasztás Az elektromos készülékek használata közben bekövetkező energiaváltozást, elektromos munkát fogyasztásnak is szokás nevezni. A lakásokban felszerelt fogyasztásmérő is azt méri, hogy a különböző elektromos készülékek használata során mennyi elektromos energiát használtunk fel. Az elektromos fogyasztás jele: *W*. Mértékegysége: kWh. Kiszámítása: $W = P \cdot t$. (9.)

elektromos hálózat Az erőművek generátoraiban előállított elektromos energiát transzformátorokkal nagyfeszültségűvé alakítják át. Így kisebb veszteséggel szállítható nagy távolságra. A távvezetékek feszültsége több ezer volt. A települések, üzemek közelében transzformátorok segítségével kisebb feszültségűvé alakítják át az elektromos energiát. A lakásokban 230 V a hálózati váltakozó áram feszültsége. (10.)

elektromos kölcsönhatás Az elektromos töltéssel rendelkező testek közötti kölcsönhatást elektromos kölcsönhatásnak nevezzük. A különböző töltésű testek vonzzák, az azonos töltésű testek taszítják egymást. Elektromos kölcsönhatás van az elektromos töltéssel rendelkező test és a semleges test között is. (2.)

elektromos motor Mozgási energiává alakítja át az elektromos energiát, az álló- és forgórész között fellépő mágneses kölcsönhatás révén. A tekercsen áthaladó elektromos áram mágneses mezőt hoz létre, amely kölcsönhatásba lép a közelében levő mágnessel vagy elektromágnessel. A mágneses pólusok közötti folytonos vonzást, illetve taszítást a forgórész tengelyén levő érintkezők és a hozzájuk csatlakozó szénkefék segítségével biztosítják. (7.)

elektromos munka Az elektromos fogyasztók által felvett energia. Az elektromos munka jele: *W*. Mértékegysége: J, kJ. Kiszámítása: $W = U \cdot I \cdot t$. (8.)

elektromos műszer A feszültség és az áramerősség mérésére szolgáló eszköz. A forgótekercses műszerben az állandó mágnes és a tekercsen átfolyó elektromos áram által keltett mágneses mező közötti kölcsönhatás következtében tér ki a műszer mutatója. A lágyvasas műszerben a tekercs körül kialakuló mágneses mező és a lágyvas közötti mágneses hatás következtében tér ki a mutató. Minél nagyobb a tekercsen áthaladó áram erőssége, annál nagyobb a mutató kitérése. (4.)

elektromos teljesítmény Az elektromos fogyasztókat jellemző egyik mennyiség. Az elektromos teljesítmény jele: *P*. Mértékegysége: watt (W), kW. Kiszámítása: $P = U \cdot I$. (8.)

elektromos töltés Kétféle elektromos töltés van: pozitív (+) és negatív (–). Az anyagokat felépítő részecskék közül a proton pozitív, az elektron negatív töltésű. A semleges testekben a kétféle töltés száma megegyezik. Két test összedörzsölése során az egyik test elektronokat veszít (pozitív töltésű lesz), a másikon elektronfelesleg jön létre (negatív töltésűvé válik). (2.)

elektron Az atommag körül keringő negatív töltésű elemi részecske. Az elektron tömege a hidrogénatom tömegének az 1840-ed része. (2.)

elektroszkóp A testek elektromos állapotát vizsgáló eszköz. (2.)

elektrosztatika Az elektromosságtannak az az ága, amely az elektromos töltések által létrehozott jelenségek vizsgálatával foglalkozik. (A dörzsöléssel elektromossá tett testek közötti vonzás, taszítás; a töltéssel rendelkező testek közötti vonzóerő vizsgálata stb.) (1.)

élettani hatás Az emberi testen áthaladó elektromos áram hő- és vegyi hatása olyan elváltozásokat okozhat, amelyek súlyos esetben életveszélyesek is lehetnek. Az áram szervezetre gyakorolt hatásait összefoglalóan élettani hatásnak nevezzük. Az 50 V feletti feszültség már életveszélyes is lehet. A 230 V feszültségű hálózati áramforráshoz kapcsolt készülékeket csak fokozott elővigyázatossággal szabad használni! (4.)

ellenállás A fogyasztó két kivezetése között mért feszültség és a fogyasztón áthaladó áram erősségének a hányadosaként meghatározott fizikai mennyiség. Az ellenállás jele: *R*. Mértékegysége: Ω (ohm). Kiszámítása: $R = \frac{U}{I}$. (6.)

