

FIZIKA

8.

OSZTÁLY

Tankönyv az általános oktatási rendszerű tanintézetek 7. osztálya számára

Szerkesztette V. H. Barjahtar, Sz. O. Dovhij

Ajánlotta

Ukrajna Oktatási és Tudományos Minisztériuma

Львів

Видавництво „Світ”

2016

УДК [37.016:53] (075.3)

ББК 22.3я721

Ф 50

Підручник створено авторським колективом у складі:

В. Г. Бар'яхтар, Ф. Я. Божинова, С. О. Довгий, О. О. Кірюхіна

Перекладено за виданням:

Фізика : підруч. для 8 кл. загальноосвіт. навч. закл. / [В. Г. Бар'яхтар, Ф. Я. Божинова, С. О. Довгий, О. О. Кірюхіна] ; за ред. В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого. — Х. : Вид-во „Ранок”, 2016

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(наказ Міністерства освіти і науки України від 10.05.2016 р. № 491)

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Експерти, які здійснили експертизу даного підручника під час проведення конкурсного відбору проектів підручників для учнів 8 класу загальноосвітніх навчальних закладів і зробили висновок про доцільність надання підручнику грифа „Рекомендовано Міністерством освіти і науки України”:

О. С. Лозинська, вчитель фізики Верхньомайданської ЗОШ І–ІІ ступенів Надвірнянської районної ради Івано-Франківської області, вчитель-методист;

А. І. Павленко, професор Запорізького обласного інституту післядипломної педагогічної освіти, доктор педагогічних наук, професор;

В. М. Ятвецький, старший викладач кафедри природничо-математичних дисциплін та інформаційних технологій Одеського обласного інституту удосконалення вчителів, учитель-методист.

Рецензенти:

І. М. Гельфгат, учитель фізики комунального закладу „Харківський фізико-математичний ліцей № 27”, учитель-методист, заслужений учитель України, кандидат фізико-математичних наук;

Г. П. Кобель, доцент кафедри експериментальної фізики та інформаційно-вимірювальних технологій Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки, кандидат педагогічних наук

Автори й видавництво висловлюють щирю подяку:

М. М. Кірюхіну, президенту Спільки наукових і інженерних об'єднань України, кандидату фізико-математичних наук;

І. Ю. Ненашеву, учителю фізики комунального закладу „Харківський фізико-математичний ліцей № 27”, учителю-методисту, заслуженому вчителю України;

І. В. Хован, учителю фізики НВК „Домінанта”, кандидату педагогічних наук, за слушні зауваження й конструктивні поради;

І. С. Чернецькому, завідувачу відділу створення навчально-тематичних систем знань Національного центру „Мала академія наук України”, кандидату педагогічних наук, за створення відеороликів демонстраційних і фронтальних експериментів

Методичний апарат підручника успішно пройшов експериментальну перевірку в Національному центрі „Мала академія наук України”

Фізика : підруч. для 8 кл. загальноосвіт. навч. закл. з навч. угорською мовою / Ф 50 [В. Г. Бар'яхтар, Ф. Я. Божинова, С. О. Довгий, О. О. Кірюхіна] ; за ред. В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого ; пер. А. А. Буркуш. — Львів. : Світ, 2016. — 240 с. : іл., фот.

ISBN 978-966-914-011-1

УДК [37.016:53](075.3)

ББК 22.3я721

© Бар'яхтар В. Г., Божинова Ф. Я., Довгий С. О., Кірюхіна О. О., 2016

© Хорошенко В. Д., Зюзюкін В. В., ілюстрації, 2016

© Хлистун В. В., фотографії, 2016

© ТОВ Видавництво „Ранок”, 2016

© Буркуш А. А., переклад угорською мовою, 2016

ISBN 978-966-914-011-1 (угор.)

ISBN 978-617-09-2855-9 (укр.)

Kedves barátaim!

Ebben a tanévben folytatjátok kirándulásotokat a fizika világába. Ahogyan eddig is, újra megfigyelitek a természeti jelenségeket, valódi tudományos kísérleteket fogtok végezni, és minden tanórán új, számotokra eddig ismeretlen dolgokat fedezhettek fel.

Egy igazi utazás sem könnyű, de a környező világ mennyi újdonságával megismerkedhettek! Ebben lesz segítségetekre a kezetekben tartott tankönyv.

Az új tananyag tanulása közben legyetek figyelmesek és kitartóak. Csakis ebben az esetben érthetitek meg az elsajátítandó anyag lényegét és annak felhasználási módjait a mindennapi életben.

A paragrafusok végén találjátok az *Összefoglaló*, *Ellenőrző kérdések*, *Gyakorlatok* rubrikákat. Miért van ezekre szükség, és hogyan kell velük dolgozni?

Az *Összefoglaló* az adott témában tanult fogalmakat és jelenségeket foglalja össze. Lehetőségetek van még egyszer átismételni a lényeges fogalmakat.

Az *Ellenőrző kérdések* segítségével megállapíthatjátok, sikerült-e tökéletesen elsajátítani a tananyagot. Ha minden kérdésre tudjátok a feleletet, akkor minden rendben van. Ha nem, akkor olvassátok át még egyszer az adott témát.

A *Gyakorlatok* érdekesebbé teszik a tananyag elsajátítását, mivel a gyakorlatban is felhasználhatjátok a tanultakat. Az itt lévő feladatok nehézségi szintek szerint vannak összeállítva, a csak figyelmet követelő legkönnyebektől az alkotói fantáziát, ügyességet és kitartást igénylő legnehezebbekig. A feladatok színes számozása is erre utal (a nehézségi fok növekedése szerint kék, zöld, narancssárga, piros és lila).

Egyes feladatok a már tanult környezetismereti, matematikai vagy az előzőkben tanult fizikai tananyag ismételtsére szolgálnak.

A feladatok elvégzéséhez szükséges adatokat a tankönyv végén lévő *Segédanyagok* címszó alatt találjátok.

Aki még többet szeretne megtudni az órákon tanultakon kívül, az sok érdekes információt találhat az interneten, az *Interaktív tanulás* (interactiv.ranok.com.ua) honlapon. Itt találhattok kísérleteket bemutató videofilmeket, a feladatok megoldásához szükséges adatokat, valamint ellenőrzési lehetőséggel ellátott gyakorlatokat.

A fizika kísérleti tantárgy, ezért sok *kísérleti feladat* és *laboratóriumi munka* vár rátok. Okvetlenül végezzétek azokat el, hogy jobban megértsétek és megszeressétek a fizikát. Megoldásra ajánljuk a *csillaggal jelölt feladatokat*, mert azok segítségével a kísérletek eredményeit úgy használhatjátok fel, ahogyan azt az igazi tudósok teszik. Ezek megoldásában segítséget nyújtanak a *Segédanyagokban* található adatok.

A fejezetek végén lévő *A fejezet összefoglalása* és *Ellenőrizétek tudásotokat* rubrikák segítenek rendszerezni a kapott tudást és hasznosak lesznek ismétléskor, az ellenőrző dolgozatokra való felkészülésnél.

A témák tanulmányozása során olvassátok el és hasznosítsátok *A témák elsajátításának fázisai* részben felsorolt ajánlásokat.

Ha valakit elmélyültebben érdekel majd a fizikai tudomány fejlődése, sok érdekes tudnivalóra bukkanhattok a *Fizika és technika Ukrajnában* és az *Enciklopédia* rubrikákban.

Figyeljétek meg a tankönyvben található egyezményes jeleket, amelyek szintén segítenek a tanulásban!



Összefoglaló



Ismétlő feladatok



Ellenőrző kérdések



Kísérleti feladatok



Gyakorlat



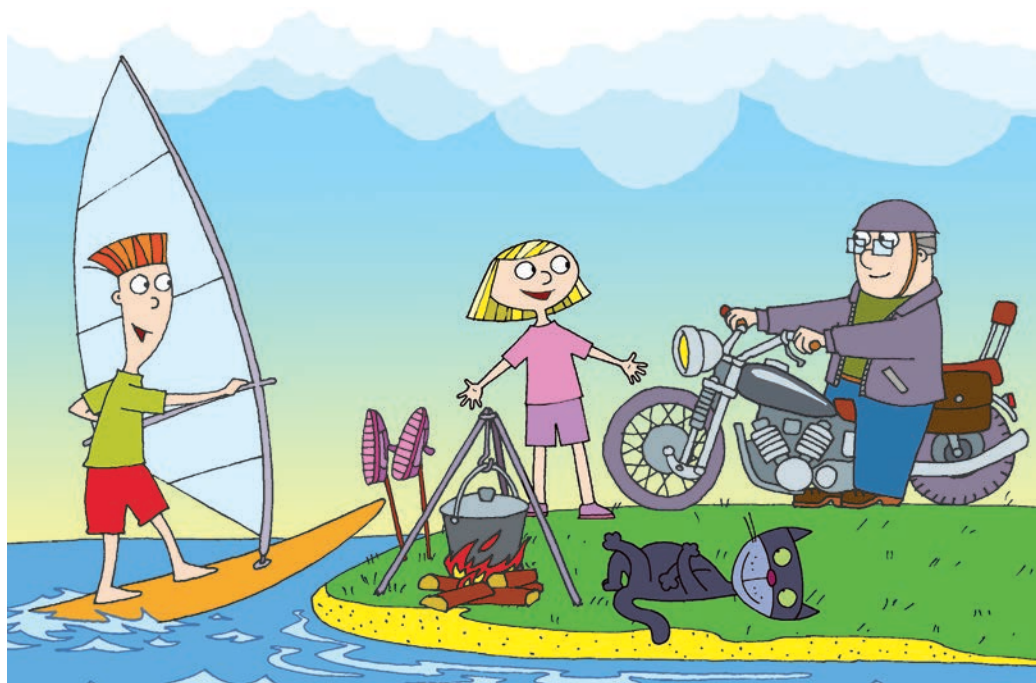
Internetes támogatás

Érdekes kirándulást kívánunk a fizika világában!

I. FEJEZET

HŐJELENSÉGEK

- Gyakran megfigyelitek a szél hatását, de nem tudjátok megmagyarázni, hogyan keletkezik a szél
- Nem egy alkalommal forraltatok vizet és ismeritek annak forráspontját, de most megtudhatjátok, hogyan forrhat fel a víz szobahőmérsékleten
- Télen meleg ruhát vesztek fel, ám ezúttal tisztázhatjátok, hogy csak ilyen módszerrel védhetitek-e meg magatokat a hidegtől
- Már hallottatok a nanoanyagokról, de most megismerhetitek azok tulajdonságait és felhasználásuk távlatait
- Tudjátok, hogy a gépkocsik nagy részét belső égésű motor hajtja, most megismerkedhettek a működési elvével és hatásfoka növelésének a módjaival



1. RÉSZ. HŐMÉRSÉKLET. BELSŐ ENERGIA. HŐÁTADÁS



1. §. A TESTEK HŐÁLLAPOTA. A HŐMÉRSÉKLET ÉS MÉRÉSE

Mindnyájatok számára hétköznapiak számítanak a *forró*, *meleg*, *hideg* szavak. „Vigyázz, a csésze forró, megégeted a kezéd” – figyelmeztetnek a felnőttek. Gyerekkorunkban nem értettük, hogy mit jelent a „forró” és a csészéhez nyúlva bizony megégettük a kezünket. „A hó hideg, ne vedd le a kesztyűt, mert fázni fog a kezéd” – mondta nagymamánk. Természetesen mi meg szeretnénk volna tapasztalni, hogy milyen is az a „hideg” és a meleg kesztyűt levéve hamarosan rá is jöttünk a szó jelentésére. „Feküdnöd kell. Lázad van” – mondta a doktor. Mi is az a hőmérséklet a fizika szemszögéből?

1

Megismerkedünk a „hőmérséklet” fogalmával

Az ember a hőmérsékletről alkotott kezdeti elképzeléseit egyszerű tapasztalással szerezte. Például a nagyon hideg test hőállapotát jellemezve azt mondhatjuk, hogy az „jéghideg”, összehasonlítva az adott test és a jég megtapintásának a következményeit.

Hogy egyes testek *mennyire vannak felmelegítve*, arra a hőmérsékletük összehasonlításával adhatunk választ. „Ma melegebb van odakint, mint tegnap volt” – ez azt jelenti, hogy a levegő hőmérséklete ma magasabb, mint tegnap volt. „A hó érintésre hidegnek tűnik” kijelentés arról



a



b

1.1. ábra. Érzékelésünk szubjektív voltát bemutató kísérletek: *a* – a sima papírlap hidegebbnek tűnik a szőnyegnél; *b* – ha bal kezünket hideg, a jobb kezünket pedig meleg vízbe tesszük, majd mindkét kezünket szobahőmérsékletű vízzel telt tálba helyezzük, érzékes érzést tapasztalunk: ugyanazt a vizet a bal kezünk hidegnek, míg a jobb melegnek érzékeli

árulkodik, hogy a hó hőmérséklete alacsonyabb kezünk hőmérsékleténél. Tehát ösztönösen határozzuk meg a testek hőmérsékletét, mint a testek hőfokát jellemző fizikai mennyiséget.

Viszont a test hőfokának tapintással való megállapítása csak megközelítő adatokat eredményez. Ezenkívül nem minden esetben lehetséges a test megérintése és annak megállapítása, hogy az hideg vagy meleg. Sőt az érzékeink is becsaphatnak bennünket. Valóban, szobahőmérsékleten a fémtárgyak hidegebbnek tűnnek a fa- vagy műanyagtárgyaknál, a durva felületűek pedig melegebbeknek a sima felületűeknél (1.1. *a* ábra). Mi több, ugyanazon testet eltérő hőmérsékletűnek érezhetjük (1.1. *b* ábra).

2 Bevezetjük a hőegyensúly fogalmát

Kísérletek segítségével bebizonyították, hogy a melegebb test nála hidegebb testtel való érintkezésekor a melegebb lehűl, a hidegebb pedig felmelegszik. Eközben a testek egyéb tulajdonságai is megváltozhatnak: méretben csökkenhetnek vagy növekedhetnek, más halmazállapotba kerülhetnek, jobban vagy rosszabbul vezethetik az elektromos áramot, más színű fényt sugározhat ki. Viszont *az egyenlő mértékben felmelegített testek egymással érintkezve nem változtatják meg tulajdonságaikat – hőegyensúlyi állapotban* vannak (1.2. ábra).

Hőmérsékletnek nevezzük a testrendszer hőegyensúlyát jellemző fizikai mennyiséget.

3 Megismerkedünk a hőmérséklet fizikai tartalmával

A 7. osztályos fizika tananyagából már tudjátok, hogy a test hőmérséklete szorosan összefügg a test részecskéi (atomok, molekulák, ionok) kaotikus mozgásának a sebességével. Ezt így is nevezik: *hőmozgás*.

A test részecskéi állandó mozgásban vannak, tehát mindig rendelkeznek *kinetikus (mozgási) energiával*. Minél nagyobb a részecskék sebessége, annál nagyobb a test hőmérséklete.



a



b



c

1.2. ábra. Az egyformán hideg vagy egyformán meleg testek hőegyensúlyi állapotban vannak: a – a könyvek hőegyensúlyban vannak az asztallal; b – a fa hőegyensúlyban van a levegővel; c – a játékok hőegyensúlyban vannak a vízzel

Egyes részecskék sebessége (tehát a kinetikus energiája is) állandóan változik. Viszont hőegyensúlyban a rendszert alkotó testek részecskéinek átlagos kinetikus energiája (az átlagban egy részecskére eső kinetikus energia) azonos. A molekuláris-kinetikus elmélet szemszögéből a hőmérséklet fogalmát a következőképpen határozhatjuk meg:

A hőmérséklet – a testet alkotó részecskék kaotikus mozgása átlagos kinetikus energiájának a mértéke.

Vagyis a részecskék átlagos kinetikus energiája a test hőmérsékletének meghatározására szolgáló objektív tényező. Ez független az érzékelésünktől, de semmiképpen nem segít hozzá a hőmérséklet megméréséhez.

? Szerintetek miért lehetetlen közvetlenül megmérni a testet alkotó részecskék átlagos kinetikus energiáját?

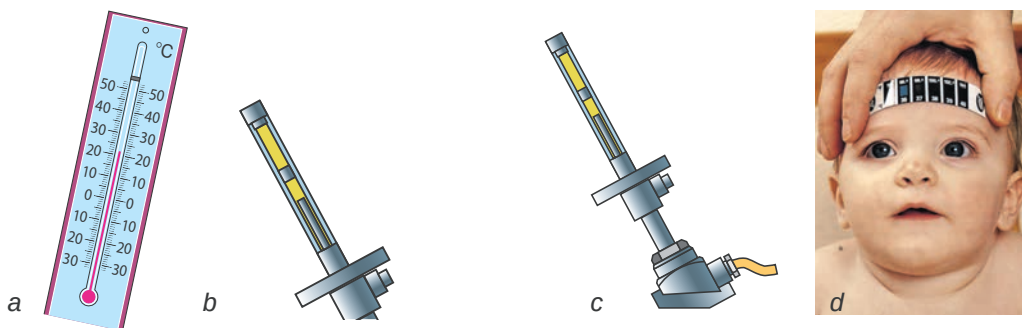
4 Megmérjük a hőmérsékletet

A hőmérséklet meghatározására szolgáló eszközt **hőmérőnek** nevezzük.

A hőmérő működése azon alapszik, hogy a test hőmérsékletének változásával megváltoznak annak bizonyos tulajdonságai is (1.3. ábra).

Megvizsgáljuk a *folyadékhőmérőt*, melynek a működési elve a folyadék hőtágulásán alapszik (részletesebben a 2. §-ban olvashattok róla). A legegyszerűbb folyadékhőmérő a folyadékot (alkoholt vagy higanyt) tartalmazó tágulási tartályból, hajszálvékony üvegcsőből és skálából áll (1.4. ábra). A folyadékoszlop magassága mutatja a hőmérséklet értékét: minél magasabb a test hőmérséklete, annál magasabb a folyadékoszlop.

Hogy a folyadékoszlop magassága alapján meghatározhassuk a hőmérséklet értékét, szükség van egy *hőmérsékleti alappontokat* tartalmazó skálára. Az alappontok valamilyen fizikai folyamatokhoz kapcsolódnak, amelyek változatlan hőmérsékleten mennek végbe és könnyen létrehozha-



1.3. ábra. Különböző hőmérők: a – *folyadékhőmérő* (a hőmérséklet mértékét a folyadékoszlop magassága mutatja); b – *fém hőmérő* (a hőmérő mutatójával összekötött bimetal lemez hő hatására kiegyenesedik); c – *ellenállás-hőmérő* (a hőmérséklet változásával megváltozik a hőmérő érzékelő elemének az ellenállása); d – *folyadékkristályos hőmérő* (a hőmérséklet változásával megváltozik a hőmérő meghatározott részének a színe)

tók. A leggyakrabban használt *Celsius-skálán* az alappontok a következők:

0 °C – a *tiszta jég olvadáspontja normális légnyomáson*. A majdani hőmérő tágulási tartályát az olvadó jégbe süllyeszti, majd amikor megáll a folyadékoszlop mozgása, 0 °C-kal jelölik a folyadékfelszín helyzetét (1.5. a ábra);

100 °C – a *víz forráspontja normális légnyomáson*. A majdani hőmérő tágulási tartályát forrásban lévő vízbe süllyeszti és a folyadékoszlop szintjét 100 °C-kal jelölik (1.5. b ábra).

Elosztva a 0 °C és 100 °C jelölések közötti távolságot száz egyenlő részre, Celsius-skálájú hőmérőt kapunk, melynek mértékegysége a **Celsius-fok** (°C).

A hőmérséklet egysége 1 °C, ami egy század része a jég olvadáspontja és a víz normális nyomáson mért forráspontja közötti hőmérsékletváltozási intervallumnak.

A Celsius-skálán mért hőmérséklet jele t :

$$[t] = 1\text{ °C}^*.$$

A SI rendszerben a hőmérséklet mértékegysége a **kelvin (K)**. A Celsius-skálán (t) és a Kelvin-skálán (T) mért hőmérséklet közötti összefüggés a következő:

$$t = T - 273.$$

Jegyezzétek meg: a hőmérő minden esetben a saját hőmérsékletét mutatja, tehát a testek hőmérsékletét mérve meg kell várunk a test és a hőmérő közötti hőegyensúlyi állapot beálltát.

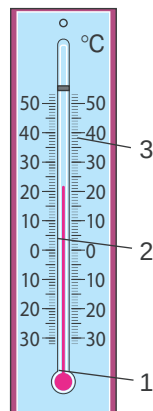
❓ Testünk hőmérsékletének a meghatározásakor miért mondják az orvosok, hogy a lázmérőt néhány percig szorítsuk a testünkhöz?



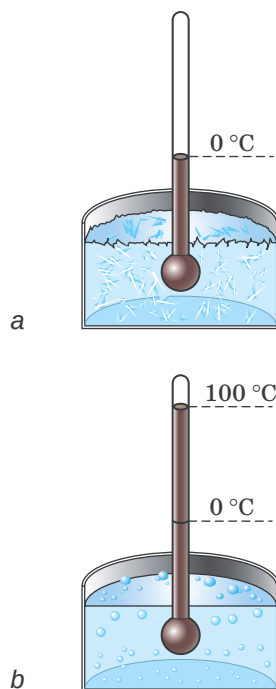
Összefoglaló

Ha a testek között bármilyen módon érintkezést létesítünk, azok tulajdonságai egy idő után nem változnak, és a testek hőegyensúlyba kerülnek egymással. A hőegyensúlyi állapotot jellemző fizikai mennyiséget hőmérsékletnek nevezzük. A hőmérséklet a testet alkotó részecskék kaotikus mozgása átlagos kinetikus energiá-

* Feladatok oldásakor a mértékegység ellenőrzésénél általában az 1-es számot nem írjuk.



1.4. ábra. A folyadékhőmérő felépítése: 1 – tágulási tartály folyadékkal; 2 – cső; 3 – skála



1.5. ábra. A Celsius-skála megszerkesztése: a – a jég olvadáspontjának hőmérsékletét 0 °C-ként jelölik meg; b – a víz forráspontjának hőmérsékletét 100 °C-ként jelölik meg

jának mértéke. A hőmérséklet mérésére szolgáló eszközöket hőmérőknek nevezzük. A hőmérő működése azon alapszik, hogy a test hőmérsékletének változásával megváltoznak bizonyos tulajdonságai is.



Ellenőrző kérdések

1. Miért nem határozható meg tapintással a test hőmérséklete minden alkalommal? **2.** Mi a hőegyensúlyi állapot? **3.** Határozzátok meg kétféleképpen a hőmérséklet fogalmát! **4.** Miért nevezzük hőmozgásnak a testet alkotó részecskék kaotikus mozgását? **5.** Mondjatok példákat különböző hőmérőkre! **6.** Mondjátok el a folyadékhőmérő működési elvét! **7.** Nevezzétek meg a Celsius-skála alappontjait! **8.** Melyik test hőmérsékletét mutatja mindig a hőmérő?



1. gyakorlat

1. Mondjatok példát hőegyensúlyban lévő testekre! Válaszotokat magyarázzátok meg!
2. Mondjátok el a folyadékhőmérő felépítését és működési elvét, majd magyarázzátok meg, melyik anyagnak nagyobb a hőtágulása: az üvegnek vagy a folyadéknak!
3. Miért kell a hőmérőnek jelentősen kisebbnek lennie azoknál a testeknél, amelyeknek meg kell mérni a hőmérsékletét?
4. Kiegészítő forrásanyag felhasználásával tanulmányozzátok a hőmérőkben használt különféle skálák (Fahrenheit, Réamur stb.) létrejöttének történetét! Készítsetek rövid beszámolót!
5. Határozzátok meg az 1.3. a, b ábrán látható hőmérők beosztásértékeit és az általuk mutatott hőmérsékletet!



Kísérleti feladat

Végezzétek el meleg és hideg vízzel az 1. §. 1. pontjában leírt kísérletet! Jellemezzétek a kísérlet folyamatát, és vonjatok le következtetéseket!

Fizika és technika Ukrajnában



Az Ukrán Nemzeti Tudományos Akadémia B. I. Verkin nevét viselő Alacsony Hőmérsékletek Fizikai-műszaki Intézetét (Harkiv) 1960-ban alapították az alacsony hőmérsékleteken végbemenő fizikai jelenségek kutatására. Az itt elvégzett kísérletek fontos szerepet játszottak a világűr meghódításában.

Az intézet tudósai vizsgálják a gázok, folyadékok és szilárd testek termikus tulajdonságait a világűr feltételei között. Előttük még senki nem foglalkozott hasonló kísérletekkel, ezért nekik kellett kidolgozniuk a hő és a hővezetés mérésének, a hőtadás és -sugárzás tulajdonságainak vizsgálati módszereit. A tudósok a kísérleteikkel jelentős tudományos sikereket értek el. Erről számtalan hazai és nemzetközi elismerés is tanúskodik.

1991-ben az intézet felvette alapítójának és első igazgatójának, *Borisz Ieremievics Verkinnek* (1919–1990) a nevét.

2. §. A FIZIKAI TESTEK MÉRETÉNEK HŐMÉRSÉKLETFÜGGÉSE

Amennyiben jó megfigyelők vagytok, bizonyára észrevettétek a következő jelenséget. Nyáron az elektromos távvezetékek jóval nagyobb mértékben csüngenek alá, mint télen, azaz nyáron hosszabbak. Ha színig töltünk hideg vízzel egy üveget, majd meleg helyre tesszük, a víz egy része kifolyik az üvegből, vagyis felmelegedéskor növekszik a víz térfogata. A meleg szobából a fagyra kivitt lufi veszít a térfogatából. Megkíséréljük megmagyarázni az említett jelenségeket.

1 Meggyőződünk a szilárd testek, folyadékok és gázok hőtágulásáról

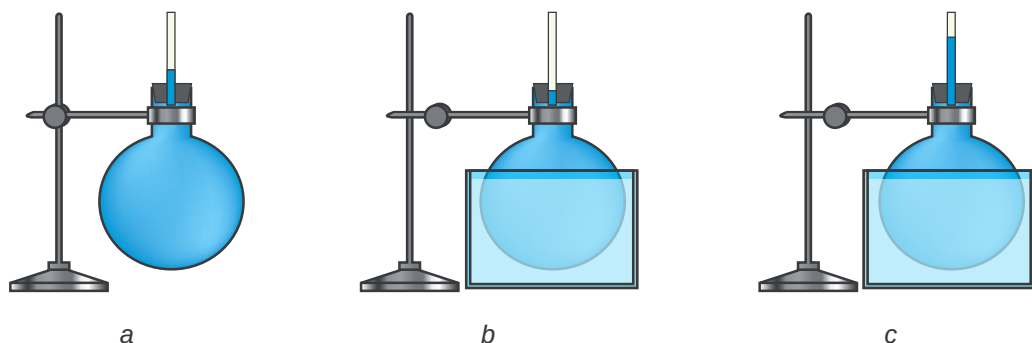
Egyszerű kísérletek és számos megfigyelés bizonyítja, hogy *a szilárd testek, folyadékok és gázok térfogata melegítéskor növekszik, míg hűtéskor csökken.*

A gázok hőtágulását levegővel töltött üveglombik segítségével figyelhetjük meg. A lombikot szorosan illeszkedő dugóval zárjuk le, amelyen át üvegcsövet vezetünk a lombikba. Az üvegcsövet vízzel teli edénybe merítjük. Elegendő két kézzel megfognunk a lombikot és ezáltal felmelegíteni a benne lévő levegőt; bizonyos idő elteltével a lombikban lévő levegő tágulni kezd, és buborékok formájában távozik a vízen keresztül (2.1. ábra).



2.1. ábra. Melegítés hatására a lombikban lévő levegő kitágul és egy része az üvegcsővön át buborékokat alkotva távozik

A folyadékok hőtágulásának megfigyelése céljából a lombikba színezett vizet öntünk, mégpedig annyit, hogy a víz szintje néhány centiméterrel a dugó fölött legyen (2.2. a ábra). Megjelöljük a víz szintjét és a lombikot forró vizet tartalmazó edénybe merítjük. A lombikban a víz szintje eleinte némiképp csök-



2.2. ábra. A folyadék hőtágulása melegítés hatására. A bedugaszolt és csővel ellátott, folyadékkal teli lombikot (a) forró vizet tartalmazó edénybe merítették. A folyadék szintje a csőben eleinte csökkent (b), majd bizonyos idő elteltével jelentősen megnövekedett (c)

ken (2.2. *b* ábra), ami azzal magyarázható, hogy először a lombik melegszik fel és tágul ki, majd miután a víz felmelegedett, szintén tágulni kezd. Bizonyos idő elteltével meggyőződhetünk róla, hogy a lombik és a benne lévő víz felmelegedésével a csőben a vízszint jelentősen megnövekszik (2.2. *c* ábra). Tehát a folyadék a gázokhoz hasonlóan hő hatására kitágul.

? Magyarázzátok el a folyadék hőmérő működési elvét!

A *szilárd testek hőtágulását* a Willem Jacob's Gravesande (1688–1742) holland fizikus által feltalált eszköz segítségével figyelhetjük meg, ami egy sárgaréz golyóból és egy karikából áll, amin a golyó szabadon átfér. Ha felhevítik a golyót, a változatlan hőmérsékletű karikán már nem fér át (2.3. *a* ábra). Miután lehűlt, a golyó ismét szabadon mozog a karikán át (2.3. *b* ábra).

? Szerintetek a golyó átfér a karikán, ha csak a karikát hevítjük fel?

2 Tisztázzuk a hőtágulás okát

Vajon miért nő a testek térfogata melegítés hatására, hiszen a testet alkotó részecskék (atomok, molekulák, ionok) száma a hőmérséklet emelkedésével nem változik?

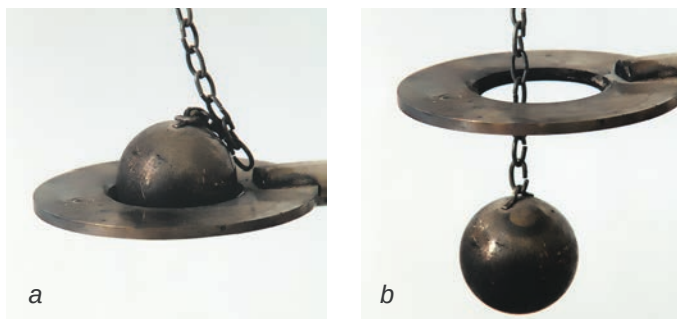
A testek hőtágulását a molekuláris-kinetikai elmélet a következőképpen magyarázza. A hőmérséklet emelkedésével növekszik a testet alkotó részecskék mozgási sebessége.

A részecskék közötti átlagtávolság szintén megnő, tehát ezáltal növekszik a test térfogata. A hőmérséklet csökkenésével ellenkezőleg, lassul a részecskék mozgása, a molekulaközi távolságok csökkennek, és ennek megfelelően csökken a test térfogata.

3 Jellemezzük a testek hőtágulását

Érthető, hogy ugyanolyan hőmérsékletre felmelegítve nem mindegyik test térfogata növekszik azonos mértékben. Kísérleti úton bebizonyították, hogy a *szilárd testek és folyadékok térfogata kevésbé növekszik, mint a gázoké*.

A *testek hőtágulása függ az anyaguktól*. Vegyünk egy alumíniumcsövet, mérjük le a hosszát szobahőmérsékleten. Ezután forró vizet engedve a belsejébe, felmelegítjük. Bizonyos idő elteltével meggyőződhetünk róla, hogy



2.3. ábra. Szilárd testek hőtágulásának megfigyelésére szolgáló eszköz:

a – felhevítve a golyó nem fér át a karikán; *b* – lehűlése után a golyó szabadon mozog a karikán át

a cső hossza némileg megnövekedett. Ha az alumíniumcső helyett azonos méretű üvegsövet használunk, és hasonlóképpen végezzük el a kísérletet, azt tapasztaljuk, hogy az üvegső a hőmérséklet növekedésével kevésbé hosszabbodott meg.

Léteznek olyan anyagok, amelyeknek a térfogata melegítés hatására bizonyos hőmérsékleti intervallumban csökken, hűtéskor pedig növekszik. Ilyen anyag például a víz, az acél és egyébek. A víz például $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra (pontosabban $3,98\text{ }^{\circ}\text{C}$) való lehűtésekor összenyomódik, mint az anyagok többsége. Viszont tovább hűtve $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tól a fagypontig ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$), kitágul. Ennek a tulajdonságnak köszönhetően a folyók, tengerek és óceánok nem fagnak be fenéig még a legnagyobb fagyok idején sem. A víz sűrűsége $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on a legnagyobb, ezért a víztározók fenékre süllyed le. A víz sűrűsége $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on kisebb, ezért az ilyen hőmérsékletű víz a felszínen marad és megfagy – jéggé alakul (2.4. ábra). Mivel a jég sűrűsége kisebb a víz sűrűségénél, a felszínen marad, és megakadályozza a víz fenéig való befagyását. Az említett tulajdonságoknak nagy jelentőségük van a víz alatti növények, halak és egyéb élőlények számára.



Gondolkozzatok el, hogyan néznének ki a víztározók, ha lehűléskor a víz térfogata, az anyagok többségéhez hasonlóan, csökkenne, a jég sűrűsége pedig nagyobb lenne a víz sűrűségénél!

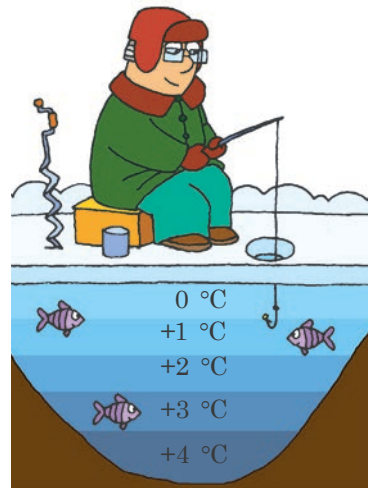
4

Megismerkedünk a hőtágulással a természetben és a technikában

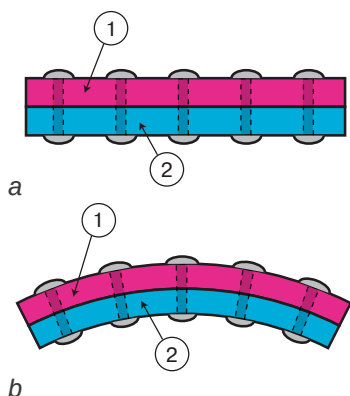
A testek hőmérséklet-változás hatására történő méretváltozásának nagy jelentősége van a természetben. A víz hőtágulásával már megismerkedtetek. Megvizsgálunk egyéb példákat is.

A Föld felszíne egyenetlenül melegszik fel. Ennek eredményeként a felszín fölötti szelek szintén egyenetlenül terjednek szét. Ez a tény a szél keletkezésének egyik tényezője, ami az időjárás változását vonja maga után. A víz nem egyenletes felmelegedése a tengerekben és óceánokban áramlatokat hoz létre, amely jelentősen befolyásolja Földünk klímáját. A hőmérséklet hirtelen változása a hegyvidéki térségekben a sziklák tágulását és összehúzódását okozza. Ez egyenetlenül történik, ami a sziklák repedését, majd mállását idézi elő. Ennek következtében változik a Föld domborzata.

A hőtágulás folyamatát széles körben felhasználják a technikában és a háztartásban. Az elektromos berendezések automatikus ki- és bekapcsolásához bimetal lemezeket használnak. Működési elvük azon alapszik, hogy a



2.4. ábra. A hőmérséklet alakulása télen a mély víztározókban. A legmagasabb hőmérsékleti érték a fenéken mérhető, a legalacsonyabb ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) a felszínen, közvetlenül a jégréteg alatt



2.5. ábra. Melegítőberendezések (pl. elektromos teaforró) automatikus kikapcsolására szolgálnak a bimetál lemezek (a). A hőmérséklet növekedésével a 1 fémszalag nagyobb mértékben tágul, mint a más anyagból készült 2 szalag, ezért a lemez elgörbül (b) és megszakad az áramkör



2.6. ábra. Hogy nagy melegben a híd ne görbüljön el, a hidegben pedig ne rongálódjon, különálló részekből gyártják, melyeket speciális tagolással rögzítenek egymáshoz (melegben a fogak összezáródnak, hidegben pedig széthúzódnak)

különböző fémek eltérően tágulnak melegítés hatására (2.5 ábra). A levegő hőtágulásának köszönhetően tudjuk egyenletesen felfűteni a lakást, lehűteni a hűtőszekrényben lévő élelmiszereket, kiszellőztetni a házat (hogya miért, és hogyan megy végbe a folyamat, megtudhatjátok a 6. §-ból).

A hőtágulást a hidak (2.6. ábra), elektromos távvezetékek építésénél, vasúti sínek, fűtési rendszerek lefektetésénél, vasbeton konstrukciók gyártásánál is figyelembe kell venni.



Összefoglaló

A szilárd testek, folyadékok és gázok melegítés hatására általában kitágulnak. A víz, az acél és egyéb anyagok különleges hőtágulással rendelkeznek. A szilárd testek és folyadékok kevésbé tágulnak, mint a gázok. A testek méreteinek hő hatására történő változása függ a test anyagától.

A hőtágulást az okozza, hogy a hőmérséklet növekedésével növekszik az anyagot alkotó részecskék (atomok, molekulák és ionok) sebessége, melynek eredményeként növekszik a részecskék közötti távolság.

A hőtágulás jelenségét szem előtt tartják és széles körben alkalmazzák a technikában és a háztartásokban. A természetben szintén nagy jelentősége van.



Ellenőrző kérdések

1. Mondjatok példákat annak igazolására, hogy a szilárd testek, folyadékok és gázok melegítés hatására kitágulnak! **2.** Írjátok le azokat a kísérleteket, amelyek a szilárd testek, folyadékok és gázok hőtágulását mutatják be! **3.** Miért növekszik a testek térfogata melegítés hatására? **4.** A hőmérsékleten kívül mitől függ a testek méreteinek megváltozása a melegítés vagy hűtés hatására? **5.** Miért különleges a víz hőtágulása? **6.** Mondjatok példákat a hőtágulásnak a technikában és a mindennapokban való felhasználására!



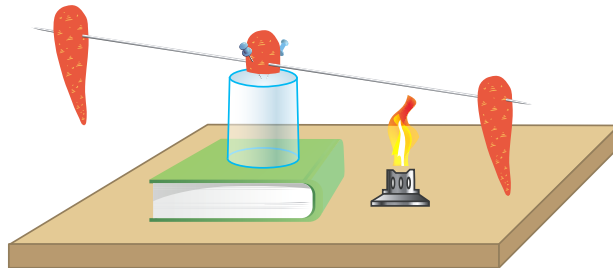
2. gyakorlat

- Válasszátok ki az elkezdett mondat összes helyes folytatását!
A test lehűlésekor csökken...
 - a testet alkotó részecskék sebessége
 - a test részecskéi közötti távolság
 - a testet alkotó részecskék száma
 - a test részecskéinek mérete
- Hogyan változik a lufi térfogata, ha hideg helyiségből melegbe visszük át? A választ magyarázzátok meg!
- Idézzétek fel a sárgaréz golyóval végzett kísérletet, amely hevítés hatására nem fért át a karikán (l. a 2.3. ábrát)! Hevítés hatására hogyan változott meg a golyó térfogata, tömege és sűrűsége; a golyó részecskéinek az átlagsebessége?
- Képzeljétek el, hogy az utcai hőmérő alkohol helyett vízzel van feltöltve! Miért nem lesz „hosszú életű” az ilyen hőmérő?
- Miért tűntetik fel a pontos mérőműszereken a hőmérsékletet?
- Mi történhet, ha üvegedénybe forró vizet öntünk? Válaszotokat a hőtágulás szempontjából magyarázzátok meg!
- A fémgolyó bizonyos magasságból a padlóra esik. Milyen mechanikai energiaváltozás megy végbe a golyó esésekor? Hová „tűnik el” a mechanikai energia a golyó padlót érése után?



Kísérleti feladatok

- „Hőmérleg”. Készítsétek el a hőmérséklet-különbségre reagáló „mérleget” (l. az ábrát)!



Ennek érdekében:

- a sárgarépadarabon fűzzetek át acél kötőtűt;
- a sárgarépadarabba a kötőtű mindkét oldalához szúrjatok egy-egy tűt, mindkét végére pedig rögzítsetek további két répát, mégpedig úgy, hogy nagyobb részük a kötőtű alatt legyen;
- a tűk hegyes végét helyezétek a pohár lapjára, és hozzátok egyensúlyba a „mérleget”.

A „mérleg” egyik karja alá helyezzetek égő gyertyát. Bizonyos idő elteltével ez az oldal leereszkedik. Vegyétek el a gyertyát – a kar visszaáll az eredeti helyzetébe. Magyarázzátok meg a megfigyelt jelenséget!

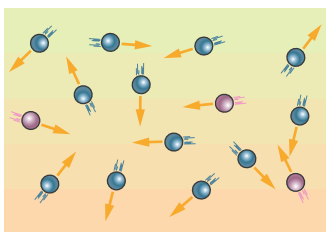
- Hogyan tudnátok bemutatni deszkadarab, kalapács és két szög segítségével, hogy az 5 kopijkás érme mérete melegítés hatására megnövekszik? Végezzétek el a kísérletet, használjatok csipeszt vagy laposfogót! Magyarázzátok meg a tapasztalt jelenséget!



Videokísérlet. Nézzétek meg a kisfilmet, és magyarázzátok meg a megfigyelt jelenséget!

3. §. BELSŐ ENERGIA

Az űrkutatásról szóló hírekben gyakran hallani ilyen és ehhez hasonló mondatokat: „Miután a műhold elérte a Föld légterét, megsemmisült.” Érthető, hogy a műhold óriási mennyiségű mechanikai energiával – kinetikus energiával, hiszen mozgásban volt, valamint potenciális energiával, mivel magasan a Föld felszíne felett tartózkodott – rendelkezett. Vajon hová tűnt a műhold hatalmas energiája? A fizikusok a jelenséget azzal magyarázzák, hogy az energia a levegő és a műhold részecskéinek (atomoknak, molekuláknak, ionoknak) adódott át, vagyis az anyagok belsejében lévő energiájává alakult át. Ezt az energiát belső energiának nevezzük. A következőkben a belső energiával foglalkozunk.



3.1. ábra. Az anyag minden részecskéje kaotikus mozgást végez, aminek következtében kinetikus energiával rendelkezik



3.2. ábra. A levegőrészecskék kinetikus energiájának összege, például egy nagy szekrényben, megközelítőleg 0,4 MJ. Ez a mennyiségű energia elegendő ahhoz, hogy osztályotok tanulóit 25 m magasba emelje

1 Megismerkedünk a belső energia fogalmával

Már felfigyelhettünk rá, hogy a *hőmozgásnak köszönhetően az anyag részecskéi kinetikus energiával rendelkeznek* (3.1. ábra).

Érthető, hogy az egyes részecskék energiája jelentéktelen, mivel a tömegük nagyon kicsi. Ezzel egy időben viszont az anyag térfogatában nagy mennyiségű részecske található és azok kinetikus energiájának összege már számottevő (3.2. ábra).

A *kinetikus energián kívül az anyagok részecskéi potenciális energiával is rendelkeznek*, mivel kölcsönhatásban vannak egymással – vonzzák vagy taszítják egymást (idézzetek fel a molekuláris-kinetikai elméletet).

A testet alkotó részecskék hőmozgásából adódó kinetikus és kölcsönhatásukból származó potenciális energiák összegét a **test belső energiájának** nevezzük.

A *belső energia mértékegysége a SI rendszerben a joule (J)*.

? Idézzetek fel más fizikai mennyiségeket, amelyeknek a mértékegysége a SI rendszerben joule!

2 Tisztázzuk, hogyan változik a test belső energiája

A testet alkotó részecskék átlagos kinetikus energiájának a mértéke a hőmérséklet. Ezért a hőmérséklet-változás a részecskék teljes kinetikus energiájának, ezáltal pedig a test belső energiájának a változását is jelenti.

A hőmérséklet változása a test méreteinek változását eredményezi. Eközben változik a részecskék közötti távolság is, aminek következtében megváltozik a kölcsönhatásukból származó potenciális energia.

Vagyis *a test belső energiája a test hőmérsékletének változásával szintén változik: a hőmérséklet növekedésével növekszik, a csökkenésével pedig csökken.*

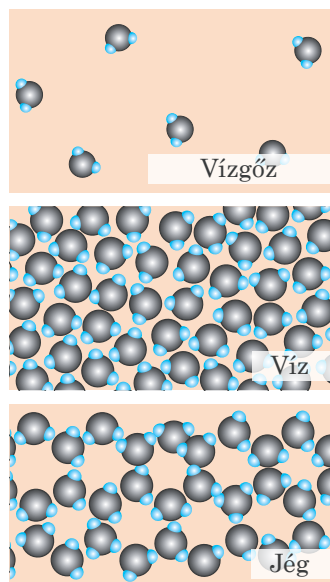
A *belső energia megváltozik az anyagok halmazállapotának változásával*: a fizikai állapot változásával megváltozik a részecskék kölcsönös elhelyezkedése, azaz csökken a kölcsönhatásukból származó potenciális energia (3.3. ábra). Például olvadáskor növekszik, kristályosodáskor pedig csökken az anyag belső energiája (3.4. ábra). A témáról részletesebben az 1. fejezet végén található *Hőjelenségek* pontban olvashattok.

3 Különbséget teszünk a belső és a mechanikai energia között

A mechanika tanulmányozása során már megtanultuk, hogy a testrendszerek kinetikus és potenciális energiáinak összege eredményezi a rendszer teljes mechanikai energiáját. Egyesek megjegyezhetik: „Ebből az következik, hogy a belső és a mechanikai energia egy és ugyanazon fogalom!” Ez nem így van.

Formálisan van közöttük hasonlóság, viszont tartalmuk szerint különböznek egymástól. A fizika más-más fejezetében tanulmányozzák azokat. A későbbiekben részletesen foglalkozunk a témával. Most megvizsgálunk az említett energiák közötti néhány különbséget.