energiatakarékosság Az elektromos energia nagy előnye, hogy könnyen átalakítható más energiává. Tiszta, nem szennyezi a környezetet. A hőerőművek azonban az előállításhoz szükséges tüzelőanyagok elégetése révén károsítják a környezetet. Ezért minden területen szükséges takarékoskodnunk az energiával: csak addig tartjuk bekapcsolva a fogyasztókat, míg szükséges; energiatakarékos (jó hatásfokú) fogyasztókat használunk stb. (10.)

feszültség Az áramforrásra jellemző mennyiség. A feszültség jele: *U*. Mértékegysége: volt (V), kV. A ceruzaelem feszültsége 1,5 V, a zsebtelep feszültsége 4,5 V, a hálózati áramforrás feszültsége a lakásokban 230 V. (5.)

fényforrás Olyan test, amely fényt bocsát ki magából. Fényforrás pl. a Nap, az izzólámpa, a villám, a parázs, a gyertya lángja, a fényreklám, a szentjánosbogár. (11.)

fényképezőgép A fényképezőgépben levő lencse a távoli tárgyakról kicsinyített, fordított állású, valódi képet állít elő a fókusz és a fókusztávolság kétszerese között. (11.)

fényterjedés A fény azonos anyagban (közegben) egyenes vonalban terjed. A fény terjedéséhez időre van szükség. A fény 1 másodperc alatt ≈ 300 000 km utat tesz meg a levegőben. (11.)

fénytörés Ha a fénysugár a víz, az üveg vagy más átlátszó anyag (közeg) határához ér, akkor megtörik. A beeső fénysugár, a beesési merőleges és a megtört fénysugár egy síkban van. Ha a fény ritkább anyagból sűrűbb anyagba lép, akkor a törési szög kisebb, mint a beesési szög. Ha a fénysugár sűrűbb anyagból ritkább anyagba lép, akkor a törési szög nagyobb, mint a beesési szög. A merőlegesen beeső fénysugár nem törik meg. (13.)

fényvisszaverődés A tükörre eső fénysugarak visszaverődnek. A beeső fénysugár, a beesési merőleges és a visszavert fénysugár egy síkban van. A visszaverődési szög mindig ugyanakkora, mint a beesési szög. (12.)

fogyasztó Elektromos energiát hasznosító elektromos készülék, eszköz, berendezés. Fogyasztó pl. az izzólámpa, a vasaló, a mosógép, a számítógép, a televízió, a rádió, a magnó, a mobiltelefon, a digitális fényképezőgép, a villanymozdony, a trolibusz. (3.)

frekvencia A hálózati áramforrás váltakozó feszültségű. Ha ehhez fogyasztót kapcsolunk, akkor azon váltakozó áram halad át: az áram erőssége nagyon rövid ideig nő, elér egy maximális értéket, majd kisebb lesz és nullára csökken. Ezután az áramerősség az előzővel ellentétes irányban hasonló módon változik. Ez a váltakozás a magyarországi hálózati áramban 50-szer ismétlődik meg másodpercenként. A hálózati áram nálunk 50 periódusú. Más szavakkal: a hálózati áram *frekvenciája* 50 hertz (herc). Rövidítve: 50 Hz. (10.)

gömbtükrök képalkotása A domború tükörben a tárgy kicsinyített, a tárggyal azonos állású, látszólagos képe látszik. A homorú tükörben keletkező kép tulajdonságai attól függően változnak, hogy hol van a tárgy a tükörhöz viszonyítva (a fókuszon belül, vagy a fókusz és a fókusztávolság kétszerese között, vagy a fókusztávolság kétszeresén kívül). Ettől függően a kép lehet kicsinyített vagy nagyított; a tárggyal megegyező vagy fordított állású; valódi vagy látszólagos; a tükörtől különböző, meghatározott helyen. (15.)

homorú lencse A homorú lencsére bocsátott párhuzamos fénysugarak áthaladva a lencsén, széttartóan haladnak tovább. (16.)

homorú tükör A homorú tükörre bocsátott párhuzamos fénysugarak egy pontban, a fókuszban találkoznak. Ha a gyújtópontba fényforrást helyezünk, akkor a homorú tükörre eső fénysugarak párhuzamosan verődnek vissza. (15.)