A mechanikai energia tanulmányozásakor egy vagy több testről beszélünk. A belső energia esetében viszont jelentős számú (10^{23} vagy több) részecskének a mozgásáról és kölcsönhatásáról van szó. Érthető, hogy belső energia esetében nem vizsgálhatjuk külön minden részecske jellemzőit, ezért a fizikusok *átlagos jellemzőket* használnak (már ismeritek az átlagos kinetikus energia fogalmát).



3.3. ábra. Különböző halmazállapotban az anyagok molekulái egymáshoz képest eltérő módon helyezkednek el, ezért különböző a molekulák kölcsönhatásának potenciális energiája is



3.4. ábra. Azonos hőmérsékleten a jég belső energiája kisebb az azonos tömegű víz belső energiájánál



3.5. ábra. A padlón fekvő (a), a széken lévő (b) és a gyerekekkel együtt mozgó (c) hátizsákok mechanikai energiája eltérő, a belső energiájuk viszont azonos

A mechanikai energia függ a fizikai testeknek, illetve azok részecskéinek egymáshoz viszonyított elhelyezkedésétől, valamint a testek mozgásától. Ettől eltérően a belső energiát csak a testet alkotó részecskék kölcsönhatása és mozgásuk jellege határozza meg. Például a padlón fekvő, a széken lévő, illetve a velünk „kiránduló” hátizsákok mechanikai energiája különböző, viszont a belső energiájuk változatlan hőmérsékleten azonos (3.5. ábra).



Összefoglaló

Minden fizikai test rendelkezik belső energiával. A test belső energiája a testet alkotó részecskék hőmozgásából adódó kinetikus és kölcsönhatásukból származó potenciális energiák összege.

A test hőmérsékletének és halmazállapotának a változásával megváltozik test belső energiája.



Ellenőrző kérdések

1. Miért rendelkeznek az anyagok részecskéi potenciális energiával? Mindig rendelkeznek-e kinetikus energiával?
2. Mit nevezünk a test belső energiájának?
3. Mitől függ a test belső energiája?
4. A jég olvadása közben annak hőmérséklete állandó. Változik-e ekkor a jég belső energiája?
5. Rendelkezik-e a test belső energiával, miközben nincs mechanikai energiája?



3. gyakorlat

1. Ha felemelünk a földről egy követ, a kőnek és az őt alkotó összes részecskének is megnő a potenciális energiája. Állíthatjuk-e, hogy ezáltal a kő belső energiája szintén növekszik? Válaszokat indokoljátok meg!
2. Hogyan változik mozgás közben a feldobott labda belső energiája? A mechanikai energiája? A légellenállást hagyjátok figyelmen kívül!
3. Hogyan változik a hátizsákokban lévő, vízzel töltött üveg belső és mechanikai energiája, ha fagyos időben az udvarról a fűtött szobába

léptek? Ha a második emeletre mentek fel? Ha sietni kezdtek az iskola folyosóján?

4. A zsinórra függesztett fémgolyót felmelegítették. Hogyan változik a golyó belső energiája? A mechanikai energiája?



5. Rendeljétek a mechanikai energiához a meghatározásukra szolgáló képletet!

1. Kinetikus energia

2. A felemelt test potenciális energiája

3. Teljes mechanikai energia

A mgh

B Fs

C $E_k + E_p$

D $mv^2/2$

i

4. §. A BELSŐ ENERGIA MEGVÁLTOZTATÁSÁNAK MÓDJAI

Emlékezzetek vissza, hogyan jönnek be az osztályba a társaitok, miután a szünetben hógolyóztak. Valaki energikusan dörzsöli a kezét, mások a meleg fűtőtesthez tapasztyák. Miért van erre szükség? Azért, hogy felmelegítsék a hideg kezüket! Mi a különbség a dörzsölés és a melegebb hőmérsékletű testtel való érintkezés között?

1

Megismerkedünk a hőátadás folyamatával és a hőmennyiség fogalmával

Felidézünk néhány hétköznapi példát: ha kihúzzuk a konnektorból a forró vasaló vezetékét, a vasaló egy idő után lehűl (4.1. ábra); a forró teába merített kanál szintén felmelegszik. A felsorolt példákban változik a testek hőmérséklete, tehát változik a belső energiájuk is. Viszont sem a testeken, sem a testek által nem történik munkavégzés. Ebben az esetben *hőátadásról* beszélünk.

A belső energia munkavégzés nélkül történő megváltoztatásának folyamatát **hőátadásnak** (hőcserének) nevezzük.

A hőátadás mennyiségi leírására bevezették a *hőmennyiség* fogalmát.

A **hőmennyiség** az a fizikai mennyiség, amely egyenlő a test által a hőátadás folyamán felvett, illetve leadott energiával.

A hőmennyiséget Q betűvel jelölik. A *hőmennyiség mértékegysége a SI rendszerben a joule (J)**:

$$[Q] = 1 \text{ J.}$$

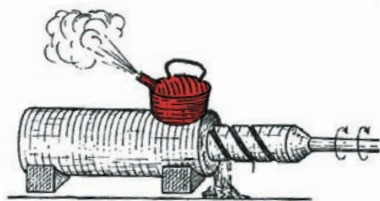
* A hőmennyiség mértékegységeként régebben a *kalóriát* (lat. *calor* – meleg) alkalmazták. Manapság ezt az egységet az elfogyasztott táplálék energiatartalmának meghatározásánál használják: $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$.



4.1. ábra. A konnektorról lekapcsolt vasaló lehűl, és a környezetének addig adja át a hőt, ameddig hőegyensúly nem jön létre



4.2. ábra. Benjamin Thompson (Rumford grófja) (1753–1814) – angol fizikus, a XVIII. század végén kísérletileg bebizonyította, hogy a hő munkavégzés által előállítható energia



4.3. ábra. Rumford kísérletének vázlata: a vashenger tetejére helyezett üstben felforr a víz, mialatt lyukat fúrnak a hengerbe

A hőmennyiség, akár a mechanikai munka, lehet pozitív és negatív. Ha a test energiát vesz fel, a kapott hőmennyiség pozitív; ha a test energiát ad le, az elvesztett hőmennyiség negatív.

Kísérletek igazolják, hogy *hőátadás kizárólag hőmérséklet-különbség esetén lehetséges, mégpedig úgy, hogy a hő külső behatás nélkül a magasabb hőmérsékletű testtől az alacsonyabb hőmérsékletű testnek adódhat át.*

Minél nagyobb a testek hőmérséklete közötti különbség, annál gyorsabban történik a hőátadás, ami addig tart, amíg a testek között létre nem jön a *hőegyensúly*.

2 Munkavégzés által megváltoztatjuk a belső energiát

Számos megfigyelés és kísérlet bizonyítja: *ha a testen munkavégzés történik, annak belső energiája hőátadás nélkül is növekedhet.* Ezt elsőként Benjamin Thompson angol fizikus bizonyította be (4.2., 4.3. ábrák).

A gépkocsi gumiabroncsa és az úttest között fellépő súrlódási erő növeli az abroncs és az úttest belső energiáját. Ennek a gumiabroncs és az úttest felmelegedése a bizonyítéka. Ehhez hasonlóan dörzsölés közben tenyerünk belső energiája is megnövekszik (4.4. ábra).

A leírt jelenséggel gyakran találkozhatunk a technikában. Például fém alkatrészek feldolgozásakor a súrlódási erők munkájának köszönhetően a felhasznált szerszámok (fúrók, kések) és a megmunkálandó felület is felmelegszik.



Figyeljétek meg a 4.3. ábrát, és magyarázzátok meg, miért forr fel a víz az üstben!

Vajon hogyan változik a munkát végző test belső energiája? Elvégezzük a következő kísérletet.

Vegyünk egy vastag falú üvegedényt, melynek az aljára némi vizet öntöttünk. Mivel a víz párolog, az üvegben vízgőz keletkezik. Szorosan bedugaszoljuk az üveget, és a dugón keresztül egy csövet vezetünk át. A csőre pumpát csatlakoztatva levegőt pumpálunk az üvegbe.

Bizonyos idő elteltével a dugó kirepül, az üvegben pedig köd marad – apró vízcseppek, amelyek a gőzből alakultak ki (4.5. ábra). Kód kizárólag hőmérséklet-csökkenéssel jön létre. Tehát csökkent az üvegben lévő levegő hőmérséklete, valamint ennek megfelelően annak belső energiája is. A levegő a saját belső energiája hatására mechanikai munkát végzett (kilőtte a dugót). Ha a test önállóan mechanikai munkát hajt végre, akkor csökken a belső energiája.



4.4. ábra. Ha intenzíven dörzsöljük össze tenyereinket, azok felmelegsznek – a munkavégzés hatására megnő a belső energiájuk



Összefoglaló

A belső energia kétféleképpen változtatható meg: munkavégzés és hőátadás által.

A belső energia munkavégzés nélküli megváltoztatásának folyamatát hőátadásnak nevezzük. A hőátadás során az energia külső behatás nélkül a nagyobb hőmérsékletű testtől a kisebb hőmérsékletű testnek adódhat át.

A hőmennyiség az a fizikai mennyiség, amely egyenlő a test által a hőátadás folyamán felvett vagy leadott energiával. A hőmennyiséget Q betűvel jelölik, mértékegysége a joule (J).

Ha a testen hőátadás nélküli munkavégzés történik, megnövekszik annak belső energiája. Viszont ha a test önállóan hajt végre mechanikai munkát, akkor a belső energiája csökken.



4.5. ábra. A kísérlet, amely azt bizonyítja, hogy miközben a levegő mechanikai munkát végez, a belső energiája csökken. Ennek bizonyítéka az üvegben létrejött köd



Ellenőrző kérdések

1. Milyen módon változtatható meg a test belső energiája?
2. Mit nevezünk hőátadásnak?
3. Mondjatok példákat hőátadásra!
4. Mi a hőmennyiség?
5. Nevezzétek meg a hőmennyiség mértékegységét!
6. Mondjatok példát a testek munkavégzés által történt belső energiaváltozására!
7. Hogyan változik a test belső energiája, ha a test önállóan végez munkát, vagy a testen munkát végeznek? A környező testekkel történő hőcserét hagyjuk figyelmen kívül!



4. gyakorlat

1. Mi a különbség a kezünk dörzsöléssel vagy meleg tárgyhoz való tapasztás általi felmelegítése között?
2. Mondjatok két példát a gyufa meggyújtására: a) munkavégzés által; b) hőátadással!
3. Miért húznak kesztyűt a helikopterből kötélhágcsón leereszkedő katonák?
4. Igaz-e az állítás, miszerint hőátadás esetén az energia minden esetben a nagyobb belső energiával rendelkező testtől a kisebb belső energiával rendelkező testnek adódik át? Válaszokat indokoljátok meg!
5. Mondjatok példát testek belső energiájának a változására, miközben egyidejűleg hőátadás és munkavégzés is történik! Maradhat-e változatlan ebben az esetben a belső energia?
6. Idézzétek fel, és írájatok le a molekuláris-kinetikai elmélet fő téziseit az anyagok felépítésével kapcsolatban!



Kísérleti feladat



„Vízkoktél”. Öntetek szobahőmérsékletű vizet egy edénybe! Mérjétek meg a hőmérsékletét! Mixer segítségével kavargjátok körülbelül 1 percre, majd mérjétek meg ismét a hőmérsékletét! Vonjátok le a következtetéseiteket!

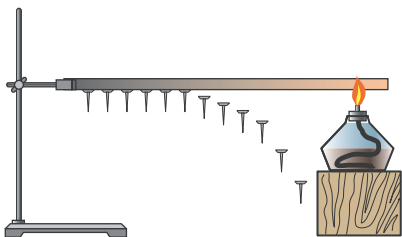
i

5. §. HŐVEZETÉS

Vajon miért hordanak gyapjúruhát Közép-Ázsia forró égövi vidékeinek lakói? Hogyan tartható tovább el a nyári forróságban a fagyalt hűtőszekrény nélkül? A szoros vagy a lazább cipőben fagy meg hamarabb a láb? A paragrafus elsajátítása után meg tudjátok adni a feltett kérdésekre a helyes válaszokat.

1

Megismerkedünk a hővezetés mechanizmusával



5.1. ábra. A fémek hővezetését bemutató kísérlet

Elvégezzük a következő kísérletet. Laboratóriumi állványra felrögzítünk egy rézrudat, majd viasz segítségével rajpszögeket ragasztunk a rúd hosszában. A rúd végét melegíteni kezdjük. Egy idő után azt tapasztaljuk, hogy a rajpszögek fokozatosan esnek lefelé (5.1. ábra).

A jelenségre a molekuláris-kinetikai elmélet segítségével keressük a magyarázatot. A fém részecskéi állandó mozgásban vannak: az ionok az egyensúlyi helyzetük körül rezegnek; a szabad elektronok mozgása a gázmolekulák mozgására emlékeztet. Amikor a rúd végét melegíteni kezdjük, az

ott található részecskék mozgása felgyorsul. Eközben a szomszédos részecskékkel is kölcsönhatásba kerülnek és kibillentik őket nyugalmi állapotukból. Ennek eredményeképpen a rúd további része is felmelegszik. Képletesen szólva, a rúd hosszában „hőáramlás” indul meg, és fokozatosan felmelegíti az egész rudat. A rúdról a meleg a viaszra adódik át, miáltal az megolvad és elereszti a rajzszögeket.

Jegyezzétek meg: a folyamat során maga az anyag (réz) nem mozdul el a rúd egyik végétől a másik felé!

A **hővezetés** a hőátadás egyik fajtája, amely az anyag részecskéinek kaotikus mozgása és kölcsönhatása következtében jön létre, miközben nem történik anyagáramlás.

2 Meggyőződünk arról, hogy a különböző anyagok eltérő módon vezetik a hőt

Bizonyára észrevettétek, hogy egyes anyagok jobban, míg mások rosszabbul vezetik a hőt. Ha például a forró teával teli csészébe behelyezünk egy acélból és egy rézből készült kanalat, azt tapasztaljuk, hogy a rézkanál gyorsabban melegszik fel.

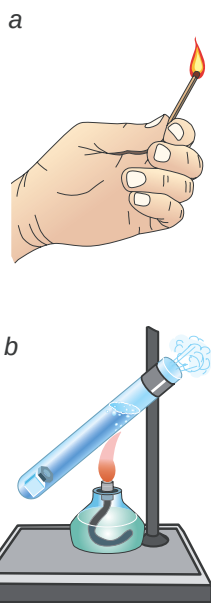
Kísérletekkel bizonyították, hogy a legjobb hővezetők a fémek. A fa, üveg és számos műanyag gyengén vezet a hőt, ezért például nyugodtan tarthatjuk a kezünkben az égő gyufát (5.2. a ábra).

A folyadékok (a megolvasztott fémek kivételével) szintén rossz hővezetők. Elvégezzünk egy kísérletet. A hideg vizet tartalmazó kémcső aljára egy darab jeget teszünk, és hogy ne emelkedhessen a felszínre, nehezéket helyezünk rá (5.2. b ábra). Szeszégő segítségével melegíteni kezdjük a víz felszínét. Kis idő múlva a felszínen lévő víz felforr, miközben a jég nem olvad el.

A folyadékoknál még rosszabbul vezetik a hőt a gázok. Ennek egyszerű a magyarázata. A gázmolekulák közötti távolság jelentősen nagyobb a folyadékok és szilárd testek molekulái közötti távolságnál. Ez azt eredményezi, hogy a részecskék ritkábban kerülnek kölcsönhatásba egymással, tehát energiaátvitel is ritkábban történik.

Az üvegyapot, a vatta, a különféle szőrmék rosszul vezetik a hőt, mivel egyrészt a szálaik között levegő található, másrészt a szálak anyaga is rossz hővezető.

Figyeljétek meg az 5.3., 5.4. ábrákat! Magyarázzátok meg, miért készülnek különböző anyagokból a konyhai eszközök? Miért építik a házakat téglából vagy fából? Miért bélelik a télikabátot pihével?



5.2. ábra. A fa (a) és a víz (b) gyenge hővezetését bemutató kísérlet



5.3. ábra. Ahol gyors hőátadásra van szükség, ott magas hővezetésű anyagokat használnak



5.4. ábra. A testek felmelegedésének és lehűlésének kiküszöbölése érdekében rossz hővezetésű anyagokat használnak

3 Megfigyeljük a hővezetést a természetben és az emberi környezetben

Sokan megfigyelhették, hogy a háziállatok tavasszal és ősszel levedlik a bundájukat. Az állatok szőre tavasszal rövidebb és kevésbé sűrű, ősszel viszont ellenkezőleg, hosszabb és sűrűbb. A gyapjú, prém és pihe rosszul vezeti a hőt, ezáltal megvédi az állatokat a kihűléstől.

A hideg tengerekben élő vagy vadászó állatok bőre alatt vastag zsírréteg található, amely rosszul vezeti a hőt, és elősegíti a hideg vízben való hosszabb tartózkodást jelentős kihűlés nélkül.

Számos rovar a telet mélyen a föld alatt vészeli át – a föld rossz hővezetésének köszönhetően nem fagynak meg a legnagyobb hidegek idején sem. Némelyik sivatagi növény felszínén apró szálak találhatók: a közöttük lévő levegő meggátolja a növénynek a környezettel való hőcseréjét.

Az ember széles körben felhasználja a különböző anyagok hővezetését. A jó hővezetőket ott, ahol szükség van a gyors hőátadásra. Például a fazekak, lábasok, fűtőtestek fémből készülnek.

Ahol meg kell gátolni a felmelegedést vagy a lehűlést, ott rossz hővezető anyagokat használnak. A kávéforraló fából készült nyele megóvjuk kezünket az égéstől. A föld alatt lefektetett vízvezetékben télen sem fagy meg a víz.



Összefoglaló

A hővezetés a hőátadás egyik fajtája, amely az anyag részecskéinek kaotikus mozgása és kölcsönhatása következtében jön létre, miközben nem történik anyagáramlás.

Különböző anyagok és az anyagok különböző halmazállapotban eltérő módon vezetik a hőt. A legjobb hővezetők a fémek, a legrosszabbak a gázok. Az ember széles körben felhasználja a különböző anyagok eltérő hővezetési tulajdonságát.



Ellenőrző kérdések

1. Mit nevezünk hővezetésnek? **2.** Írjátok le a fémek jó hővezetését bemutató kísérletet! **3.** Hogyan történik az energia átadása hővezetés esetén? **4.** Az anyag melyik – szilárd, cseppfolyós vagy gáz – halmazállapotában vezeti rosszabbul a hőt? **5.** Miért nem fagynak meg az állatok még a legnagyobb hidegben sem? **6.** Milyen anyagok vezetik jól a hőt? Hol hasznosítják őket? **7.** Nevezetek meg néhány rossz hővezető anyagot! Hol használják fel azokat?



5. gyakorlat

- A fizika szempontjából miért helytelen a „bunda melegít” kifejezés?
- Miért jó hőszigetelők a dupla ablakok?
- Miért nem olvad el hosszú ideig a hó a szalma alatt?
- Miért okoz károkat a fagy hómentes időben az őszi vetésekben?
- Szobahőmérsékleten a fémtárgyak érintésre hidegebbnek tűnnek a fából készült tárgyaknál. Miért? Milyen feltételek mellett érezhetnénk a fém tárgyakat melegebbeknek a fa tárgyaknál? Azonos hőmérsékletűeknek?
- A léggömb a levegőben van. Hogyan viselkedik a léggömb, ha a belsőjében lévő levegőt felmelegítjük? Lehűtjük?



Kísérleti feladat

„Melegítjük a jeget”. Vegyetek két jégdarabot, és helyezzétek külön-külön műanyag tasakba! Az egyik tasakot szorosan tekerjétek át vattával vagy frottír törülközővel! Tegyétek a tasakokat tányérba, majd rakjátok el egy szekrénybe! Egy óra elteltével vegyétek elő őket, bontsátok ki, és magyarázzátok meg a kísérlet eredményét!

Fizika és technika Ukrajnában



Az Ukrán Nemzeti Tudományos Akadémia V. M. Bakulj Szuperkemény Anyagok Intézete (Kijev) Európa egyik legnagyobb anyagkutató intézete.

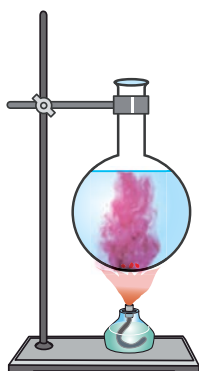
Alapításának (1961) kezdeményezője és első igazgatója Valentin Bakulj (1908–1978). 1977-től az intézetet Mikola Novikov akadémikus vezeti.

Az intézet a szuperkemény anyagok létrehozásának technológiáit kutatja. M. Novikov vezetésével a modern anyagkutatás új irányzatait dolgozták ki: a különböző színű és nagy keménységű gyémántkristályok szintézisét, különleges tulajdonságú gyémántlemezek létrehozását, magas hőmérsékletű kerámiák gyártását, számítógépes anyagismeretet. Az intézet által létrehozott anyagokat széles körben használják a gépgyártásban, az építőiparban, a természetes kövek kitermelésében és feldolgozásában, geológiai fúrásoknál, az elektronikában, orvostudományban és egyéb iparágakban.

1995-től az intézet az ALKON gyémántipari konszern vezető kutatóintézete, amelynek termékeit Ukrajnában és annak határain túl is felhasználják.

6. §. KONVEKCIÓ

Képzeltetik el egy forró nyári napot a tenger partján. A víz felső rétege meleg, az alsó hidegebb. A víz felől szellő fújdogál. Vajon hogyan jött létre ez a szellő, hiszen a parti fák koronája mozdulatlan? Miért melegedett fel kizárólag a víz felső rétege, hiszen a Nap az egész vizet napokon át melegítette? Megpróbálunk felelni ezekre a kérdésekre.



6.1. ábra. A folyadékban végbemenő konvekciót bemutató kísérlet. A megfestett meleg vízcsíkok felemelkednek, a hidegek leereszkednek



6.2. ábra. A felszálló forró levegő forgásba hozza a könnyű fémpropellert

1 Megfigyeljük a konvekciót a folyadékokban és gázokban

Már tudjátok, hogy a folyadékok és gázok rossz hővezetők. De akkor miért melegszik fel a szoba levegője a központi fűtés fűtőtesteitől? Miért melegszik fel a víz a tűzhelyen lévő fazékban? Miért hűl le az üdítő, ha jégkockát helyezünk bele?

Hogy válaszolni tudjunk a kérdésekre, elvégzünk néhány kísérletet.

A lombikot háromnegyed részéig vízzel töltjük meg, majd laboratóriumi állványra rögzítjük. Üvegpálca segítségével a lombik aljára néhány szilárd vízfesték darabot juttatunk. Az edényt alulról melegíteni kezdjük. Kis idő elteltével az aljáról a víz megfestett csíkokban kezd felfelé emelkedni. Elérve a felszínt, a lombik hidegebb fala mentén ismét alámerülnek (6.1. ábra); a folyamat ismétlődik. Végül a folyadék meleg és kevésbé meleg rétegei természetes úton összekeverednek egymással.

Hasonló folyamat játszódik le a gázokban is. Hogy erről megbizonyosodjunk, elegendő kezünket a forró tűzhely vagy a felkapcsolt izzólámpa fölé tennünk. A felemelkedő forró levegő könnyű propellert is képest forgatni (6.2. ábra).

A felsorolt példákban a hőátadás egy újabb formáját, a *konvekciót* (hőáramlást) figyelhattuk meg.

A **konvekció** a hőátadás azon fajtája, amely a levegő vagy folyadék áramlása révén jön létre.

Jegyezzétek meg: *konvekció nem jöhet létre szilárd testekben*, mivel bennük nincs anyagáramlás.

2 Megismerkedünk a konvekció mechanizmusával

Tisztázzuk a *természetes konvekció* létrejöttének az okait. A tűzhelyen lévő edénybe folyadékot öntünk.

Ismeretes, hogy a folyadékban vagy gázban lévő testre nehézségi és archimédési erő hat. Szintén ezek az erők hatnak a folyadék bármely tetszőleges térfogatára is (6.3. ábra). Mint ismeretes, melegítés hatására a folyadék kitágul, a sűrűsége csökken, és a vizsgált térfogatára ható archimédési erő nagyobb lesz a szintén erre a térfogatra ható nehézségi erőnél. Ennek eredményeként a felmelegedett folyadék (amelynek kisebb a sűrűsége) felemelkedik, a (nagyobb sűrűségű) hideg pedig leereszkedik.

Hasonló folyamat játszódik le a gázok esetében is.

A folyadékok és gázok rétegeinek természetes úton történő keveredése gyakran lehetetlen vagy nem elégséges. Ebben az esetben *mesterséges konvekciót* alkalmaznak (6.4. ábra). Mesterségesen keverik a levegőt például az űrhajókban, ahol nem hat az archimédési erő.

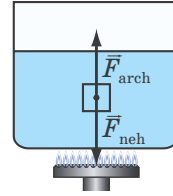
3 Megfigyeljük a konvekciót a természetben és felhasználjuk a mindennapi életünkben

A természetes konvekciónak nagy jelentősége van a természetben, és az ember is széleskörűen alkalmazza ezt a jelenséget.

A földrajzból már tudjátok, hogy a Föld klímáját alakító egyik elem a szél. Viszont azt nem tudjátok, hogy a szél létrejöttének egyik fő oka a konvekció (6.5. ábra).

Megvizsgáljuk, hogyan alakul ki a tengerpart vagy a nagy tavak közelében a szél. Nappal a szárazföld gyorsabban melegszik fel a víznél, ezért a part fölötti levegő melegebb a víz fölöttinél. A szárazföld feletti légtömeg kitágul, csökken a sűrűsége, és felfelé áramlik.

Ennek eredményeként a parton kisebb lesz a légnyomás, mint a víz felett, ezért a víz feletti hideg levegő a szárazföld felé áramlik.



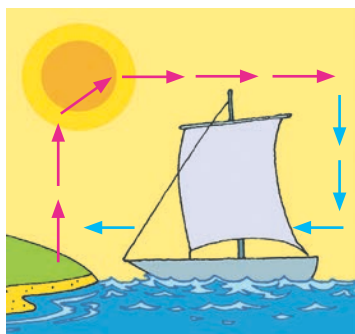
6.3. ábra. Az edényben lévő folyadék bármilyen tetszőleges térfogatára a nehézségi és az archimédési erő hat



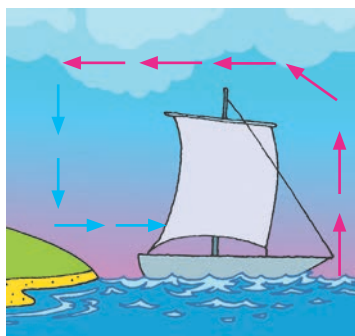
6.4. ábra. A víz az edényben a természetes konvekció hatására melegszik fel. Az egyenletesebb melegedés céljából, például pépes ételek esetében, a gazdaasszony mesterséges konvekcióhoz folyamodik – kanállal keveri meg az edény tartalmát



6.5. ábra. Az erős szelek – erőteljes konvekciós áramlatok (I. Ajvazovszkij: A legnagyobb hullám)



a



b

6.6. ábra. A tengeri és a parti szél létrejötte a konvekcióval magyarázható: a – tengeri szél; b – parti szél

Ez a tenger felől fújó *tengeri (nappali) szél* (6.6. a ábra).

? A leírtak alapján próbáljátok megmagyarázni, hogyan jön létre a *parti (éjszakai) szél* (6.6. b ábra)! *Tanács:* a szárazföld a víznél gyorsabban hűl le.

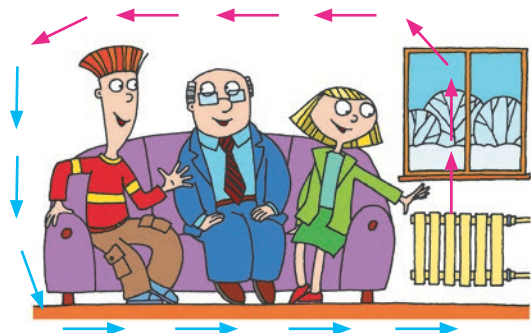
A víz egyenetlen felmelegedése miatt a tengerekben és óceánokban állandó áramlatok jönnek létre. Az óceáni áramlatok, a szélhez hasonlóan, jelentős hatást gyakorolnak Földünk éghajlatára.

A konvekcióval nem csak a természetben, hanem a mindennapi életben is találkozhatunk. A konvekció eredményeként fűthetjük fel (6.7. ábra) vagy hűthetjük le lakásunkat. A konvekciónak köszönhetően melegszik fel a leves a fazékban. A huzat kialakulása szintén a konvekcióhoz köthető (6.8. ábra). A kandalóban a levegő felmelegszik és kitágul, a sűrűsége csökken, és a meleg levegő a kéményen keresztül távozik. Ennek következtében az égő fahasábok körül és a kéményben a légnyomás alacsonyabb lesz a szobai légnyomásnál, amelynek folytán az oxigénnel dúsított hideg levegő a fahasábokhoz áramlik.

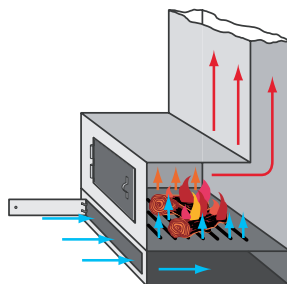


Összefoglaló

A konvekció a hőátadás azon fajtája, amely a levegő vagy folyadék áramlása révén jön létre. Szilárd anyagokban a hőátadásnak ez a típusa nem jöhet létre. Megkülönböztetünk természetes és mesterséges konvekciót.



6.7. ábra. A kisméretű fűtőtest a konvekciónak köszönhetően felmelegíti az egész helyiséget



6.8. ábra. Huzat kialakulása: az oxigéndús hideg levegő a konvekció hatására áramlik a kandalló égésterébe

A természetes konvekció az archimédesi erő és a hőtágulás hatásával magyarázható. A folyadék vagy gáz meleg rétegei felfelé áramlanak (kisebb a sűrűségük), míg a hidegek lefelé ereszkednek.

Ellenőrző kérdések



1. Írjátok le azt a kísérletet, amely bizonyítja, hogy melegítéskor a folyadékok meleg rétegei felfelé, a hidegek pedig lefelé mozdulnak el!
2. Mit nevezünk konvekciónak?
3. Mi a különbség a konvekció és a hővezetés között?
4. Nevezzétek meg a természetes konvekció létrejöttének okait!
5. Lehetséges-e konvekció a szilárd halmazállapotban lévő anyagokban? A választ indokoljátok meg!
6. Mit nevezünk mesterséges konvekciónak?
7. Mondjatok példákat természetes és az emberi környezetben létrejövő konvekcióra!

6. gyakorlat



1. Miért emelkednek fel a lángnyelvek?
2. Miért hidegebb nyáron a folyó mélyén a víz, mint a felszínén?
3. Hol célszerűbb elhelyezni a vízzel teli fazekat, hogy gyorsabban felmelegedjen: a fűtőkészüléken vagy mellette? Hol célszerűbb elhelyezni a vízzel teli palackot, hogy jég segítségével lehűthessük: a jégen vagy mellette? Válaszokat magyarázzátok meg!
4. Miért nem esnek le a felhők?
5. Kiegészítő forrásanyag felhasználásával magyarázzátok meg, hogy a jégeső általában miért forró nyári napokon esik!
6. Amint tudjátok, a megfigyelés, hipotézis (feltételezés) és a kísérlet a fizikai kutatások különböző stádiumai. Figyeljete meg egy tetszőleges folyamatot, például a víz meledését vagy a jég olvadását! Állítsatok fel hipotézist, hogy szerintetek miként megy végbe a folyamat! Végezzetek kísérletet! A kísérlet megerősítette vagy megcáfolta a hipotéziseteket?



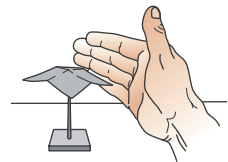
Kísérleti feladatok



1. Gyűjtsatok meg egy gyertyát és helyezzétek a kitért ajtóba (1. ábra). Magyarázzátok meg a tapasztalt jelenséget.
2. Vágjatok ki vékony papírlapból egy téglalapot, a középvonalak mentén hajtsátok be és újra simítsátok ki. Radíron szúrjátok át egy varrótűt, majd hegyével felfelé állítsátok az asztalra (2. ábra). Óvatosan helyezétek a tű hegyére a kissé behajtott papírdarabot. Nyitott tenyérrel lassan közelítsetek a papírdarabhoz. Az forogni kezd. Vegyétek el a kezetekeket – a forgás megszűnik. Nem marad más hátra, mint a trükköt bemutatni barátaitoknak, valamint elmagyarázni a jelenséget (*Tanács:* tenyereitek hőmérséklete nem mindenütt azonos).



1. ábra



2. ábra

7. §. HŐSUGÁRZÁS

Életünk alapja az energiacsere. Az energia többnyire a Napból kerül a Földre (7.1. ábra). A rügyeknek a tavaszi melegítő napsugarak hatására történő kipattanása, a szél és a tengeráramlatok létrejötte mind-mind a Nap „jelen idejű” energiájának köszönhető. Az olyan hőenergiaforrások, mint a kőolaj, földgáz, kőszén szintén a napsugárzás hatására jöttek létre több millió évvel ezelőtt. Felmerül a kérdés: hogyan jut el a Nap energiája a Földre, hiszen a két égitest között gyakorlatilag nincsenek molekulák, vagyis sem a hővezetés, sem a konvekció nem jöhet szóba?



7.1. ábra. A Nap minden másodpercben óriási mennyiségű energiát sugároz a környező térbe, ennek az energiának egy része eljut a Földre



7.2. ábra. A megfigyelések megerősítik, hogy nyílt láng mellett állva nem konvekció eredményeként kapunk energiát

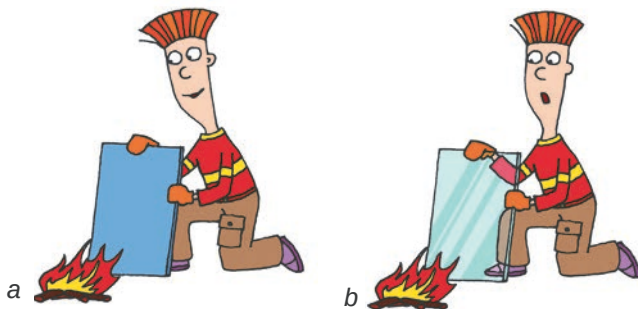
1 Megismerkedünk a hősugárzással

Ha nyílt láng mellett állunk meg (tábortűz, gáztűzhely), érezhetjük, hogy arcunk és testünk egyes részei átmelegednek. Ez azt jelenti, hogy a tűz hőt ad át. Vajon hogyan adódik át ez a hő? Hogy megkapjuk a feleletet, felidézünk a fizikai kutatások szakaszait: megfigyelés, hipotézis, kísérlet.

Megfigyeljük, hogy a lángnyelvek felemelkednek (ha tábortűzet figyelünk meg), vagy a kéménybe igyekeznek (kandalló és kályha esetén), tehát a meleg levegő is arra mozdul el. Ebből levonhatjuk az első következtetést: a tűz mellett állva *nem* a konvekciónak köszönhetően kapjuk az energiát (7.2. ábra).

Felállítunk egy *hipotézist*: lehetséges, hogy az energia hővezetés útján adódik át.

Hogy ezt ellenőrizhessük, elvégezzük a következő *kísérletet*: a tűz mellé fémlapot helyezünk (7.3. a ábra). A fémlap megvéd a forrástól, függetlenül attól, hogy jó hővezető képességgel rendelkezik. Az átlátszó üveg viszont,



7.3. ábra. A jó hővezető fém jobban megvéd a forró lángoktól, mint a rossz hővezető üveg

amely jó hőszigetelő, kevésbé véd meg a hőtől, mint a tömör fém (7.3. *b* ábra). Levonjuk a második következtetést: a nyílt lángtól a hő nemcsak hővezetés által adódik át.

Tehát a hőátadás egy újabb fajtájával van dolgunk: a *hősugárzással*.

A hősugárzás a hőátadás egyik fajtája, mely során az energia sugarak (elektromágneses hullámok) révén adódik át.

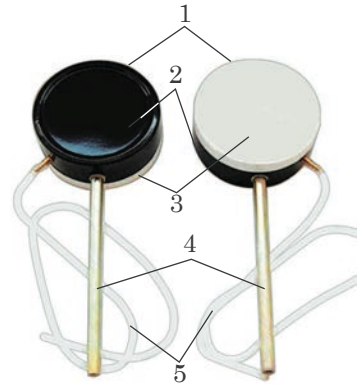
2 Kimutatjuk a hősugárzás néhány sajátosságát

Az elektromágneses sugarak a vákuumban is terjednek, ezért a hősugárzás a hőátadás egyéb fajtáitól abban különbözik, hogy az energia anyagot nem tartalmazó térben is átadódhat. Például a Nap energiája a Földre és más bolygókra kizárólag hősugárzás útján adódik át. Ne gondoljuk azt, hogy a hősugárzásnak csak a világűrben van fontos szerepe. A *hősugárzás a hőátadás univerzális fajtája, amely minden test között fennáll.*

? Idézzétek fel, milyen színű ruhában – világosban vagy sötétben – jobb a közérzetetek a tikkasztó nyári melegben! Világos vagy sötét felszínt melegítenek-e jobban fel a napsugarak? Állítsatok fel hipotézist arról, hogyan függ a testek hőelnyelő képessége az adott test színétől!

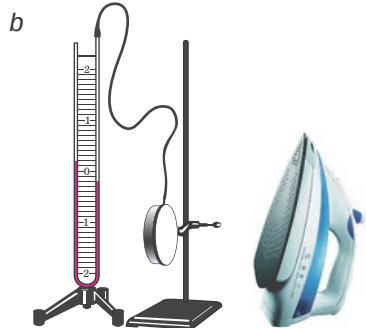
Hipotézisetek leellenőrzésére *hőjelfogót* alkalmazunk (7.4. ábra). A hőjelfogót laboratóriumi állványra rögzítjük, és folyadékos manométerrel kötjük össze. A jelfogó fekete oldalához forró vasalót helyezünk (7.5. *a* ábra). A manométernek a jelfogóval összekötött szárában a folyadék szintje csökken. Ez azt jelenti, hogy a jelfogóban lévő levegő felmelegedett és kitágult.

Most a hőjelfogót a tükröződő oldalával fordítjuk a vasaló felé: ebben az esetben a manométer száraiban a folyadékszintek közötti különbség kisebb lesz (7.5. *b* ábra), vagyis a hőjelfogóban lévő levegő kevésbé melegszik fel.



7.4. ábra. Hőjelfogó:

- 1 – üres doboz;
- 2 – sötét felület;
- 3 – tükröződő vagy fehér felület;
- 4 – fogantyú;
- 5 – összekötő gumicső



7.5. ábra. A testeknek a színtől függő hőelnyelő képességét bemutató kísérlet

A fekete felületű testek jobban elnyelik a hősugarakat, mint a világos vagy tükröződő felületűek.

Hasonló kísérletekkel bizonyították be, hogy a *sötét felületű testek nemcsak jobban veszik fel, hanem jobban is adják le a hőt.*

Megjegyezzük, hogy a testek bármilyen hőmérsékleten kizárólag hősugárzás útján cserélnek energiát. Tehát *bármely test egyidejűleg lead és felvesz hőt.* Ha a test hőmérséklete nagyobb a környezetében lévő testekénél, akkor több hőenergiát ad le, mint amennyit felvesz. Ha viszont a test hidegebb a szomszédos testeknél, az általa felvett hőenergia nagyobb a leadottnál. *A hősugárzás, mint a hőátadás egyéb fajtái, végső soron hőegyensúlyhoz vezet.*



Összefoglaló

A hősugárzás a hőátadás egyik fajtája, mely során az energia elektromágneses hullámok révén adódik át.

A hősugárzás a hőátadás univerzális fajtája, amely minden test között fennáll (a vákuumban lévő testek között is).

A test által leadott vagy felvett hőenergia függ a test felületének a színétől. A sötét felületű testek jobban nyelik el és jobban adják le a hőenergiát. A világos vagy fényes felületű testek ellenkezőleg, rosszabbul vesznek fel és rosszabbul is adják le a hőenergiát.



Ellenőrző kérdések

1. Miért nem adódhat át a Nap energiája a Földre konvekció és hővezetés által? **2.** Írjátok le annak a kísérletnek a menetét, amellyel bizonyítható, hogy a nyílt láng energiája nem kizárólag hővezetés által adható át! **3.** Mit nevezünk hősugárzásnak? **4.** Milyen színű testek vesznek fel jobban a hőenergiát? Írjátok le a választokat igazoló kísérlet menetét! **5.** Létezik-e olyan feltétel, amelynél a testek nem adnak le és nem vesznek fel energiát? **6.** Mi történik a test hőmérsékletével, ha az több hőenergiát ad le, mint amennyit felvesz?



7. gyakorlat

- 1.** Miért célszerűbb sötét színűre festeni a fűtőtesteket?
- 2.** Milyen színűre célszerűbb befesteni a hűtőkocsik felületét?
- 3.** Miért olvad tavasszal gyorsabban a szennyezett hó, mint a tiszta?
- 4.** Télen a déli fekvésű fűtetlen szobában viszonylag meleg van. Mikor lehetséges ez? Mi az oka?
- 5.** Miért használnak tükrös felületű, dupla falú vákuumhengert a termoszk belsejeként?
- 6.** Mivel a Föld atmoszférája átlátszó, a napsugarak úgy hatolnak át rajta, hogy szinte fel sem melegítik azt. Akkor mitől melegszik fel a Föld légtere, és mitől függ a felmelegedés mértéke?
- 7.** Töltsétek ki a táblázatot*!



* Reméljük, emlékeztek rá, hogy az ilyen feladatokban a könyvben lévő táblázatot át kell rajzolnotok a füzetbe.

Fizikai mennyiség	Jelölése	Mértékegysége a SI rendszerben
	m	
		$^{\circ}\text{C}$
		kg/m^3
Hőmennyiség		

8. §. AZ ANYAG FAJHŐJE. AZ ANYAG ÁLTAL MELEGÍTÉS HATÁSÁRA FELVETT VAGY HŰTÉS HATÁSÁRA LEADOTT HŐ MENNYISÉGE

A kérdésre, „200 vagy 300 gramm anyag melegszik fel hamarabb?“, valaki azonnal azt felelheti, hogy természetesen a 200 grammos anyag, a 300 g felmelegedése tovább tart. Lehetséges, hogy az ilyen válasz helyes, de az is lehet, hogy nem. Ne siessetek a következtetéssel, mindenre fény derül.

1

Tisztázzuk, mitől függ a melegítéshez szükséges hőmennyiség

Ha két egyforma edénybe 200 g és 300 g folyadékot öntünk, azonos melegítővel történő hevítés mellett melyik folyadék melegszik fel gyorsabban 20 $^{\circ}\text{C}$ -ról 100 $^{\circ}\text{C}$ -ra?

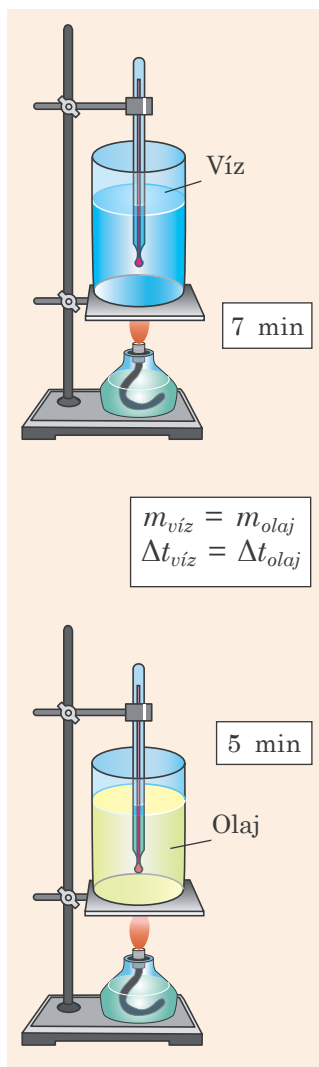
Elgondolkodunk a kérdésen. Először is nyilvánvaló: ha azonos folyadékokról van szó, például vízről, akkor a 300 g felmelegítéséhez több időre és több hőre van szükség, mint a 200 g felhevítéséhez. Ez azt jelenti, hogy az anyag *felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség az anyag mennyiségétől függ.*

Viszont nem tudjuk, hogy a kérdésben milyen folyadékokról van szó, ezért lehetetlen egyértelmű választ adnunk. *Az anyag hőmérsékletének a meghatározott megváltoztatásához szükséges hőmennyiség függ az anyag fajtájától.* Erről kísérlet segítségével győződünk meg.

Veszünk két egyforma edényt, az egyikbe 200 g vizet, a másikba 200 g olajat töltünk, majd felmelegítjük azokat 20 $^{\circ}\text{C}$ -ról 100 $^{\circ}\text{C}$ -ra. Megmérve a melegítéshez szükséges időt, azt tapasztaljuk, hogy az olaj gyorsabban melegedett fel, és ezáltal kevesebb hőre volt szükség, mint a víz esetében (8.1. ábra).



Gondolkozzatok el, vajon azonos mennyiségű hőt vesz-e fel a meghatározott tömegű anyag, ha 20 $^{\circ}\text{C}$ -ról 100 $^{\circ}\text{C}$ -ra, vagy 20 $^{\circ}\text{C}$ -ról 40 $^{\circ}\text{C}$ -ra melegítjük fel! Ha nem azonos mennyiséget, akkor szerintek melyik esetben többet? Hányszor többet?



8.1. ábra. Kísérlet a meghatározott anyag felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség és az anyag fajtája közötti összefüggés vizsgálatára. Ha azonos tömegű különböző anyagokat melegítünk, azonos hőmérséklet-változáshoz eltérő időre és eltérő hőmennyiségre van szükség

Az anyag tömegének, a melegítés és hűtés módjának változtatásával – a hővesztéseket figyelembe véve, annak csökkentésére törekedve – a tudósok bebizonyították, hogy a *melegítés közben felvett vagy lehűlés közben leadott hőmennyiség*:

- függ az anyag fajtájától;
- egyenesen arányos az anyag tömegével;
- egyenesen arányos az anyag hőmérsékletének változásával. A fenti állításokat a következő képlet segítségével írhatjuk fel:

$$Q = cm\Delta t,$$

ahol Q – hőmennyiség; m – az anyag tömege; Δt – hőmérséklet-változás; c – az anyagot jellemző arányossági együttható, melyet az *anyag fajhőjének* nevezünk.

2 Meghatározzuk a fajhő fogalmát

Az **anyag fajhője** az anyagot jellemző fizikai mennyiség, amely azt mutatja, mekkora hőmennyiség szükséges 1 kg anyag hőmérsékletének 1 °C-kal történő növeléséhez.

Az anyag fajhőjét c betűvel jelölik és a következő képlettel határozzák meg:

$$c = \frac{Q}{m\Delta t}.$$

A fenti képlet segítségével meghatározható a fajhő mértékegysége: **joule per kilogramm-Celsius fok***:

$$[c] = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

A fajhő azt mutatja, hány joule-lal csökken az 1 kg tömegű anyag belső energiája 1 °C-kal való lehűlésekor, ha az anyag térfogata változatlan marad.

* A SI rendszerben a fajhőt *joule per kilogramm-kelvinben* mérik; a fajhő $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ és $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ képletekkel megadott értékei azonosak.

3 Összehasonlítjuk a különböző anyagok fajhőjét

A különböző anyagok fajhője jelentősen eltérhet egymástól. Például az arany fajhője $130 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, ami azt jelenti, hogy 1 kg arany 1°C -kal való felmelegítésekor 130 J-nyi hőmennyiséget vesz fel; ha viszont 1 kg arany 1°C -nyit lehűl, akkor 130 J-nyi hőmennyiség szabadul fel. A napraforgóolaj fajhője $1700 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, vagyis 1 kg olaj 1°C -kal való felmelegítésekor 1700 J hőmennyiséget vesz fel, 1°C -kal való lehűlésekor pedig 1700 J hőmennyiséget ad le.

Az anyagok fajhője a különböző halmazállapotokban eltérő. Például a víz fajhője $4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, a jégé $-2100 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$; a szilárd halmazállapotú vasé $-460 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, a megolvasztott vasé $-830 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$.

Az anyagok fajhőjének értékét kísérletileg határozzák meg, és táblázatban rögzítik (lásd a tankönyv végén lévő *Függelék 1. táblázatát*).

4 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. A fa elégésekor a 2 t tömegű téglakemence 88 MJ hőmennyiséget vett fel, és 10°C -ról 60°C -ra melegedett. Határozzátok meg a téglafajhőjét!

A fizikai probléma elemzése. A téglafajhőjét az anyagok fajhőjének meghatározására szolgáló képlet segítségével számíthatjuk ki.

Adva van:

$$m = 2000 \text{ kg}$$

$$t_1 = 10^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 60^\circ\text{C}$$

$$Q = 88 \text{ MJ} =$$

$$= 88\,000\,000 \text{ J}$$

Meghatározzuk:

$$c = ?$$

Matematikai modell felállítás, megoldás.

Mivel $c = \frac{Q}{m\Delta t}$, a $\Delta t = t_2 - t_1$, ezért:

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}.$$

Ellenőrizzük a mértékegységet, és meghatározzuk a keresett mennyiséget:

$$[c] = \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot (^\circ\text{C} - ^\circ\text{C})} = \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}};$$

$$c = \frac{88\,000\,000}{2000(60 - 10)} = \frac{88\,000}{2 \cdot 50} = 880 \left(\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right).$$

Az eredmény elemzése. A kapott eredmény azonos a táblázatban található eredménnyel, tehát a feladatot helyesen oldottuk meg.

$$\text{Felelet: } c = 880 \left(\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right).$$



Összefoglaló

Kísérleti úton bebizonyították, hogy a test által melegítéskor felvett vagy lehütéskor leadott hőmennyiség egyenesen arányos a test tömegével, a hőmérsékletének változásával és függ a test anyagától: $Q = cm\Delta t$.

Azt az anyagot jellemző fizikai mennyiséget, amely azt mutatja, mekkora hőmennyiség szükséges ahhoz, hogy 1 kg anyag hőmérséklete 1 °C-kal megváltozzon, fajhőnek nevezzük.

Az anyag fajhőjét c betűvel jelölik, mértékegysége joule per kilogramm-Celsius fok $\left(\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}\right)$. A fajhőt a $c = \frac{Q}{m\Delta t}$ képlet segítségével határozzák meg vagy kikeresik a megfelelő táblázatból.



Ellenőrző kérdések

1. Mitől függ a test felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség? **2.** Melyik képlet segítségével határozható meg a test által melegítéskor felvett vagy lehütéskor leadott hőmennyiség? **3.** Mi a fajhő fizikai jelentése? **4.** Nevezétek meg a fajhő mértékegységét!



8. gyakorlat

1. Az ezüst fajhője $250 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$. Mi ennek a jelentése?
2. Miért használnak a hűtőrendszerekben leggyakrabban vizet?
3. A 40 g tömegű acélkanalat forrásban lévő vízbe helyezték (a víz hőmérséklete 100 °C). Mekkora hőmennyiséget vett fel a kanál, ha hőmérséklete 20 °C-ról 80 °C-ra emelkedett?
4. Egy 250 g tömegű alkatrész 160 °C-ra való felmelegítéséhez 20 kJ hőre van szükség. Milyen anyagból készült az alkatrész?
5. Mint ismeretes, $c = \frac{Q}{m\Delta t}$. Állíthatjuk-e, hogy az anyag fajhője függ a tömegétől? Hőmérsékletének a változásától? Az átadott hőmennyiségtől?
6. Az 500 g tömegű alumínium fazékban 1,5 kg vizet 20 °C-ról forráspontig melegítettek. Mekkora hőmennyiséget vett fel a fazék a vízzel?
7. Milyen magasságba emelhető 2 t tömegű teher 0,5 l víz 100 °C-ról 0 °C-ra való lehűlésekor felszabaduló energia révén?
8. Válasszatok ki a térképen egy ugyanazon a földrajzi szélességen fekvő két területet: az egyiket a tenger mellett, a másikat pedig a kontinens belsejében! Kiegészítő forrásanyag felhasználásával hasonlítsátok össze a kiválasztott területeken a hőmérséklet ingadozását (nappal – éjszaka, tél – nyár)! Magyarázzátok meg a kapott adatokat!

9. §. HŐMÉRLEG

A mechanikai jelenségeket tanulmányozva már megismerkedtünk az energia megmaradásának és átalakulásának törvényével. Ez az alaptörvény a természetben végbemenő összes folyamatra, így a hőátadásra is érvényes. A hőátadás esetében az energiamegmaradás törvényének matematikai kifejezése a hőmérleg-egyenlet. Megismerkedünk ezzel az egyenlettel, és megtanuljuk felhasználni a feladatok megoldásához.

1 Felírjuk a hőmérleg-egyenletet

Képzeljünk el egy olyan rendszert, melynek alkotóelemei nem kapnak, és nem adnak le energiát (az ilyen rendszert izolált, azaz zárt rendszernek nevezzük), a belső energia csökkenése vagy növekedése pedig a rendszert alkotó testek között létrejövő hőleadás eredményeként megy végbe. Ebben az esetben az energiamegmaradás törvénye alapján állíthatjuk, hogy a rendszer egyes teste által leadott hőmennyiség megegyezik a rendszer többi teste által felvett hőmennyiséggel.

Jelöljük meg a rendszer egy tetszőleges teste által felvett hőmennyiséget Q^+ -szal, a tetszőleges test által leadott hőmennyiség modulusát pedig Q^- -szal. Az energiamegmaradás törvényét a hőátadás esetében a következő egyenlet alakjában írhatjuk fel:

$$Q_1^- + Q_2^- + \dots + Q_n^- = Q_1^+ + Q_2^+ + \dots + Q_n^+.$$

Ezt a képletet **hőmérleg-egyenletnek** nevezzük.

A kifejezést a következőképpen fogalmazhatjuk meg: *a testek zárt rendszerében, amelyben a belső energia kizárólag hőátadás útján adódik át, a rendszert alkotó egyes testek által leadott hőmennyiség megegyezik a rendszer többi teste által felvett hőmennyiséggel.*

Megjegyezzük, hogy a hőmérleg-egyenlet fent leírt alakjában az összes összeadandó a hőmennyiség modulusát jelöli, tehát mindegyik pozitív.

A hőmérleg-egyenletet számtalan olyan feladat megoldásánál használják, amelyekkel nap mint nap találkozhatunk (9.1. ábra).



9.1. ábra. A hőmérleg-egyenlet gyakorlati felhasználásának példái: a – annak a forróvíz-mennyiségnek a kiszámítása, amelyet a fürdőkádban lévő hideg vízhez kell adagolni a megadott hőmérsékletre történő felmelegítése céljából; b – a szoba megfelelő hőmérsékletre való felmelegítéséhez szükséges hőszugárzó teljesítményének meghatározása

2 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

A hőegyenlet összeállításával oldandó feladatok esetében figyelembe kell venni a következőt: ha a hőcsere folyamata sokáig tart, hőegyensúly jön létre, vagyis a *rendszer összes elemének azonos lesz a hőmérséklete*.

Feladat. 400 g tömegű, 20 °C-os vízbe 100 g 70 °C-os vizet öntöttek. Mekkora lesz a víz hőmérséklete? A környezettel nem történik hőcsere.

A fizikai probléma elemzése. A hőcserében két test vesz részt. A forró víz energiát ad le: a hőmérséklete a kezdeti 70 °C-ról a végső t hőmérsékletre csökken. A hideg víz energiát vesz fel: hőmérséklete 20 °C-ról t hőmérsékletre emelkedik. Mivel a környezettel nem történik hőcsere, ezért felhasználható a hőmérleg-egyenlet.

Adva van:

$$m_1 = 400 \text{ g} = 0,4 \text{ kg}$$

$$t_1 = 20 \text{ °C}$$

$$m_2 = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg}$$

$$t_2 = 70 \text{ °C}$$

Meghatározzuk:

$$t - ?$$

Matematikai modell felállítása, megoldás.

A hideg víz által kapott hőmennyiség:

$$Q_1 = cm_1(t - t_1). \quad (1)$$

A meleg víz által leadott hőmennyiség*:

$$Q_2 = cm_2(t_2 - t). \quad (2)$$

A hőmérleg-egyenlet alapján:

$$Q_1 = Q_2. \quad (3)$$

Behelyettesítjük az (1) és (2) egyenleteket a (3) egyenletbe:

$$cm_1(t - t_1) = cm_2(t_2 - t) \Rightarrow m_1(t - t_1) = m_2(t_2 - t).$$

Átalakítjuk az egyenletet:

$$m_1t - m_1t_1 = m_2t_2 - m_2t.$$

Innen:

$$m_1t + m_2t = m_2t_2 + m_1t_1 \Rightarrow t(m_1 + m_2) = m_2t_2 + m_1t_1.$$

A következő kifejezést kapjuk: $t = \frac{m_2t_2 + m_1t_1}{m_1 + m_2}.$

Ellenőrizzük a mértékegységet, és kiszámítjuk a keresett mennyiséget:

$$[t] = \frac{\text{kg} \cdot \text{°C} + \text{kg} \cdot \text{°C}}{\text{kg} + \text{kg}} = \frac{\text{kg} \cdot \text{°C}}{\text{kg}} = \text{°C}; \quad t = \frac{0,4 \cdot 20 + 0,1 \cdot 70}{0,4 + 0,1} = 30 \text{ (°C)}.$$

Az eredmény elemzése. A kapott vízhőmérséklet (30 °C) valós: magasabb 20 °C-nál, de kisebb 70 °C-nál.

Felelet: $t = 30 \text{ °C}.$

* A hőmérleg-egyenletben a hőmennyiségek értékeinek a modulusait használjuk, tehát az összeadandók mindig pozitívak. Ezért a továbbiakban a testek által leadott hőmennyiség kiszámításánál a magasabb hőmérsékleti értékből vonjuk ki az alacsonyabb értéket.



Összefoglaló

A természetben végbemenő összes folyamatra érvényes az energia megmaradásának és átalakulásának törvénye. Az olyan zárt rendszerben, amelyben a belső energia változása a rendszert alkotó testek között létrejött hőleadás eredményeként megy végbe, az energiamegmaradás törvénye a következőképpen fogalmazható meg: a rendszert alkotó egyes testek által leadott hőmennyiség megegyezik a rendszer többi teste által felvett hőmennyiséggel.

Az energia-megmaradás törvényét a hőátadás esetében a hőmérleg-egyenlet segítségével írhatjuk fel:

$$Q_1^- + Q_2^- + \dots + Q_n^- = Q_1^+ + Q_2^+ + \dots + Q_n^+.$$



Ellenőrző kérdések

1. Milyen rendszert nevezünk hőszigetelt rendszernek? **2.** Fogalmazzátok meg az energiamegmaradás törvényét, amely alapján felállították a hőmérleg-egyenletet!



9. gyakorlat

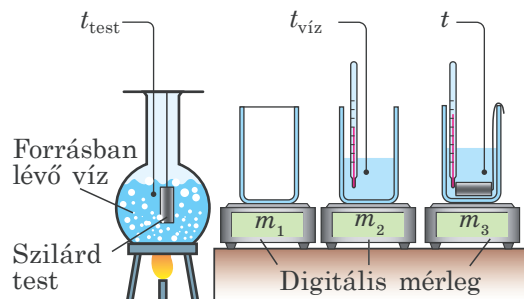
A feladatok megoldásánál hagyjátok figyelmen kívül a környezettel történő hőcserét!

1. A fürdőkádba 80 l 10 °C-os vizet engedtek. Hány liter 100 °C-os vizet kell folytatni a kádba, hogy abban a víz hőmérséklete 25 °C-os legyen? A fürdőkád tömegét ne vegyétek figyelembe!
2. A fazékban 2 kg 40 °C-os víz volt, amihez hozzáöntöttek 4 kg 85 °C-osat. Határozzátok meg a keverék hőmérsékletét! A fazék tömegét hagyjátok figyelmen kívül!
3. A sütőben felmelegített 200 g tömegű acélhasábot 250 g tömegű 15 °C-os vízbe helyezték. A víz hőmérséklete 25 °C-ig emelkedett. Számítsátok ki a sütő hőmérsékletét!
4. A 200 g tömegű sárgaréz fazékban 400 g 20 °C-os víz van. A vízbe 800 g 69 °C-os ezüstöt tettek. Ennek következtében a víz hőmérséklete 25 °C-os lett. Határozzátok meg az ezüst fajhőjét!
5. Soroljátok fel anyagokat, melyek 20 °C-on szilárd halmazállapotban; cseppfolyós halmazállapotban; gáznemű halmazállapotban vannak!



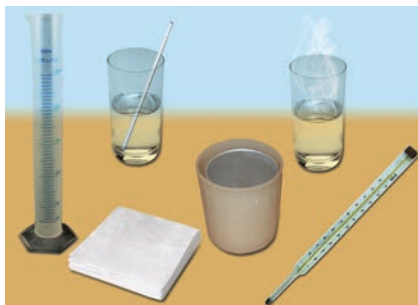
Kísérleti feladat

Az ábra segítségével állítástok össze az anyag fajhőjének meghatározására szolgáló kísérlet vázlatát! Ha rendelkeztek megfelelő eszközökkel, végezzétek el a kísérletet!



i

1. SZÁMÚ LABORATÓRIUMI MUNKA

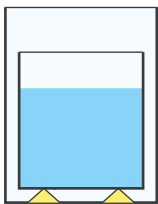


Téma: A hőegyensúly vizsgálata különböző hőmérsékletű vízmennyiségek összekeverésekor.

A munka célja: ismerkedés a kaloriméter felépítésével és működési elvével; annak a hőmennyiségnek a meghatározása, amelyet a hőcsere során a forró víz leadott, valamint annak a hőmennyiségnek a kiszámítása, amelyet a hideg víz felvett a különböző hőmérsékletű vizek vegyítésekor; a kapott eredmények összehasonlítása.

Eszközök: mérőhenger, hőmérő, kaloriméter, hideg és meleg vizes edény, papírszalvéták, keverőpálca.

Elméleti ismeretek



A hőjelenségek tanulmányozása során gyakran használnak *kalorimétert*, amely két egymásban elhelyezkedő, levegőréteggel elválasztott edényből áll (lásd az [ábrát](#)). A levegő rossz hővezető képességének, valamint a két edény közötti, a konvekciós áramlásokat ellehetetlenítő csekély távolságnak köszönhetően a kaloriméterben jelentősen csökken a külső környezet és a belső edényben lévő folyadék hőcseréje.

ÚTMUTATÓ A MUNKÁHOZ

II Felkészülés a kísérletre

1. A mérések kezdete előtt:
 - a) figyelmesen olvassátok el a fenti elméleti útmutatást;
 - b) idézzétek fel, mi a hőegyensúly állapotának lényege!
2. Határozzátok meg a mérőműszerek beosztásértékeit!

▶ Kísérlet

Szigorúan tartsátok be a balesetvédelmi előírásokat (lásd az előzőeket)!
A kísérlet eredményeit azonnal írájátok be a táblázatba!

1. Ismerkedjétek meg a kaloriméter felépítésével!
2. Öntsetek a mérőhengerbe 60-80 ml hideg vizet, majd határozzátok meg a térfogatát (V_1), és mérjétek meg a hőmérsékletét (t_1)!
3. Öntsetek a kaloriméterbe forró vizet (a belső edény 1/3-áig), és mérjétek meg a hőmérsékletét (t_2)!
4. A hőmérőt a kaloriméterben hagyva öntsétek bele a mérőhengerben lévő hideg vizet, majd a keverőpálca segítségével óvatosan kevergessétek! Közben figyeljétek a hőmérő állását. Írjátok fel az elegy hőmérsékletét (t)!

- Óvatosan vegyék ki a hőmérőt a vízből, szalvétával szárítsátok meg, és helyezték a tartójába!
- A kaloriméterben lévő vizet öntsétek a mérőhengerbe, és határozzátok meg a térfogatát (V)!

A kísérlet eredményeinek feldolgozása

- Határozzátok meg a hideg víz tömegét: $m_1 = \rho_{\text{víz}} V_1$. A $Q_1 = c_{\text{víz}} m_1 (t - t_1)$ képlet segítségével számítsátok ki a hideg víz által felvett Q_1 hőmennyiséget!
- Határozzátok meg a forró víz V_2 térfogatát, és m_2 tömegét: $V_2 = V - V_1$; $m_2 = \rho_{\text{víz}} V_2$! A $Q_2 = c_{\text{víz}} m_2 (t_2 - t)$ képlettel számítsátok ki a forró víz által leadott Q_2 hőmennyiséget!
- Töltsétek ki a táblázatot!

A víz hőmérséklete, °C			A víz térfogata, ml			A víz tömege, kg		Hőmennyiség, J	
t_1	t_2	t	V_1	V	V_2	m_1	m_2	Q_1	Q_2

A kísérlet eredményeinek elemzése

Elemizzétek a kísérletet és a kapott eredményeket! Fogalmazzátok meg a következtetéseket, melyben:

- hasonlítsátok össze a forró víz által leadott és a hideg víz által felvett hőmennyiséget;
- nevezzétek meg méréseitek esetleges pontatlanságának okait!

Csillagos feladat

Becsüljétek meg a kísérlet viszonylagos hibáját a következő képlet segítségével:

$$\varepsilon = \left| 1 - \frac{Q_1}{Q_2} \right| \cdot 100 \% .$$

i

2. SZÁMÚ LABORATÓRIUMI MUNKA



Téma: az anyag fajhőjének meghatározása.

A munka célja: a szilárd test fajhőjének meghatározása.

Eszközök: mérőhenger, mérleg, súlykészlet, hőmérő, kaloriméter, cérnára kötött fémtárgy, edény vízzel, teaforraló vízzel (egy az osztályra), papírszalvéták, keverőpálca.

Elméleti ismeretek

A szilárd halmazállapotú anyagok fajhőjének a meghatározását a következő módszerrel végezhetjük. A testet forró vízben felmelegítjük, majd a hideg vizet tartalmazó kaloriméterbe engedjük. Hőcsere jön létre, amelyben négy test vesz részt: a szilárd test leadja, a víz, a kaloriméter és a hőmérő pedig felveszi az energiát. Mivel a hőmérő és a kaloriméter a vízhez képest csekély mennyiségű hőt vesz fel, ezért feltételezzük, hogy a szilárd test által leadott és a víz által felvett hőmennyiség azonos: $Q_{\text{test}} = Q_{\text{víz}}$. Tehát $c_{\text{test}} m_{\text{test}} (t_{\text{test}} - t) = c_{\text{víz}} m_{\text{víz}} (t - t_{\text{víz}})$; innen

$$c_{\text{test}} = \frac{c_{\text{víz}} m_{\text{víz}} (t - t_{\text{víz}})}{m_{\text{test}} (t_{\text{test}} - t)},$$

ahol c_{test} , $c_{\text{víz}}$ – a test anyagának és a víznek a fajhője; m_{test} , $m_{\text{víz}}$ – a test és a víz tömege; t_{test} , $t_{\text{víz}}$ – a test és a víz hőmérséklete a kísérlet kezdetén; t – a test és a víz hőmérséklete a hőegyensúly létrejötte után.

ÚTMUTATÓ A MUNKÁHOZ



Felkészülés a kísérlethez

1. A munka elkezdése előtt:
 - a) figyelmesen olvassátok el az elméleti útmutatást;
 - b) idézzétek fel, mi jellemzi az anyagok fajhőjét; a fajhő mértékegységét!
2. Határozzátok meg a mérőműszerek beosztásértékeit!



Kísérlet

Szigorúan tartsátok be a balesetvédelmi előírásokat!

A kísérlet eredményeit azonnal írástok be a táblázatba!

1. Öntsetek a mérőhengerbe 100–150 ml vizet! Határozzátok meg a víz térfogatát ($V_{\text{víz}}$)!
2. A mérőhengerből öntsétek át a vizet a kaloriméterbe! Mérjétek meg a víz kezdeti hőmérsékletét ($t_{\text{víz}}$)!
3. Vegyétek ki a hőmérőt a vízből és helyezétek a szalvétára! Menjétek a kaloriméterrel a tanárhoz, aki a teaforralóban lévő forró vízből kiemeli a cérnára függesztett szilárd fémtestet, és a kaloriméteretekbe helyezi!
4. Újból helyezétek a hőmérőt a kaloriméterbe, és a keverőpálcikával óvatosan keverjétek meg a vizet! Közben figyeljétek a hőmérséklet növekedését. A hőmérséklet emelkedése csak egy idő után lesz érzékelhető. Írjátok le a hőmérőn látható adatot: a víz végső hőmérsékletét (t)!
5. Vegyétek ki a hőmérőt, szalvéta segítségével szárítsátok meg, és helyezétek a tartójába!
6. Vegyétek ki a fémtestet a vízből, szárítsátok meg, és mérjétek meg a tömegét (m_{test})!

A kapott eredmények feldolgozása

1. Határozzátok meg a víz tömegét a kaloriméterben ($m_{\text{víz}} = \rho_{\text{víz}} V_{\text{víz}}!$)! Az eredményt írjátok a táblázatba!
2. Gondolkozzatok el, és töltsétek ki a táblázat 5–7 oszlopait!
3. A $c_{\text{test}} = \frac{c_{\text{víz}} m_{\text{víz}} (t - t_1)}{m_{\text{test}} (t_{\text{test}} - t)}$ képlet segítségével határozzátok meg a test anyagának fajhőjét ($c_{\text{test}}!$)
4. Fejezzétek be a táblázat kitöltését!
5. A szilárd halmazállapotú anyagok fajhőtáblázatának segítségével határozzátok meg, milyen fémből készült a test!

1	2	3	4	5	6	7	8	9
A víz kezdeti hőmérséklete $t_{\text{víz}},$ °C	A víz végső hőmérséklete $t,$ °C	A víz térfogata $V_{\text{víz}},$ m^3	A víz tömege $m_{\text{víz}},$ kg	A víz fajhője $c_{\text{víz}},$ $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$	A test kezdeti hőmérséklete $t_{\text{test}},$ °C	A test végső hőmérséklete $t,$ °C	A test tömege $m_{\text{test}},$ kg	A test fajhője $c_{\text{test}},$ $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$

A kísérlet eredményeinek elemzése

Elemizzétek a kísérletet és a kapott eredményeket! Fogalmazzatok meg a következtetéseiteket, megállapítva:

- a) milyen mennyiséget határoztatok meg;
- b) milyen eredményt kaptatok;
- c) milyen tényezők hatottak a kísérlet pontosságára!

Alkotói feladat

Állítsátok össze a folyadék fajhőjének meghatározására szolgáló kísérlet menetét!

Csillagos feladat

Becsüljétek meg a kísérlet viszonylagos hibáját a következő képlet segítségével:

$$\varepsilon = \left| 1 - \frac{c_{\text{mért}}}{c_{\text{tábl}}} \right| \cdot 100 \%,$$

ahol $c_{\text{mért}}$ – a test anyagának a kísérlet folyamán kapott fajhője; $c_{\text{tábl}}$ – az anyag táblázat szerinti fajhője.

2. RÉSZ. AZ ANYAGOK HALMAZÁLLAPOTÁNAK VÁLTOZÁSA. HŐERŐGÉPEK



10. §. AZ ANYAGOK HALMAZÁLLAPOTA. NANOANYAGOK



Láttatok már fagyos téli napon gyorsan suhanó hegyi patakot? A partot hó fedi, a fákon csillog a napfényben a zúzmara, a patak vize viszont nincs befagyva. A kristálytisza, átlátszó víz vidáman csörgedezik a kövek között. Miben különbözik a víz a jégtől? Miért jelent meg zúzmara a fákon? Ebben a paragrafusban egyetlen megfigyeléssel megtaláljátok a válaszokat a fenti kérdésekre.

1

Megfigyeljük az anyagok különböző halmazállapotát

Már tudjátok, hogy a jég (hó, zúzmara) és a víz a *víznek a szilárd és cseppfolyós halmazállapota*. A zúzmara megjelenése a fákon egyszerűen magyarázható: a levegőben mindig található vízgőz, amely lehűlve zúzmara formájában csapódik le az ágakra. A vízgőz a víz harmadik – *gáznemű* – halmazállapota.

Megvizsgálunk még néhány példát. Tudjátok, hogy a higanyos hőmérő eltörése milyen veszélyeket rejt magában: a higany párologása során mérgező gőz keletkezik. Viszont -39 °C alatt a higany szilárd halmazállapotú fém. Ezek szerint, a vízhez hasonlóan a higany is előfordulhat szilárd, cseppfolyós és gáznemű halmazállapotban.

A fizikai feltételektől függően gyakorlatilag minden anyag háromféle – szilárd, cseppfolyós és gáznemű – halmazállapotban fordulhat elő.

Létezik az anyagoknak még egy halmazállapota, a **plazma**, amely részben vagy teljes egészében ionizált, nagy mennyiségű töltött részecskéből (ionok és elektronok) és elektromosan semleges atomokból, valamint molekulákból álló gáz. Például a higany plazma állapotban található a bekapcsolt fénycsőekben. A világegyetemben a plazma a leggyakoribb anyag (10.1. ábra).



10.1. ábra. A csillagok plazmából állnak és a csillagközi térben szintén sok plazma található

A vízgőz, víz és jég *azonos* molekulákból – vízmolekulákból – áll. Vajon miért különböznek az azonos molekulákból álló anyagok tulajdonságai különböző halmazállapotokban? A különbség oka a molekulák eltérő mozgása és kölcsönhatása.

2 Megmagyarázzuk a szilárd testek fizikai tulajdonságait

A 10.2. ábrán látható testek eltérőek az alakjukat, színüket tekintve, és különböző anyagokból készültek. Viszont van egy közös fizikai tulajdonságuk: mindegyikük szilárd test.

A szilárd testek megtartják térfogatukat és alakjukat. Arról van szó, hogy a szilárd testek részecskéi (molekulák, atomok, ionok) egyensúlyi állapotban vannak. Ebben az állapotban a közöttük ható vonzási és taszítóerő azonos. Ha megkíséreljük a részecskék közötti távolság növelését vagy csökkentését (vagyis növelni vagy csökkenteni a test méretét), molekulaközi vonzás vagy taszítás jön létre. Ezenkívül a szilárd testek részecskéi gyakorlatilag nem mozdulnak el – kizárólag állandó rezgőmozgást végeznek.

A szilárd testek felépítését tanulmányozva megállapították, hogy az anyagok többségének a részecskéi szigorú sorrendben helyezkednek el, vagy ahogyan a fizikusok mondják, kristályszerkezetet alkotnak. Az ilyen anyagokat **kristályos anyagoknak** nevezzük. Kristályos anyag például a gyémánt, grafit (10.3. ábra), jég, só (10.4. ábra), fém és egyéb.

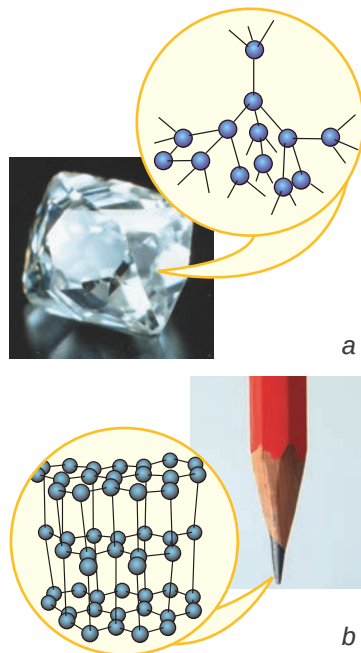
A részecskék kristályszerkezetén belül helyezte határozza meg az anyag fizikai tulajdonságait. A grafit és a gyémánt például ugyanazokból a szénatomokból áll, ám rendkívüli módon különböznek a tulajdonságaik, mert különbözőképpen helyezkednek el bennük az atomok (10.3. ábra).

Létezik a szilárd anyagoknak olyan csoportja (üveg, viasz, gyanta, borostyán és egyéb), amelyek részecskéi nem alkotnak kristályszerkezetet, és szabálytalanul helyezkednek el. Ezeket **amorf** anyagoknak nevezzük.

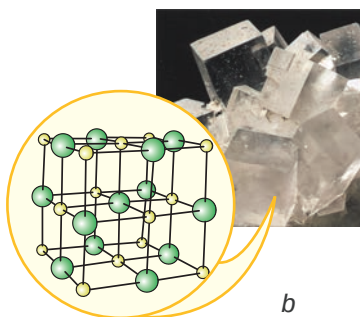
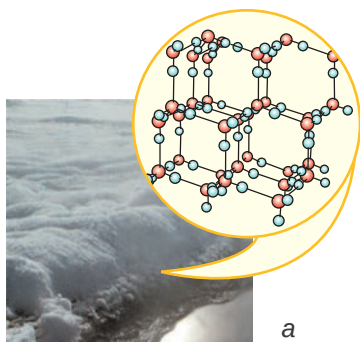
Bizonyos feltételek mellett a szilárd anyagok megolvadnak és cseppfolyós halmazállapotba alakulnak át. *Megfelelő hőmérsékleten minden kristályos anyag megolvad.* A kristályos anyagoktól eltérően az *amorf anyagoknak nincs konkrét olvadáspontjuk* – fokozatosan puhulva folyékony állapotba kerülnek. A szilárd testek olvadásáról részletesebben a 11. §-ban olvashatunk.



10.2. ábra. A számos eltéréstől függetlenül a szilárd testek megtartják térfogatukat és alakjukat



10.3. ábra. Kristályszerkezetek modelljei: a – gyémánt; b – grafit. A golyók a szénatomokat ábrázolják. Valójában az atomok érintik egymást; az őket összekötő vonalak nem léteznek, a modellen csak az atomok térbeli elhelyezkedésének az érzékeltetésére szolgálnak



10.4. ábra. Kristályrácsok modelljei: *a* – jég (H_2O – víz-molekula: piros golyók – oxigénatomok, kék golyók – hidrogénatomok); *b* – konyhasó (sárga golyók – nátriumionok, zöld golyók – kloridionok)



10.5. ábra. Cseppfolyós állapotában az anyag megtartja térfogatát, de felveszi az edény formáját

3 Megmagyarázzuk a folyadékok fizikai tulajdonságait

A folyadék megváltoztatja az alakját, felvéve az edény formáját, megtartja a térfogatát (10.5. ábra), és gyakorlatilag lehetetlen összenyomni*. Ezeknek a tulajdonságoknak a következő a magyarázata.

Ahogy a szilárd testek esetében, a részecskék a folyadékokban is szorosan egymás mellett helyezkednek el (10.6. ábra): a közöttük lévő távolság megközelítőleg megegyezik maguknak a részecskéknek a méretével. Ez a közelség nemcsak a térfogatot őrzi meg, hanem szinte lehetetlenné teszi a folyadék összenyomását.

? Idézzétek fel a molekulák között ható vonzási és taszítási erőket, majd magyarázzátok meg a fenti állítást!

A folyadék részecskéi bizonyos időintervallumban (10^{-11} s) rezgéshez hasonló mozgást végeznek, miközben nem távolodnak el a „szomszédaiktól”; ezután a részecske kiszakad a környezetéből, és átkerül egy új helyre, ahol újból folytatja a nyugalmi állapota körüli rezgőmozgást. A molekulák egyik egyensúlyi állapotból a másikba való elmozdulása általában a külső erő irányában történik, ezért a folyadék *folyékony* – a külső erők hatására felveszi az edény formáját.

4 Megmagyarázzuk a gázok fizikai tulajdonságait

A gáz szó a görög *káosz*, *rendetlenség* szóból ered. Valóban, az anyag gáznemű halmazállapotában a részecskék elhelyezkedésére és mozgására a teljes káosz jellemző.

A gáz részecskéi méretüknél tízszer és százszor nagyobb távolságra vannak egymástól. Ekkora távolságban a részecskék gyakorlatilag nincsenek kölcsönhatásban egymással, és szétrepülve betöltik az egész rendelkezésükre álló teret. A részecskék közötti nagy távolság a magyarázata a gázok könnyű összenyomhatóságának.

* A folyadékok összenyomhatatlansága függ a nyomástól és a hőmérséklettől.

Hogy megértsük a gázok molekuláinak és atomjainak a mozgását, elképzeljük azt egy részecske esetében. A részecske mozgása közben ütközik egy másik részecskével, ezáltal megváltoztatva az irányát és sebességét, majd repül tovább a következő ütközésig (10.7. ábra). Minél nagyobb egy térfogatban a részecskék száma, annál gyakrabban ütköznek egymással. Például az osztályterem levegőjében lévő minden egyes részecske másodpercenként ötmilliárdszor ütközik össze és változtatja meg mozgásának irányát.

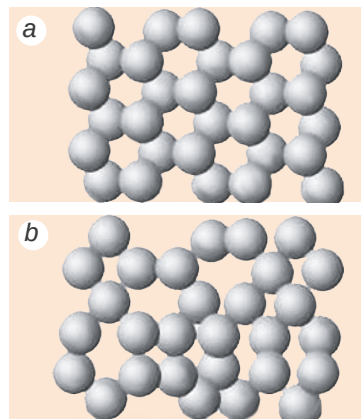
5 Megismerkedünk a nanoanyagokkal

„Egyelőre kénytelenek vagyunk a természet által alkotott atomi szerkezeteket használni. Viszont a fizikus egy adott kémiai képlet segítségével bármilyen anyagot létrehozhat” – mondta 1959-ben a *Rengeteg hely van még odalent* című előadásában *Richard Feynman* amerikai fizikus (10.8. ábra).

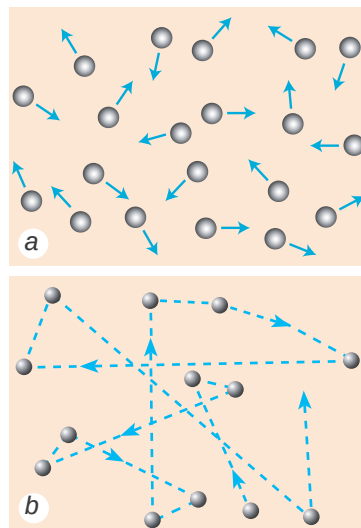
Feynman szerint megfelelő eszközzel – manipulátorral – egyes anyagok atomjaiból és molekuláiból, mint az épületet téglákból, újabb anyagok „rakhatók” össze. A tudós megalapozta és meghatározta a *nanotechnológia* fő irányvonalait. Ilyen irányok az óriási információ-mennyiség szupertömörített formában történő rögzítése, miniatűr számítógépek kifejlesztése, olyan sebészi műszerek létrehozása, amelyek közvetlenül az emberi szervezetben végzik a műtéteket. Feynman azt mondta: „A sebészet számára érdekes lenne, ha le tudnánk nyelni a sebészt. Bevezetnénk az érbe, hogy azon végigmenve elérjen a szívhez, és megvizsgálja azt...”

Abban az időben Feynman elméletének megvalósítása elképzelhetetlennek tűnt. Viszont 1981-ben létrehozták a pásztázó alagútmikroszkópot, megjelent az atomokból való „építkezés” lehetősége, amelynek köszönhetően egy különleges tulajdonságokkal rendelkező materiát – a **nanoanyagot** – hoztak létre.

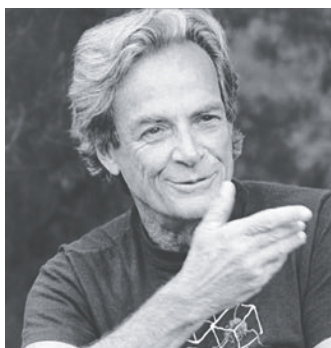
Az értelmező szótár szerint a matéria – tárgy, anyag, nyersanyag, amelyből tárgyak készíthetők. A *nano-* előtagot (görögül *törpe*) a



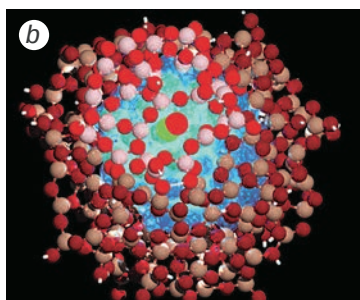
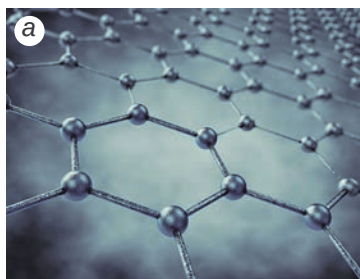
10.6. ábra. A részecskék elhelyezkedésének jellege: *a* – szilárd kristályos anyagokban; *b* – folyadékokban és amorf anyagokban (a részecskék alapján véve rendszertelenül helyezkednek el, viszont az anyag csekély térfogatában megmarad a szomszédos részecskék kölcsönös elhelyezkedése – érvényesül a közeli rend)



10.7. ábra. Gáz részecskéinek mozgása és elhelyezkedése: *a* – a mozgásirány változik a többi részecskével történő ütközés következtében; *b* – a részecske hozzávetőleges mozgáspályája (milliószoros nagyításban)



10.8. ábra. Richard Phillips Feynman (1918–1988) – neves Nobel-díjas amerikai elméleti fizikus, a kvantum-elektrodinamika elméletének egyik megalkotója



10.9. ábra. Néhány nanoobjektum: *a* – grafén – egyetlen atom vastagságú (0,18 nm) szénatomrács; *b* – nanorészecske – a mérete minden irányban 100 nm alatt van

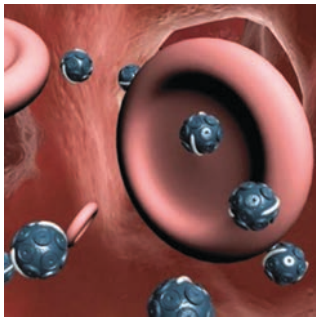
SI rendszerben hasznát mértékegységek milliárd részeinek a felírásánál használjuk. Ennek megfelelően azokat a tárgyakat, amelyeknek egyik lineáris mérete 1 és 100 nanométer közötti intervallumban található (1–100 nm), *nanoobjektumnak* nevezzük (10.9. ábra). Tehát a *nanoanyagok olyan tárgyak, nyersanyagok, amelyeket mesterségesen hoztak létre és különféle termékek előállítására szolgálnak.*

6 Megvizsgáljuk a nanoanyagok tulajdonságait és felhasználásuk lehetőségeit

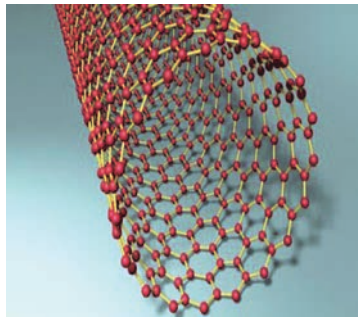
A nanoanyagok tulajdonságai merőben eltérnek a hagyományos anyagok tulajdonságaitól (még ha mindkét anyagfajta azonos atomokból tevődik is össze), ezért úgy vizsgálhatjuk azokat, mint az anyag egy különleges állapotát.

A nagyszámú részecskéből (atomokból, molekulákból, ionokból) álló hagyományos objektumoktól eltérően a nanoobjektumok csak néhány tucat részecskéből állnak. Éppen ezért *kicsi a méretük.* Ez lehetőséget ad kis területen nagy mennyiségű nanoobjektum elhelyezésére, ami nagyon fontos, például a nanoelektronika és az információrögzítés szempontjából. A nanoobjektumok képesek behatolni az ember testének bármely részébe vagy bármilyen mechanikai szerkezetbe, ezért felhasználhatók például a gyógyszerek megfelelő belső szervhez való eljuttatására (10.10. ábra).

Ezenkívül a *nanoobjektumok atomjainak nagy része a felszínen helyezkedik el.* Ennek köszönhetően a nanoobjektum nagyon gyorsan kölcsönhatásba tud lépni az őt körülvevő közeggel. A nanoobjektumok nagyon jó katalizátorok, amelyek a kémiai reakciók lefolyását képesek milliószorosán felgyorsítani. Például a titán-dioxid nanorészecskéi napfény hatására képesek felbontani a vizet oxigénre és hidrogénre, a nanopórusos anyagok hatékonyan kötik meg a toxinokat és szennyeződéseket, a hidrofób (víztaszító) nanoporral ellátott felület nem szennyeződik és nem ázik át, mivel taszít minden folyadékot.



10.10. ábra. Nanokapszula – a gyógyszert a beteg szervhez eljuttató mikrotartályok



10.11. ábra. Nanocső – henger alakú szerkezet, amelynek az átmérője egy és néhány tíz nanométer közötti, a hossza néhány mikrométer

A nanoobjektumok fontos jellemzője a *hibák hiánya*, ezért például a nanocső (10.11. ábra) jelentősen tartósabb az acélnál, és nagyjából négyszer könnyebb nála. Ha sikerülne ilyen csöveket nagy méretekben előállítani és huzalt készíteni belőlük, akkor a kapott vezeték több százszor jobb áramvezető lenne, mint a rézkábel.

Érthető, hogy a nanoanyagok felhasználásának csak egy kis részét érintettük. Jelenleg a nanotudomány rohamléptekkel fejlődik. A tudósok szerint a XXI. század a nanotechnológiák évszázada lesz.



Összefoglaló

A fizikai feltételektől függően gyakorlatilag minden anyag háromféle halmazállapotban fordulhat elő: szilárd, cseppfolyós és gáznemű. Mikor a test egyik halmazállapotból a másikba megy át, megváltozik a belső részecskék (atomok, molekulák, ionok) kölcsönös elhelyezkedése és mozgásuk jellege.

Létezik egy negyedik halmazállapot – a plazma. A plazma teljes egészében vagy részben ionizált gáz.

Az utóbbi időben széles körben elterjedtek a nanoanyagok. A nanoanyagok tulajdonságai jelentősen eltérnek a hagyományos anyagok tulajdonságaitól, és úgy is vizsgálhatjuk azokat, mint az anyag különleges állapotát.



Ellenőrző kérdések

1. Állíthatjuk-e, hogy a higany – mindig folyadék, a levegő – mindig gáz? **2.** Különböznek-e egymástól a vízgőz és a jég molekulái? **3.** Milyen állapotban van az anyag a csillagok belsejében? **4.** Miért tartják meg a szilárd testek a térfogatukat és alakjukat? **5.** Mi a hasonlóság, és mi a különbség a kristályos és az amorf szerkezetű anyagok között? **6.** Hogyan mozognak, és hogyan helyezkednek el a folyadékmolekulák? **7.** Miért töltik ki a gázok a rendelkezésükre álló teret? **8.** Mondjatok példákat nanoobjektumokra! **9.** A nanoanyagok milyen tulajdonságaik révén használhatók fel széles körben?



10. gyakorlat

- Válasszátok ki a mondat helyes folytatását!
Ha a folyadékot egyik edényből a másikba öntjük át, a folyadék...
 - megváltoztatja az alakját és a térfogatát;
 - megtartja az alakját és a térfogatát;
 - megtartja a térfogatát, de megváltoztatja az alakját;
 - megtartja az alakját, de megváltoztatja a térfogatát.
- A víz gőzzé alakult át. Megváltoztak-e eközben a vízmolekulák? Hogyan változott meg a molekulák elhelyezkedése és mozgásuk jellege?
- Betöltheti-e a gáz félig a befőttesüveget?
- Állíthatjuk-e, hogy zárt edényben, amelyet részben megtöltöttek vízzel, a folyadék felszíne felett nincs víz?
- A teafőzőben forr a víz. Valóban látjuk a csövön kiszálló vízgőzt?
- Kiegészítő forrásanyag felhasználásával ismerkedjétek meg a nanorobotokkal és lehetséges felhasználásukkal! Készítsetek bemutatót vagy rövid beszámolót!
- A felsorolt fizikai mennyiségek közül válasszátok ki az anyagra jellemzőket: a) sűrűség; b) tömeg; c) térfogat; d) fajhő; e) hőmérséklet; f) sebesség!



Kísérleti feladat



„Kemény folyadék”. Az amorf testeket nagyon sűrű folyadékoknak nevezik. Gyertya és filctoll segítségével bizonyítsátok be, hogy a viasz, igaz, nagyon lassan, de folyik. Helyezzétek a filctollat az ablakpárkányra, tegyétek rá keresztben a gyertyát, és hagyjátok ott néhány napig! Magyarázzátok meg a kísérlet eredményét!