hőhatás Az áramforráshoz kapcsolt „ellenálláshuzal" felmelegszik. Az elektromos áramnak hőhatása van. Az elektromos áram hőhatását hasznosítjuk a melegítőkészülékekben. Ilyen készülék pl. az elektromos vasaló, a főzőlap (rezsó), a hajszárító, a kávéfőző. A hőhatást használjuk fel az izzólámpában és az olvadóbiztosítóban is. (4.)

indukció Ha egy sokmenetű tekercsben mágnest mozgatunk, akkor a tekercs végeihez kapcsolt műszer feszültséget jelez. A tekercs mozgatásakor a tekercs végei között *indukált feszültség* jön létre. Indukált fe-

szültség keletkezik akkor is, ha a tekercs közelében elektromágnest mozgatunk, vagy az elektromágnes áramát ki- és bekapcsoljuk, vagy a tekercsben változtatjuk az áramerősséget. Ha a tekercs két végét vezetővel kapcsoljuk össze, akkor *indukált áram* jön létre. (7.)

ion Olyan részecske, amely elektron leadásával vagy felvételével képződik, és így pozitív (+) vagy negatív (–) elektromos töltést mutat. (4.)

iránytű Olyan kis mágnes, amely a tengelye körül elfordulhat. Az iránytű megközelítőleg észak–déli irányba mutat. (1.)

kapcsoló Az áramkör zárására és nyitására szolgáló eszköz. Ha a kapcsolóval zárjuk az áramkört, akkor elektromos áram jön létre az áramkörben. (3.)

látszólagos kép Olyan, tükörben vagy lencsén át látható kép, amely nem vetíthető ki falra, vetítővászonra. (14.)

lencsék képalkotása A homorú lencsén át látott kép kicsinyített, a tárggyal azonos állású, látszólagos. A domború lencsében keletkező kép tulajdonságai attól függően változnak, hogy hol van a tárgy a lencséhez viszonyítva (a fókuszon belül, vagy a fókusz és a fókusztávolság kétszerese között, vagy a fókusztávolság kétszeresén kívül). Ettől függően a kép lehet kicsinyített vagy nagyított; a tárggyal megegyező vagy fordított állású; valódi vagy látszólagos; a lencsétől különböző, meghatározott helyen. (16.)

mágneses hatás Ha az iránytű közelébe zsebtelephez kapcsolt rézvezetéket vagy tekercset közelítünk, akkor az iránytű kitér eredeti helyzetéből. Az áramkör megszakítása után az iránytű visszatér eredeti helyzetébe. Az elektromos áramnak mágneses hatása van. (4.)

mágneses kölcsönhatás Két mágnes különböző pólusai kölcsönösen vonzzák, megegyező pólusai taszítják egymást. Mágneses kölcsönhatás van a mágnes és a vas között, valamint a mágnes és még néhány fém (pl. nikkel, kobalt) között is. (1.)

mikroszkóp A mikroszkópban a tárgy közelében levő domború lencse nagyított, fordított állású, valódi képet alkot. Ezt a képet nézzük a szemünk közelében levő domború lencsével. A mikroszkópban így sokszorosan nagyított, látszólagos képet látunk. (17.)

ohm (Ω) Az ellenállás mértékegysége. Georg Simon *Ohm* német fizikusról nevezték el. (6.)

Ohm törvénye Ugyanazon fogyasztó esetében a feszültség és az áramerősség között egyenes arányosság van. (6.)

párhuzamos kapcsolás A fogyasztókat úgy kapcsoljuk az áramkörbe, hogy az áramforrástól kiinduló vezetéket elágaztatjuk a fogyasztók felé, majd a fogyasztók másik oldalán újra egyesítjük a vezetékeket. Az áramforrás és a vezetékek elágazása közötti vezetékszakaszt főágnak, a két elágazás közötti szakaszokat mellékágaknak nevezzük. Ha megszakítjuk az áramkört valamelyik mellékágban, akkor abban az ágban nem működik a fogyasztó; a többi ágban azonban zárt marad az áramkör, s az ott levő fogyasztók tovább működnek. (5.)

prizma Átlátszó anyagból készült, háromszög alapú hasáb. Ha fénysugarat bocsátunk ferdén az oldallapjára, akkor az kétszer megtörik. (19.)

proton Az atommagok egyik alkotórésze a pozitív töltésű proton. A semleges testben a protonok és az elektronok száma egyenlő. (2.)