Fizika és technika Ukrajnában



Az Ukrán Nemzeti Tudományos Akadémia G. V. Kurgyumov Fémfizikai Intézete (Kijev)

Modern életünk elképzelhetetlen fémek felhasználása nélkül. Sajnos a természet nem alkotott „ideális” fémeket. Némelyik (titan) nagyon szilárd, kevésbé sűrű, de nagyon drága, míg mások (alumínium) kis ellenállással rendelkeznek, ám nem eléggé szilárdak. A tudósok évszázadokon át igyekeztek javítani a fémek tulajdonságait, meghagyva a „jó”, és csökkentve a „rossz” jellemzőiket.

A XX. századi kvantumfizika lehetővé tette a fémek tulajdonságainak célirányos megváltoztatását. A módszer a fémek mikrostruktúrájának vizsgálatán alapszik.

A fémfizikai intézet, amely 1945-ben kezdte meg működését, rendelkezik az adott folyamatok elvégzéséhez szükséges modern berendezésekkel. Ezért a XX. század végén kifejlesztett nanoanyag megjelenését az intézet tudósai komoly tudással felvértezve fogadták.

Az intézet tudományos fejlesztései a fémek mikrostruktúrájának különböző hőfokokon való tanulmányozására irányulnak. Számtalan különleges tulajdonsággal rendelkező anyagot hoztak létre, amelyeket a repülőgép- és gépkocsigyártásban, az űrkutatásban és az egészségügyben használnak fel.

11. §. OLVADÁS ÉS KRISTÁLYOSODÁS

Elgondolkodtatok már azon, vajon miért olvad el a tenyereitekben a hógolyó? Miért és mikor alakul ki jégcsap – olvadáskor vagy fagyban? Hogyan hűthető le a hó fagyasztószekrény nélkül? Miért olvasztható meg egy ólomdarab acél kanálban, viszont az acéllal ólomkanálban ez nem tehető meg? Ha megtanuljátok a következő paragrafust, nehézség nélkül megfelelhetek a kérdésekre.

1 Megismerkedünk az olvadás és kristályosodás folyamatával, megismerjük az olvadáspontot

Ha havat viszünk be meleg helyiségbe, egy idő után a hó *elolvad*.

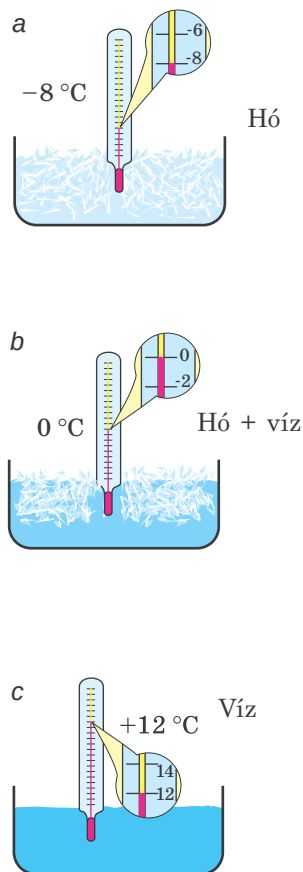
Olvadás – az anyag szilárd halmazállapotból cseppfolyós állapotba történő átmene-
tének folyamata.

Megvizsgáljuk a hó hőmérsékletének a változását olvadás közben a meleg helyiségben (11.1. ábra). A megfigyelés elején a hó hőmérséklete 0°C alatt van, nem olvad, viszont a hőmérséklete rohamosan emelkedni kezd (11.1. a ábra). Amikor a hőmérő higanyszála eléri a 0°C beosztást, az emelkedés leáll, az edény alján víz jelenik meg (a hó olvadni kezd). Óvatosan megkeverjük a vizet és a hó maradvékát, megállapítva, hogy a hőmérséklet nem változik (11.1. b ábra). Miután a hó teljesen elolvadt, a hőmérséklet újra emelkedni kezd (11.1. c ábra).

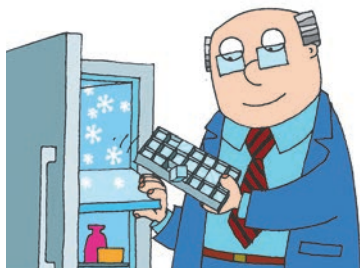
A kísérletek azt bizonyítják, hogy *csaknem az összes kristályos anyag egy meghatározott (minden anyag esetében eltérő) hőmérséklet elérésekor kezd olvadni; az olvadás során az anyag hőmérséklete változatlan marad.*

Olvadáspont – az a hőmérséklet, amelyen a szilárd kristályos anyag olvadni kezd, azaz folyadékká alakul át.

Tehát a szilárd anyag, elérve egy hőmérsékleti értéket, folyadékká alakul át. Hasonló feltételek mellett szilárdulnak meg (kristályosodnak) a folyadékok. Például, ha a vizet



11.1. ábra. A hó olvadásának megfigyelése meleg helyiségben: a – negatív hőmérsékleten a víz szilárd állapotban van; b – 0°C hőmérsékleten a hó olvadni kezd, az olvadás folyamán a keverék változatlanul 0°C -os marad; c – pozitív hőmérsékleten a víz folyékony állapotban van



11.2. ábra. A mélyhűtőben a víz kristályosodik, és jéggé alakul

edényben fagyra vagy mélyhűtőbe tesszük, idővel kristályosodni kezd (megfagy), és jéggé alakul át (11.2. ábra).

Kristályosodás – az anyag cseppfolyós halmazállapotból szilárd halmazállapotba való átmenete.

Ha megmérjük az anyag hőmérsékletét a lehűlés kezdetétől a kristályosodásig, az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

- 1) *a kristályosodás folyamata kizárólag az anyag egy rá jellemző hőmérsékletig való lehűlése után kezdődik meg;*
- 2) *a kristályosodás során az anyag hőmérséklete nem változik;*
- 3) *az anyag kristályosodásának hőmérséklete az olvadáspontjával egyenlő.*

Az olvadáspont (kristályosodási pont) a különböző anyagok esetében jelentős eltérést mutat. Például az alkohol olvadáspontja $-115\text{ }^{\circ}\text{C}$, a jégé $0\text{ }^{\circ}\text{C}$; az acél $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on olvad meg, az ólom $327\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on. A wolfram megolvasztásához $3387\text{ }^{\circ}\text{C}$ szükséges.

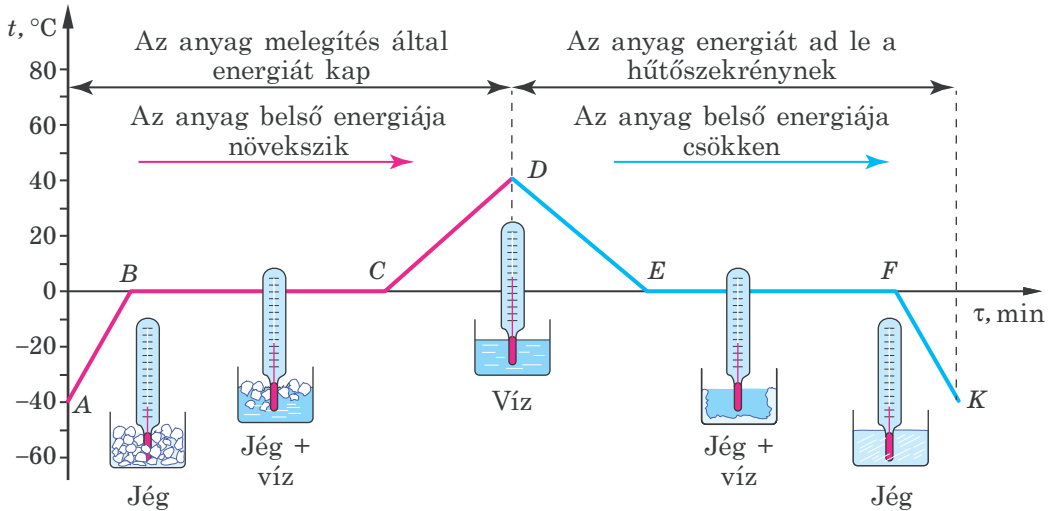
? Reméljük, most már válaszolni tudtok a következő kérdésre: miért olvasztható meg egy ólomdarab acél kanálban, viszont az acél ólomkanálban nem?

Az olvadáspont (kristályosodási pont) az anyagok jellemzője, ezért kísérleti úton határozzák azt meg (az anyagok olvadáspontjai a tankönyv végén található 2. táblázatban vannak feltüntetve). Az ilyen táblázatokban nincsenek *amorf anyagok*, mert azok nem rendelkeznek konkrét olvadásponttal: melegítés közben az amorf anyagok fokozatosan puhulnak, lehűtéskor pedig fokozatosan szilárdulnak. Az olvadási és kristályosodási folyamatok további tanulmányozása során csak kristályos anyagokat vizsgálunk.

2 Grafikont szerkesztünk és megmagyarázzuk az olvadás és kristályosodás folyamatát

Az olvadás és kristályosodás folyamatainak részletesebb tanulmányozása céljából megvizsgáljuk a kristályos anyag (jég) hőmérséklete és a felmelegedési, illetve lehűlési ideje közötti összefüggés grafikonját (11.3. ábra).

A megfigyelés kezdeti pillanatában (A pont) a jég hőmérséklete $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Melegítés hatására a jég hőmérséklete növekedésnek indul (AB szakasz). Az anyagszerkezet molekuláris-kinetikai elméletének megfelelően ebben az időintervallumban a jég kristályrácsának csomópontjaiban megnő a vízmolekulák rezgőmozgásának kinetikus energiája.



11.3. ábra. A jég olvadásának és kristályosodásának grafikonja. A grafikon abban az esetben lesz szimmetrikus, ha a jég, majd a víz a melegítés folyamán percenként akkora mennyiségű hőt kap, mint amennyit hűtés közben percenként a hűtőszekrénynek lead

Elérve a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot, a jég olvadni kezd, és hőmérséklete a melegítés folytatása ellenére sem növekszik (BC szakasz). A kapott hőenergia a jég kristályrácsának roncsolódására fordítódik. Ebben az időintervallumban tovább növekszik a jég belső energiája.

Miután az összes hó elolvadt és vízzé alakult át (C pont), a víz hőmérséklete emelkedni kezd (CD szakasz), azaz növekedésnek indul a molekulák mozgásának kinetikus energiája.

Abban a pillanatban, amikor a víz hőmérséklete eléri a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot (D pont), a melegítést megszüntették. A vizet mélyhűtőbe helyezték, és ott csökkenni kezdett a hőmérséklete (DE szakasz). A hőmérséklet csökkenése a molekulák kinetikus energiájának, és egyúttal mozgási sebességének a csökkenéséről is tanúskodik.

Mikor a hőmérséklet eléri a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ fagypontot (E pont), a molekulák sebessége annyira lecsökken, hogy azok nem képesek egyik helyről a másikra elmozdulni, és rögzített állapotba kerülnek (EF szakasz), a fagyás befejezéséig pedig minden molekula a nyugalmi helyzete körül végez rezgőmozgást. A víz a kisebb belső energiával rendelkező állapotba kerül – teljes egészében jéggé alakul át (F pont).

A továbbiakban a mélyhűtőben lévő jég tovább hűl, a molekulák rezgőmozgásának kinetikus energiája pedig csökken (FK szakasz).

3 Meggyőződünk róla, hogy az olvadás és kristályosodás folyamata nem megy végbe energiaátadás nélkül

Ha havat teszünk állandó $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű hűtőszekrénybe, a következőket tapasztaljuk.

Amint a hónap a meleg helyiségben való megolvasztásával végzett kísérletben is tapasztalhattuk (lásd a 11.1. ábrát), a hó hőmérséklete eleinte nagyon lassan növekszik. Mivel a hűtőszekrényben a hőmérséklet magasabb a hó hőmérsékleténél, ezért a melegebb levegő hőt ad át a hidegebb hónapnak. A hó hőmérséklete addig emelkedik, amíg nem éri el a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot. Itt kezdődik a legérdekesebb dolog. A hó elérte az olvadáspontot, de mégsem kezd olvadni. Vajon miért?

Emlékezzetek vissza: a 11.1. ábrán bemutatott kísérletet meleg helyiségben végezték, amelyben a hőmérséklet $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ felett volt. Tehát a megfigyelés teljes ideje alatt a levegő és a jég között hőcsere ment végbe. Eközben a jég állandóan energiát *kapott*, még akkor is, amikor a hőmérséklete változatlan volt. A hó eközben olvadni kezdett. A hűtőszekrényben végzett kísérletben a levegő hőmérséklete és a hó olvadáspontja megegyezett, ezért nem történt hőátadás. A hó *nem kapott energiát*, tehát *nem kezdett olvadni*.

Ha a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hűtőszekrénybe meleg vizet helyezünk, akkor érthető, hogy a víz lehűl (a meleg víz energiát ad át a hűtőszekrény levegőjének). Miután eléri a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot, a víz nem fagy meg, mivel a kisebb belső energiával rendelkező állapotba való átmenethez a víznek további energiát kell leadnia. Itt viszont hőegyensúly jött létre, melynek során nem történik hőcsere.



Összefoglaló

Az anyag szilárd halmazállapotból cseppfolyós állapotba való átmenetének folyamatát olvadásnak nevezzük. Olvadáskor a kristályos anyag hőmérséklete változatlan marad.

Azonos hőmérsékleten a cseppfolyós anyagok nagyobb belső energiával rendelkeznek, mint a szilárdak.

Szilárd anyag cseppfolyóssá alakítása két szükséges feltétel mellett lehetséges: az anyagot olvadáspontig kell felmelegíteni; olvadáskor az anyagnak energiát kell kapnia.

Az anyag cseppfolyós halmazállapotból szilárd kristályos állapotba való átmenetét kristályosodásnak nevezzük. Az anyagok kristályosodási hőmérséklete megegyezik az olvadáspontjukkal.

Cseppfolyós anyag szilárd kristályos halmazállapotba való átalakításához szintén két elengedhetetlen feltételre van szükség: a folyadékot kristályosodási hőmérsékletre (fagypontra) kell lehűteni; kristályosodáskor az anyagnak energiát kell leadnia.



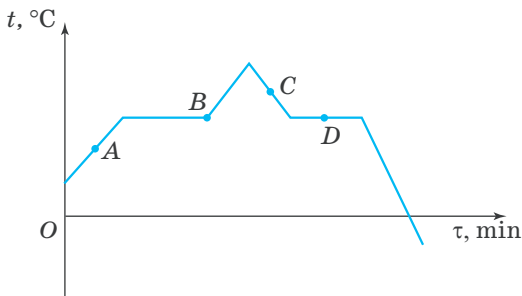
Ellenőrző kérdések

1. Milyen folyamatot nevezünk olvadásnak? **2.** Hogyan változik az anyag hőmérséklete az olvadás során? **3.** Milyen folyamatot nevezünk kristályosodásnak (fagyásnak)? **4.** Hasonlítsátok össze különféle anyagok olvadáspontját (kristályosodási hőmérsékletét)! **5.** Elolvad-e a hűtőszekrényben lévő hó, ha abban a hőmérséklet $0\text{ }^{\circ}\text{C}$? Megfagy-e ilyen feltételek mellett a víz? **6.** Írjátok le a jég olvadása és a víz fagyása során végbemenő folyamatokat!

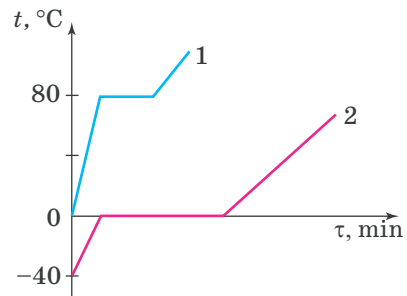


11. gyakorlat

- Miért készül az elektromos égő izzószála wolframból?
- Az 1. ábrán egy anyag olvadásának és kristályosodásának folyamata látható. Az anyag milyen halmazállapotának felelnek meg a grafikon A , B , C és D pontjai?
- A 2. ábrán két anyag olvadásának grafikonja látható. Melyik anyagnak magasabb az olvadáspontja? Melyik anyagnak volt nagyobb hőmérséklete a kísérlet elején? A Függelék 2. táblázata segítségével határozzátok meg, milyen anyagokról van szó!



1. ábra



2. ábra

- Vízzel teli vödörben egy jégdarab úszik. A jég olvad-e el, vagy a víz fagy meg? Ez mitől függ?
- Kiegészítő forrásanyag felhasználásával derítsétek ki, mikor, és hogyan jön létre jégcsap!
- A felsorolt fizikai mennyiségek közül melyek jellemzik a testet:
a) tömeg; b) merevség; c) térfogat; d) sűrűség; e) kinetikus energia; f) fajhő?



Kísérleti feladat



„Fagyos só”. Keverjetekek össze 100 g $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on gyűjtött havat 30 g konyhasóval (1 púpos evőkanál). A hó gyorsan olvadni és hűlni kezd. Ha az elegybe burgonyadarabot helyezünk, az megfagy. Magyarázzátok meg, hogy miért! (Tanács: a vizes sóoldat fagypontja kisebb, mint a tiszta vízé, és függ az oldat koncentrációjától.)

12. §. FAJLAGOS OLVADÁSHŐ

A képeken olvadáspont körüli hőmérsékletű, azonos tömegű kristályos anyagok láthatók (acél és jég). Hogy az adott anyagokat megolvasszák, bizonyos hőmennyiséget kell nekik átadni. Vajon a jégnek és az acélnek a megolvasztásához azonos mennyiségű hőre van-e szükség?



1 Bevezetjük az anyagok fajlagos olvadáshőjének fogalmát

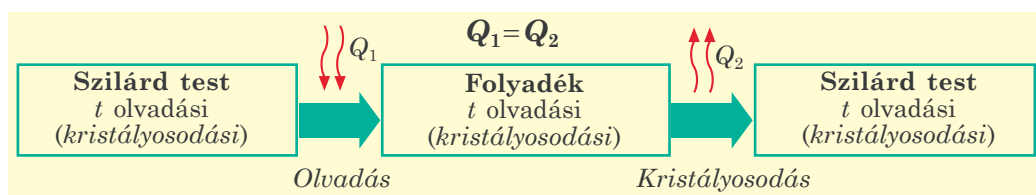
Már tisztában vagytok vele, hogy az anyag, szilárd halmazállapotból cseppfolyós állapotba történő átmenetekor, hőt vesz fel és megnövekszik a belső energiája. Ellenkező folyamat során, folyékony állapotból szilárd állapotba történő átmenetnél, az anyag hőt ad le és csökken a belső energiája.

Az olvadás és kristályosodás folyamatának tanulmányozása azt mutatja, hogy *a tetszőleges tömegű anyag megolvasztásához szükséges hőmennyiség megegyezik az adott anyag kristályosodása során leadott hőmennyiséggel* (12.1 ábra).

Felmerül a kérdés: vajon egyenlő hőmennyiség szükséges-e az azonos tömegű, de különböző anyagok megolvasztásához? Természetesen nem: a különböző anyagok részecskéi közötti kölcsönhatás eltérő, tehát az eltérő kristályrácsok felbontásához különböző mennyiségű energiára van szükség. Ez valóban így van. Például 1 kg jég megolvasztásához 13-szor több hő szükséges, mint egy 1 kg ólom megolvasztásához.

Az 1 kg szilárd kristályos anyag által cseppfolyóssá történő átalakításakor elnyelt hőmennyiséget *fajlagos olvadáshőnek* nevezzük.

Fajlagos olvadáshő – az adott anyagot jellemző fizikai mennyiség, amely egyenlő azzal a hőmennyiséggel, amely 1 kg szilárd kristályos anyagot olvadáspontján teljesen folyadékká alakít át.



12.1. ábra. Olvadás folyamán az anyag akkora hőmennyiséget vesz fel, mint amekkorát a kristályosodás során lead: $Q_1 = Q_2$

A fajlagos olvadáshő jelölése λ (lambda), és a következő képlet segítségével határozható meg:

$$\lambda = \frac{Q}{m},$$

ahol Q – az m tömegű anyag megolvasztásához szükséges hőmennyiség.

A fajlagos olvadáshő képletéből megkapjuk *SI rendszerbeli mértékegységét*, ami **joule per kilogramm**:

$$[\lambda] = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}.$$

A fajlagos olvadáshő azt mutatja, hogy 1 kg olvadásponton lévő cseppfolyós anyag belső energiája mennyivel nagyobb 1 kg szilárd halmazállapotban lévő ugyanezen anyag belső energiájánál. Ebben rejlik a fajlagos olvadáshő fizikai értelme.

A jég fajlagos olvadáshője 332 kilojoule kilogrammonként ($\lambda = 332 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$). Ez azt jelenti, hogy 1 kg 0 °C-os jég megolvasztásához 332 kJ energiára van szükség. Azonos mennyiségű (332 kJ) energia szabadul fel 1 kg víz megfagyásakor is. Tehát 0 °C-on 1 kg víz belső energiája 332 kJ-al nagyobb 1 kg jég belső energiájánál.



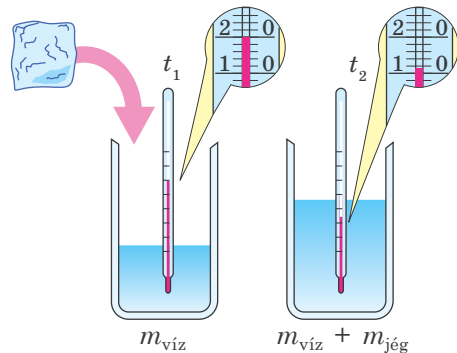
Mit jelent a következő kijelentés: „Az acél fajlagos olvadáshője $84 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ ”?

Az anyagok fajlagos olvadáshőjét kísérleti úton határozzák meg, és táblázatban rögzítik (lásd a *Függelék 3. táblázatát*).

A nehezen olvadó (magas olvadási hőmérsékletű) anyagok fajlagos olvadáshőjének a meghatározása eléggé bonyolult. Ugyanakkor a könnyen olvadó anyagok, például a jég fajlagos olvadáshőjét akár önállóan is megállapíthatják (12.2. ábra).

12.2. ábra. Jég fajlagos olvadáshőjét meghatározó kísérlet. Az $m_{\text{víz}}$ tömegű vizet tartalmazó kaloriméterbe olvadásponton lévő ($t_{\text{olv}} = 0$ °C) jeget helyeznek. Megmérve a víz tömegét a jég elolvadása után ($m_{\text{víz}} + m_{\text{jég}}$), valamint hőmérsékletét a jég elolvadása előtt és után (t_1 és t_2), meghatározzák a jég fajlagos olvadáshőjét:

$$\lambda = \frac{c_{\text{víz}} m_{\text{jég}} (t_1 + t_2) - c_{\text{víz}} m_{\text{jég}} (t_2 + t_{\text{olv}})}{m_{\text{jég}}}$$



2 Meghatározzuk az anyag megolvasztásához szükséges vagy az anyag kristályosodása során felszabaduló hőmennyiséget

Hogy meghatározzuk a kristályos anyagok olvadásponton való megolvasztásához szükséges hőmennyiséget, az adott anyag fajlagos olvadáshőjét meg kell szoroznunk annak tömegével:

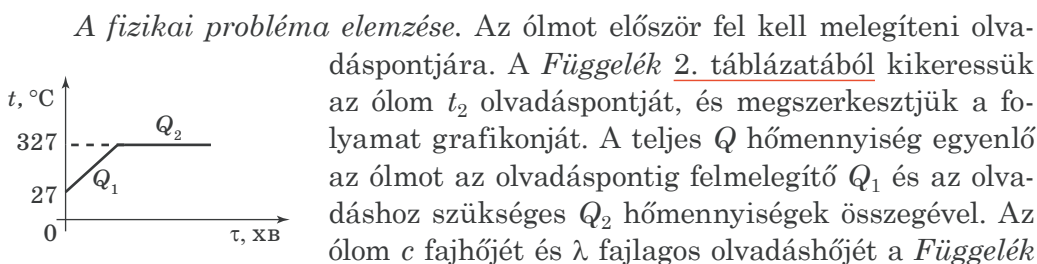
$$Q = \lambda m,$$

ahol Q – a szilárd kristályos test által elnyelt hőmennyiség; λ – fajlagos olvadáshő; m – az anyag tömege. (Valóban, a fajlagos olvadáshő meghatározása szerint: $\lambda = \frac{Q}{m}$, ahonnan $Q = \lambda m$.)

Érthető, hogy a kristályosodás során felszabaduló hőmennyiség ugyanazzal a képlettel határozható meg.

3 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. Mekkora hőmennyiségre van szükség 5 kg 27 °C-os ólom megolvasztásához?



1. és 3. táblázatából keressük ki.

Adva van:

$$m = 5 \text{ kg}$$

$$t_1 = 27 \text{ °C}$$

$$t_2 = 327 \text{ °C}$$

$$c = 140 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$$

$$\lambda = 25 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} =$$

$$= 25\,000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

Meghatározzuk:

Q – ?

Matematikai modell felállítása, megoldás.

$$Q = Q_1 + Q_2; \quad (1)$$

$$Q_1 = cm(t_2 - t_1) - \text{melegítés}; \quad (2)$$

$$Q = \lambda m - \text{olvadás}. \quad (3)$$

Behelyettesítve a (2) és (3) képleteket az (1) képletbe, a következőt kapjuk:

$$Q = cm(t_2 - t_1) + \lambda m.$$

Ellenőrizzük a mértékegységet, meghatározzuk a keresett mennyiség értékét:

$$[Q] = \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}} \cdot \text{kg} \cdot \text{°C} + \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot \text{kg} = \text{J} + \text{J} = \text{J};$$

$$Q = 140 \cdot 5 \cdot (327 - 27) + 25\,000 \cdot 5 = 335\,000 \text{ (J)}.$$

Felelet: $Q = 335 \text{ kJ}$.



Összefoglaló

A λ fajlagos olvadáshő az adott anyagot jellemző fizikai mennyiség és számbelileg egyenlő azzal a hőmennyiséggel, amely 1 kg szilárd kristályos anyagot olvadáspontján ugyanolyan tömegű folyadékká alakít át.

A fajlagos olvadáshő azt mutatja, hogy 1 kg olvadásponton lévő cseppfolyós anyag belső energiája mennyivel nagyobb 1 kg szilárd állapotban lévő ugyanezen anyag belső energiájánál.

A fajlagos olvadáshő a $\lambda = \frac{Q}{m}$ képlet segítségével határozható meg, mértékegysége a SI rendszerben a joule per kilogramm (J/kg).

Az adott anyag olvadásponton való megolvasztásához szükséges hőmennyiség egyenlő az ugyanazon anyag kristályosodása közben felszabaduló hőmennyiséggel. Ez a hőmennyiség a $Q = \lambda m$ képlet segítségével határozható meg.



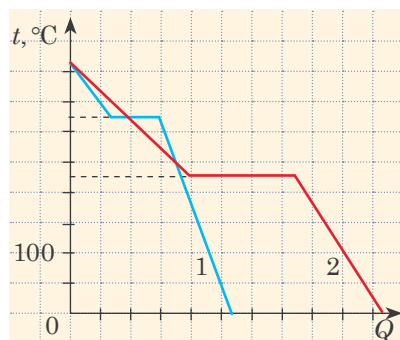
Ellenőrző kérdések

1. Mitől függ az anyag kristályosodása során felszabaduló hőmennyiség?
2. Mit nevezünk az anyag fajlagos olvadáshőjének?
3. Mi a fizikai értelme a fajlagos olvadáshőnek?
4. Hogyan határozható meg az anyag olvadáshőjéhez szükséges és a kristályosodás során felszabaduló hőmennyiség?



12. gyakorlat

1. Mekkora hőmennyiségre van szükség 500 g réznek az olvadásponton való megolvasztásához?
2. Melyik test rendelkezik nagyobb belső energiával: az olvadásponton lévő 1 kg tömegű alumíniumhenger, vagy az ugyanazon hőmérsékleten lévő 1 kg tömegű megolvasztott alumínium? Mennyivel több?
3. Mekkora hőmennyiség szabadul fel 100 kg acél kristályosodása, majd 0 °C-ra való lehűtése során? Az acél kezdeti hőmérséklete 1400 °C.
4. Mekkora hőmennyiség szükséges 25 g -15 °C hőmérsékletű jégnek 10 °C-os vízzé való átalakításához?
5. Forró vízbe jeget helyeztek, amelynek tömege megegyezik a víz tömegével. Miután az összes jég elolvadt, a víz hőmérséklete 0 °C-ra csökkent. Mekkora volt a víz kezdeti hőmérséklete, ha a jégé 0° C?
6. Az ábrán a hőmérséklet és a leadott hőmennyiség közötti összefüggés grafikonját láthatjátok két azonos tömegű anyag kristályosodása során. Melyik anyagnak nagyobb az olvadáspontja? Nagyobb a fajlagos olvadáshője? Nagyobb a fajlagos olvadáshője folyékony állapotban?



7. A 300 m/s sebességgel mozgó ólomgolyó fémlapba ütközött és megállt. Az ólom mekkora része olvadt meg, ha a golyó teljes egészében felvette az ütközés közben felszabadult energiát? A golyó kezdeti hőmérséklete 27 °C.



8. Az edény aljába belefagyott a jég. Az edénybe vizet öntöttek. Megváltozik-e az edényben a víz szintje, miután teljesen elolvad a jég? Ha megváltozik, akkor hogyan?



Kísérleti feladat

A 12.2. ábra alapján állítsátok össze a jég fajlagos olvadáshőjének a meghatározására szolgáló kísérlet vázlatát! Milyen eszközökre lesz szükség? Ha van rá lehetőség, végezzétek el a kísérletet. (Tanács: ha a jég elkezdett olvadni, a vizet a felszínéről itassátok fel szalvétával. Ekkor már nem fog tartalmazni vizet és a hőmérséklete 0 °C lesz.)

i

13. §. PÁROLGÁS ÉS LECSAPÓDÁS (KONDENZÁCIÓ)

Miért érezzük a levegőt hűvösnek nyáron, amikor kilépünk a partra a tó meleg vizéből? Hová tűnnek eső után a tócsák? Miért lógatja ki a kutya a nyelvét forróságban? Miért fújunk a kezünkre, ha le akarjuk hűteni, és miért lehelünk rá, ha fel akarjuk melegíteni? Naponta sok ilyen kérdést tehetnénk fel magunknak. A következő paragrafusban hasonló kérdésekre kaptok választ.

1

Megismerkedünk a párolgás folyamatával

Bármely anyag átalakulhat egyik halmazállapotból egy másikba. Megfelelő körülmények között a szilárd test folyadékká alakulhat, a folyadék ismét megszilárdulhat, vagy gázzá alakulhat át.

Az anyag cseppfolyós halmazállapotból gáznemű halmazállapotba való átalakulását **gőzképződésnek** nevezzük.

A folyadék kétféle módon alakulhat át gázzá: *párolgással* és *forralással*. A gőzképződéssel való ismerkedést a párolgás folyamatával kezdjük.

Ha vizet öntünk szét, a tócsa egy idő múlva eltűnik; az esőben megázott ruhadarabok bizonyos idő elteltével kiszáradnak; az aszfaltra csepegett olaj idővel észrevétlen lesz. Ezek a jelenségek a párolgással magyarázhatók.

Párolgás – a folyadék szabad felszínén történő gőzképződés*.

* A szilárd testek felszínén szintén végbemegy párolgás (bizonyára éreztetek már naftalinszagot, megfigyeltétek, hogy nagy fagyok esetén eltűnnek a befagyott tócsák). Ezt a folyamatot *szublimációnak* nevezik.

2 Megmagyarázzuk a párolgás folyamatát és levonjuk a következtetéseket

Megvizsgáljuk a párolgást a molekuláris kinetikai elmélet szemszögéből. A folyadék molekulái folytonos mozgást végeznek, állandóan változtatják mozgásuk irányát és sebességét. A folyadék felső rétegében mindig található olyan molekula, amelyik szeretne „kirepülni” a folyadékból. Azok a molekulák, amelyek az adott pillanatban lassan mozognak, nem tudják legyőzni a szomszédos molekulák vonzását és a folyadékban maradnak. Ha viszont a felszín közelében megjelenik egy „gyors” molekula, a kinetikus energiája elegendő lesz a molekulák között ható vonzóerő elleni munkavégzésre, és ennek köszönhetően kirepül a folyadékból (13.1. ábra).

A párolgás mechanizmusával megismerkedve levonhatunk néhány következtetést.

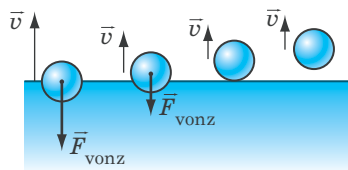
Először: a folyadékban a nagy sebességgel mozgó molekulák jelenléte arra enged következtetni, hogy a *folyadék párolgása bármely tetszőleges hőmérsékleten végbemegy*.

Másodszor: mivel párolgás közben a folyadékot a leggyorsabb molekulák hagyják el, a folyadékban maradt molekulák átlagos kinetikus energiája csökken. Ezért, *ha a folyadék nem jut energiához, akkor lehűl*.

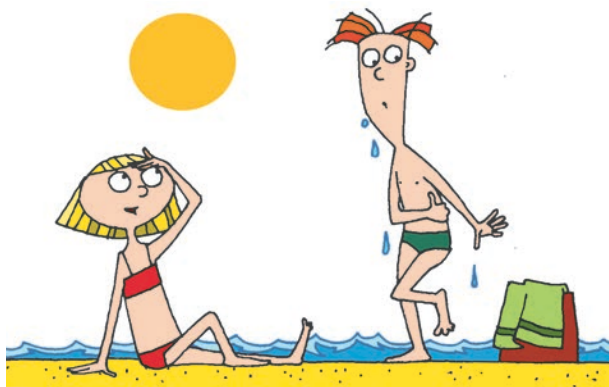
Ezenkívül párolgáskor munkavégzés történik a molekulák közötti vonzóerő és a külső nyomás erői ellen, ezért a *párolgás energia-felvétellel jár* (13.2. ábra).

3 Tisztázzuk, mitől függ a párolgás gyorsasága

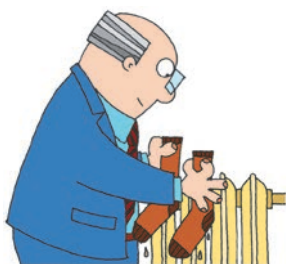
Minél magasabb a folyadék hőmérséklete, annál gyorsabban párolog. A folyadék hőmérsékletének növekedésével megnő a „gyors” molekulák száma, ezért egyre többnek lesz lehetősége a molekulák között ható vonzóerő legyőzésére és a folyadékból való kirepülésre.



13.1. ábra. A folyadékból kirepülő molekulának le kell győznie a molekulák között ható vonzóerőt, amely visszahúzza a folyadékba



13.2. ábra. A vízből kilépve az ember testén folyadékcseppek vannak. Párolgás közben a folyadék energiát vesz fel, és az ember hűvösnek érzi még a meleg levegőt is



13.3. ábra. A 13. §-ban feltett kérdéshez



13.4. ábra. A folyadék szabad felszínének megnövelésével (a csészéből a teát tálba öntötték) növekszik a párolgás gyorsasága. Mivel párolgás közben a tea energiát veszít, gyorsabban hűl le (B. M. Kusztoyijev: *A kereskedő felesége teázik*)



13.5. ábra. A párolgásnak a folyadék fajtájától való függését bizonyító kísérlet. Az alkohollal rajzolt ábra egy perc alatt teljesen eltűnik; a vízzel rajzolt részben megmarad; az olaj párolgása észre sem vehető

? Hogy megszárítsuk a ruháinkat, gyakran forró fűtőtestre teregetjük (13.3. ábra) vagy kivasaljuk őket. Miért szárad ki a ruha ezekben az esetekben viszonylag gyorsan?

Figyeljete meg még egy mozzanatot. Amikor szeretnénk minél gyorsabban megszárítani a nedves ruhát, nem összetekerve tesszük a fűtőtestre, hanem szétterítve, mert az összecsomósodott ruha jóval lassabban szárad. Miért? Azért, mert a párolgás gyorsasága függ a folyadék szabad felszínének a területétől: minél nagyobb a folyadék felszíne, annál több „gyors” molekula van a felszínen, és annál gyorsabban párolog el a folyadék (13.4. ábra).

Rajzolunk üvegre vagy iskolai táblára három ábrát. Az elsőt alkoholba, a másodikat vízbe, míg a harmadikat olajba mártott szalvétával (13.5. ábra). Az „alkoholos” ábra azonnal elpárolog; a „vizes” tovább marad látható, míg az „olajos” néhány napig is megmarad. Arról van szó, hogy a különböző anyagok molekulái között ható vonzóerő eltérő, ezért *a párolgás gyorsasága függ a folyadék anyagától*. Nyilvánvaló, hogy azok a folyadékok párolognak lassabban, amelyek molekulái között erősebb a kölcsönhatás.

A tapasztalat azt mutatja, hogy *a párolgás gyorsasága a levegő mozgási sebességétől is függ*. Valóban, hogy gyorsabban kiszáradjon a hajunk, a hajszárítót nagyobb sebességre kapcsoljuk (13.6. ábra); hogy lehűtsük a kezünket, erősen fújunk rá. A szeles időben kiterített ruha gyorsabban szárad, mint szélcsendben. Ez az összefüggés szintén a molekulák mozgásával magyarázható. A folyadék felszíne felett mindig jelen van a kirepülő molekulák által alkotott „molekulafelhő” (13.7. ábra). Ezek a molekulák kaotikus mozgást végeznek, és közben egymással és a levegő molekuláival ütköznek. Az ilyen mozgás eredményeként a folyadék molekula olyan közel kerülhet a felszínhez, hogy a molekulák között ható vonzóerő „beszippantja” azt, és újból visszatéríti a folyadékba. Ha fúj

a szél, akkor a folyadékból kirepült molekulák annyira eltávolodnak, hogy nem kerülhetnek többé vissza a folyadékba.

Ha a folyadékból kirepült molekulák nem kerülhetnének vissza, akkor a párolgás óriási gyorsasággal menne végbe. Például szobahőmérsékleten egy teli pohár víz 4 perc alatt párologna el. Ilyen feltételek mellett 1 cm^2 -nyi vizet másodpercenként 10^{21} számú molekula hagyna el.

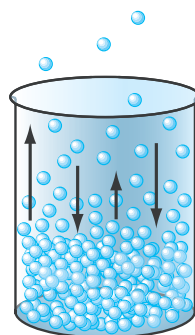


13.6. ábra. A párolgás gyorsasága függ a légmozgástól

4 Megismerkedünk a lecsapódás folyamatával

Már tisztában vagytok vele, hogy a molekulák állandóan röpködnek ki a folyadékból, de egy részük mégis visszakerül oda. Tehát a párolgás folyamatán kívül, amikor a folyadék gőzzé alakul át, létezik egy fordított folyamat, amely során a gáznemű anyag cseppfolyóssá válik.

Az anyag gáznemű halmazállapotból cseppfolyós halmazállapotba való átalakulását **lecsapódásnak (kondenzációnak)** nevezzük.



13.7. ábra. A folyadékot elhagyó molekulák egy része a hőmozgás eredményeként visszakerülhet a folyadékba

A víz lecsapódásának (latinul *condensatio* – sűrűsödés, tömörülés) folyamatát a természetben nap mint nap megfigyelhetjük. Nyári reggelen a növények leveleit apró *harmatcseppek* borítják (13.8. a ábra). Ez a levegőben napközben a párolgás során összegyűlt vízpára, amely éjszaka lehűlve lecsapódik.



13.8. ábra. Lecsapódás a természetben: harmat lecsapódása (a); felhőképződés (b); köd megjelenése (c)

Mikor a nedves levegő az atmoszféra magasabb rétegeibe emelkedik, ott lehűl, és felhőt hoz létre (13.8. *b* ábra). A felhőket apró vízcseppek alkotják, amelyek a vízpára lecsapódásakor keletkeztek. Mikor a nedves levegő a Föld felszínének közelében lehűl, *köd* jön létre (13.8. *c* ábra). Mivel a *lecsapódás energiakibocsátással jár*, ezért a köd lassítja a levegő lehűlését.



Összefoglaló

Az anyag cseppfolyós halmazállapotból gáznemű halmazállapotba való átalakulását gőzképződésnek nevezzük. A párolgás (kondenzáció) a folyadék szabad felszínén történő gőzképződés.

A párolgás tetszőleges hőmérsékleten végbemehet. Minél magasabb a folyadék hőmérséklete, annál intenzívebb a párolgás. A párolgás meggyorsítható a folyadék szabad felszínének a megnövelésével, vagy a felszín közelében lévő levegő felgyorsításával. Ezenkívül a párolgás intenzitása függ a folyadék fajtájától.

Lecsapódásnak nevezzük az anyag gáznemű halmazállapotból cseppfolyós halmazállapotba való átalakulását.

A párolgás energiafelvétellel, a lecsapódás energiakibocsátással jár.



Ellenőrző kérdések

1. Mit nevezünk gőzképződésnek? **2.** A gőzképződésnek milyen módjait ismeritek? **3.** Mit nevezünk párolgásnak? **4.** Milyen tényezőktől függ a párolgás és miért? Mondjatok példákat! **5.** Mit nevezünk lecsapódásnak? Mondjatok példákat a lecsapódásra a természetben!



13. gyakorlat

- Mikor száradnak ki gyorsabban eső után a tócsák – meleg vagy hideg időben? Miért?
- Miért van nagyobb hidegérzetünk, ha kezünket alkohollal dörzsöljük be, mint ha bevizeznénk?
- Ha sokáig nedves ruhában vagy lábbeliben vagyunk, könnyen meghűlünk. Miért?
- Miért lógatja ki a kutya forróságban a nyelvét?
- Fagyos időben az utcán szánkából felszálló párát figyelhetünk meg. Mit látunk valójában?
- Tavasszal, amikor intenzíven olvad a hó, a mezők felett néha köd képződik. Mikor a köd felszáll, észrevehető a hó jelentős csökkenése. A néphagyomány szerint „a tavaszi köd megeszi a havat”. Magyarazzátok el a jelenséget a fizika szemszögéből!
- Az egyiptomiak 4500 évvel ezelőtt olyan korsókat használtak, melyekben a víz hosszú ideig hideg maradt még forró napokon is. A középkorban a hűtőkorsók (alkarazo) el voltak terjedve a déli népeknél. A

XX. század végén hasonló edényt talált fel a nigériai Mohammed Bah Abba. Az ő „hűtőszekrényét” ma „pot in pot”-nak (korsó a korsóban) nevezik, elektromosság nélkül működik, és hosszú ideig frissen tartja az ételt (lásd az ábrát). Kiegészítő forrásanyag felhasználásával próbáljatok többet megtudni a hűtőkorsókról! Készítsetek beszámolót!



Kísérleti feladat

Vegyetek egy beáztatott, majd jól kicsavart pamutszalvétát, tegyétek egy tányérra, és helyezzétek a mélyhűtőbe! Bizonyosodjatok meg róla, hogy a szalvéta egy idő után megkeményedik, majd néhány napon belül kiszárad! Kiegészítő forrásanyag felhasználásával készítsetek beszámolót a szilárd testek párolgásáról!

Fizika és technika Ukrajnában



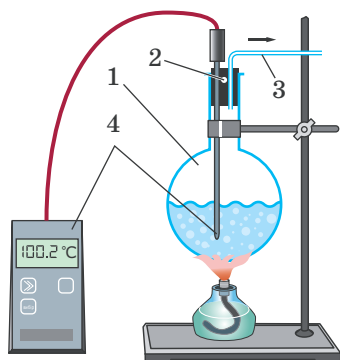
Mihajlo Petrovics Avenariusz (1835–1895) 1865 és 1891 között a Kijevi Egyetemen dolgozott. A tudós egyik szervezője volt a kijevi kísérleti fizikusok iskolájának, Ukrajna első ilyen intézményének.

Avenariusz tudományos munkái a termoelektronikát és molekuláris fizikát érintették. A tudós kidolgozta és bebizonyította a termoelektronikai jelenségeket leíró egyik alapképletet (*Avenariusz törvénye*). A molekuláris fizikában Avenariusz az anyagok cseppfolyós és gáznemű halmazállapotát tanulmányozta hőmérséklet- és légnyomásváltozás közben. Az 1873–1877-es évek folyamán tanítványaival megkapta a vizsgált folyamatok mennyiségi jellemzőit, amelyek bekerültek az akkori fizikai enciklopédiákba. Avenariusz elsőként mutatott rá arra, hogy a kritikus pontban a fajlagos párolgáshő nullával egyenlő. A tudós kidolgozta a váltóáram elosztásának egy különleges rendszerét, kezdeményezője volt a nap-sugárzás és a légköri elektromosság tanulmányozásának.

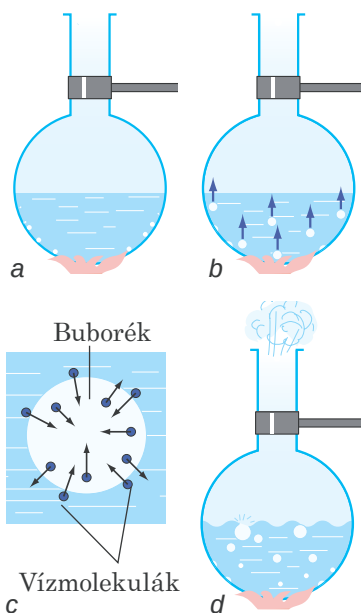
Az Avenariusz által tökéletesített világítási rendszert 1881-ben mutatták be a párizsi elektrotechnikai kiállításon, ahol ezüstérmet kapott. Ezért a találmányáért megkapta a Francia Köztársaság legmagasabb kitüntetését, a Becsületrendet.

14. §. FORRÁS. FAJLAGOS PÁROLGÁSHŐ

Mekkora hőmérsékletre melegíthető fel a víz? Van-e értelme nagyobb lángon főzni a levest, hogy gyorsabban elkészüljön? Hogyan forralható fel a víz hó segítségével? Néhány kérdésre a paragrafus tanulása során találjátok meg a feleletet, másokra önállóan fogtok válaszolni a tananyag segítségével.



14.1. ábra. Folyadék forrásának megfigyelésére és tanulmányozására szolgáló berendezés: 1 – üveglombik; 2 – gumidugó lyukakkal; 3 – vízgőz elvezetésére szolgáló cső; 4 – hőmérő



14.2. ábra. A víz forrásának megfigyelése

1 Megismerkedünk a forrás folyamatával

Elvégzünk egy kísérletet. Állványra rögzítünk egy vizet tartalmazó lombikot, szorosan lezárjuk, és a dugón két lyukat fúrunk. Az egyik lyukon a gőz távozik, a másikba hőmérőt helyezünk (14.1. ábra). Melegíteni kezdjük a lombikban lévő vizet.

Kis idő elteltével a lombik falán *buborékok* jelennek meg (14.2. a ábra), amelyeket a vízben feloldott gázok és a gőz hoz létre*. Arról van szó, hogy a hőmérséklet növekedésével csökken a gázok oldhatósága, a „fölösleges” gáz pedig a buborékok belsejében csapódik ki. A hőmérséklet emelkedésével a gáz nyomása a buborékok belsejében szintén megnő, és amikor meghaladja a külső nyomás értékét, a buborékok növekedni kezdenek.

Miután a buborékok elérték egy meghatározott méretet, a rájuk ható *archimédesi erő* elszakítja őket az edény falától, és felemeli a folyadék felszínére (14.2. b ábra). Az elszakadt buborékok helyén csekély gázmennyiség – az új buborék „embriója” – marad.

A folyadék felső rétegei eleinte hidegebbek az alsó rétegeknél, ezért ott a buborékokban lecsapódik a vízgőz, és azok szétpukkannak. Ezt a folyamatot zaj és nagyszámú apró buborék képződése kíséri. Eközben a víz zavarossá válik.

Miután a teljes folyadék átmelegszik (a felső és alsó rétegek hőmérséklete kiegyenlítődik), a felemelkedő buborékok nagysága nem csökken, hanem ellenkezőleg, megnövekszik, mivel a *belsejükben aktívan párolog a*

* Valójában a mikrobuborékok a folyadékban állandóan jelen vannak, de láthatóvá csak viszonylag magas hőmérsékleten válnak.

víz (14.2. c ábra). A folyadék felszínét elérve a buborékok szétpukkannak, és nagy mennyiségű vízgőzt lövellnek a levegőbe (14.2. d ábra). A víz eközben morajlik és bugyog, amire azt mondjuk, felforrt a víz. A hőmérséklet ebben a pillanatban 100 °C-ot mutat.

Forrás – gőzképződés folyamata, amely a folyadék teljes térfogatában gőzbuborékok keletkezése és növekedése kíséretében megy végbe.

2 Tisztázzuk, mitől függ a forráspont

Folytatjuk a kísérletet (lásd a paragrafus 1. pontját). Tovább melegítjük a már forrásban lévő vizet, és figyeljük a hőmérsékleti értékeket. Meglátjuk, hogy a hőmérő higanyszála a 100 °C ponton megállt. Tehát *a forrás során a folyadék hőmérséklete nem változik.*

Azt a hőmérsékletet, amelyen a folyadékok forrnak, **forráspontnak** nevezzük.

? Miért célszerű étel főzése közben a melegítés intenzitásának csökkentése (14.3. ábra), miután a folyadék felforrt?

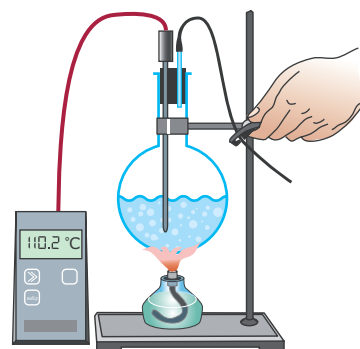
Megvizsgáljuk, mitől függ a folyadék forráspontja.

Elsőként elszorítjuk a gőzelvezető csövet, ezzel csökkentve a gőz kiáramlását a lombikból (14.4. ábra). A gőz a víz felett gyűlik össze, és ezáltal nő a lombikban lévő légnyomás, majd a forrás egy idő után leáll, a folyadék hőmérséklete pedig növekedni kezd. Tehát a forráspont függ a légnyomástól. *A légnyomás emelkedésével megnő a folyadék forráspontja* (14.5. ábra).

Meleg vizet öntünk a lombikba, majd szivattyú segítségével kipumpáljuk belőle a levegőt. Egy idő után a lombik belső falán légbuborékok jelennek meg. Ha tovább pumpáljuk a levegőt, a víz felforr (14.6. ábra), mégpedig 100 °C-nál jóval alacsonyabb hőmérsékleten.



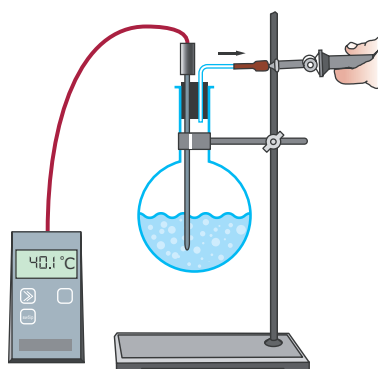
14.3. ábra. A 14.§-ban lévő kérdéshez



14.4. ábra. A gőzelvezető cső elszorítása esetén a lombikban megnő a nyomás, ami a folyadék forráspontjának növekedéséhez vezet



14.5. ábra. Gyorsfőző fazék (kukta): a szelepnek és a hermetikus fedőnek köszönhetően az edény belsejében megmarad a nyomás, ezért a víz forráspontja az ilyen edényben megközelítőleg 120 °C.



14.6. ábra. A forráspont csökkenésének megfigyelése a nyomás csökkentése által

A külső nyomás csökkenésével csökken a folyadék forráspontja.

Megfigyelve egyéb folyadék forráspontját, például az alkoholét, olajét, éterét, azt vesszük észre, hogy azonos nyomáson mindegyik más-más, a víz forráspontjától eltérő hőmérsékleten forr. Tehát a *forráspont függ a folyadék fajtájától*. Egyes folyadékok normális légnyomáson mért forráspontját a *Függelék 4. táblázatában* találjátok.

A forráspont a folyadékban lévő oldott gázok mennyiségétől is függ. Ha sokáig forralják a vizet, és így szabadulnak meg a benne lévő oldott gázoktól, akkor normális légnyomáson az ilyen vizet 100 °C-nál magasabb hőmérsékletre is fel lehet melegíteni. Ezt a vizet *túlmelegített** víznek nevezzük.

3

Bevezetjük a fajlagos párolgáshő fogalmát

A forrás a folyadék gázzá való átalakulásának folyamata, amely energiafelvétellel jár. Ezért *a forrás fenntartása érdekében a folyadéknak megfelelő mennyiségű hőre van szüksége*. Ez az energia a molekulák közötti kapcsolódás megszüntetéséhez és gőz létrehozásához szükséges.

A kísérletek azt bizonyítják, hogy *a folyadék gőzzé való átalakításához szükséges hőmennyiség függ a folyadék fajtájától*.

Fajlagos párolgáshő – a folyadékot jellemző fizikai mennyiség, amely egyenlő az 1 kg tömegű folyadék állandó hőmérsékleten történő elpárolgotatásához szükséges hőmennyiséggel.

A fajlagos párolgáshő jele az r^{**} és a következő képlet segítségével határozható meg:

$$r = \frac{Q}{m},$$

ahol Q – a folyadék által kapott hőmennyiség; m – a kapott gőz tömege.

A fajlagos párolgáshő mértékegysége – a meghatározására szolgáló képletnek megfelelően – a *SI* rendszerben a **joule per kilogramm**:

$$[r] = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}.$$

A fajlagos párolgáshőt kísérleti úton határozzák meg (14.7. ábra), és az adatokból táblázatot állítanak össze (lásd a *Függelék 5. táblázatát*).

* A kristályosodási pontok hiányában hasonlóképpen állíthatunk elő *túlhűtött vizet*, amelynek hőmérséklete alacsonyabb 0 °C-nál.

** A fajlagos párolgáshőt jelölik L betűvel is.

4

Kiszámítjuk a folyadék elpárolgotatásához vagy a gőz lecsapódásához szükséges hőmennyiséget

Ahhoz, hogy meghatározhassuk a folyadék állandó hőmérsékleten való elpárolgotatásához szükséges hőmennyiséget, az adott folyadék fajlagos párolgáshőjét meg kell szoroznunk annak tömegével:

$$Q = rm,$$

ahol Q – a folyadék által felvett hőmennyiség; m – a folyadék (képződött vízgőz) tömege; r – a fajlagos párolgáshő. (Valóban, a fajlagos párolgáshő meghatározása szerint: $r = \frac{Q}{m}$, ahonnan $Q = rm$.)

Ha a gőzelvezető cső nyílása elé hideg tárgyat helyezünk, a gőz azon csapódik le (14.8. ábra). A gondos mérések azt mutatják, hogy páralecsapódás közben akkora hőmennyiség szabadul fel, amekkora a gőzképződéshez szükséges.

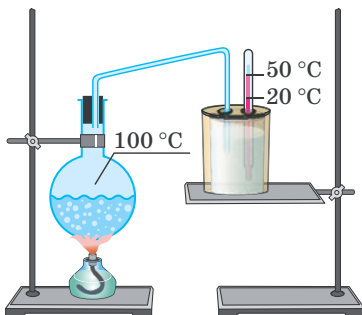
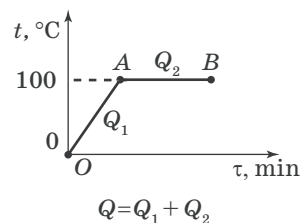
5

Gyakoroljuk a feladatok megoldását

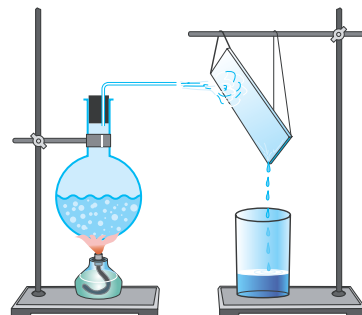
1. feladat. Mekkora hőmennyiségre van szükség 3 kg víz forráspontra történő felmelegítéséhez, majd teljes elpárolgotatásához?

A fizikai probléma elemzése. Megszerkesztjük a víz hőmérséklete és a felmelegítéséhez szükséges idő közötti összefüggés grafikonját (lásd az ábrát).

Az első pillanatban a víz hőmérséklete (t_0) 0 °C – a grafikon O pontja. Melegítés közben a víz hőmérséklete a kapott Q_1 hőmennyiséggel egyenes arányosan növekszik, tehát növekszik a melegítés ideje is (OA szakasz). Elérve a 100 °C -ot (a víz forráspontját), a víz forrni kezd, és a hőmérséklete addig nem változik, amíg az összes víz el nem



14.7. ábra. A fajlagos párolgáshő meghatározására szolgáló kísérlet (lásd a 14. § 5. pontjának 2. feladatát)



14.8. ábra. A páralecsapódást bemutató kísérlet

párollog (AB szakasz). A víz eközben bizonyos Q_2 hőmennyiséget vesz fel. A víz c fajhőjét és r fajlagos párolgáshőjét kikeressük a *Függelék 1. és 5. táblázatából*.

<i>Adva van:</i> $m = 3 \text{ kg}$ $t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ $c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ $r = 2,3 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} =$ $= 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$	<i>Matematikai modell felállítása, megoldás.</i> $Q_1 = cm(t - t_0)$ – a víz felmelegítése; (1) $Q_2 = rm$ – párolgás; (2) $Q = Q_1 + Q_2$ – teljes hőmennyiség. (3) Behelyettesítve az (1) és (2) képleteket a (3) képletbe, a következőt kapjuk: $Q = cm(t - t_0) + rm.$ Ellenőrizzük a mértékegységet, és meghatározzuk a keresett mennyiséget: $[Q] = \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{kg} \cdot ^\circ\text{C} + \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot \text{kg} = \text{J} + \text{J} = \text{J};$ $Q = 4200 \cdot 3 \cdot (100 - 0) + 2,3 \cdot 10^6 \cdot 3 = 8\,160\,000 \text{ (J)}.$ <i>Felelet:</i> $Q = 8,16 \text{ MJ}.$
<i>Meghatározzuk:</i> $Q - ?$	

2. feladat. A víz fajlagos párolgáshőjének a meghatározására végzett kísérlet során a $100 \text{ }^\circ\text{C}$ -os vízgőz az 500 g $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -os vizet tartalmazó kaloriméterbe érkezik (lásd a [14.7. ábrát](#)). A kísérlet befejeztével a víz hőmérséklete a kaloriméterben $50 \text{ }^\circ\text{C}$, a tömege pedig 25 g -mal megnövekedett. A kísérlet adatai alapján határozzátok meg a víz fajlagos párolgáshőjét! A kaloriméter és a levegő közötti hőátadást hagyjátok figyelmen kívül!

<i>Adva van:</i> $t_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ $m_{\text{víz}} = 500 \text{ g} =$ $= 0,5 \text{ kg}$ $t_2 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ $t = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ $m_{\text{gőz}} = 25 \text{ g} =$ $= 0,025 \text{ kg}$ $c_{\text{víz}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$	<i>A fizikai probléma elemzése, matematikai modell felállítása, megoldás.</i> A kísérlet során a kaloriméterben lévő víz és a gőz között hőcsere megy végbe. <i>Leadja az energiát</i> <i>Felveszi az energiát</i> a vízgőz a kaloriméterben lévő víz • először lecsapódik: víz • a kapott víz lehűl: • felmelegszik: $Q_1 = rm_{\text{gőz}};$ $Q_3 = c_{\text{víz}}m_{\text{víz}}(t - t_2).$ $Q_2 = c_{\text{víz}}m_{\text{gőz}}(t_1 - t).$ A feladat feltétele szerint hiányzik a környezettel való hőcsere, ezért: $Q_1 + Q_2 = Q_3,$ vagy $rm_{\text{gőz}} + c_{\text{víz}}m_{\text{gőz}}(t_1 - t) = c_{\text{víz}}m_{\text{víz}}(t - t_2).$
<i>Meghatározzuk:</i> $r - ?$	

Innen kifejezzük a víz fajlagos párolgáshőjét:

$$rm_{gőz} = c_{vz}m_{vz}(t - t_2) - c_{vz}m_{gőz}(t_1 - t) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow r = \frac{c_{vz}m_{vz}(t - t_2) - c_{vz}m_{gőz}(t_1 - t)}{m_{gőz}}.$$

Ellenőrizzük a mértékegységet, és kiszámítjuk a keresett mennyiséget:

$$[r] = \frac{\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{kg} \cdot (^\circ\text{C} - ^\circ\text{C})}{\text{kg}} = \frac{\text{J} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} = \frac{\text{J}}{\text{kg}};$$

$$r = \frac{4200 \cdot 0,5 \cdot 30 - 4200 \cdot 0,025 \cdot 50}{0,025} = 2\,310\,000 \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right).$$

Az eredmény elemzése. A kapott eredmény ($r = 2,31 \text{ MJ/kg}$) megegyezik a táblázatban található értékkel, tehát a feladatot helyesen oldottuk meg.

Felelet: $r = 2,31 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}.$



Összefoglaló

A forrás a gőzképződés folyamata, amely a folyadék teljes térfogatában gőzbuborékok keletkezése és növekedése kíséretében megy végbe.

A folyadék forráspontja függ a külső légnyomástól, a folyadék fajtájától és az oldott gázok jelenlététől.

A fajlagos párolgáshő a folyadékot jellemző fizikai mennyiség, amely egyenlő az 1 kg tömegű folyadék állandó hőmérsékleten történő elpárologtatásához szükséges hőmennyiséggel.

A fajlagos párolgáshőt az $r = \frac{Q}{m}$ képlet segítségével határozzák meg, mértékegysége a joule kilogrammonként: $[r] = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}.$

Páralecsapódás közben akkora hőmennyiség szabadul fel, amekkora a gőzképződéshez szükséges. Ezt a hőmennyiséget a $Q = rm$ képlet segítségével határozhatjuk meg.



Ellenőrző kérdések

1. Milyen folyamat a forrás?
2. Milyen folyamatok figyelhetők meg a folyadékban a forrás kezdete előtt?
3. Milyen erő készíteti a gőzbuborékokat a víz felszínére?
4. Megváltozik-e a folyadék hőmérséklete forrás közben?
5. Milyen tényezőktől függ a folyadék forráspontja?
6. Mire használandó el a folyadék által forrás közben felvett energia?
7. Mit nevezünk fajlagos párolgáshőnek?
8. Melyik képlet segítségével határozható meg a folyadék által gőzképződés közben leadott és lecsapódás közben felvett hőmennyiség?



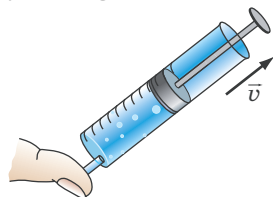
14. gyakorlat

1. Ismeretes, hogy a víz forráspontja az Everest csúcsán közel $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Szerintetek miért?
2. A víz fajlagos párolgáshője $2,3\text{ MJ/kg}$. Mit jelent ez?
3. Mekkora hőmennyiség szükséges 10 kg víz forrásponton való elpárolgotatásához?
4. Miért veszélyesebb, ha gőzzel égetjük meg magunkat, mint forró vízzel?
5. Mennyivel emelkedik meg $10\text{ kg } 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os jég belső energiája, ha teljes egészében $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os gőzé alakul át?
6. A forrásban lévő vízbe egy vizet tartalmazó lombikot helyeztek. Fog-e forni a lombikban a víz?
7. Kiegészítő forrásanyag felhasználásával tudjatok meg minél többet a forrás gyakorlati felhasználásáról!



Kísérleti feladatok

1. Átlátszó üvegpalackba öntsetek óvatosan kis mennyiségű vizet! Kavartok meg a palackban a vizet, így növelve meg szabad felszínének a területét, vagyis a párolgás gyorsaságát! A keletkezett gőz kiszorítja a palackból a levegő egy részét. Szorosan zárjátok le a palack száját, fordítsátok fel, és az alját hideg víz vagy hó segítségével hűtsétek le! A palackban felforr a víz. Magyarázzátok meg a jelenséget!
2. Vegyetek egy eldobható, tű nélküli fecskendőt, és körülbelül félig töltsétek meg meleg vízzel! A lyukat szorosan fogjátok be az ujjatokkal! Lassan húzzátok kifelé a dugattyút, és figyeljétek meg a víz forrását (lásd az ábrát)! Magyarázzátok meg a jelenséget!



Videokísérlet. Nézzétek meg a videofilmet, és magyarázzátok el a megfigyelt jelenséget!



15. §. A TÜZELŐANYAGOK ÉGÉSHŐJE. A HŐFORRÁS HATÁSFOKA

Vegyetek ki a gyufásdobozból egy szál gyufát. Két hideg szilárd testet láttok magatok előtt. Ha végighúzzátok a gyufa fejét a doboz oldalán, a gyufa lángra kap. Honnan van ez az energia? Az elvégzett munka során fejlődött? Ha a gyufát az ellenkező végével sokáig dörzsölnénk a dobozhoz, az akkor sem gyulladna meg. A feltett kérdésekre a következő paragrafusban találjátok meg a feleletet.



1 Megismerkedünk különféle tüzelőanyagokkal

Gyakran szükségünk van egyes testek hőmérsékletének megnövelésére. Ha például a szobában meleget szeretnénk, növelni kell a fűtőrendszerben keringő víz hőmérsékletét, az étel elkészítéséhez a sütő hőmérsékletét. A hőmérséklet növelésére az ember régóta használja a *tüzelőanyag égési* kémiai reakciója során felszabaduló energiát* (lásd pl. a 15.1. ábrát).

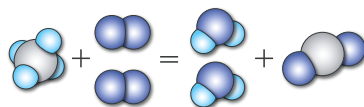
Tüzelőanyagként szolgálhatnak természetes anyagok (kőszén, kőolaj, tőzeg, fa, földgáz) (15.2. ábra) és az ember által erre a célra kifejlesztett üzem- és fűtőanyagok (kerozin, benzin, faszén, etilalkohol és egyebek) (15.3. ábra). Mint látjuk, a tüzelőanyag lehet *szilárd* (kőszén, tőzeg, fa, száraz üzemanyag), *cseppfolyós* (kőolaj, kerozin, benzin, dízelolaj) és *gáznemű* (földgáz, propán, bután).

A modern civilizáció számára a tüzelőanyag létfeltétel (15.4. ábra). A közlekedés, a különböző ipari és mezőgazdasági gépek működése, a lakások fűtése és ételek készítése során az ember a tüzelőanyag energiáját más típusú energiává alakítja át.

2 Bevezetjük a tüzelőanyagok fajlagos égéshőjének fogalmát

A tüzelőanyagok fűtőértékükben különböznek egymástól. Erről kísérlet segítségével bizonyosodhatunk meg.

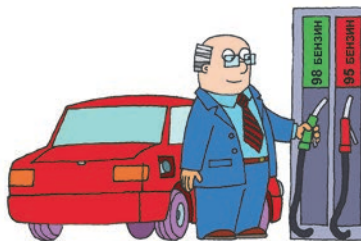
A mérleg bal tányérjába borszeszégőt helyezünk. Az égő fölé vizet tartalmazó fémdobozt függesztünk, amelynek a hőmérsékletét a kísérlet előtt megmértük. Miután egyensúlyba hoztuk a mérleget, a bal tányérjába egy 1 g tömegű súlyt helyezünk. Az egyensúly megbomlik (15.5. a ábra). Begyűjtjük az égőt. Az égés eredményeként a szeszégő tömege csökken, és egy idő után visszaáll a mérleg egyensúlya



15.1. ábra. A metán (a földgáz fő alkotóeleme) és az oxigén kölcsönhatása során hő keletkezik: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + Q$

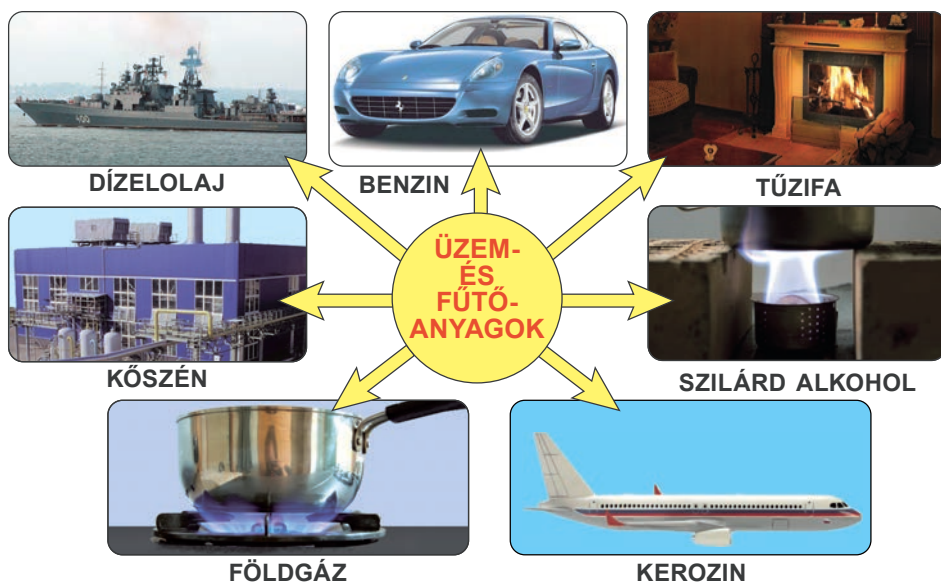


15.2. ábra. A fa a legelterjedtebb természetes tüzelőanyag



15.3. ábra. A kerozin, benzin, dízelolaj – az ember által létrehozott folyékony üzemanyagok

* Megjegyzendő, hogy nukleáris üzemanyag felhasználása során az energia nukleáris reakció eredményeként szabadul fel (a témáról a felsőbb osztályokban fogtok tanulni).



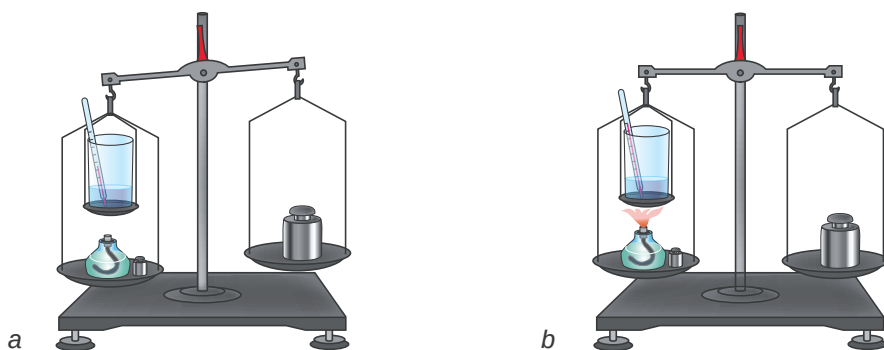
15.4. ábra. Az üzem- és fűtőanyagok a modern civilizáció elengedhetetlen kellékei

(ez azt jelenti, hogy elégett 1 g szesz) (15.5. b ábra). Ebben a pillanatban beoltjuk az égőt, és újra megmérjük a víz hőmérsékletét.

Megismételjük a kísérletet petróleummal töltött szeszégővel, és meggyőződünk arról, hogy ebben az esetben a víz jobban felmelegszik. Ez azt jelenti, hogy 1 g petróleum eléégése során több energia fejlődik, mint egy 1 g alkohol eléégésekor.

A tüzelőanyagok mennyiségi fűtőértékének a jellemzésére bevezették a *fajlagos égéshő* fogalmát.

Tüzelőanyag fajlagos égéshője – a tüzelőanyagot jellemző fizikai mennyiség, amely 1 kg tüzelőanyag teljes eléégésekor felszabaduló hőmennyiséggel egyenlő.



15.5. ábra. A tüzelőanyagok közötti minőségi különbség bemutatására szolgáló kísérlet

A tüzelőanyag fajlagos égéshőjét q betűvel jelölik, és a következő képlet segítségével határozzák meg:

$$q = \frac{Q}{m},$$

ahol Q – az m tömegű tüzelőanyag teljes elégeésekor felszabaduló hőmennyiség.

A tüzelőanyag égési fajhőjének meghatározására szolgáló képletből adódóan ennek a mennyiségnek a *mértékegysége a SI rendszerben joule per kilogramm*.

$$[q] = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}.$$

A különböző fűtőanyagok fajlagos égéshőjét laboratóriumi körülmények között határozzák meg, és táblázat formájában állítják össze (lásd a *Függelék 6. táblázatát*).

? A *Függelék 6. táblázatából* látható, hogy például a tőzeg fajlagos égéshője 15 MJ/kg. Mit jelet ez? Mekkora hőmennyiség szabadul fel 2 kg tőzeg teljes elégeésekor?

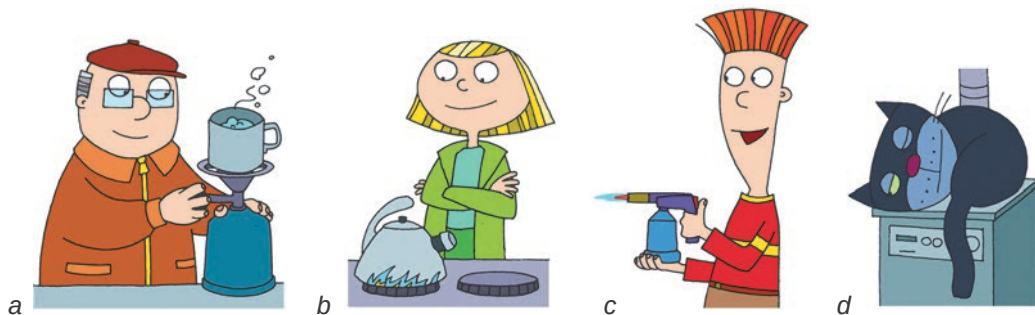
Ismerve a tüzelőanyag q fajlagos égéshőjét és m tömegét, meghatározuk az adott tüzelőanyag teljes elégeésekor felszabaduló Q hőmennyiséget: mivel $q = \frac{Q}{m}$, ezért

$$Q = qm.$$

3 Meghatározzuk a hőforrások hatásfokát

A tüzelőanyag elégetésére különféle készülékeket használnak: kályhát, kandallót, gázkazánt, szeségőt, gázégőt, forrasztólámpát és egyebeket (15.6. ábra).

A melegítő- és fűtőkészülékek típusa a benne elégő tüzelőanyagtól függ, valamint attól, hogy mire használják az általa fejlesztett hőt. Például, ha lakást kell fűteni és a tüzelőanyag földgáz, akkor célszerű gázkazánt használni; fizikai kísérletek elvégzéséhez, melyeknél az alkohol a tüzelőanyag,



15.6. ábra. Az ember által használt különféle melegítő- és fűtőkészülékek: gázégő (a); gáztűzhely (b); forrasztólámpa (c); gázkazán (d)

szeszégőt alkalmaznak. Ugyanakkor tudni kell, hogy a legmodernebb készülékek segítségével *sem lehetséges a tüzelőanyagban „felhalmozódott” energia teljes egészében történő felhasználása*. Először: szokványos feltételek mellett egyik tüzelőanyag-fajta sem tud teljesen elégni. Másodsor: az energia egy része kárba vész (például az égéstermékekkel együtt távozik, és a környezetet melegíti).

Hatásfok – a melegítő- és fűtőkészülékeket jellemző fizikai mennyiség, amely a hasznosult hő és a tüzelőanyag teljes elégésekor felszabaduló hőmennyiség arányával egyenlő.

A hatásfok a következő képlettel határozható meg:

$$\eta = \frac{Q_{hasz}}{Q_{teljes}},$$

ahol η – a hőforrás hatásfoka; Q_{hasz} – a hasznosult hő; Q_{teljes} – a fűtőanyag teljes elégésekor felszabaduló hőmennyiség.

Általában a hatásfokot százalékban adják meg:

$$\eta = \frac{Q_{hasz}}{Q_{teljes}} \cdot 100 \% .$$

4 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. A turista egy patak mellett állt meg pihenni, és elhatározta, hogy teát főz magának. Mekkora mennyiségű száraz fára lesz szüksége, hogy felforralhasson 10 kg vizet? A fa égésekor felszabaduló energia 15%-át kapja meg a víz. A patakban a víz hőmérséklete 15 °C.

Adva van:

$$m_{v\acute{z}} = 10 \text{ kg}$$

$$\eta = 15 \% = 0,15$$

$$t_1 = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$c_{v\acute{z}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

$$q_{fa} = 1 \cdot 10^7 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

Meghatározzuk:

$$m_{fa} - ?$$

A fizikai probléma elemzése, matematikai modell felállítása, megoldás.

A feladat megoldásához a hőforrás hatásfokának a képletét használjuk fel:

$$\eta = \frac{Q_{hasz}}{Q_{teljes}}. \quad (1)$$

A víz felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség:

$$Q_{hasz} = c_{v\acute{z}} m_{v\acute{z}} (t_2 - t_1). \quad (2)$$

A fa teljes elégésekor felszabaduló hőmennyiség:

$$Q_{teljes} = q_{fa} m_{fa}. \quad (3)$$

A (2) és (3) képleteket behelyettesítjük az (1) képletbe:

$$\eta = \frac{c_{\text{viz}} m_{\text{viz}} (t_2 - t_1)}{q_{\text{fa}} m_{\text{fa}}} \Rightarrow \eta q_{\text{fa}} m_{\text{fa}} = c_{\text{viz}} m_{\text{viz}} (t_2 - t_1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_{\text{fa}} = \frac{c_{\text{viz}} m_{\text{viz}} (t_2 - t_1)}{\eta q_{\text{fa}}}.$$

Normális légnyomáson a víz 100 °C-on forr. A víz fajhőjét és a fa fajlagos égéshőjét kikeressük a *Függelék 1. és 6. táblázatából*.

Ellenőrizzük a mértékegységet, és meghatározzuk a keresett mennyiséget:

$$[m_{\text{fa}}] = \left(\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{kg} \cdot ^\circ\text{C} \right) : \frac{\text{J}}{\text{kg}} = \frac{\text{J} \cdot \text{kg}}{\text{J}} = \text{kg};$$

$$m_{\text{fa}} = \frac{4200 \cdot 10 \cdot (100 - 15)}{0,15 \cdot 1 \cdot 10^7} = \frac{4200 \cdot 10 \cdot 85}{15 \cdot 10^5} = 2,38 \text{ (kg)}.$$

Az eredmény elemzése. A víz felmelegítéséhez a turistának 2,38 kg fára van szüksége. Az eredmény valós.

Felelet: $m_{\text{fa}} = 2,38 \text{ kg}$.



Összefoglaló

A tüzelőanyag égésének kémiai reakciója során hőleadás történik.

A tüzelőanyag teljes eléégésekor felszabaduló Q hőmennyiséget a $Q = qm$ segítségével határozhatjuk meg, ahol q – a tüzelőanyag fajlagos égéshője; m – a tüzelőanyag tömege.

A tüzelőanyag fajlagos égéshője egyenlő 1 kg tüzelőanyag teljes eléégésekor felszabaduló hőmennyiséggel. Ez a fizikai mennyiség a tüzelőanyagok hőfejlesztő képességét jellemzi, mértékegysége a joule per kilogramm $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$.

A tüzelőanyag égése melegítő- vagy fűtőkészülékekben történik. Ezek hatásfokát η betűvel jelölik és a $\eta = \frac{Q_{\text{hasz}}}{Q_{\text{teljes}}}$ képlet segítségével határozzák meg.

A hatásfokot általában százalékban adják meg: $\eta = \frac{Q_{\text{hasz}}}{Q_{\text{teljes}}} \cdot 100\%$.



Ellenőrző kérdések

1. Milyen tüzelőanyagfajtákat ismertek? **2.** Írjátok le annak a kísérletnek a menetét, amely azt bizonyítja, hogy különböző tüzelőanyagok égése közben eltérő hőmennyiség szabadul fel! **3.** Mi a fizikai értelme a tüzelőanyagok égéshőjének? Mi a mértékegysége? **4.** Hogyan határozható meg a tüzelőanyag teljes égése során felszabaduló hőmennyiség? **5.** Mit nevezünk a hőforrás hatásfokának?



15. gyakorlat

1. A puskapor fajlagos égéshője jelentősen kisebb a fa fajlagos égéshőjénél. Akkor miért veszélytelenebb égő gyufát tartani a kezünkben, miközben a hasonló mennyiségű puskapor fellobbanása komoly sérüléseket okozhat?
2. Mekkora hőmennyiség szabadul fel 10 kg kőszén teljes elégésekor?
3. A kerozin teljes elégése során 92 kJ hő szabadult fel. Mekkora volt a kerozin tömege?
4. Szeszégő segítségével 300 g vizet 15 °C-ról 75 °C-ra melegítettek fel. Határozzátok meg az égő hatásfokát, ha a melegítés során 8 g szesz égett el!
5. A gázégőn lévő teafőzőben 2 liter 20 °C-os víz van. A víz felmelegítéséhez 42 g földgázt használtak el. Határozzátok meg a víz hőmérsékletét a teafőzőben, ha a víz a gáz teljes elégésekor felszabaduló hőmennyiség 40 %-át kapta meg!
6. Próbáljátok megmagyarázni, hogy nedves fa égésekor miért szabadul fel kevesebb hő, mint ugyanolyan mennyiségű száraz fa esetében!
7. Állítsátok fel a fizikai mennyiségek és jelölésük közötti megfelelést!

1. Mechanikai munka	A ρV
2. Megtett út	B Fl
3. Teljesítmény	C vt
4. A felemelt test potenciális energiája	D $\frac{A}{t}$
	E mgh



Kísérleti feladat

Állítsátok össze a szilárd alkoholos égő hatásfokának meghatározására szolgáló kísérlet menetének vázlatát! Milyen anyagokra és műszerekre van szükség? Ha van rá lehetőség, végezzétek el a kísérletet!

Fizika és technika Ukrajnában



A Csernyivci Jurij Fegykovics Nemzeti Egyetem 1875-ban alapították Ferenc József, az Osztrák-Magyar Monarchia császáranak utasítására. Abban az időben az egyetemen csak teológiai, filozófiai és jogi szakok működtek.

Ma ebben a felsőoktatási intézményben 16 szak van, amelyeken több mint 16 ezer diák tanul. Az oktatás feladatait közel 100 professzor, a tudományok 500 kandidátusa és sok docens látja el. A fizikával kapcsolatos kutatások közül megemlíthető a félvezető anyagkutatás, az optikai-, rádió- és mikroelektronika új technológiáinak, anyagainak és berendezéseinek fejlesztése, félvezetőműszerek létrehozása, holografikus kutatások.



16. §. A HŐERŐGÉPEK MŰKÖDÉSI ELVE. A HŐERŐGÉPEK HATÁSFOKA

A jó testi erőben lévő ember egy nap alatt közel 1 millió joule munka elvégzésére képes. A Föld egy lakosának napi átlagos energiafogyasztása ennek több százszorososa. Az ember által felhasznált energia 90 %-a hőenergia. Az épületek fűtésére és főzésre használt energia ennek nagyon csekély hányadát teszi ki. Az ember az általa felhasznált energia legnagyobb részét mechanikai energiává alakítja át. Hogyan történik mindez és milyen feltételek mellett lehetséges az ilyen átalakítás?

1

Megismerkedünk a hőerőgépek működési elvével

Elvégzünk egy kísérletet. Szorosan bedugaszoljuk a teafőző csövét, és vizet öntve bele a gáztűzhelyre helyezzük. Egy idő múlva azt vesszük észre, hogy a teafőző fedele ugrálni kezd. Tisztázzuk, mi ennek az oka.

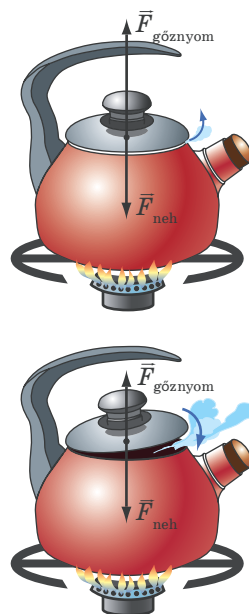
A teafőzőben a víz forrni kezd, a benne lévő gőz nyomása megnövekszik. Eljön egy pillanat, amikor a gőz nyomása nagyobb lesz a fedőre ható nehézségi erőnél, és a fedő felemelkedik. Ekkor a gőz egy része távozik, ezáltal csökken a fedőre ható nyomás, és a nehézségi erő visszaállítja azt eredeti állapotába (16.1. ábra). Ha folytatjuk a melegítést, a folyamat megismétlődik.

Tehát a vázolt, gáztűzhelyből és forrásban lévő vizet tartalmazó teafőzőből álló rendszerben a fűtőanyag elégeése folytán létrejött *energiának köszönhetően mechanikai munkavégzés történt, miközben az energia egy része a környezetbe távozott.*

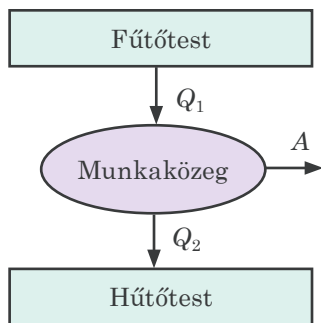
Ha a teafőző fedőjével összekötnénk egy mechanizmust, a legegyszerűbb *hőerőgép* modelljét hoznánk létre.

Hőerőgépeknek azokat a gépeket nevezzük, amelyek ciklikusan dolgozva a tüzelőanyag belső energiáját mechanikai munkává alakítják át.

Az itt említett hőerőgépeken kívül más ilyen mechanizmusok is léteznek, ezekről a felsőbb tagozatos osztályokban tanultok majd. A teafőző példáján megvizsgáljuk, milyen alapvető részekből kell állnia a hőerőgépnek.



16.1. ábra. A teafőző fedőjére a nehézségi erő ($F_{\text{neh}} = mg$) és a gőz nyomása hat. Ha $F_{\text{gőznyom}} > F_{\text{neh}}$, a fedő felugrik; ha $F_{\text{gőznyom}} < F_{\text{neh}}$, a fedő a helyére kerül



16.2. ábra. A hőerőgépek működési elve: a munkaközeg a fűtőtesttől bizonyos mennyiségű hőt (Q_1) kap, amelynek egy része mechanikai energiává alakul át (a munkaközeg A munkát végez), a másik része (Q_2) pedig a hűtőtestnek adódik át

Bármilyen hőerőgép három fő részből áll: fűtőtestből, munkaközegből és hűtőtestből (16.2. ábra).

2 Megvizsgáljuk a hőerőgépek hatásfokát

A hőerőgépekben az üzemanyagban lévő energiának csak egy része fordítódik munkavégzésre, mivel az üzemanyag nem ég el teljesen. A hőerőgépekben az energiaveszteség nem csak *hőveszteségként* jelenik meg. Az energia egy része az alkatrészek és mechanizmusok közötti súrlódási erő leküzdésére fordítódik. Ezt a fajta energiaveszteséget *mechanikai veszteségnek* nevezzük. Nyilvánvaló, hogy minél kisebb a hőerőgép mechanikai és hővesztesége, annál kevesebb üzemanyagot kell elégetnie ugyanazon munka elvégzéséhez, miáltal az erőgép működése hatékonyabb, azaz gazdaságosabb lesz.

Hőerőgép hatásfoka – az a fizikai mennyiség, amely a hőerőgép hatékonyságát jellemzi, és azt mutatja, hogy az üzemanyagban „felhalmozott” teljes energia mekkora része fordítódik hasznos munkára.

A hőerőgép η hatásfoka a következő képlettel határozható meg:

$$\eta = \frac{A_{\text{hasz}}}{Q_{\text{teljes}}},$$

ahol A_{hasz} – hasznos munka; Q_{teljes} – az üzemanyag teljes elégésekor felszabaduló hőmennyiség.

A hatásfokot leggyakrabban százalékban adják meg:

$$\eta = \frac{A_{\text{hasz}}}{Q_{\text{teljes}}} \cdot 100 \%.$$

Először: az említett rendszerben a mechanikai munkát a gőz végzi, amely kitágulva felemeli a fedőt. *Azt a gázt, amely a kitágulás folyamatával végez munkát, munkaközegnek nevezzük.*

Másodszor: a gőz a fedő alatt a melegítés hatására történő nyomásnövekedés eredményeként távozik ki. *Azt a berendezést, amelytől a munkaközeg bizonyos hőmennyiséget kap, fűtőtestnek nevezzük.*

Harmadszor: a kísérlet folyamán a vízgőz energiája egy részét a környezetnek adja át (ha nem így történne, a „gép” nem tudna ciklikusan dolgozni, a fedő nem kerülne vissza eredeti helyzetébe, és a folyamat nem ismétlődne meg). *Azt az objektumot, amelynek a munkaközeg leadja a hőmennyiség egy részét, hűtőtestnek nevezzük.*

A hasznos munka mindig kisebb az üzemanyag teljes elégésekor felszabaduló hőmennyiségnél, ezért a hőerőgép hatásfoka soha nem éri el a 100%-ot. A hatásfok általában 20–40% közötti értéket tesz ki (16.3. ábra).



Összefoglaló

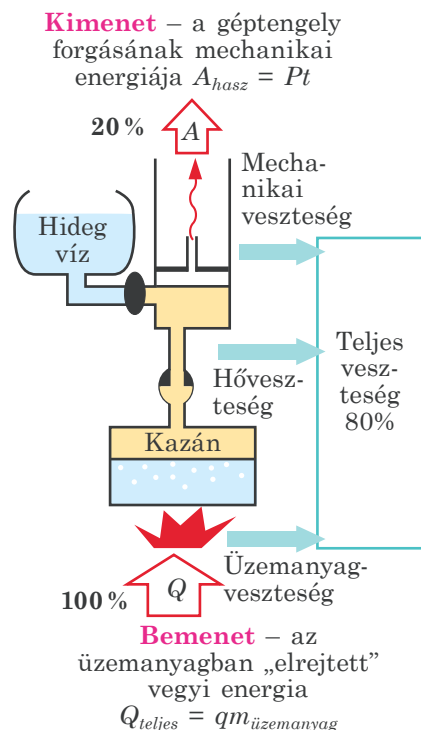
Hőerőgépeknek azokat a gépeket nevezzük, amelyek ciklikusan dolgozva a tüzelőanyag belső energiáját mechanikai munkává alakítják át.

A hőerőgépek három fő részből állnak: fűtőtestből, munkaközegből, hűtőtestből.

A hőerőgépek működési elve: a munkaközeg a fűtőtesttől hőt kap; a hő egy része mechanikai energiává alakul át (a munkaközegben munkavégzés történik); a hő másik része a hűtőtestnek adódik át.

A hőerőgép η hatásfoka az a fizikai mennyiség, amely a hőerőgép hatékonyságát (gazdaságosságát) jellemzi, és azt mutatja, hogy az üzemanyagban összpontosuló Q_{teljes} teljes energia mekkora része fordítódik A_{hasz} hasznos munkára. A hatás-

fok képlete: $\eta = \frac{A_{\text{hasz}}}{Q_{\text{teljes}}}$ (vagy $\eta = \frac{A_{\text{hasz}}}{Q_{\text{teljes}}} \cdot 100\%$).



16.3. ábra. A hőerőgépek hatásfoka és az energiaveszteség fajtái



Ellenőrző kérdések

1. Mit nevezünk hőerőgépnek?
2. Nevezzétek meg a hőerőgép fő elemeit!
3. Miben rejlik a hőerőgép működési elve?
4. Nevezzétek meg a hőerőgépek energiaveszteségeinek fő fajtáit!
5. Mit nevezünk a hőerőgép hatásfokának?
6. Miért kevesebb minden esetben a hatásfok 100%-nál?



16. gyakorlat

1. Az üzemanyagnak a motorban való teljes elégése során 500 kJ hőmennyiség szabadult fel, amelynek hatására a motor 125 kJ munkát végzett. Határozzátok meg a motor hatásfokát!
2. A hőerőgép működése során 0,5 kg dízelolajat használt el. Eközben 7 MJ hasznos munkát végzett. Számítsátok ki a gép hatásfokát!