síktükör A síktükörre bocsátott párhuzamos fénysugarak a síktükörről párhuzamosan verődnek vissza. A síktükörben látható kép a tárggyal megegyező nagyságú, azonos állású, látszólagos kép. A kép távolsága a tükörtől ugyanakkora, mint a tárgy távolsága. (14.)

soros kapcsolás A fogyasztókat úgy kapcsoljuk az áramkörbe, hogy az áramforráshoz kapcsolt vezetéket sehol sem ágaztatjuk el. Ha bárhol megszakítjuk az áramkört, akkor egyik fogyasztó sem működik. (5.)

szem A szemünkben levő lencse (az előtte levő, átlátszó anyagokkal együtt) domború lencseként működik. Ez a lencse a tárgyakról kicsinyített, valódi képet alkot a szemgolyó hátsó falán levő ideghártyán. A rövidlátó ember szemében az ideghártya előtt, a távollátó ember szemében az ideghártya mögött jön létre a kép. A rövidlátó ember látását homorú lencsével, a távollátó ember látását domború lencsével lehet javítani. (18.)

szigetelő Az elektromos áramot nem vezető anyagok. Jó szigetelő pl. a levegő, a porcelán, az üveg, az olaj, a műanyag. (2.)

színkép A prizma nemcsak megtöri, hanem színeire is bontja a napsugarakat. Az ernyőn a színek sorozata jelenik meg: vörös, narancs, sárga, zöld, kék és ibolyaszín. Közöttük folytonos az átmenet. A prizmán áthaladó fény folytonos színképre bomlik. (19.)

távcső A *Kepler-féle csillagászati távcső* tőlünk távolabb levő végében domború lencse van. Ez a csillagokról kicsinyített, valódi, fordított állású képet alkot. (Mivel a csillagok kívül esnek a lencse fókusztávolságának a kétszeresén, csak kicsinyített képet tudunk ezzel a lencsével előállítani.) Ezt a kicsinyített, valódi képet nézzük a szemünk közelében levő domború lencsével. A távcsőben így nagyított, látszólagos képet látunk. A *Galilei-féle távcsőben* egy domború és egy homorú lencse, a *Newton-féle távcsőben* pedig egy domború lencse, egy prizma és egy homorú tükör van. (17.)

transzformátor Két egymástól szigetelt tekercsből és egy közös vasmagból áll. Ha a transzformátor egyik tekercsét váltakozó feszültségű áramforráshoz kapcsoljuk, akkor a másik tekercs két kivezetése között váltakozó feszültséget jelez a műszer. Az első (primer) tekercshez kapcsolt váltakozó feszültség a második (szekunder) tekercsben váltakozó feszültséget indukál. A szekunder tekercsben indukálódott feszültség nagysága a primer tekercshez kapcsolt váltakozó feszültség nagyságától és a két tekercs menetszámának arányától függ. (10.)

valódi kép A vetítővászonra, falra kivetíthető kép. (15.)

váltakozó áram Mágnesrudat forgatunk a műszerhez kapcsolt tekercs előtt. A műszer mutatója váltakozva jobbra és balra tér ki. A tekercs két kivezetése között *váltakozó feszültség* jön létre. Ha vezetővel kapcsoljuk össze a tekercs két végét, akkor azon *váltakozó áram* halad át. Váltakozó feszültség van a lakásokban levő dugaszolóaljzat (konnektor) két kivezetése között is. A feszültség 230 V. Ha fogyasztót kapcsolunk ehhez az áramforráshoz, akkor a fogyasztón váltakozó áram halad át. (10.)

vegyi hatás Áramforráshoz kapcsolunk két szénrudat, és azokat elektrolitba helyezzük. Az elektromos áram hatására az elektrolitban vegyi változás következik be. Az elektromos áramnak vegyi (kémiai) hatása van. Az áram vegyi hatását hasznosítjuk pl. a tárgyak különféle fémmel történő bevonásához, a vízbontáshoz, az akkumulátor feltöltéséhez. (4.)

vezeték Az elektromos áramforrásokat a fogyasztókkal összekötő fémhuzalok neve vezeték. (3.)

vezető Olyan anyag, amelyben az elektromos mező hatására az elektronok könnyen elmozdulhatnak. A fémek jó vezetők. (2.)

volt (V) A feszültség mértékegysége. Alessandro *Volta* olasz fizikusról nevezték el. (5.)

watt (W) A teljesítmény (és ezen belül az elektromos teljesítmény) mértékegysége. James *Watt* skót mérnök és feltalálóról nevezték el. (8.)