3. Mekkora hasznos munkát végez a 20% hatásfokkal rendelkező hőerőgép 10 liter benzin elégetésével?
4. Mekkora átlagteljesítménye van a motorkerékpár hajtóművének, ha 90 km/h sebesség mellett 100 kilométeren a benzinfogyasztása 4 litert tesz ki? A hatásfoka 25%.
5. Kiegészítő forrásanyag felhasználásával keressetek információt az ember alkotta első hőerőgépekről!



Kísérleti feladat

„Burgonyapuska”. Vegyetek egy üveget, öblítsétek ki, és dugaszoljátok be egy burgonyadarabbal (óvatosan nyomjátok be a burgonyát az üveg szájába, és a felesleges részeket távolítsátok el)! A bedugaszolt üveget helyezétek vízzel teli edénybe, és kezdjétek melegíteni a vizet! Bizonyos idő elteltével a dugó kirepül (lásd az ábrát). Magyarazzátok meg a jelenséget!

(A kísérlet alatt ne hajoljatok az üveg fölé!)



Fizika és technika Ukrajnában



A Pivdenmas Termelési Egyesülés és a Pivdenne Tervezőintézet (Dnyipro)

A múlt század 50-es éveinek elején a nagy dnyipropetrovszki autógyárat űrhajók építésére alakították át, és mellette párhuzamosan egy tervezőintézetet is létrehoztak a gyár fejlesztése céljából. Attól kezdve a Pivdenne Tervezőintézet és a Pivdenmas gyár határozza meg a világ űrhajógyártásának főbb irányait.

Az olyan neves mérnökök, mint V. Budkin, M. Jangel, V. Utkin, Sz. Konyuhov vezetésével a Pivdenne és a Pivdenmas az űrhajók 67, az űrállomások 12 típusát dolgozta ki. A két vállalat hozta létre a Zenit komplexumot, a világ űrhajógyártásának eddigi legtökéletesebb hordozórakétáját, amelynek a segítségével közel ezer űrhajót állítottak Föld körüli pályára.

i

17. §. A HŐERŐGÉPEK EGYES TÍPUSAI

A hőerőgépek ipari felhasználásának története a gőzgépek létrehozásával kezdődött. Az első gőzgépet James Watt angol tudós készítette 1768-ban (17.1. ábra). Watt néhány éven keresztül tökéletesítette a gép szerkezetét. 1776-tól Watt gépét Angliában széles körben felhasználták a bányászatban és kohászatban. A XX. században az első kezdetleges gőzgépeket modern, belsőégésű motorok, gőz- és gázturbinák, reaktív hajtóművek váltották fel. A paragrafusban megismerkedhettek néhányuk működési elvével.

1 Megvizsgáljuk a gőzturbina felépítését és működési elvét

A gőzturbina (latinul a *turbo* – forgósél, gyors forgás) a gőzhajtású hőerőgépek egyik típusa.

A gőzturbinákban az üzemanyag elégetésekor felszabadult energia vízgőz képződését és melegítését biztosítja, majd a forró gőz kitágulása folytán mechanikai munkát végez.

Tehát a gőzturbina munkaközege a gőz, amely a vízből alakul ki, és speciális gőzkazánokban 600 °C-ig melegszik fel. A kazánból a gőz nagy nyomással érkezik a turbinához.

? Szerintetek mi szolgál hűtőtestként a turbina működésekor?

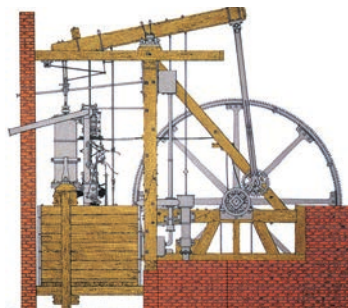
Megvizsgáljuk a legegyszerűbb gőzturbina működési elvét (17.2. ábra). A fúvókákon (1) át áramló gőz a járókerékhez (3) rögzített lapátokra (2) irányul. A járókerék a turbina tengelyéhez (4) van rögzítve. A gőz hatására a kerék, és ezáltal a turbina tengelye is forogni kezd, vagyis munkát végez (17.3. ábra).

A gőzturbinákat széles körben alkalmazzák a hőerőművekben, ahol a turbina forgásának mechanikus energiája villamos energiává alakul át. A közlekedésben nagy méretük miatt nincsenek elterjedve.

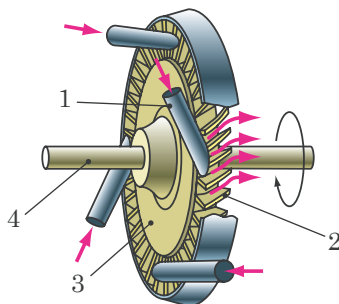
2 Megismerkedünk a belsőégésű motorok felépítésével

A közlekedési eszközökben használt egyik legegyszerűbb hőerőgép a belsőégésű motor, amelyet Nikolaus Otto német feltaláló tervezett és épített meg (17.4. ábra).

Az elnevezés abból ered, hogy az üzemanyag a motor belsejében, közvetlenül a hengerben ég el. A belsőégésű motorok folyékony vagy gáz üzemanyagot használnak fel.



17.1. ábra. Watt gőzgépe



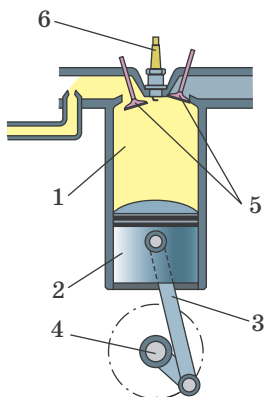
17.2. ábra. A legegyszerűbb gőzturbina felépítése: 1 – fúvókák; 2 – lapátok; 3 – járókerék; 4 – tengely



17.3. ábra. A modern turbinákban a gőz energiájának maximális kihasználása érdekében több, ugyanarra a tengelyre rögzített, lapátokkal ellátott keréket használnak



17.4. ábra. Nikolaus August Otto (1832–1891) – német konstruktor és vállalkozó, az elektromos gyújtású négyütemű motor feltalálója



17.5. ábra. A legegyszerűbb belsőégésű motor felépítése: 1 – henger; 2 – dugattyú; 3 – hajtórúd; 4 – főtengely; 5 – szelepek; 6 – gyújtógyertya

A belsőégésű motor *hengerből* (1) és a benne mozgó *dugattyúból* (2) áll (17.5. ábra). A dugattyút *hajtórúd* (3) köti össze a *főtengellyel* (4), amelynek mozgása biztosítja a járművek meghajtókerekeinek a forgását.

A henger felső részében két *szelep* (5) található. A *szívószelepen* át a robbanóelegy (levegő-benzin, illetve levegő-gáz keverék) a hengerbe jut; a *kipufogószelepen* át az égéstermék jut ki. A szelepeken kívül a henger felső részén egyes motorokban *gyújtógyertya* (6) található, ami elektromos szikra segítségével gyújtja meg a robbanóelegyet.

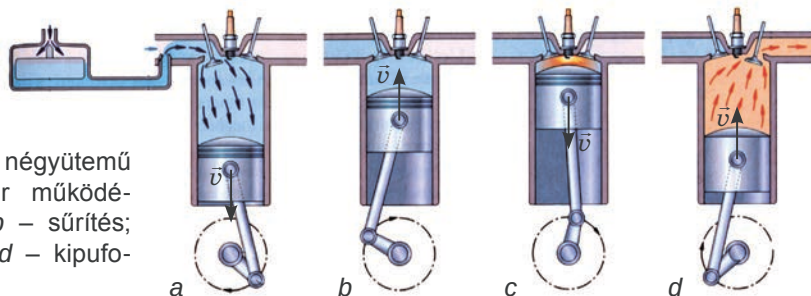
3 Megvizsgáljuk a négyütemű belsőégésű motor működését

A négyütemű motor munkafolyamata – megfelelően – négy ütemből áll (17.6. ábra).

I. ütem – szívás (17.6. a ábra). A dugattyú lefelé mozog, a hengerben csökken a nyomás. Ebben a pillanatban kinyit a szívószelep és az égéstérbe robbanóelegy kerül. Az I. ütem végén a szívószelep lezár.

II. ütem – sűrítés (17.6. b ábra). A dugattyú felfelé mozog és összenyomja a robbanóelegyet. Amikor a dugattyú eléri a legfelső pontot (felső holtpont), a gyújtógyertyán szikra ugrik át, és az elegy berobban.

III. ütem – munkaütem (17.6. c ábra). A forró gáz nagy erővel nyomja lefelé a dugattyút. A dugattyú mozgása átadódik a főtengelyre, és



17.6. ábra. A négyütemű belsőégésű motor működése: a – szívás; b – sűrítés; c – munkaütem; d – kipufogás

forгатni kezdі azt: a főтengely *hasznos munkát* végez. A III. ütem végén kinyit a kipufogószelep.

IV. ütem – *kipufogás* (17.6. d ábra). A dugattyú felfelé mozog, és a kipufogószelepen keresztül kiszorítja a légkörbe az égéstermékeket. A IV. ütem végén a kipufogószelep lezár. Az égéstermékek kijutásával *bizonyos hőmennyiség is kerül a környezetbe*.

Mint minden hőerőgépben, a belsőégésű motorokban is van *fűtőtest* (robbanóelegy, ami elég), *munkaközeg* (forró gázok), *hűtőtest* (környezet).

A ciklus alatt a gázok a dugattyút egyszer lökik el, ezért az a motorok egyenletes munkája érdekében négy, hat vagy ennél több hengert építenek beléjük.

Az utóbbi időben egyre szélesebb körben alkalmaznak *dízelhajtóműveket*, amelyeket *Rudolf Diesel* német mérnök tiszteletére neveztek el (17.7. ábra). Ezekben a motorokban nincs gyújtógyertya, lehetnek kétüteműek, és viszonylag magas a hatásfokuk. A fentebb bemutatott hajtóművek hatásfoka általában 20–25%, míg a dízeleké 40%.



17.7. ábra. Rudolf Diesel (1858–1913) – német mérnök. A robbanóelegy összenyomás általi berobbantása alapján működő belsőégésű motorok megalkotója

4

Mérlegeljük a hőerőgépek használatának előnyeit és hátrányait

Az üzemanyag égésének kémiai reakciója során keletkező elegyek (lásd a 15.1. ábrát) szempontjából azt mondhatjuk, hogy a hőerőgépek eléggé fejlettek, hiszen a reakciótermékek „közönséges” vegyületek. Valóban, a széndioxid (CO_2) a levegő egyik alkotóeleme, a víz (H_2O) mindenütt jelen van a környezetünkben. Ezek az anyagok ökológiailag tiszták, nem szennyezik a természeti környezetet. Azonban nem kell sietnünk a következtetésekkel.

Először: az összes üzemanyagfajta kisebb mennyiségű ként tartalmaz, amely idővel káros kénsavvá alakul át.

Másodszor: a hőerőművek többségében a szenet aprított formában égetik el. Ezek a részecskék égés után hamuvá alakulnak, és egy részük kikerül a környezetbe, szennyeződést okozva.

Harmadszor: a gépkocsi hajtóművében az üzemanyag nem mindig ég el teljes egészében, ezért a kipufogógázok jelentős mennyiségű, mérgező szén-monoxidot tartalmaznak (CO).

Ez a káros tényezők közel nem teljes felsorolása!

Az atmoszféra szennyezése az egész emberiség problémája. Hogyan küzdhetünk a hőerőgépek használatának negatív következményei ellen?

Ennek több iránya létezik:

- 1) a hőerőgépek összteljesítményének csökkentése (vagy legalább szinten tartása). Más szóval, *alacsony teljesítményű energiafogyasztók* (televízió, hűtőszekrény, izzók) *felhasználása*;
- 2) a hőerőművek *károsanyag-kibocsátásának csökkentése*. Ebből a célból speciális szűrőket használnak;
- 3) *alternatív energiaforrások felhasználása*.



Összefoglaló

A ma használatos hőerőgépek legrégebbi típusa a gőzturbina. A gőzturbinában a munkát forró gőz végzi, miután fűvókákön át a turbina lapátjaihoz kerül, és forgatni kezdi azt.

A hőerőgép másik példája a belsőégésű motor. Benne az üzemanyag a hengerben elégeve felmelegíti a levegőt, ami kitágulása által munkát végez. A négyütemű belsőégésű motor munkafolyamata négy ütemből áll: szívás, súrítés, munkätem, kipufogás.

Az utóbbi időben nagy problémát jelent a hőerőgépek által kibocsátott káros anyagok természeti környezetre gyakorolt kedvezőtlen hatása.



Ellenőrző kérdések

1. Milyen szerkezeteket nevezünk gőzgépeknek? 2. Nevezzétek meg a gőzturbina fő részeit! 3. Írjátok le a gőzturbina működési elvét! 4. A gőzturbina melyik része szolgál fűtőtestként? Hűtőtestként? Munkaközegként? 5. Honnan származik a belsőégésű motor elnevezése? 6. Nevezzétek meg a belsőégésű motorok főbb elemeit és azok funkcióit! 7. Milyen folyamatok mennek végbe a belsőégésű motor működésének minden egyes ütemében? 8. Bizonyítsátok be, hogy a hőerőgépek károsak a környezetre, és ajánljatok megoldást az adott problémára!



17. gyakorlat

1. Milyen energiaátalakulások mennek végbe a gőzturbina működése közben?
2. A legmodernebb turbóföltöltéses és közbenső hűtésű dízelmotorok hatásfoka 54,5%. Az üzemanyagban lévő energia mekkora része vész kárba?
3. Miért emelkedik a dízelmotorok hengereiben összenyomáskor a robbanóelegy hőmérséklete?
4. A gőzturbinában miért kisebb az elhasznált gőz (fáradt gőz) hőmérséklete a lapátokhoz jutó gőzénél?
5. Sok hiányosságuktól függetlenül a hőerőgépek a legelterjedtebbek. Szerintetek miért részesítik őket előnyben?



18. §. HŐENERGETIKA. AZ ENERGIAFORRÁSOK MEGÓVÁSÁNAK MÓDJAI

A modern ember életviteléhez elengedhetetlenül szükség van energiára. Sajnos az energiából soha nem áll elegendő mennyiség rendelkezésre, ezért az emberiség létezése óta gyűjti az energiamegtakarításhoz szükséges tudást. Főleg az utóbbi időben lett ez aktuális, hiszen már látható az organikus üzemanyagok készleteinek a „vége”. Ezért megfogalmazták az energiatakarékosság néhány általános elvét, és kidolgozták ezek megvalósításának technológiáit a legújabb fejlesztésű eszközök és berendezések segítségével.

1 Megismerkedünk a hőenergetika szerepével az ember életében

Évszázadokon át a tüzelőanyag volt az emberiség egyetlen energiaforrása, az egyéb források (szél és víz) nagyon csekély szerepet játszottak ebben a tekintetben.

A XX. században az *alternatív* energiaforrások jelentős szerepet kezdtek betölteni az energetikában. Ilyenek például a *vízerőművek*, *atomerőművek*, *szélenergiák*, *napelemek* (18.1.–18.4. ábrák).

Az alternatív energiaforrások felhasználása jelentős kiadásokkal jár. A XX. században megnövekedett a hőerőgépek felhasználása, amelyek az üzemanyag energiáját alakítják át más fajtájú energiává (elektromos, mechanikai). Elsősorban a gépkocsikról és egyéb közlekedési eszközről van szó, amelyeknek a *kőolaj* finomítása által előállított üzemanyag jelenti az energiaforrását (benzin és dízelolaj). Ezenkívül a fűtéshez és főzéshez gyakorlatilag mindenütt *földgázzal* működő berendezésekkel találkozhatunk. A földgázt az ipari termelésben is nagy mennyiségben használják fel (kohászat, vegyipar). A hőerőművekben az elektromos áram előállítására szintén gáz, *kőolaj* és *szén* az energiaforrás.

Tisztában vagyunk vele, hogy az említett üzemanyagok *bányászott* (fosszilis) erőforrásokból származnak, és azok készlete véges. Az utóbbi 100 évben a gépkocsik elhasználták a *kőolajkészlet* jelentős részét. Létezik olyan feltevés, miszerint a földgázkészlet 40 év alatt elfogy; a felderített szénlelőhelyek arról tanúskodnak, hogy a szén néhány száz évig még kitart.



18.1. ábra. Vízerőmű (Dnyiprogesz)

Ezenkívül a szén, kőolaj és gáz elégetéséhez óriási mennyiségű oxigénre van szükség. Például 1 kg szén elégetéséhez 2,7 kg oxigénre van szükség; 1 kg kőolaj esetében 3,4 kg-ra; 1 kg földgáznál 4 kg-ra.

2 Elgondolkodunk az energiaforrások megőrzéséről

A fent említett adatok arról tanúskodnak, hogy néhány tíz éven belül eltűnhetnek a ma megszokott üzemanyagok. Mit lehetne tenni?

Jelenleg a jövőbeli „energiaéhség” problémájának a megoldására három irányvonalat ajánlanak.

1. A rendelkezésre álló energiaforrások megóvása. Itt az új, *energiatakarékos technológiák* elterjesztéséről van szó.

2. A *fosszilis üzemanyagok felváltása növényi eredetű üzemanyagokkal*. Jelenleg a növényi üzemanyagok előállításának két módja ismeretes: a benzint kiváltó üzemanyag cukortartalmú növényekből való előállítása, valamint a növényi olajok (például repceolaj) dízelolajjá való feldolgozása.

3. *Alternatív energiaforrások felhasználása*. Elsősorban a *nukleáris és termonukleáris energiáról* van szó. Az atomerőművek fűtőanyagaként használt uránnak jelentős készletei vannak, amelyek több száz esztendőre is elegendőek az emberiség számára. Sok országban (Franciaország, Ukrajna, USA) az elektromos áram ilyen módon történő előállítása vezető szerepet játszik. Ukrajnában például az elektromos áram közel felét atomerőművekben állítják elő.

A legkimeríthetlenebb energiaforrás a termonukleáris energia (18.5. ábra). A termonukleáris szintézishez szükséges deutérium-tartalék a világóceán vizeiben több ezer évre is elegendő.

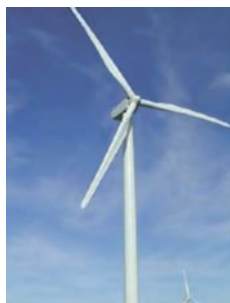
3 Megismerkedünk az energiatakarékosági technológiákkal

A modern energiatakarékosági elvek nemcsak a néha egyedülálló újdonságok felhasználásáról szólnak. A feladat – *néhány technológia összevont felhasználása*.

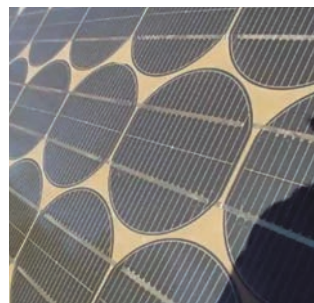
Megvizsgálunk egy lakást. A legtöbb energia a fűtéshez szükséges. A hagyományos ablakok energiatakarékosakra való cseréje, az ajtók szigetelése,



18.2. ábra. Atomerőmű (Zaporizzsjai Atomerőmű)



18.3. ábra. Szélgenerátor



18.4. ábra. Napelem panelje

speciális hőszigetelő vakolat felhasználása jelentős hő megtakarítását eredményezi, amellyel addig a természetet fűtöttük.

A forró vizet gyakran hőközpontokban állítják elő, és több kilométernyi csővezetéken kerül a háztartásokba. Eközben óriási a hőveszteség. Ha a (gáz vagy elektromos) melegítőkészülékek közvetlenül a lakásban vannak, akkor csak néhány méterre kell eljuttatni a meleg vizet. Ezenkívül a kazánok a fűtésen kívül meleg vizet is előállítanak.

Az elektromos energia megtakarítása érdekében célszerű takarékos izzókat és csekély áramigényű készülékeket használni.

? Gondolkozzatok el azon, milyen egyéb takarékosági módszereket tudnátok ajánlani a lakásokban!

Megvizsgáltuk az energiatakarékossági elvek komplex alkalmazásának egy lakásra kivetített példáját. Hasonló módszerek segítségével, de sokkal nagyobb léptékben érnek el érezhető megtakarítást a termelési folyamatokban is.

4 **Megtudjuk, hogyan befolyásolja a hőenergetika a természetet**

Amíg a hőerőművek nem voltak ilyen nagy teljesítményűek, az utakon nem közlekedett ilyen sok jármű, a hőerőgépek káros hatása nem zavarta különösebben az embereket. A probléma a XX. század második felében lett aktuális, amikor megjelentek az erőművek által kibocsátott szennyeződés okozta savas esők, az emberek a levegővel együtt belélegezték a mérgező kipufogógázokat.

A tudósok a problémára különféle technikai megoldásokat ajánlanak. Példaként a *benzinmotorok által kibocsátott mérgező gázok csökkentésének* módjait hozzuk fel:

- a benzin összetevői közül ki kell zárni a mérgező ólomvegyületeket;
- az üzemanyag olyan mértékű elégetése, hogy szén-monoxid helyett a kevésbé káros szén-dioxid kerüljön a környezetbe;



18.5. ábra. Termonukleáris kísérleti be-
rendezés



18.6. ábra. Az elektromos autók kül-
sőleg nem térnek el benzines „társaiktól”

- ökológiailag tiszta elektromos meghajtású gépkocsik létrehozása (18.6. ábra), amelyek gyakorlatilag nem szennyeznek a környezetet: villanymotor hajtja őket, amit akkumulátorok táplálnak;
- hibrid gépkocsik használata, amelyek két hajtóművel – benzinmotorral és elektromos motorral rendelkeznek: az elektromos meghajtást a városban célszerűbb használni (ahol sok a jármű), a benzinmotort a városon kívül (ahol a légszennyezettség nem annyira nagymértékű).

Az emberiséget még egy nagy probléma aggasztja. Arról van szó, hogy a hőerőgépek működése közben szén-dioxid (CO_2) szabadul fel, amely nagy mennyiségben rendkívül veszélyes. Tudósok becslése szerint a hőerőgépek elmúlt 200 évnyi intenzív működése során az atmoszférába közel egy trillió (10^{12}) tonna CO_2 került. Ez a nagy mennyiségű szén-dioxid *üvegházhatást* eredményezett – megemelkedett a Föld felszínének a hőmérséklete. Ez miért történhetett meg?

A Nap, mint tudjátok, nemcsak megvilágítja, hanem melegíti is Földünket. Még 100 évvel ezelőtt a Föld által kapott hő gyakorlatilag teljes egészében visszaverődött a világűrbe. Miután az atmoszféra felső rétegeiben nagy mennyiségű szén-dioxid gyülemlt fel, ez tükröként verte vissza a Föld felszínére a Nap hőjét. Ennek eredményeként az energia egy része az atmoszférában marad és felmelegíti azt.

Az üvegházhatás folytán a Föld átlaghőmérséklete $0,6\text{ }^\circ\text{C}$ -kal megnövekedett. Ez a nem jelentős felmelegedés a tudósok szerint már globális klímaváltozást okozott. Ha a Föld átlaghőmérséklete $2\text{ }^\circ\text{C}$ -kal növekedne, globális katasztrófák következnenek be: a jégtakaró olvadása, a világóceán szintjének megemelkedése, a tengerparti városok víz alá kerülnének.

Hogy elkerüljük az ilyen katasztrófális következményeket, 1997-ben a japán Kiotóban több állam vezetője aláírta az úgynevezett kiotói jegyzőkönyvet. A jegyzőkönyv meghatározza a világ minden országa számára a maximálisan megengedett CO_2 -kibocsátást (az ipari és háztartási forrásokból együttvéve). Ha ezt a mennyiséget valamelyik ország túllépi, az büntetést fizet, amit a légszennyeződés következményeinek a felszámolására fordítanak. 2015-ben a kiotói jegyzőkönyvet a párizsi megállapodással egészítették ki, ebben felvázolták a légszennyezés további csökkentésének perspektíváit.



Összefoglaló

A kőolaj, földgáz és szén – bányászott energiaforrások, amelyek véges tartalékokkal rendelkeznek.

Az energetikai krízis leküzdésének fő irányai:

- a meglévő bányászott energiaforrások kitermelésének csökkentése;
- új technológiák bevezetése az üzemanyag-felhasználás csökkentése céljából;
- alternatív, elsősorban nukleáris és termonukleáris energiaforrások felhasználása.

Az új technológiák felhasználása a hőenergia néhányszoros megtakarítását segíti elő.



Ellenőrző kérdések

1. Milyen energiaforrásokat használ az ember az ősidőktől fogva? **2.** Milyen alternatív energiaforrásokat ismertek? **3.** Mi az oka a bányászott energiaforrások elapadásának? **4.** Soroljátok fel az energiaválság leküzdésének fő irányait! **5.** Mondjatok példákat energiatakarékossági technológiákra! **6.** Hogyan hatnak a hőenergia-források a környezetre? **7.** Mi a kiotói jegyzőkönyv?



18. gyakorlat

1. Az egyik legjobb energiaforrás a Nap. Kiegészítő információforrások felhasználásával tudjátok meg, hol alkalmazzák jelenleg a napenergiát, és hol lesz alkalmazható a jövőben!
2. Kiegészítő információforrások felhasználásával tudjátok meg, milyen távlati vannak az alternatív energetika fejlődésének Ukrajnában!

Fizika és technika Ukrajnában



Az Ukrán Nemzeti Tudományos Akadémia Technikai Hőfizikai Intézete (Kijev)

A Technikai Hőfizikai Intézetet (THI) 1947-ben hozták létre az akadémia *Energetikai Intézetének* bázisán. A THI Ukrajna vezető kutatóközpontja a hőtömegcsere, hőenergetika és energiatakarékossági technológiák terén. Az intézet működése a hőfizikai folyamatok kutatására, a hőátadás elméletének fejlesztésére, a hőmérsékleti értékek mérésére irányul.

Munkatársai olyan aktuális problémák megoldásán dolgoznak, mint az energiahatékonyság növelése a hőenergia termelése, szállítása és felhasználása során, a kommunális hőenergetikai objektumok korszerűsítése regionális programok kidolgozása és megvalósítása által, megújuló energiaforrások és helyi energiahajtók bevonása az ország tüzelőanyag-energetikai potenciáljába.

A THI tudományos munkaközösségének élén olyan kiváló tudósok álltak, mint *I. T. Svec, G. M. Scsogolev, V. I. Tolubinszkij, G. L. Babuha, O. A. Gerascsenko.*

Az intézetet 1982 óta *Anatolij Andrijovics Dolinszkij* akadémikus, a hőtömegtovábbítás elismert kutatója vezeti.

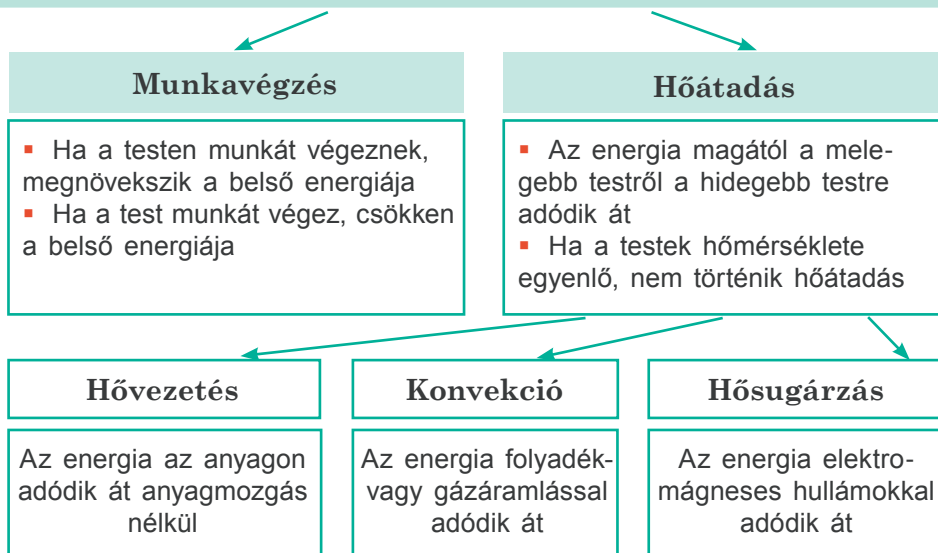
A Hőjelenségek CÍMŰ

I. FEJEZETET ÖSSZEFOGLALÁSA

Az I. fejezet tanulásakor megismerkedtetek egyes hőfolyamatokkal, az azokat jellemző fizikai mennyiségekkel, valamint a fizika olyan alapfogalmaival, mint a hőmérséklet és belső energia.

1. Megtanultátok, hogy a *belső energia* kétféle módon változtatható meg.

A BELSŐ ENERGIA MEGVÁLTOZTATÁSÁNAK MÓDJAI



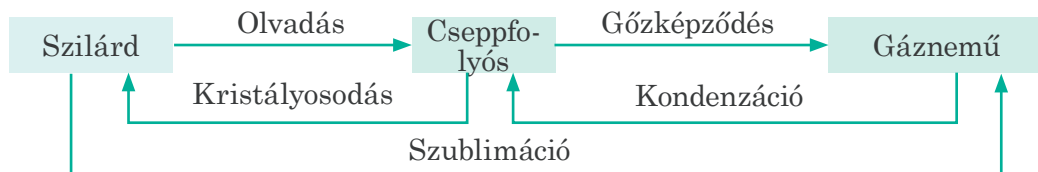
2. Megtanultátok, hogy a hőátadás során a belső energia változását a **Q hőmennyiség** jellemzi. Az energiához hasonlóan a hőmennyiség mértékegysége a SI rendszerben a *joule*.
3. Megismerkedtetek a *hőmérlegegyenlettel*, amely az *energia átalakulásának és megmaradásának* a törvénye hőcsere esetére.

HŐMÉRLEGEGYENLET

Testek zárt rendszerében, amelyben a belső energia kizárólag hőátadás útján adódik át, a rendszert alkotó egyes testek által leadott hőmennyiség megegyezik a rendszer többi teste által felvett hőmennyiséggel:

$$Q_1^- + Q_2^- + \dots + Q_n^- = Q_1^+ + Q_2^+ + \dots + Q_n^+$$

4. Felidézték az anyag *három halmazállapotát*.

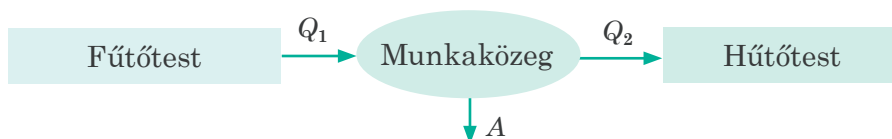


5. Megismerkedtek az *anyagok hőtulajdonságait jellemző fizikai mennyiségekkel*.

Fizikai mennyiség	Jelölése	Mértékegysége	Képlete
Fajhő	c	$\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$	$c = \frac{Q}{m\Delta t}$
Fajlagos olvadáshő	λ	$\frac{\text{J}}{\text{kg}}$	$\lambda = \frac{Q}{m}$
Fajlagos párolgáshő	r	$\frac{\text{J}}{\text{kg}}$	$r = \frac{Q}{m}$

6. Meggyőződtek arról, hogy az üzemanyag égésekor *energia szabadul fel*, és megtanulták, hogy ezt az energiát *munkavégzésre használják* különféle melegítő berendezésekben és a hőerőgépekben.

A HŐERŐGÉPEK MŰKÖDÉSI ELVE



7. Megtanulták az *üzemanyagot, melegítő berendezéseket és hőerőgépeket jellemző fizikai mennyiségeket*.

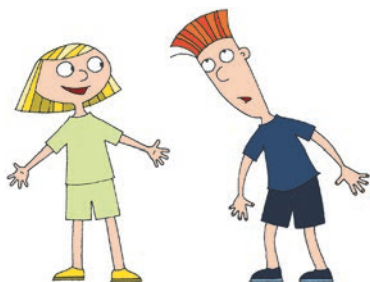
Fizikai mennyiség	Jelölése	Mértékegysége	Képlete
Az anyag fajlagos égéshője	q	$\frac{\text{J}}{\text{kg}}$	$q = \frac{Q}{m}$
A melegítő berendezés hatásfoka	η	%	$\eta = \frac{Q_{\text{hasz}}}{Q_{\text{teljes}}} \cdot 100\%$
A hőerőgép hatásfoka	η	%	$\eta = \frac{A_{\text{hasz}}}{Q_{\text{teljes}}} \cdot 100\%$

Feladatok önellenőrzésre a *Hőjelenségek* című I. fejezethez

1. rész. Hőmérséklet. Belső energia. Hőátadás

Az 1–5. és 7. feladatokban válasszatok ki egy helyes választ!

1. (1 pont) A test hűtésekor csökken:
 - a) molekuláinak a száma;
 - b) molekuláinak a tömege;
 - c) molekuláinak a mérete;
 - d) molekuláinak a sebessége.
2. (1 pont) Az elektromos sütő kikapcsolása után csökkent a benne lévő levegő hőmérséklete. Megváltozott-e eközben a levegő belső energiája, és ha igen, akkor hogyan, és miért?
 - a) nem változott;
 - b) csökkent a hőátadás eredményeként;
 - c) növekedett a hőátadás eredményeként;
 - d) csökkent a munkavégzés miatt.
3. (1 pont) Melyik folyamat hatására csökkent a léggömb belsejében lévő levegő belső energiája?
 - a) a léggömböt felfújták;
 - b) a léggömb szétdurrant;
 - c) a léggömböt meleg helyiségbe vitték;
 - d) a léggömb a padlóra ereszkedett.
4. (1 pont) A réz alkatrész melegítés hatására tágul. Eközben megnő:
 - a) a rézatomok közötti távolság;
 - b) a rézatomok mérete;
 - c) az atomok mennyisége az alkatrészben;
 - d) a réz sűrűsége.
5. (2 pont) Mekkora hőmennyiség szabadul fel 2 kg alumínium 50 °C-kal való lehűtésekor?
 - a) 92 kJ;
 - b) 100 kJ;
 - c) 420 kJ;
 - d) 920 kJ.
6. (2 pont) Forró nyári napon a kisfiú és a kislány pamut ruhában volt (1. ábra). Miért érzi magát kényelmesebben a kislány?
7. (2 pont) Miután valamilyen 100 g tömegű anyag 750 J hőmennyiséget vett fel, a hőmérséklete 25 °C-ról 40 °C-ra emelkedett. Milyen anyagról van szó?
 - a) alumínium;
 - b) vas;
 - c) acél;
 - d) ezüst.
8. (2 pont) Az egyik ember a távoli északon van, a másik a sivatagban. Mindketten meleg ruhát viselnek (2. ábra). Miért?

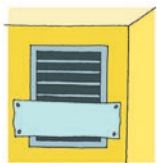


1. ábra

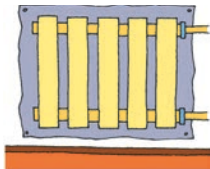


2. ábra

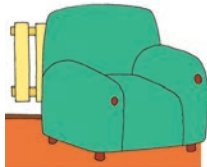
9. (2 pont) A felsorolt cselekmények közül melyik eredményez energiamegtakarítást? Jelöljétek meg az összes helyes választ.



a) szellőzőrács eltakarása



b) fűtőtest mögé hővisszaverő alufólia elhelyezése



c) fűtőtest eltakarása bútorokkal és függönnyel



d) fűtőtest világosra festése

10. (3 pont) A 2 kg tömegű öntöttvas üstben 1,5 l víz van. Mekkora hőmennyiséget kap az üst a vízzel, ha a vizet 10 °C-ról 60 °C-ra melegítik fel?

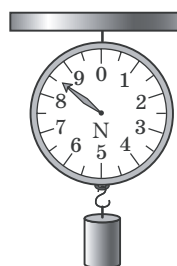
11. (3 pont) A 3. ábra adatai alapján határozzátok meg, mekkora hőmennyiségre van szükség az ott látható acélhengernél 0 °C-ról 12 °C-ra való felmelegítéséhez?

12. (3 pont) Hány fokkal melegíthető fel az 510 g tömegű rézdarab akkora hőmennyiséggel, amennyi 2 liter olaj 40 °C-kal való lehűtése során szabadul fel?

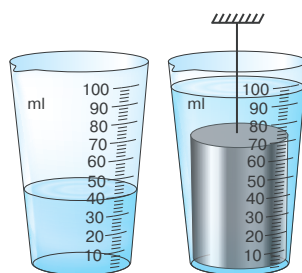
13. (4 pont) Ismeretes, hogy az ember tömegének minden kilogrammja 1 s alatt megközelítőleg 1,6 J energiát ad le a környezetének. Hány fokkal melegíthető fel 1 liter víz azzal a hőmennyiséggel, amelyet a 49 kg tömegű tanuló szabadít fel egy tanóra (45 perc) alatt?

14. (4 pont) Milyen magasról esett le az ólomgolyó, ha az acéllappal való ütközésekor 2,5 °C-kal melegedett fel? A golyó felmelegítéséhez a mechanikus energiájának 80%-a használódott el.

15. (4 pont) Határozzátok meg a sárgaréz henger kezdeti hőmérsékletét (4. ábra), ha vízbe mérítése után a mérőpohárban lévő víz 37 °C-ról 20 °C-ra hűlt le. Az energiaveszteséget ne vegyétek figyelembe!



3. ábra



4. ábra

A feleleteket a könyv végén találjátok. Jelöljétek meg a helyes válaszokat, és számoljátok össze az elért pontszámot, majd az összeget osszátok el hárommal! A kapott szám jelenti a tudásszinteteket.

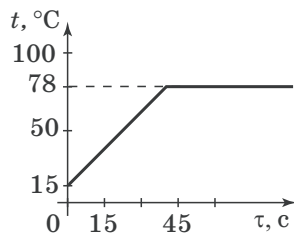


A gyakorló tesztfeladatokat megtalálhatjátok az *Interaktív tanulás* című honlapon.

2. rész. Az anyagok halmazállapotának változása. Hőerőgépek

Az 1–8. és 10. feladatokban válasszatok ki egy helyes választ!

- (1 pont) Az alábbi anyagok közül melyik tartja meg szobahőmérsékleten a térfogatát, az alakját viszont nem?
a) acél; b) oxigén; c) hélium; d) higany.
- (1 pont) A gáz könnyen összenyomható, mivel a molekulák:
a) könnyen megváltoztatják a méretüket;
b) vonzzák egymást;
c) folyamatos kaotikus mozgást végeznek;
d) viszonylag távol vannak egymástól.
- (1 pont) Amikor az anyag egyik halmazállapotból a másikba megy át, megváltozik:
a) a molekulák tömege;
b) a molekulák mérete;
c) a molekulák mozgásának és kölcsönhatásának jellege;
d) a molekulák összetétele.
- (1 pont) Kristályosodás folyamán az anyag hőmérséklete:
a) változatlan marad;
b) csökken;
c) növekszik;
d) egyes anyagok esetében növekszik, mások esetében csökken.
- (2 pont) Zárt edényben összenyomták a gázt, és felére csökkentették a térfogatát. Ennek eredményeként:
a) a molekulák száma az edényben felére csökkent;
b) a gáz sűrűsége kétszeresére növekedett;
c) a gáz tömege a felére csökkent;
d) a molekulák közötti távolság megkétszereződött.
- (2 pont) Melyik anyag olvasható fel ólomedényben?
a) vas; b) réz; c) ón; d) wolfram.
- (2 pont) Normális légnyomáson laboratóriumi körülmények között vizsgálták meg egy anyag hőmérséklete és a melegítési idő közötti összefüggést. A megfigyelés eredményét grafikon formájában adták meg (lásd az ábrát). Határozzátok meg a vizsgált anyagot!
a) víz; c) olaj;
b) éter; d) alkohol.
- (2 pont) Mekkora hőmennyiségre van szükség 5 kg alumínium olvadásponton való felolvasztásához?
a) 3 kJ; b) 607 kJ; c) 1965 kJ; d) 3036 kJ.



9. (3 pont) Állítsatok fel megfeleltetést az anyaggal végbemenő hőfolyamatok és az anyag által ezek során felszabadított hőmennyiség meghatározására szolgáló képletek között!
- | | |
|---|------------------|
| 1. A víz a tócsában jéggé alakult át. | A $Q=qm$ |
| 2. A gazda begyújtotta a fát a kályhában. | B $Q=rm$ |
| 3. A folyó felett köd képződött. | C $Q=\lambda m$ |
| | D $Q=cm\Delta t$ |
10. (2 pont) Milyen mennyiségű kerozint kell elégetnünk, hogy 92 MJ energiát kapjunk. A kerozin teljesen elég.
- a) 450 g; b) 500 g; c) 2 kg; d) 100 kg.
11. (2 pont) Az ember hónaljának normális hőmérséklete 36,8 °C, tüdejének 32 °C. Szerintetek mi a oka az alacsonyabb hőmérsékletnek?
12. (2 pont) Miért növekszik a robbanóelegy hőmérséklete sűrítés közben, míg a munkautemben csökken?
13. (2 pont) Gázzal működő melegítőkészülékben 2,5 kg gáz elégetésekor 82,5 MJ hőmennyiség szabadult fel. Határozzátok meg a készülék hatásfokát!
14. (3 pont) A 20 g tömegű 15 °C hőmérsékletű éter teljes egészében elpárolgott. Mekkora hőmennyiséget vett fel az éter a folyamat közben?
15. (3 pont) Hány fokkal melegíthető fel 10 kg réz azzal a hőmennyiséggel, amely 100 g fa teljes elégetésekor keletkezik?
16. (4 pont) A 200 g tömegű vas dobozban 100 g 27 °C-os ólom található. Milyen tömegű földgázt kell elégetni ahhoz, hogy felolvadjon az ólom? A gáz teljes elégetésekor felszabaduló hőmennyiség 40%-a a doboz felmelegítésére fordítódik.
17. (4 pont) A 144 km/h átlagsebességgel mozgó gépkocsi 100 km megtételéhez 8 kg dízelolajat használt el. Határozzátok meg a gépkocsi átlagos teljesítményét és átlagos húzóerejét a teljes út során, ha a hajtómű hatásfoka 30%!

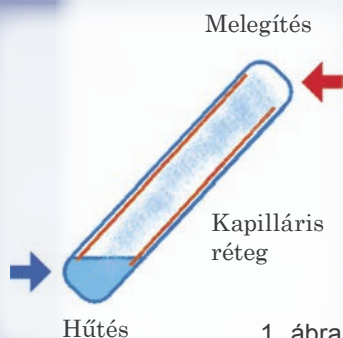
A feleleteket a könyv végén találjátok. Jelöljétek meg a helyes válaszokat, és számoljátok össze az elért pontszámot, majd az összeget osszátok el hárommal! A kapott szám jelenti a tudásszinteteket.



A gyakorló tesztfeladatokat megtalálhatjátok az *Interaktív tanulás* című honlapon.

Mi a hőcső

Már tudjátok, hogy a legjobb hővezetők a fémek, azok között is „csúcstartó” a réz, ezüst és alumínium. Ha megkérdeznék benneteket, hogyan lehet a leggyorsabban hőt átadni egyik helyről a másikra, természetesen felidézitek: ha a réz (ezüst vagy alumínium) rúd egyik végét forró helyre tesszük, akkor a másik vége gyorsan felmelegszik. Átadható-e gyorsabban is a hő, mint ahogyan az említett fémek segítségével történik? Talán nem, mert nem hiába nevezik ezeket a fémeket „csúcstartóknak”. Viszont mérnökök az adott probléma megoldására kifejlesztettek egy eszközt, amit *hőcsőnek* (*fűtőcsőnek*) neveztek el.



1. ábra

Elmagyarázzuk a működési elvét (1. ábra). Vesszünk egy beforrasztott végű, csekély mennyiségű vizet tartalmazó csövet. Felső részét forró helyre illesztjük. A cső belső felszínének ezen részében maradt vízcseppek gőzzé kezdenek átalakulni. A gőzmolekulák minden irányban szétrepülnek, többek között lefelé is, ahol a cső hideg végében lecsapódnak. A víz párolgáshője nagyon nagy, ezért a csőben a hőátadás rendkívül gyorsan végbemegy.

Sajnos az eszköznek van egy hiányossága, egyszer használható: a vízcseppek elpárolognak, és a hőátadás folyamata leáll. Ennek a problémának a kiküszöbölésére a mérnökök a *kapillaris effektust* használták fel. (Emlékezzetek vissza: ha az ing vagy ruha vége vízbe ér, akkor nemcsak az a kis rész lesz vizes, hanem egy nagyobb darab is!)

A kapillaris réteget a hőcső belső fala mentén helyezték el (az 1. ábrán a piros sáv), és a cső ezzel alkalmassá vált többszöri használatra. Az ilyen szerkezetben a víz körforgást végez: a cső forró végén (fent) a víz elpárolog, a gőz alulra kerül és lecsapódik a cső hideg végén; a keletkezett víz a kapillarisokon keresztül felemelkedik és újból elpárolog.

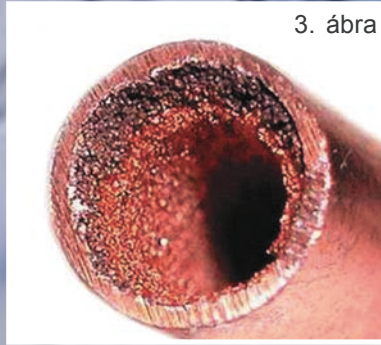
Konkrét feladatok megoldására a csövet fémből, a kapillarisokat pedig kábelköteg (2. ábra) vagy reszelék (3. ábra) formájában készítik.

A hőcsövek nagyon elterjedtek. Például a 2. ábrán látható hőcsőhöz hasonlót használnak a számítógépek hűtésére.

A hőcső érdekes felhasználási módját fejlesztették ki Alaszkában. A 4. ábrán látható földgázvezeték az örök fagy területén építették fel. A gázt a szállítás során némileg fel kell melegíteni. A csőbe hőt juttatnak, amelynek egy része a tartópilléreket melegíti, és a földbe kerül. Ha nagy mennyiségű hőenergiát közölnek a csővel, akkor a pillérek melletti földterület felolvad, és fennállhat a baleset veszélye. A konstruktőrök megoldották a problémát, minden támaszpillért hőcsővel szereltek fel (a 4. ábrán a fehér rudak), amelyeknek köszönhetően a fölösleges hő felemelkedik és kijut az atmoszférába.



2. ábra



3. ábra

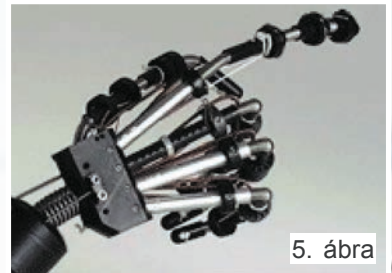


4. ábra

Alakmemória-hatás

Már ismeritek az anyagok legegyszerűbb átalakulásait: szilárd test – folyadék; folyadék – gáz. Megismertétek az anyag negyedik halmazállapotát is, a plazmát. Viszont ez nem az összes lehetséges átalakulás. A XX. században a fizikusok egy érdekes jelenséget fedeztek fel, amely a későbbiekben széles körben elterjedt. Az úgynevezett alakmemória-hatásról van szó. Mi ennek a lényege?

Megvizsgálunk egy egyszerű példát. Egyes ötvözetek rendelkeznek úgynevezett alakmemóriával. Ezek legismertebbje a nitinol – nikkel és titán ötvöze. Vesszünk egy hosszú, nitinolból készült rudat, felfelemelegítjük és meleg állapotában karikává formázzuk. Ezután lehűtjük szobahőmérsékletre és újraformázzuk – bármilyen más formájúra átalakíthatjuk. Ha újra felfelemelegítjük a rudat, akkor, mint egy élő szervezetnek, „eszébe jut” az előző alakja, és újra karikává alakul át. A rúd hosszú ideig „emlékszik” a kezdeti formájára, és megfelelő feltételek mellett sokszor alakulhat át olyanná. Ezt a jelenséget nevezik alakmemóriahatásnak, amit elterjedten alkalmaznak a technikában. Például az 5. ábrán egy robot végtagja látható. Az „ujjak” alakmemória-hatással rendelkező anyagból készültek, amelyet felforrósított állapotban hajtottak meg. Az „ujjizületek” fűtőszálak, és ha áramot engednek rajtuk keresztül, az „izületek” felfelemelegsznek, és a „kéz” ökölbe szorul.



5. ábra

Projektek ajánlott témái

1. A hőenergetika és hőfelhasználás ökológiai problémái.
2. Energiatakarékossági technológiák.
3. A víz csodálatos tulajdonságai.
4. Folyékony kristályok és felhasználásuk.
5. Polimerek.
6. Hűtőberendezések.
7. Légkondicionáló berendezések, hőszivattyúk.

Referátumok és beszámolók témái

1. A növények alkalmazkodása a magas hőmérséklethez.
2. Párolgás és kondenzáció (lecsapódás) a természetben.
3. A párolgás és lecsapódás felhasználása a technikában.
4. Konvekció a természetben.
5. Hogyan, mikor és miért mennek végbe az olyan természeti jelenségek, mint az eső, köd, hó, harmat, jégeső?
6. Miért „könnyeznek” az ablakok?
7. A hőtakarékoság módjai a helyiségekben.
8. „Gasztronómiai csodák” és a fizika törvényei.
9. Amorf anyagok.
10. Folyékony kristályok, tulajdonságaik és felhasználásuk.
11. A nanoanyagok létrejöttének története.
12. Nanotechnológiák a gyógyászatban és kozmetikában: érvek és ellenérvek.
13. Ukrán tudósok szerepe a nanotechnológia fejlesztésében.
14. James Prescott Joule – neves angol fizikus.
15. A hőerőgépek hatása a környezetre.
16. A globális felmelegedés hatása az emberiségre.
17. Alternatív energiaforrások.
18. Napenergiával működő háztartási berendezések.

Kísérleti feladatok témái

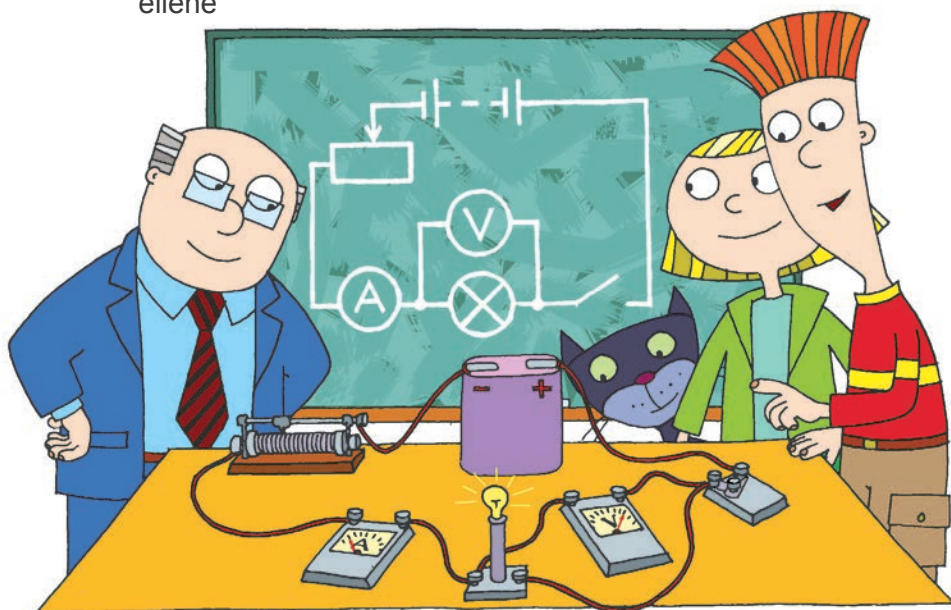
1. Különböző anyagok hővezetésének tanulmányozása.
2. Kristályok növesztése különböző sókból.
3. A víz forrásának tanulmányozása és a forráspont légnyomástól és szennyeződésektől való függőségének megfigyelése.
4. Elektromos áram nélküli „hűtőszekrények” létrehozása.
5. Gyertya energiáját felhasználó gép építése.

Mielőtt elkezdenétek dolgozni a projekt megvalósításán, a referátumon, a kísérleti feladatok megoldásán, figyelmesen tanulmányozzátok a tankönyv 227–228. oldalain található ajánlásokat!

II. FEJEZET

ELEKTROMOS JELENSÉGEK. ELEKTROMOS ÁRAM

- Már láttátok, hogy az elektromossággal feltöltődött hajszálok hozzátapadnak a fésűhöz, most tisztázzuk, miért és mikor történik ez
- Sokszor használtatok elektromos készülékeket, most megtudhatjátok, mit nevezünk elektromos áramkörnek, és megtanuljátok összeállítani azt
- Tudtok az elektromos áram létezéséről, most pedig megtudhatjátok, milyen körülmények között létezhet
- Minden nap használjátok az áramot, most megtanuljátok meghatározni a mennyiségét és az értékét
- Gyakran megfigyelhettétek a villámlást, most pedig meg fogjátok tudni magyarázni, hogyan alakul ki, és hogyan védekezhetünk ellene



1. RÉSZ. ELEKTROMOS TÖLTÉS. ELEKTROMOS TÉR. ELEKTROMOS ÁRAM

19. §. ELEKTROMOS TÖLTÉS ÉS ELEKTROMÁGNESES KÖLCSÖNHATÁS

A bányamérnökök és a katonák a robbanószert nevezik töltésnek; néha a *töltés* szót a szervezet energiatartalékeként említjük. Mi is az elektromos töltés?

1 Megismerkedünk az elektromágneses kölcsönhatással

Az atomnak – az anyagok elemi összetevőjének – a felépítését már tanul-tatok természetrajzból, fizikából és kémiából. Felidézzük azt: tetszőleges anyag atomja magból és a körülötte keringő elektronokból áll.

Érthető, hogy a mag és az elektronok kölcsönös vonzása nélkül az atom széthullana. Kijelenthetnénk, hogy az ilyen vonzás a gravitációs kölcsönhatás miatt áll fenn. Viszont nem így van: az elektronok és az atommag túl kicsi, a közöttük ható gravitációs erő nagyon gyenge, nem elegendő arra, hogy az elektronokat az atommag körül tartsa. Bebizonyítjuk, hogy az atom nem hullik szét egyéb típusú kölcsönhatás eredményeként sem, amelyet **elektromágneses kölcsönhatásnak** nevezünk.

Az atommagot és az elektronokat, melyekből az atom áll, viszonylag nem-rég, közel 150 éve fedezték fel. Vajon a tudósok addig nem ismerték az elektromágneses kölcsönhatást? Természetesen ismerték.

Több mint huszonöt évszázaddal ezelőtt *Thalész* (i. e. 625 – i. e. 547) ógörög filozófus, matematikus, természettudós Milétosz városából gyapjával dörzsölt meg egy borostyándarabot és megfigyelte, ahogyan ezután a borostyán vonzani kezdte magához a madártollat, pihét, szalmaszálat, száraz levelet. A borostyán görög neve – *elektron*. A testeknek a borostyánkőhöz való vonzódását *elektromos erőnek* nevezték el. Azt a jelenséget, melynek során a testek vonzásában megnyilvánuló képességre tesznek szert, *elektromozásnak*, magát a testet pedig *elektromozottnak* (elektromosan töltöttnek) nevezzük.

A mindennapi életből jól tudjuk, hogy száraz haj fésülése után a műanyag fésű vonzza magához a hajszálakat, papírdarabkát, pamutot. Hasonló tulajdonsága lesz az ebonitrúdnak is, ha gyapjával, vagy a plexirúdnak, ha selyemmel vagy papírral dörzsöljük (19.1. ábra).

2 Megismerkedünk az elektromos töltéssel

Kísérletek bizonyítják, hogy az elektromozott testek nem csak könnyű pamutdarabokat, szalmaszálat, papírdarabkákat, hanem fémtárgyakat és a vékony vízsugarat is vonzzák. Az elektromágneses kölcsönhatás intenzitása eltérő lehet. Például a 19.2. *a* ábrán látható kísérletben a vízsugár nagyobb mértékben tér el, mint a 19.2. *b* ábrán láthatóban.

? Végezzetek hasonló kísérleteket! Rúd helyett használjatok műanyag fésűt, amelyet fésülködés közben töltöttetek fel elektromossággal!

Hogy lehetőség legyen az elektromágneses kölcsönhatás erősségének mennyiségi meghatározására bevezettek egy új fizikai mennyiséget, az *elektromos töltést* fogalmat.

Az **elektromos töltés** a részecskék és testek elektromágneses kölcsönhatásának mértékét jellemző fizikai mennyiség.

Az elektromos töltést q betűvel jelölik. Az *elektromos töltés mértékegysége a SI rendszerben a coulomb* (*Charles Augustin de Coulomb* francia fizikus tiszteletére):

$$[q] = 1 \text{ C.}$$

Ez az egység a SI rendszer alapegységeinek deriváltja (a coulomb meghatározásával a 27. §-ban találkozhattok).

Az *elektromozott* testről azt mondják, hogy *elektromos töltést kapott* – a test fel van töltve.

Az **elektromozódás** a makroszkopikus testek elektromos töltéssel való ellátása.

3 Megtanuljuk az elektromos töltés főbb tulajdonságait

1. *Két töltésfajta* létezik – **pozitív** és **negatív**. Az ebonitrúd vagy borostyán gyapjával történő megdörzsölése eredményeként negatív, míg az üvegrúd selyemmel vagy papírral történő dörzsölésekor pozitív elektromos töltést kapunk.



19.1. ábra. Plexirúd feltöltéséhez elegendő papírral megdörzsölni azt (a). Nem sokáig tartó dörzsölés után a rúd apró testeket kezd vonzani magához (b)



19.2. ábra. Az elektromozott rúd és a vízsugár közötti elektromágneses kölcsönhatás intenzitása változó lehet

2. Az egynemű töltéssel rendelkező testek taszítják, míg a különmemű töltéssel rendelkezők vonzzák egymást (19.3. ábra).

3. Az elektromos töltés hordozói (töltéshordozók) a részecskék – az *elektromos töltés nem létezik külön a részecskéktől*. Elektromozódás közben a test elektromos töltéssel rendelkező részecskéket vesz fel vagy ad le*. A negatív töltésű részecskék egyike az *elektron*, a pozitív töltésűeké – a *proton* (a protonok az atommagban találhatók).

Elektromozódás közben a test rendszerint felvesz vagy lead bizonyos mennyiségű elektront.

4. Az elektromos töltés diszkrét jellegű, vagyis a fizikai testek elektromos töltései valamely legkisebb (elemi) töltés többszöröse:

$$q = Ne,$$

ahol q – a fizikai test töltése; N – egész szám; e – elemi töltés.

A negatív elemi töltés hordozója az elektron. Ezt a töltést e betűvel jelölik, értékét pedig a következőképpen írják fel: $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

A pozitív elemi töltés hordozója a proton. A proton töltése megegyezik az elektron töltésének modulusával: $q_p = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.



Hogy gondoljátok, lehet-e a fizikai test töltése $0,5e$? $-17,7e$? $198e$?

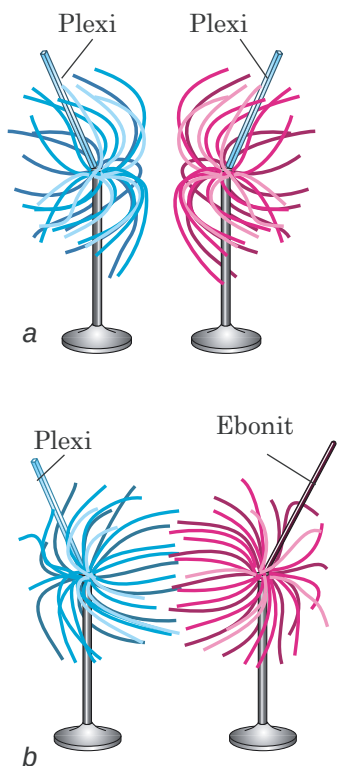
5. Mind a mikrorészecskék, mint a makroszkopikus testek *rendelkezhetnek töltéssel* (pozitív vagy negatív), vagy *lehetnek semlegesek*. Például töltéssel nem rendelkező részecske a *neutron* (töltésük értéke 0; a protonokkal együtt alkotják az atommagot). Az atomot a töltéssel rendelkező protonok és elektronok alkotják, viszont maga az atom semleges, mivel a benne lévő protonok és elektronok száma megegyezik.

Összefoglaló



Az elektromos töltés a részecskék és testek elektromágneses kölcsönhatásának mértékét jellemző fizikai mennyiség. Az elektromos töltést q betűvel jelölik és coulombban mérik (C).

* A továbbiakban az elektromos töltéssel rendelkező részecskéket *töltött részecskékek* nevezzük.



19.3. ábra. Az egynemű töltéssel rendelkező papírcsíkok taszítják egymást (a); a különmemű töltésekkel rendelkezők – vonzzák (b)

Elektromos töltés felvételét makroszkopikus testek által, elektromozódásnak nevezzük. Elektromozódás közben a test rendszerint felvesz vagy lead bizonyos mennyiségű elektront.

Két töltésfajtát különböztetünk meg – pozitívat és negatívát. Az egynemű töltések taszítják, a különeműek vonzzák egymást.

Az elektromos töltés diszkrét jellegű: létezik olyan legkisebb (elemi) elektromos töltés, melynek a testek és részecskék töltései a többszörösei. Az elektromos töltés nem létezik külön a részecskéktől; a negatív töltés hordozója az elektron, a pozitív – a proton.

Ellenőrző kérdések



1. Mit nevezünk elektromos töltésnek? **2.** Nevezzétek meg az elektromos töltés mértékegységét! **3.** A töltések milyen fajtái léteznek? **4.** Milyen fajta töltéssel rendelkezik a gyapjúval megdörzsölt ebonitrúd? A selyemmel megdörzsölt üvegrúd? **5.** Hogyan viszonyulnak egymáshoz az egynemű töltéssel rendelkező testek? A különemű töltéssel rendelkezők? **6.** Milyen részecskékből áll az atom? **7.** Milyen részecskék alkotják az atommagot? **8.** Melyik részecske rendelkezik a legkisebb negatív töltéssel? A legkisebb pozitív töltéssel? **9.** Szerintetek mit jelent az az állítás, hogy az elektromos töltés diszkrét jellegű?

19. gyakorlat



1. Az ábrán egy pozitív töltésű testet és két cérnára felfüggesztett, ismeretlen töltéssel rendelkező 1 és 2 golyót láttok. Határozzátok meg az 1 és 2 golyó töltését!

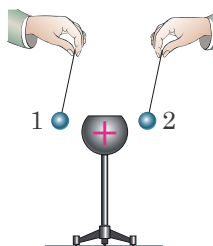
2. Vékony selyemcérnára töltéssel rendelkező papírgolyót függesztettek. Hogyan állapítható meg ebonitrúd és gyapjú segítségével a golyó elektromos töltésének előjele?

3. Az atom, amelynek magja 12 protonnal rendelkezik, elveszített két elektront. Hány elektron maradt az atomban?

4. Hány többletelektront kell átadni a testnek, hogy -1 C töltéssel rendelkezzen?

5. Kiegészítő forrásanyag felhasználásával vagy személyes tapasztalatotok által hozzatok fel néhány érdekes példát töltéssel rendelkező testek kölcsönhatására!

6. Határozzátok meg, mekkora erővel vonzódik a Földhöz az 5 g tömegű test? Hogyan nevezzük ezt az erőt? Készítsetek rajzot, és tüntessétek fel rajta az erők irányát, valamint támadáspontját!



Kísérleti feladat



Készítsetek tervet töltéssel rendelkező testek kölcsönhatásának tanulmányozására! Vizsgálandó objektumokként vegyetek $4 \times 15\text{ cm}$ méretű papír- és $2 \times 3\text{ cm}$ méretű polietilén szalagokat, valamint cérnára függesztett műanyag tollat! Végezzétek el a kísérletet!



Videokísérlet. Tekintsétek meg a videofilmet, és magyarázzátok meg a látottakat!

Fizika és technika Ukrajnában



A **V. N. Karazin Harkovi Nemzeti Egyetem** 1804-ben alapították, Kelet-Európa egyik legrégebbi egyeteme. Történelme szerves alkotórésze Ukrajna intellektuális, kulturális és szellemi örökségének. A harkovi egyetemet olyan világszerte ismert tudósok nevei fémjelzik, mint *P. Gulak-Artemovszkij*, *O. Ljapunov*, *M. Kosztomarov*, *M. Barabasov*, *M. Beketov*, *D. Bagalij*, *A. Krasznov*, *M. Osztrogradszkij*, *V. Sztyeklov*, *O. Potebnya*, *O. Pogorelov* és sokan mások.

A harkovi Ukrajna egyetlen egyeteme, ahol három Nobel-díjas tudós tanult vagy alkotott: *I. Mecsnikov* biológus, *L. Landau* fizikus és *Simon Kuznyec* közgazdász.

1998 óta az egyetem rektori posztját *Vil Szavbanovics Bakirov* akadémikus tölti be.

i

20. §. ELEKTROMOS TÉR

Emlékezzetek vissza, amikor a száraz hajatok fésülésekor a hajszálak a műanyag fésűhöz tapadnak. A hajszálak és a fésű is elektromozódik: elektromos töltést vesz fel. Vajon miért követik a hajszálak még távolról is a fésű mozgását (ahogy a filmekben látott indiai fakír dudáját a kobra követi)? Erről tanulhattok a következő paragrafusban.

1

Megfigyeljük az elektromosan töltött testek kölcsönhatását

A 19. §-ból megtudhattátok, hogy az elektromosan töltött rúd vonzza a töltéssel nem rendelkező papírdarabot. Ha végeztetek hasonló kísérletet, akkor felfigyeltetek arra, hogy a papírdarab már a rúd közeledése előtt „megérezte” annak jelenlétét, még mielőtt hozzáértették volna. Tehát a feltöltött rúd már távolról is hat a többi tárgyra!

Elvégezzünk még egy kísérletet. Szükségünk lesz egy selyemcérnára felfüggesztett és grafitlappal bevont kis léggömbre*, valamint ebonitrúdra, gyapjúdarabkára, papírlapra és plexilemezre.

A gyapjú segítségével elektromozzuk az ebonitrudat, majd a léggömbhöz érintjük – a gömb negatív töltést kap. A plexilapot papírral megdörzsölve pozitív töltést hozunk létre. Ezután lassan a léggömb felé közelítjük a plexilapot. A lap

* Nagyon puha egyszerű grafitceruzával satírozzatok be egy papírdarabot, és ezzel dörzsöljétek be a léggömböt.

közeledésével a gömböt tartó cérna kitér függőleges helyzetéből. Ha megszakítjuk a közelítést, a gömb akkor is megtartja természetellenes helyzetét (20.1. *a* ábra). Ráadásul a lapot a golyó fölé emelve még jobban kimozdítjuk azt természetes helyzetéből (20.1. *b* ábra). Mi történik? Miért viselkedik így a léggömb? A válasz egyértelmű – a nehézségi erőn és a cérna rugalmassági erején kívül az elektromozódott lemez részéről egy harmadik erő hat (az ábrán $\vec{F}_{el}$).

2 Bevezetjük az elektromos tér fogalmát

A fent leírt kísérletből megállapíthatjuk, hogy az *elektromozott lemez változást okoz az őt körülvevő térben*. Más szavakkal: a töltéssel rendelkező léggömbre valamilyen erő hat. Ebben az esetben azt mondjuk, hogy a *környezetben elektromos tér jött létre*.

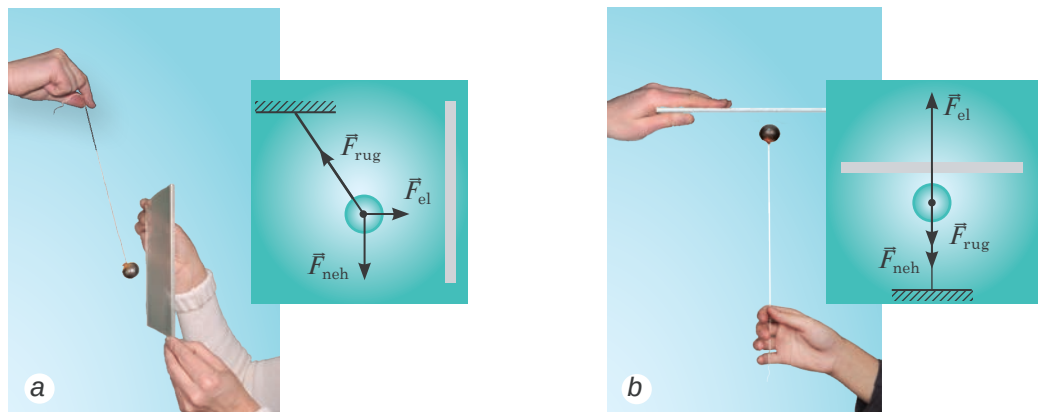
Az **elektromos tér** az anyag egy különleges fajtája, amely a töltéssel rendelkező testek vagy részecskék körül létezik, és bizonyos erővel hat más, elektromos töltéssel rendelkező részecskékre vagy testekre.

Az elektromosan töltött lemez és a töltéssel rendelkező léggömb között az elektromos tér segítségével elektromos kölcsönhatás jött létre. Amikor a töltéssel rendelkező gömb az elektromosan töltött lemez elektromos terébe kerül, a tér bizonyos erővel kezd hatni a léggömbre, amely ennek eredményeként kitér eredeti helyzetéből.

Azt az erőt, amivel az elektromos tér hat a feltöltött részecskékre vagy testekre, $\vec{F}_{el}$ *elektromos erőnek* nevezzük.

Tisztában kell lennünk azzal, hogy nemcsak a feltöltött lemez hat saját elektromos terével a gömbre, hanem a gömb is hat a lemezre.

❓ Magyarazzátok meg, hogy eközben miért nem mozdul el a lemez!



20.1. ábra. A negatív töltésű léggömb vonzódik a pozitív töltésű plexilaphoz. A léggömb nyugalomban van, ha az $\vec{F}_{neh}$ nehézségi erő és a cérna $\vec{F}_{rug}$ rugalmassági ereje kiegyenlítődik a léggömbre a feltöltött plexilemez részéről ható $\vec{F}_{el}$ erővel

3 Jellemezzük az elektromos teret

Az ember érzékszervei nem érzékelik a feltöltött test elektromos terét – nem láthatjuk, nem hallhatjuk, nem érinthetjük meg. Akkor hogyan ismerhetjük meg a tulajdonságait? Reméljük, már rájöttetek: az elektromos mezőt a töltött testekre vagy részecskékre való hatása alapján tanulmányozhatjuk.

Ez a hatás tanúskodik arról, hogy az *elektromos tér materiális*, mivel hat az anyagi objektumokra (töltéssel rendelkező golyó, papírdarab, vízsugár), valamint az embertől függetlenül hat.

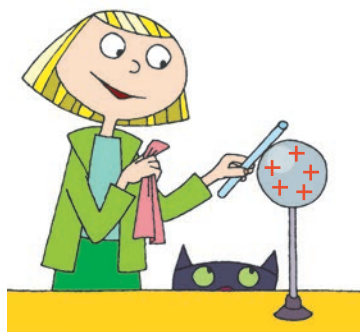
Elvégezzünk egy kísérletet, amelyhez szükségünk lesz egy műanyag talpon álló fémgömbre. Papírlap segítségével elektromozunk egy üvegpálcát és a gömbhöz érintjük. A gömb ezáltal pozitív töltésre tesz szert (20.2. ábra). Az őt körülvevő tér megváltozik – elektromos tér jön létre. Ezt a teret grafittal bevont és pozitív töltéssel rendelkező kis léggömb segítségével fogjuk megvizsgálni (20.3. ábra).

A kísérlet a következőkről tanúskodik: először – az *elektromos tér a töltést* (elektromozott gömb) *körülvevő tér bármely pontjában létezik*; másodszor – *eltávolodva a töltéstől az elektromos tér gyengül*. Ezenkívül állíthatjuk, hogy az *elektromos tér energiával rendelkezik*, hiszen annak hatására mozdul ki nyugalmi állapotából a léggömb.

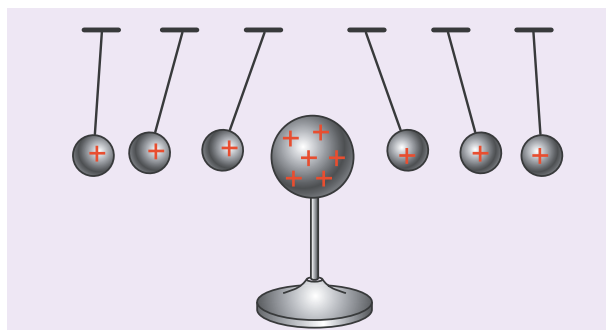
Az elektromos térnek csupán néhány tulajdonságát figyelhetjük meg. A témával részletesebben a felsőbb osztályokban fogtok foglalkozni. Addig is lezögezhetjük, hogy az *elektromos tér bárhol létezhet*, még vákuumban is.

4 Grafikusan ábrázoljuk az elektromos teret

Ha el akarjátok mesélni, milyen szép helyeken jártatok, vagy milyen új barátot szereztetek, elsősorban hogyan tennétek ezt? Bizonyára azt mondanátok: „Mutatok fényképeket.”



20.2. ábra. Pozitívan feltöltött rúddal való érintkezéskor a gömb pozitív töltést vesz fel



20.3. ábra. A töltéssel rendelkező test elektromos terének tanulmányozása: a fémgömb elektromos tere az őt körülvevő tér minden pontjában hat az elektromozott léggömbre; a fémgömbtől távolodva a léggömbökre ható erő csökken

Sajnos az elektromos teret lehetetlen lefényképezni. *Michael Faraday* angol fizikus az elektromos teret *erővonalak segítségével tette láthatóvá*.

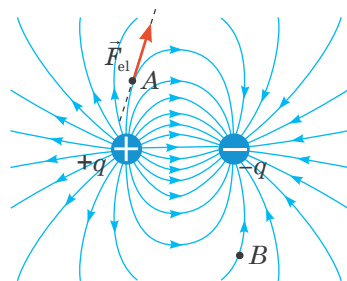
Az **elektromos tér erővonalai** vagy az **elektromos tér vonalai** feltételezett vonalak, amelyeknek az érintői mentén hat az elektromos tér a töltéssel rendelkező testre.

Az erővonalak irányának segítségével meghatározható a testre ható elektromos erő iránya. Az erővonalak sűrűsége az elektromos tér erősségétől függ: minél erősebb az elektromos tér, annál sűrűbben helyezkednek el ezek a vonalak.

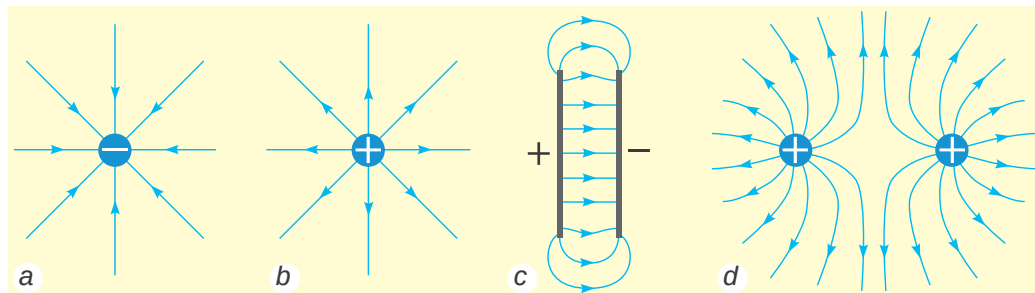
Megvizsgáljuk a 20.4 ábrát, amelyen két különmemű töltés által létrehozott elektromos mező látható. Meghatározzuk, merre irányul az A pontban található pozitív töltésre ható $\vec{F}_{el}$ erő. Ennek érdekében ebben a pontban megszerkesztjük az erővonalak érintőjét. Az $\vec{F}_{el}$ erő az érintő mentén fog hatni az erővonalak irányában. Ha az A pontba negatív töltést helyezünk, az erő ellentétes irányú lesz az $\vec{F}_{el}$ erőhöz viszonyítva.

❓ Próbáljátok meghatározni, merre irányul a B pontba helyezett negatív töltésre ható erő (lásd a 20.4. ábrát), valamint tisztázni, melyik pontban (A vagy B) lesz erősebb az elektromos tér!

Általános esetben az elektromos tér vonalai görbék, de lehetnek egyenesek is. Például, az egyenletes töltéssel rendelkező és a többi töltéstől távol lévő gömb elektromos terének vonalai egyenesek (20.5. a, b ábra). Két azonos nagyságú, de ellentétes előjelű töltéssel rendelkező lemez közötti elektromos tér vonalai szintén egyenesek (20.5. c ábra).



20.4. ábra. Az elektromos tér két különmemű, egyforma modulusú töltés ($+q$ és $-q$) rendszere által képezett vonalainak képe. $\vec{F}_{el}$ – az A pontban található pozitív töltésre ható erő



20.5. ábra. Erővonalak képei, melyeket: a – negatív töltéssel rendelkező gömb; b – pozitív töltésű gömb; c – két azonos nagyságú, de ellentétes előjelű töltéssel rendelkező lemez; d – két, azonos pozitív töltéssel rendelkező gömb által alkotott rendszer hozott létre

Jegyezzétek meg: az elektromos tér erővonalai a pozitív töltésről indulnak ki és a negatívon fejeződnek be (lásd például a 20.4., 20.5 ábrákat)!

5 Megismerkedünk az elektromos tér emberi szervezetre gyakorolt hatásával

Kísérletileg bebizonyították, hogy a Föld felszíne negatív, míg az atmoszféra pozitív töltésekkel rendelkezik, tehát Földünk atmoszférájában elektromos tér van. A civilizáció fejlődésével a természetes tér az ember által használt elektrotechnikai berendezések által létrehozott elektromos terekkel bővült.

Ma már ismeretes, hogy az emberi szervezet sejtjei és szövetei maguk körül szintén elektromos teret hoznak létre. Rögzítésüket és mérésüket széleskörűen alkalmazzák a különböző betegségek diagnosztizálásában (elektroencefalográfia, elektrokardiográfia, elektroretinográfia).

Valóságos pókhálóban élünk, amelyet nagyszámú elektromos tér hoz létre. Hosszú ideig úgy tartották, hogy ennek nincs hatása a szervezetre. Azonban kiderítették, hogy a szervezet sejtjeire és szöveteire az elektromos tér különösen hosszú ideig tartó hatása negatív következményekkel járhat.

Például a számítógép működése közben a képernyőn elektromos töltés halmozódik fel, ami elektromos teret hoz létre. A billentyűzet és az egér a súrlódás hatására szintén elektromozódik. Ezeknek a tereknek a hatása esetén megváltozik a felhasználó hormonállapota és agyának bioárama, ami emlékezetromláshoz, fáradékonyasághoz vezethet.

 Miért jobb az ember egészsége szempontjából természetes anyagokból, például gyapjúból készült ruhát viselni, mint műszálást?

Mi a teendő? Hiszen nehéz teljesen lemondani a számítógéppel végzett munkáról, a tévénézésről, bármilyen háztartási gép használatáról, ami szintén elektromos tér forrása. Úgyszintén nehéz lemondani a műszálas ruhákról. A probléma megoldható az elektromos tér csökkentésével, például a levegő páratartalmának növelésével vagy antisztatikus anyagok használatával. Hatékonyabb, de egyben drágább megoldás a levegő mesterséges ionizálása, könnyű negatív ionokkal való telítése. Ebből a célból *aeroionizátorokat* – negatív ionokat generáló berendezéseket alkalmaznak.



Összefoglaló

Ha a térben az elektromos töltésekre erő hat, akkor azt mondják, hogy a térben elektromos tér létezik.

Az elektromos tér az anyag különleges fajtája, amely a töltéssel rendelkező testek vagy részecskék körül létezik, és bizonyos erővel hat más, elektromos töltéssel rendelkező részecskékre vagy testekre.

Az elektromos teret grafikusan az elektromos tér erővonalai segítségével ábrázolják. Ezek olyan feltételezett vonalak, amelyek érintői mentén hat az elektromos tér a töltéssel rendelkező testre. Az erővonalak iránya alapján meghatározható a töltéssel rendelkező testre ható elektromos erő iránya.

A külső elektromos terek hatásától függ az ember általános közérzete, létfontosságú szerveinek működése.

Ellenőrző kérdések

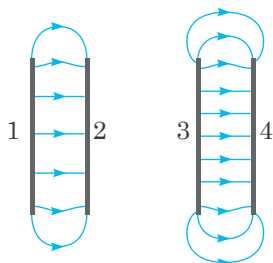


1. Hogyan bizonyítható kísérletileg, hogy az elektromos töltéssel rendelkező testek a távolban is kölcsönhatnak? **2.** Mi az elektromos tér? **3.** Hogyan győződhetünk meg róla, hogy a tér adott pontjában elektromos tér létezik? **4.** Nevezzétek meg az elektromos tér fő tulajdonságait! **5.** Mit nevezünk az elektromos tér erővonalainak? **6.** Milyen irányt választottak az elektromos tér erővonalainak irányaként? **7.** Milyen formájuk van a pozitív töltéssel rendelkező gömb alkotta elektromos tér erővonalainak? A negatív töltéssel rendelkező gömb alkotta térnek? **8.** Milyen hatást fejtenek ki az emberi szervezetre a különböző elektrotechnikai eszközök által keltett elektromos terek?

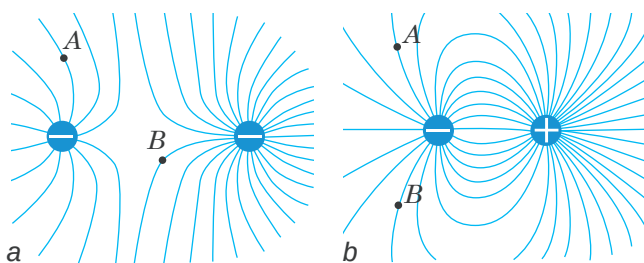


20. gyakorlat

- Az 1. ábrán töltéssel rendelkező két pár lemez elektromos terének erővonalai láthatók. Melyik lemezek között intenzívebb az elektromos tér? Határozzátok meg mindegyik lemez töltését!
- A 2. ábrán két eltérő modulusú töltés által létrehozott elektromos tér erővonalai láthatók. Mindegyik esetre határozzátok meg: 1) az erővonalak irányát; 2) melyik töltés abszolút értéke nagyobb; 3) az A pontban lévő negatív töltésre ható erő irányát!



1. ábra



2. ábra

- Töltéssel rendelkező két lemez között egy negatív töltésű, 3,2 mg tömegű olajcsepp lebeg (3. ábra). Határozzátok meg a lemezek elektromos teréből az olajcseppre ható erő irányát és értékét, valamint mindkét lemez töltését!
- Határozzátok meg a cérna rugalmassági erejét (lásd a 20.1. b ábrát), ha a gömbre ható elektromos erő értéke 56 mH, a gömb térfogata 4 cm^3 , az átlagsűrűség $0,6 \text{ g/cm}^3$!



3. ábra

5. A ma használatos aeroionizátorok első modellje a Csizsevszkij-csilár. A készülék negatív ionokat – „elektromos vitaminokat” – generál, ahogyan a feltaláló, *Olekszandr Leonyidovics Csizsevszkij* nevezte el. Kiegészítő forrásanyag felhasználásával igyekezzetek minél többet megtudni a készülékről és annak feltalálójáról!



6. Rendelkezhetsz-e egy részecske $8 \cdot 10^{-19}$ C; $-2,4 \cdot 10^{-19}$ C; $2,4 \cdot 10^{-18}$ C értékű elektromos töltéssel? A választ magyarázzátok meg!



Kísérleti feladatok

1. Ajánljatok néhány, az elektromos tér kimutatására szolgáló indikátort, és próbáljátok ki őket!
2. „Repülő vatta”. Készítsetek egy 1 cm átmérőjű laza vattacsomót, majd helyezzétek elektromozott műanyag vonalzóra! A vonalzó hirtelen megrázva érzétek el, hogy a csomó „ússzon” fölötte a levegőben! Magyarázzátok meg a megfigyelt jelenséget! Készítsetek rajzot, és tüntessétek fel rajta a vattacsomóra ható erőket!

i

21. §. AZ ELEKTROMOZÁS MECHANIZMUSA. ELEKTROSKÓP



21.1. ábra. William Gilbert (1544–1603) – angol fizikus és orvos, az elektromosságról szóló tudomány megalapítója

Úgy tartják, hogy az elektromágneses jelenségek rendszeres vizsgálatát *William Gilbert* (21.1. ábra) angol tudós kezdte el. Azonban a testek elektromozását több mint három évszázaddal később tudták megmagyarázni. Az elektron felfedezése után a fizikusok kiderítették, hogy az elektronok egy része könnyen elszakadhat vagy kötődhet az atomhoz, átalakítva a semleges atomot töltéssel rendelkező részecskévé – ionná. Ebből a paragrafusból megtudhatjátok, hogyan történik a makroszkopikus testek elektromozása.

1

Megvizsgáljuk a dörzsölés általi elektromozást

Az atomszerkezeti ismereteinket felhasználva megvizsgáljuk a dörzsölés általi elektromozást. Vesszünk egy ebonitrudat és megdörzsöljük gyapjúval. Ebben az esetben, amint azt már tudjátok, a rúd negatív töltést kap. Tisztázzuk, mi okozta ennek a töltésnek a létrejöttét.

A dörzsölés megkezdése előtt a rúd és a gyapjú is elektromosan semleges volt. Két különböző anyagból készült test szoros érintkezésekor az elektronok egy része átmegy az egyik testről a másikra. (Az elektronok elmozdulásának mértéke nem haladja meg az atomok közötti távolságot.) Ha az érintkezés után a testeket elválasztják egymástól, azok töltéssel fognak rendelkezni: az

elektronjai egy részét leadó test pozitív töltésű, az elektronokat felvevő test pedig negatív töltésű lesz. A gyapjú kevésbé erősen tartja az elektronjait, mint az ebonit, ezért érintkezéskor az elektronok főként a gyapjúról mennek át az ebonitra és nem fordítva. Ennek eredményeként szétválasztásuk után a rúd negatív, míg a gyapjú pozitív töltésű lesz. Hasonló eredményt érhetünk el, ha a száraz haját műanyag fésűvel fésüljük (21.2. ábra).

Megjegyezzük, hogy az általánosan elfogadott „dörzsölés általi elektromozás” nem teljesen pontos. Pontosabb lenne az „érintés általi elektromozásról” beszélni, mivel csak azért dörzsöljük össze a testeket, hogy megnöveljük azok érintkezési felületének nagyságát.

2 Megfogalmazzuk az elektromos töltés megmaradásának törvényét

Ha a paragrafus 1. pontjában leírt kísérletben a rúd és a gyapjú a dörzsölés megkezdése előtt nem volt feltöltve, akkor az érintkezésük után a töltésük abszolút értéke egyenlő, előjelük pedig ellentétes. Tehát az össztöltésük, ahogyan a kísérlet előtt is, nullával egyenlő.

Számos kísérlet elvégzése alapján a fizikusok megállapították, hogy *elektromozás közben a létező töltések újraelosztása történik, nem pedig újak kialakulása*. Tehát teljesül az **elektromos töltések megmaradásának törvénye**.

Az elektromosan zárt rendszert alkotó testek össztöltése változatlan marad az ebben a rendszerben történő minden kölcsönhatás során:

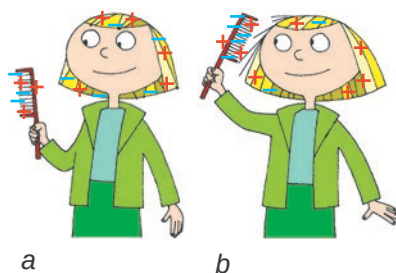
$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const},$$

ahol $q_1, q_2, \dots, q_n$ – az elektromosan zárt rendszert alkotó testek töltése (n – a testek száma).

Elektromosan zárt rendszeren olyan testrendszer értünk, amelybe nem kerülnek be töltéssel rendelkező részecskék kívülről, és amely nem veszíti el „saját” részecskéit.

3 Leföldeljük a műszereket és berendezéseket. Megkülönböztetjük a vezetőket és szigetelőket

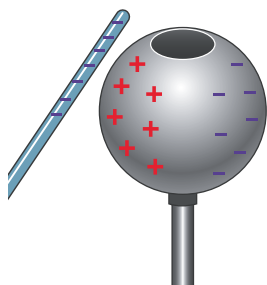
Ha dörzsöléssel próbáljuk elektromozni a kezünkben tartott fémpálcát, akkor kiderül, hogy ez lehetetlen. Arról van szó, hogy a fémek végtelenül sok *szabad elektront* tartalmaznak, amelyek szabadon mozognak a fémtest teljes térfogatában. Az ilyen anyagokat *vezetőknek* nevezzük. A kézben tartott fémpálca feltöltésére tett kísérlet ahhoz vezet, hogy a fölösleges elektronok gyorsan „elszöknek”,



21.2. ábra. Fésülködés előtt a pozitív töltések száma a fésűn és a hajszálakon megegyezik a negatív töltések számával (a). Fésülködés közben az elektronok egy része a hajról a fésűre kerül, aminek eredményeként a fésű negatívan, míg a haj pozitívan töltődik fel (b)



21.3. ábra. Gömb elektromos megosztása (a); a töltés kimutatására a pozitív töltéssel rendelkező gömböcske szolgál, amely elhajlik a gömbtől, tehát a fémgömb (a rúdtól eltérően) pozitív töltéssel rendelkezik (b)



21.4. ábra. A negatív töltésű rúd elektromos terének hatására a gömb hozzá közelebb eső része pozitív töltésű lesz

a pálca pedig töltetlen marad. A „szökési útvonal” maga a kísérletező személy, mivel az ember teste szintén vezető*. Általában az elektronok „végállomása” a Föld, amely szintén vezető. Mérete óriási, ezért ha bármely töltéssel rendelkező testet vezető segítségével összekötünk a földdel, egy idő után gyakorlatilag elektromosan semlegessé (töltetlenné) válik. A pozitív töltésű testek bizonyos mennyiségű elektront kapnak a földtől, a negatív töltéssel rendelkező testekről pedig az elektronfelesleg a földre távozik.

Azt a műszaki eljárást, amely lehetővé teszi bármely töltéssel rendelkező test kisülését, **földelésnek** nevezzük.

Egyes esetekben, amikor például töltést kell közölni a vezetővel, vagy meg kell őrizni a rajta lévő töltést, kerülni kell a földelést. Erre a célra *szigetelőkből* (dielektrikumokból) készült testeket alkalmaznak. A szigetelőkben gyakorlatilag nincsenek szabad töltött részecskék. Ha a föld és a töltéssel rendelkező test közé szigetelő formájában akadályt állítunk, akkor a szabad töltéssel rendelkező testek sem elhagyni, sem pedig bejutni nem tudnak a vezetőbe, ezért a vezető töltése megmarad.

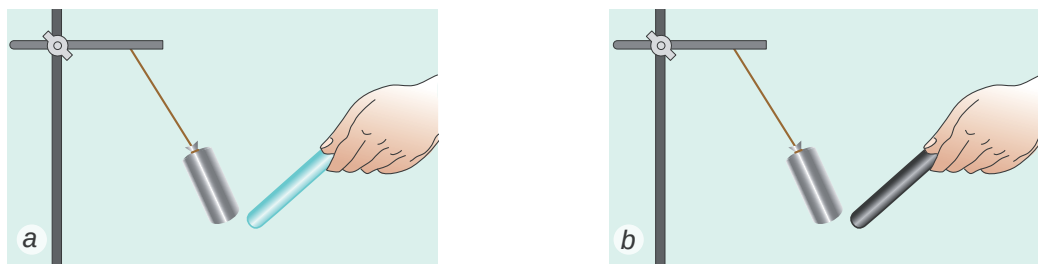
Az üveg, plexi, ebonit, borostyán, gumi és papír – dielektrikumok, ezért az elektrosztatikai kísérletekben könnyen elektromozódhatnak – a töltés nem szökik el belőlük.

4 Megismerjük a megosztással történő elektromozást

Elvégezzünk egy kísérletet. Negatívan töltött ebonitrúdat egy szigetelt állványon lévő töltetlen fémgömbhöz közelítünk. Egy pillanatra kezünkkel megérintjük a gömbnek az ebonitrúdtól távolabbra eső részét (21.3. a ábra), majd eltávolítjuk a töltéssel rendelkező rúdat. A könnyű, pozitívan töltött golyócska elhajlása jelzi, hogy a gömb pozitív töltésre tett szert (21.3. b ábra). *Jegyezzétek meg:* a gömb töltése ellentétes az ebonitrúd töltésével.

Mivel ebben az esetben a töltéssel rendelkező és azzal nem rendelkező testek nem kerültek

* Mivel az emberi test vezet az elektromos áramot, a vele való kísérletezés veszélyes lehet.



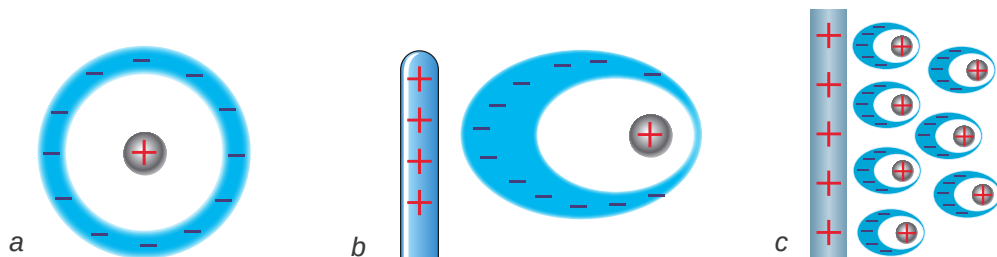
21.5. ábra. A 21. §-ban található kérdéshez

közvetlen érintkezésbe egymással, a leírt folyamatot *elektromos megosztásnak* vagy **elektrosztatikus indukciónak** nevezzük.

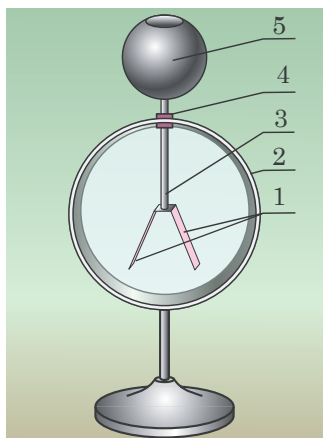
Az elektronozásnak ezt a módját a következőképpen magyarázzuk. A negatívan töltött pálcika elektromos térének hatására az elektronok átcsoportosulnak a fémgömb felületén. Mivel az elektronok töltése negatív, azok eltaszítódnak az azonos töltéssel rendelkező rúdtól. Ennek eredményeként a gömbnek a rúdtól távolabbi felén elektrontöbblet, míg a közelebbin elektronhiány alakul ki (21.4. ábra). Ha kézzel megérintjük a gömböt, a szabad elektronok egy része a testünkre kerül. Így a gömbön elektronhiány keletkezik, vagyis pozitív töltésűvé válik.

? Most, hogy tisztáztuk az elektromos megosztás kialakulását, reméljük, meg tudjátok magyarázni, hogy miért vonzódik a töltéssel nem rendelkező fémtest az elektromosan töltött testhez. Például magyarázzátok meg, hogy a fémfóliából készült hüvely miért vonzódik a pozitív töltésű üvegrúdhoz (21.5. *a* ábra) és a negatív töltésű ebonitrúdhoz (21.5. *b* ábra) egyaránt? Mi történik, ha a hüvely a rúdhoz ér?

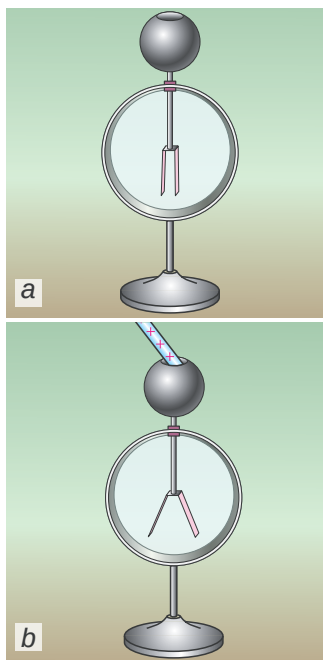
Nehezebb megmagyarázni, hogy miért vonzza az elektromozott rúd a papírdarabkákat, hiszen ismeretes, hogy a papír dielektrum, és ezért gyakorlatilag nincsenek rajta szabad elektronok. Arról van szó, hogy a töltéssel rendelkező rúd elektromos tere hatást gyakorol azoknak az atomoknak a kötött elektronjaira, amelyekből a papír áll. Emiatt megváltozik – nyújtottá válik – elektronfelhőik



21.6. ábra. A külső elektromos tér hatására megváltozik az elektronfelhő alakja. Az elektronfelhő alakja: elektromos tér hatása nélkül (a); elektromos tér hatására (b). A papírnak a pozitív töltésű rúdhoz közelebbi végén negatív töltés keletkezik (c)



21.7. ábra. Az elektroszkóp felépítése: 1 – indikátor (papírcsíkok); 2 – fémrúd; 3 – doboz; 4 – dielektrikum; 5 – fegyverzet



21.8. ábra. Ha az elektroszkóp nincs feltöltve, a papírcsíkok függőlegesen állnak (a); miután a töltéssel rendelkező test hozzáért a fegyverzethez, a csíkok szétágaznak (b)

alakja (21.6. ábra). Ennek eredményeként a papírdarabka rúdhoz közelebb eső részén a rúd töltésével ellentétes töltés alakul ki, ezért a papír vonzódik a rúdhoz. A leírt folyamatot a **dielektrikum polarizációjának** nevezzük.

5 Elektroszkópot készítünk, és megismerkedünk az elektrométerrel

Mindeddig különböző segédeszközökkel tanulmányoztuk az elektromos jelenségeket. Azonban mostanra már elegendő tudással rendelkeztek ahhoz, hogy megértsétek azoknak a műszereknek a működési elvét, amelyek lehetővé teszik a töltéssel rendelkező testek jellemzőinek nem csak minőségi, de mennyiségi tanulmányozását is.

A töltések kimutatására, előjelük meghatározására és értékük megbecsülésére már régóta használják az elektroszkópot (21.7. ábra). Megmagyarázzuk a felépítését.

Minden elektromos jelenség összefügg az elektromos térrel. A 20. §-ban megtudtuk, hogy az elektromos tér kimutatható könnyű, töltéssel rendelkező elhajlásának segítségével. Azonban a golyó nem túl kényelmes indikátor, ezért jobb két vékony papírcsíkot használni (1). Miután a csíkokat azonos töltéssel látjuk el, taszítani kezdik egymást és szabad végeik ellenkező irányban mozdulnak el egymástól.

Hogy a műszer érzékenyebb legyen, indikátorként a legvékonyabb papírt célszerű használni, ám akkor a mérések pontosságát a huzat, de akár a megfigyelő légzése is befolyásolhatja. Ennek kiküszöbölésére az indikátort átlátszó falú dobozba (2) helyezik.

Hogy a csíkokhoz eljuttassák a töltést, vezetőket használnak: a fémrúd (3) egyik végéhez erősítik az indikátort, a másik végét pedig kivezetik. Annak kivédésére, hogy az elektromos töltés ne szökjön el, a doboz és a rúd között szigetelőt (4) alkalmaznak.

Végül az elektroszkóp utolsó szerkezeti eleme – a fegyverzet (5) – egy üreges fémgömb, amely a rúd felső végéhez van erősítve.

Ha az elektroszkóp fegyverzetéhez hozzáérünk egy töltéssel rendelkező testtel, akkor ezen test töltésének egy része a papírcsíkokra kerül, és azok szétágaznak (21.8. ábra). *Jegyezzétek meg:* a

papírcsíkok közötti szög az általuk kapott töltés nagyságától függ! Minél nagyobb a kapott töltés, annál nagyobb az általuk bezárt szög.

Az elektromos töltés kimutatására és megmérésére **elektrométert** használhatunk (21.9. ábra). Az elektroszkóptól eltérően, az elektrométer okvetlen rendelkezik fémdobozzal, skálával és könnyű mutatóval (a papírcsíkok helyett), melyek segítségével pontosabban megállapítható az elektrométerre átadott töltés értéke.



21.9. ábra. Elektrométer



Összefoglaló

Ha a töltéssel nem rendelkező (elektromosan semleges) test leadja elektronjai egy részét, akkor pozitív töltésűvé válik, ha pedig elektronokat kap, akkor negatív töltésű lesz.

A testek elektromozása során a bennük lévő töltések átcsoportosítása zajlik, új töltések nem keletkeznek. A zárt rendszert alkotó testekre érvényes a töltésmegmaradás törvénye: a testek zárt rendszerének össztöltése változatlan marad minden, a rendszerben végbemenő kölcsönhatás során.

Elektromos tulajdonságaik szerint az anyagokat vezetőkre és szigetelőkre osztják. Azt a műszaki eljárást, amely lehetővé teszi bármilyen töltéssel rendelkező test kisütését úgy, hogy vezető segítségével összekötjük a földdel, földelésnek nevezzük.

Az elektromos tér vezetőre irányuló hatása eredményeként a vezetőben lévő töltések átcsoportosulását elektrosztatikus indukciónak nevezzük. Az elektromos tér dielektrikumokra való hatása a dielektrikum polarizációjához vezet.

Az elektroszkóp az elektromos töltés kimutatására szolgáló műszer.



Ellenőrző kérdések

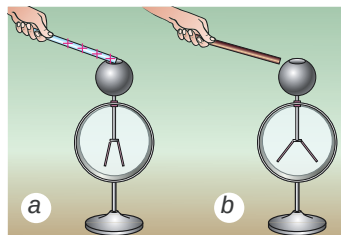
1. Mi és miért történik két különböző anyagból készült test közvetlen érintkezésekor? **2.** Miért válik elektromossá mindkét test, ha ebonitrudat gypjával dörzsölünk? **3.** Fogalmazzatok meg az elektromos töltés megmaradásának törvényét! **4.** Miben rejlik a vezetők és dielektrikumok közötti különbség? **5.** Mit nevezünk földelésnek? **6.** Hogyan lehet negatív töltéssel rendelkező test segítségével feltölteni pozitívan egy másik testet? **7.** Magyarázzátok meg, miért vonzódik bármely töltéssel nem rendelkező test az elektromosan töltött testekhez? **8.** Mire használják az elektroszkópot? Miből áll, és mi a működési elve? **9.** Miben különbözik az elektroszkóp az elektrométertől?



.21 gyakorlat

1. Különbözik-e a töltetlen plexipálca tömege ugyanannak a pozitív töltésű pálcának a tömegétől? Ha igen, akkor hogyan?

2. Megtörténhet-e, hogy miután valamilyen tárggyal megérintik a feltöltött elektroszkóp fegyverzetét, a műszer elektromosan semlegessé válik? A választ indokoljátok meg!
3. Az elektroszkóppal pozitív töltést közöltek (1. *a* ábra). Utána az elektroszkóphoz egy másik, töltéssel rendelkező pálcával közelítettek (1. *b* ábra). Határozzátok meg ennek a pálcának a töltését!
4. Két egyforma vezető anyagból készült, elektromosan feltöltött golyó összeért, majd azonnal eltávolodott egymástól. Számítsátok ki a golyók érintkezés utáni töltését, ha előtte az egyik golyó töltése $-3 \cdot 10^{-9}$ C, a másiké $9 \cdot 10^{-9}$ C.
5. Hogyan lehet negatívan feltölteni egy töltetlen golyót ugyanolyan negatív töltésű golyóval, hogy ne csökkenjen annak töltése?
6. Kiegészítő forrásanyag felhasználásával tudjátok meg, mire használják az antisztatikus szereket, és hogyan érvényesül a hatásuk!

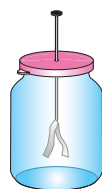


1. ábra



Kísérleti feladatok

1. Készítsetek elektroszkópot műanyag fedővel ellátott befőttesüvegből (2. ábra). Az elektroszkóp rúdjaként kötőtűt, papírcsíkok helyett pedig vékony fóliacsíkokat használjatok! Próbáljátok ki az általatok készített elektroszkópot!
2. Készítsetek könnyű papírból kis csónakokat, és engedjétek őket vízre! Elektromozott műanyag fésű segítségével kényszerítsétek mozgásra a „flotillát”!



2. ábra



Videokísérlet. Nézzétek meg a videofilmet, és magyarázzátok meg a megfigyelt jelenséget!

Fizika és technika Ukrajnában



Kijevi Műszaki Főiskola Ukrajna Nemzeti Műszaki Egyeteme – Ukrajna legnagyobb felsőoktatási intézménye, a XIX. század végén alapították. Akkor a főiskola négy szakán 360 hallgató tanult. A felsőoktatási intézmény 1995-ben nemzeti műszaki egyetemi, 2007-ben kutatóintézeti státuszt kapott, a falai között 40 ezer diák tanul 19 szakon. A XX. században számos híres tudós és mérnök tevékenykedett az egyetemen: D. I. Mengyelejev, M. J. Zsukovszkij, K. A. Tyimirjazev, I. I. Szikorszkij, Sz. P. Koroljov, Sz. P. Tyimosenko, J. O. Paton, B. J. Paton és sokan mások. Az egyetem rektora 1992 óta Mihajlo Zgurovskij akadémikus.

22. §. COULOMB TÖRVÉNYE

A XVIII. század végéig az elektromos jelenségeket csak minőségi jellegükben tanulmányozták, az elektromos gépezeteket pedig csak az arisztokraták szórakoztatására használták. A mennyiségi jellemzőkre való áttérés, majd az elektromosság gyakorlati felhasználása azt követően vált lehetővé, hogy 1785-ben *Charles Coulomb* (22.1. ábra) francia kutató felfedezte a *pontszerű töltések kölcsönhatásának törvényét*. Azóta az elektromosság pontos (egzakt) tudománnyá fejlődött.

1 Bevezetjük a pontszerű töltés fogalmát

Mielőtt tanulmányozzuk a törvényt, tisztázni kell a *pontszerű töltés* fogalmát. Felhasználunk egy mechanikai analógiát, a pontszerű töltés fogalma ugyanis hasonlít az „anyagi ponthoz”. Emlékezzetek vissza az előző tanévi fizika tananyagára. Például anyagi pontnak tekinthetjük a Kijev és Lemberg (Lviv) között közlekedő vonatot, ha a két város között megtett elmozdulás grafikonját szeretnénk megrajzolni. A hangyát azonban nem tekinthetjük anyagi pontnak, ha, tegyük fel, az egyik lábának a mozgáspályáját kell megállapítani.

Az anyagi ponthoz hasonlóan *pontszerű töltésnek* nevezzük a *töltéssel rendelkező olyan testet, amelynek méretei elhanyagolhatók a közte és a vizsgált testek közötti távolsághoz képest*.

A pontszerű töltés az anyagi ponthoz hasonlóan nem valóságos objektum, hanem fizikai modell. Ennek a modellnek a bevezetését az teszi szükségessé, hogy általánosságban a töltéssel rendelkező testek kölcsönhatása sok tényezőtől függ, tehát nincs egy olyan egységes, egyszerű képlet, amely bármilyen esetben leírná az elektromos kölcsönhatást.



22.1. ábra. Charles Augustin Coulomb (1736–1806) – francia fizikus és hadmérnök. 1785-ben megfogalmazta az elektrosztatika alaptörvényét, amelyet később róla neveztek el

2 Megtudjuk, mitől függ két pontszerű töltés kölcsönhatásának ereje

Charles Coulomb hadmérnök az elektrosztatikától igencsak távoli területen kezdett kísérletezni. A cérnák rugalmas csavarásának törvényszerűségeit fedezte fel, és megállapította a rugalmassági erő és az elcsavarodás szöge közötti összefüggést. Az eredmények lehetővé tették Coulomb számára egy rendkívül érzékeny műszer megalkotását, amit *torziós mérlegnek* nevezett el (22.2. ábra).

A tudós a torziós mérleget használta fel később a pontszerű töltések közötti kölcsönhatási erő meghatározására.

Kísérleteiben Coulomb a töltéssel rendelkező golyók kölcsönhatását vizsgálta. A kísérlet feltételei lehetővé tették, hogy ezeket a golyókat pontszerű töltéseknek tekintse. A kísérletet a tudós a következőképpen végezte.

Az üveghengerbe egy speciális tartóra helyezte a töltéssel rendelkező 1 golyót (lásd a 22.2. ábrát). A henger felső fedelét forgatva a kísérletező arra törekedett, hogy az 1 és 2 gömbök összeérjenek, és az 1 gömb töltésének egy része átkerüljön a 2 gömbre. Az egynemű töltések taszítják egymást, ezért a gömbök egy bizonyos távolságra kerültek egymástól. A huzal elcsavarodási szöge alapján Coulomb meghatározta a töltések kölcsönhatásának erejét.

Azután a henger felső fedelét forgatva a kísérletező megváltoztatta a gömbök közötti távolságot, és újra megmérte kölcsönhatásuk erejét. Kiderült, hogyha a távolságot felére, harmadára, negyedére növeli, a kölcsönhatási erő megfelelően négy-, kilenc- és tizenhatszorosára csökken.

Számos hasonló kísérlet elvégzése után Coulomb azt a következtetést vonta le, hogy két pontszerű töltés között ható F erő fordítottan arányos a közöttük lévő távolság r négyzetével:

$$F \sim \frac{1}{r^2}.$$

Az F erő és a töltések értéke közötti összefüggés megállapítására Coulomb a következőt tette. Először megmérte két ugyanakkora q töltéssel rendelkező 1 és 2 golyó kölcsönhatásának erejét ($q_1 = q$; $q_2 = q$).

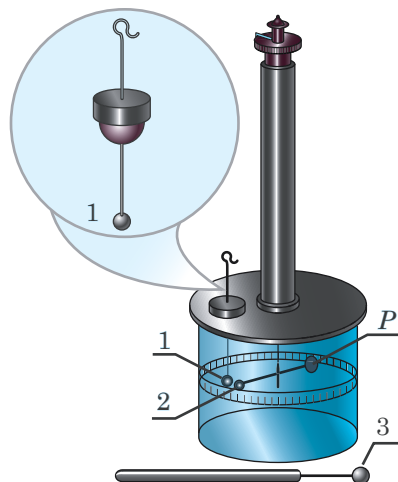
Majd egy pillanatra hozzáért az 1 gömbhöz egy töltetlen 3 gömböt. A golyók mérete azonos volt, ezért a töltés egyenlően oszlott meg a két golyó között, vagyis az 1 golyón $\frac{q}{2}$ töltés maradt. Ezután Coulomb megmérte az

1 $\left(q_1 = \frac{q}{2}\right)$ és 2 ($q_2 = q$) feltöltött golyók közötti kölcsönhatási erőt.

Folytatva a gömbök töltésének osztását és a méréseket, a tudós meggyőződött róla, hogy a q_1 és q_2 pontszerű töltések között ható F kölcsönhatási erő arányos ezen töltések abszolút értékeinek a szorzatával:

$$F \sim |q_1| \cdot |q_2|.$$

22.2. ábra. Coulomb torziós mérlege. Rugalmas fémhuzal végére emelőkart akasztottak, amelynek a végéhez 2 gömböt és P ellensúlyt rögzítettek. A fedélen található résen keresztül leeresztik az 1 golyót. A 3 golyót dielektrikus tartóra rögzítették



3 Megfogalmazzuk Coulomb törvényét

Az elvégzett kísérletek alapján Coulomb felállította azt a törvényt, amelyet nem sokkal később róla **Coulomb törvényének** neveztek el.

A kölcsönhatási F erő két mozdulatlan, pontszerű q_1 és q_2 töltés között egyenesen arányos a töltések abszolút értékeinek szorzatával és fordítottan arányos távolságuk négyzetével:

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2},$$

ahol k – arányossági tényező.

Megállapították, hogy a pontszerű töltések kölcsönhatásánál a vákuumban* $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$.

Figyeljétek meg: Coulomb törvényében a töltések abszolút értékeinek a szorzatáról van szó, mivel a töltések előjele csupán az erő irányára van hatással.

Azt az erőt, amellyel két pontszerű töltés hat egymásra, **Coulomb-féle erőnek** is nevezük.

A Coulomb-féle erő a kölcsönható pontszerű töltéseket összekötő egyenes mentén hat (22.3. ábra).

Ismerve a k együttható értékét, meghatározhatjuk azt az erőt, amellyel két, egyenként 1 C töltés 1 m távolságból kölcsönhat. Ez rendkívül nagy erő. Megegyezik például egy óceánjáróra ható nehézségi erővel (22.4. ábra).

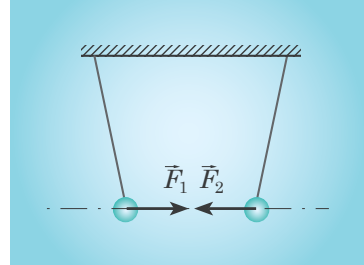
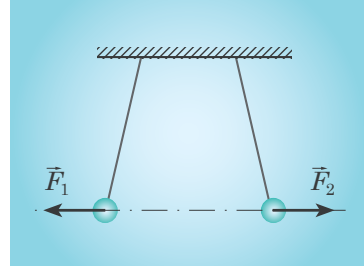


Coulomb törvénye segítségével határozzátok meg ezt az erőt!

4 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. Két negatív töltésű kis gömb a levegőben egymástól 30 cm-re helyezkedik el. Kölcsönhatásuk ereje 32 mN. Számítsátok ki a második gömb többletelektronjainak a számát, ha az első gömb töltése -40 nC !

A fizikai probléma elemzése. Hogy meghatározzuk a többletelektronok számát, jusson



22.3. ábra. Az elektromos kölcsönhatás ereje ($\vec{F}_1$ és $\vec{F}_2$) a pontszerű töltéseket összekötő képzeletbeli egyenes mentén hat



22.4. ábra. Ha a hajó alján és 1 méterrel alatta sikerülne a vízben elhelyezni két egyenmű, egyenként 1 C nagyságú töltést, akkor le lehetne küzdeni a nehézségi erőt, és minden egyéb speciális berendezés nélkül felemelhetnénk a hajót

* Nagyon sok közegben a kölcsönhatási erő jelentősen kisebb lesz, mint a vákuumban. A levegőben mért értéke a vákuumhoz viszonyítva alig változik.

eszünkbe az elektromos töltés diszkrét jellege: $|q| = N|e|$, ahol N – a többlet-elektronok száma, az $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C – az elektron töltése.

A gömbök nem nagyok és nagy távolságra vannak egymástól, ezért azokat pontszerű töltéseknek tekinthetjük és a q_2 töltést Coulomb törvénye segítségével határozzuk meg.

Adva van:

$$r = 0,3 \text{ m}$$

$$F = 32 \cdot 10^{-6} \text{ N}$$

$$q_1 = -40 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$k = 9 \cdot 10^9$$

$$\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$

Meghatározzuk:

$$N_2 = ?$$

Matematikai modell felállítása, megoldás.

Coulomb törvénye alapján: $F = \frac{k|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$.

Tehát, $Fr^2 = k|q_1| \cdot |q_2| \Rightarrow |q_2| = \frac{Fr^2}{k|q_1|}$.

Mivel $|q_2| = N_2|e|$, ezért $N_2|e| = \frac{Fr^2}{k|q_1|}$. Innen a következőt kapjuk:

$$N_2 = \frac{Fr^2}{k|q_1| \cdot |e|}$$

Ellenőrizzük a mértékegységet és meghatározzuk a keresett mennyiséget:

$$[N_2] = \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \text{C} \cdot \text{C}} = 1 \text{ (az elektronok száma végtelen);}$$

$$N_2 = \frac{32 \cdot 10^{-6} \cdot 0,09}{9 \cdot 10^9 \cdot 40 \cdot 10^{-9} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = \frac{32 \cdot 9 \cdot 10^{-8}}{9 \cdot 4 \cdot 16 \cdot 10^{-19}} = 5 \cdot 10^{10}.$$

Felelet: $N_2 = 5 \cdot 10^{10}$.



Összefoglaló

Pontszerű töltésnek nevezik az olyan töltéssel rendelkező testet, amelynek a méretei elhanyagolhatók a közte és a vizsgált testek közötti távolsághoz képest.

A nyugalomban lévő pontszerű töltések közötti kölcsönhatás törvényét Coulomb fedezte fel torziós mérleg segítségével.

Coulomb törvénye: A kölcsönhatási F erő két mozdulatlan, pontszerű q_1 és q_2 töltés között egyenesen arányos a töltések abszolút értékeinek szorzatával, és fordítottan arányos távolságuk négyzetével: $F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$. A Coulomb-féle erő a kölcsönható pontszerű töltéseket összekötő egyenes mentén hat.



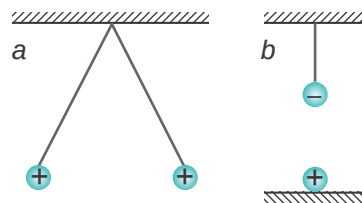
Ellenőrző kérdések

1. Milyen töltést nevezünk pontszerűnek? Hasonlítsátok össze a *pontszerű töltés* és az *anyagi pont* fogalmakat!
2. Ismertessétek azt az eljárást, amit Coulomb azért alkalmazott, hogy tisztázza, hogyan függ a két pontszerű töltés közötti kölcsönhatás ereje a töltések modulusának értékétől!
3. Fogalmazzatok meg Coulomb törvényét!
4. Miért kötelező Coulomb törvényének megfogalmazásakor a *pontszerű töltés* fogalom használata?
5. Milyen képlet segítségével határozható meg a Coulomb-féle erő?
6. Hová irányul a Coulomb-féle erő?

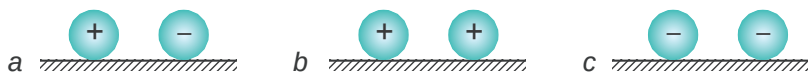


22. gyakorlat

1. Az 1. ábrán két pár mozdulatlan kicsiny golyó látható. Ábrázolják mindegyik golyó esetében a rá ható Coulomb-féle erőt!
2. Hogyan változik két pontszerű töltés kölcsönhatási ereje, ha mindkettő abszolút értékét megduplázzuk?
3. Hogyan változik a két pontszerű töltés közötti távolság, ha ismeretes, hogy kölcsönhatásuk ereje 9-szeresére csökkent?
4. Két golyó egymástól 16 cm-re van. Határozzátok meg a golyók kölcsönhatási erejét, ha ismeretes, hogy mindkettő $2 \cdot 10^{10}$ többletelektronnal rendelkezik. A golyókat tekintsétek pontszerű töltéseknek.
5. Két egyforma vezető gömb, melyek töltései -5 nC és $+15 \text{ nC}$ egymáshoz értek, majd 60 cm távolságra eltávolodtak egymástól. Határozzátok meg a gömbök kölcsönhatási erejét! A gömböket tekintsétek pontszerű töltéseknek!
6. A 2. ábrán három pár vezető golyót láthattok, amelyek egymástól azonos távolságra vannak. A golyók töltésének abszolút értékei azonosak. Egyenlő erővel hatnak-e egymásra a golyópárok? Ha nem, akkor melyik pár között legnagyobb a kölcsönhatási erő?



1. ábra



2. ábra



7. Állítsatok fel megfeleltetést az eszközök működésének alapját jelentő tulajdonságok és azok megnevezése között!

1. Felmelegítés közben a gázok kitágulnak	A mérőpohár
2. Az egyenmű töltések taszítják egymást	B hőmérőgép
3. Minden test vonzódik a Földhöz	C mérleg
4. A folyadék megtartja térfogatát	D bimetall lemez
	E elektroszkóp



23. §. ELEKTROMOS ÁRAM. AZ ANYAG ELEKTROMOS VEZETŐKÉPESSÉGE

Valószínűleg arra a kérdésre, hogy mit vinnél magaddal egy lakatlan szigetre?, sok iskolás hasonló választ adna: mobiltelefont és számítógépet. De kis idő múlva természetesen rájönnek, hogy ott nincs áram.

Nehéz elképzelni, hogy száz éve országunk legnagyobb része egy ilyen szigetre hasonlított: az elektromosságot csak néhány ember használta. Manapság bárki meg tud nevezni legalább tíz olyan háztartási eszközt, amelyek nélkül már nehezen tudjuk elképzelni az életünket: mosógép, lámpa, televízió, ezeket a készülékeket elektromosoknak nevezzük, mert működésükhöz elektromos áramra van szükség. Vajon mi az elektromos áram?

1 Meghatározzuk, mi az elektromos áram

Elvégezzünk egy kísérletet. Az asztalon elhelyezünk két elektrométert (A és B) és az egyiket, például az A -t, feltöltjük (23.1. a ábra). Műanyag nyélhez rögzített fémrúd segítségével összekapcsoljuk az elektrométerek fegyverzeteit. A mutatók kitérési szögének változásából megállapítjuk, hogy az A elektrométer töltése csökkent, a töltéssel nem rendelkező B elektrométer pedig töltést kapott (23.1. b ábra). Ez azt jelenti, hogy az elektromos töltés egy része a töltéssel rendelkező részecskék (ebben az esetben elektronok) révén a rúdon át az egyik műszerről a másikra ment át. Erre azt mondják, hogy a rúdon *elektromos áram* futott végig.

Elektromos áram – töltött részecskék irányított mozgása.

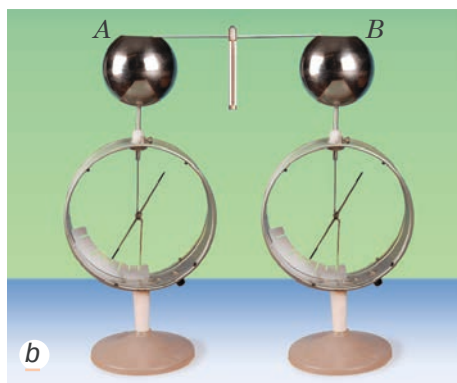
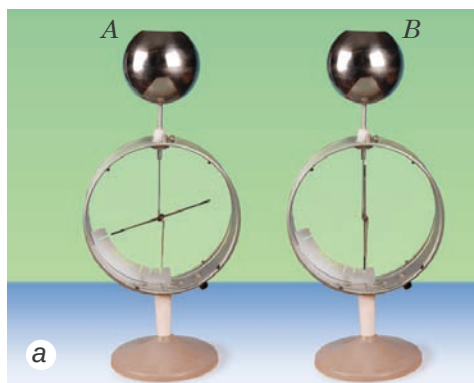
2 Tisztázzuk az elektromos áram létrejöttének és létezésének feltételeit

Az elektromos áram meghatározása alapján kimondhatjuk az áram tetszőleges közegben való létrejöttének és létezésének első feltételét: a közegben szabadon mozgó töltetlen részecskéknek kell lenniük. Az ilyen részecskék a *közeg minden részében mozognak*, és *áramhordozóknak* nevezik őket.

Azonban ez a feltétel nem elégséges ahhoz, hogy a közegben fennmaradjon az áram. Általában a szabad töltött részecskék irányított mozgásának létrehozásához és fenntartásához *elektromos tér* szükséges. Az elektromos tér hatására a közegben szabadon mozgó töltött részecskék mozgása rendezetté (irányítottá) válik, ami azt jelenti, hogy az adott közegben elektromos áram keletkezett.

3 Megtanuljuk, hogyan különböztethetők meg a vezetők, szigetelők és félvezetők

Ismerve az elektromos áram létrejöttének és létezésének feltételeit, nem nehéz rájönni, hogy az elektromos áram vezetésének a képessége – az *elektromos vezetőképesség* – a különböző anyagok esetében nem egyforma. Ennek a képességnek a függvényében az anyagokat *vezetőkre*, *dielektrikumokra* és *félvezetőkre* osztják (a vezetőről és dielektrikumokról a 21. §-ban már hallhattatok).



23.1. ábra. Ha a feltöltött elektrométert egy vezető segítségével összekötjük egy töltetlenel, akkor a töltések egy része átmegy a töltetlen elektrométerre

■ Vezetők – az elektromos áramot jól vezető anyagok.

Vezetők a fémek (szilárd és cseppfolyós halmazállapotban egyaránt), a grafit, a sóoldatok (például a konyhasó oldatai), a savak és a lúgok. A magas elektromos vezetőképesség annak köszönhető, hogy a vezetőkben nagyszámú szabad töltött részecske van. Így például a fémvezetőben az elektronok egy része, elhagyva az atomot, szabadon vándorol annak teljes térfogatában. Az ilyen elektronok száma köbcentiméterenként 10^{23} .

A nedves föld, az ember és az állatok teste szintén jól vezeti az áramot, mivel olyan anyagokat tartalmaznak, amelyek vezetők.

■ Dielektrikumok (szigetelők) – az elektromos áramot rosszul vezető anyagok.

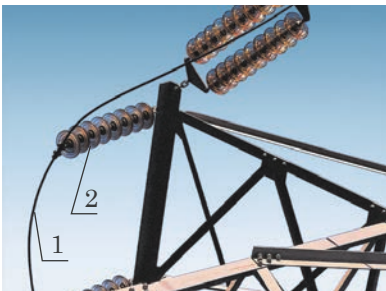
A dielektrikumokhoz tartoznak egyes szilárd anyagok (ebonit, porcelán, gumi, üveg), folyadékok (desztillált víz, kerozin, alkohol, benzin) és gázok (oxigén, hidrogén, nitrogén, szén-dioxid). A dielektrikumokban alig vannak szabad töltött részecskék.

A vezetők és a szigetelőket széleskörűen alkalmazzák az iparban, a háztartásban, a technikában. Azokat a vezetékeket, amelyeken az elektromos áramot az erőműtől eljuttatják a fogyasztókig, fémről – jó vezetőből – készítik. Eközben a vezetékeket az oszlopokon szigetelőkön helyezik el. Ez biztosítja, hogy az elektromos töltés ne jusson a földbe (23.2. ábra).



Mit gondoltok, miért látják el szigetelőréteggel a földbe fektetett kábeleket?

Sok olyan anyag létezik, amelyeket **félvezetőknek** nevezünk. Általában ezek az anyagok rosszul vezetik az elektromos áramot, ezért a szigetelők közé sorolhatók. Ugyanakkor például a hőmérséklet vagy a megvilágítás növelésekor elegendő szabad töltéshordozó jelenik meg bennük, és a félvezető vezetővé válik. A félvezetőket széles körben alkalmazzák a rádióelektronikai berendezések, napelemek előállításában (23.3. ábra).



23.2. ábra. Elektromos vezetékhálózatot lehetetlen vezetők (1) és szigetelők (2) felhasználása nélkül kiépíteni



23.3. ábra. A félvezető kristályokat napelemek készítésére használják



Összefoglaló

Az elektromos áram a töltött részecskék irányított mozgása.

Az elektromos áram létrejöttéhez és létezéséhez szabad töltött részecskék megléte, valamint elektromos tér szükséges, amelynek a hatása létrehozza és fenntartja a részecskék irányított mozgását.

Elektromos vezetőképesége függvényében minden anyag feltételesen besorolható a vezetők (olyan anyagok, amelyek jól vezetik az elektromos áramot), a szigetelők (az elektromos áramot rosszul vezető anyagok) és a félvezetők közé.



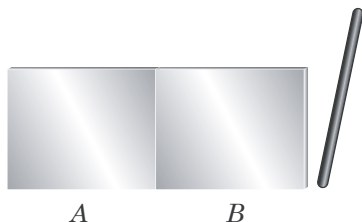
Ellenőrző kérdések

1. Mi az elektromos áram? **2.** Fogalmazzatok meg az elektromos áram létrejöttének és létezésének feltételeit! **3.** Milyen anyagok tartoznak a vezetőkhez, szigetelőkhez és félvezetőkhez? Hozzatok fel példákat! **4.** Miért vezetik jól az áramot a fémek? **5.** Hozzatok fel példákat a vezetők és félvezetők felhasználására!



23. gyakorlat

- Soroljatok fel olyan tárgyakat, amelyek anyagai: a) vezetők; b) szigetelők.
- Milyen feltételnek kell megfelelnie annak az anyagnak, amiből a konnektorok és kapcsolók dobozát készítik?
- Miért nehéz, sőt néha lehetetlen feltölteni a magas páratartalmú szobában az elektroszkópot?
- A 23. § 1. pontjában leírt kísérletben az elektrométerek fegyverzetét miért fémrúddal kötötték össze (lásd a 23.1. ábrát)? A rúd miért volt műanyag nyélhez rögzítve? Hogyan változna a kísérlet eredménye, ha fémrúd helyett műanyagot használnánk?
- Mozognak-e a szabad töltéshordozók a vezetőben, ha nincs benne áram? Válaszokat indokoljátok meg!
- Kiegészítő forrásanyag felhasználásával derítsétek ki, melyik anyag a legjobb szigetelő és hol használják fel!
- Két összekapcsolt A és B fémlaphoz gyapjú segítségével feltöltött ebonitrudat közelítettek (lásd az ábrát).
 - Milyen töltést vesz fel az A lemez? A B lemez?
 - Feltöltöttek maradnak-e a lemezek, ha:
 - az ebonitrudat nem elvéve szétválasztjuk azokat?
 - a rudat elvéve szétválasztjuk őket?



24. §. AZ ELEKTROMOS ÁRAM HATÁSAI

Már tudjátok, hogy elektromos áramnak a töltött részecskék irányított mozgását nevezzük. De hogyan lehet kideríteni, hogy folyik-e áram a vezetőkben? Hiszen az nem látható, hogyan mozognak például a fémrúdokban a szabad elektronok. Azonban ismeretes, hogy az elektromos áram a hatásai révén nyilvánul meg. Ebben a paragrafusban az elektromos áram különböző hatásaival ismerkedtek meg.

1 Megismerkedünk az elektromos áram hő- és fényhatásával

Az áram *hőhatása* a vezető melegedésében nyilvánul meg. Amikor vasaltok, forrasztópákával forrasztjátok az alkatrészt, főztök a villanytűzhelyen, elektromos hőszugárzóval fűtitek a szobát, akkor olyan háztartási gépeket használtok, amelyeknek a működése az elektromos áram hőhatásán alapul (24.1. ábra).

Az elektromos áram hőhatását széles körben hasznosítják az iparban (hegesztés, vágás, fémek olvasztása) és a mezőgazdaságban (melegházak és keltetők fűtése, gabona szárítása, zöldtakarmány előállítás).

Az elektromos áram hőhatása a természetben is megfigyelhető: a villám keltette energia erdőtűzet okozhat (24.2. ábra).

? A villámcsapás során keletkezett tűz az elektromos áram káros hatásáról tanúskodik. Hozzatok fel egyéb példákat az áram káros hatására!

Ha felkapcsoljuk az elektromos izzólámpát, az izzószáll felmelegszik, és fényt kezd sugározni. Ebben az esetben a hőhatással együtt az *áram fényhatását* is megfigyelhetjük. Megjegyezzük, hogy az izzószálas égők az elektromos áramnak csupán 5%-át alakítják át fénné (24.3. a ábra). Az utóbbi időben



24.1. ábra. Sok háztartási készülék működése az elektromos áram hőhatásán alapul



24.2. ábra. Az erdőtűzeket gyakran okozza villám



24.3. ábra. Elektromos égők – az elektromos áramot részben fénné alakító berendezések: *a* – izzólámpa (hatásfoka – 5%); *b* – energiatakarékos fénycső (hatásfoka – 10–20%); *c* – fénydiódás (LED) lámpa (hatásfoka – 50%)

széles körben használnak energiatakarékos égőket – bennük az áram 50%-a is átalakulhat fénné (24.3. *b*, *c* ábrák).



Mondjatok példát a természetből az elektromos áram fényhatására!

2

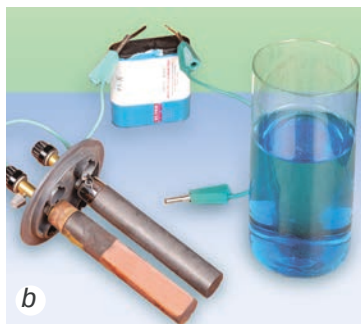
Megfigyeljük az elektromos áram kémiai hatását

Amikor sók, savak és lúgok oldatain keresztül elektromos áram halad, az oldatba merített elektródákon kémiai reakció megy végbe. Ebben az esetben az *elektromos áram kémiai hatásával* van dolgunk.

Ha réz-szulfát vizes oldatát tartalmazó edénybe két szénelektrodát eresztünk, és az oldaton áramot engedünk át (24.4. *a* ábra), egy idő múlva az egyik elektródra vékony, tiszta rézréteg rakódik (24.4. *b* ábra) le.

A fejezet végén megismerkedhettek az anyagoknak az elektromos áram hatására történő különböző kémiai felbomlásával, valamint megismerkedhettek ennek a folyamatnak a felhasználásával.

Megjegyezzük, hogy az *áram kémiai hatása nem mindig azonnal jelentkezik*. Például, ha áramot engedünk át a fémeken, nem tapasztalunk semmilyen kémiai változást.



24.4. ábra. Az elektromos áram kémiai hatását bemutató kísérlet: ha bizonyos ideig áramot engedünk át réz-szulfát vizes oldatán (*a*), az egyik elektródán vékony rézréteg képződik (*b*)

3

Megismerkedünk az elektromos áram mágneses hatásával

Az áramjárta vezető mágneses tulajdonságokra tesz szert, és vonzza a fémtárgyakat. Erről egy közönséges vasszög segítségével is meggyőződhetünk. A szögre szigetelt vezetőt tekerünk, amelyen áramot bocsátunk át. A szög a mágneshez hasonlóan vonzani kezdi a fémtárgyakat, vagyis mágneses tulajdonságot mutat (24.5. ábra).

A különböző villanymotorok, villamos műszerek működése csakis az *áram mágneses hatásának* köszönhető (24.6. ábra). Az áram mágneses hatásaival a 9. osztályban ismerkedhettek meg

részletesebben a mágneses tulajdonságok tanulmányozásakor.

Az elektromos áram különböző hatásait vizsgálva megfigyelték, hogy legtöbbször néhány hatás egyidejűleg jelentkezik. Valóban, ha a fentebb említett kísérletben (lásd a 24.4. ábrát) megmérjük a réz-szulfát-oldat hőmérsékletét, azt észleljük, hogy az fokozatosan emelkedik. Ha pedig mágnesetűt helyezünk az edény közelébe, akkor az áram áthaladásakor a mutató kitér eredeti helyzetéből.

4 Megismerkedünk az elektromos áramnak a szervezetre gyakorolt hatásával

Az elektromos áram hő-, vegyi és mágneses hatást gyakorol az élő szervezetekre, így az emberre is. Bizonyára sokan láttatok már fizioterápiás orvosi szobát. Az ott látható műszerek nagy része a *gyógyítást szolgáló elektromosság* alapján működik: az elektromos áram hőhatását bizonyos testrészek melegítésére használják, a kémiai és vegyi pedig különböző szervek működésének stimulálására, az anyagcsere javítására.

Emlékeznünk kell azonban arra, hogy az elektromos áram távolról sem mindig gyakorol gyógyító hatást az emberi szervezetre. Az áram égési sérülést, görcsöt, sőt akár halált is okozhat. Ezért mielőtt használni kezdünk bármilyen elektromos készüléket vagy műszert, figyelmesen tanulmányozzuk át a mellékelt használati utasítást, és pontosan tartjuk be azt!



Összefoglaló

A vezetőn áthaladva az elektromos áram hő- (vezető felmelegedése), mágneses (mágnesetű kitérése, vas mágnesezése) és kémiai (anyagok kémiai felbomlása) hatást fejt ki. Az áram különböző hatásai gyakran egyidejűleg jelentkeznek.

Az elektromos áram hő-, kémiai és mágneses hatást fejt ki az élő szervezetekre, így az emberre is.



24.5. ábra. Az áram áthaladásakor a vasszeg mágnessé válik, és vonzza a vasreszelék szemcséit



24.6. ábra. Az elektromos mérőműszerek és villanymotorok működése az áram mágneses hatásán alapul



Ellenőrző kérdések

1. Hogyan lehet megtudni, folyik-e áram a vezetőben? **2.** Soroljátok fel az elektromos áram hatásait! **3.** Bizonyítsátok be, hogy az elektromos áram hőhatást fejt ki; fényhatást fejt ki! **4.** Ismertessétek azt a kísérletet, amelyik az elektromos áram kémiai hatását bizonyítja! **5.** Vajon mindig jelentkezik az áram kémiai hatása? **6.** Mit kell tenni a vasszeg mágnesezéséhez? **7.** Soroljátok fel példákat annak bizonyítására, hogy az elektromos áram hat az ember szervezetére! Miben nyilvánul meg ez a hatás? Hol alkalmazzák?



24. gyakorlat

- 1.** Soroljátok fel a 24. §-ban nem említett olyan háztartási berendezéseket, amelyek működése során az áram hőhatását alkalmazzák!
- 2.** Miért kell óvatosnak lennünk az elektromos készülékek és műszerek használatakor?
- 3.** Miért kíséri dörgés a villámlást?
- 4.** Egyes halfajták, például a rája és az elektromos angolna, az elektromos áram hatásait védekezésre, vadászatra, tájékozódásra használják. Kiegészítő forrásanyag felhasználásával tudjatok meg minél többet ezekről a halakról!
- 5.** A szobában bekapcsolt elektromos melegítőkészülék a nap folyamán 81 MJ hő bocsát ki. Mennyi fára van szükség ahhoz, hogy ekkora hőmennyiség adódjon át a szoba levegőjének? A kandalló hatásfoka 45%.



i

25. §. ÁRAMFORRÁSOK

Bizonyára sokak számára ismerős helyzet: sürgősen telefonálni kellene, előveszitek a mobilkészüléket, és bosszankodva veszitek észre, hogy az akkumulátora lemerült, így a technika e csodája egy darab műanyaggá vált. Ugyanez megtörténhet a fényképezőgép, a zenelejátszó, a zseblámpa és a karóra akkumulátorával is. A további teendőket egy elsős is tudja, az akkumulátor működését pedig ennek a paragrafusnak az elolvasásával ismerhetitek meg.

1

Megismerkedünk az áramforrásokkal

Nyilvánvaló, hogy bármely elektrotechnikai berendezés csak akkor működik, ha teljesülnek az elektromos áram létezésének feltételei: a szabad töltéshordozók és az elektromos tér megléte. Az elektromos térért az *áramforrás* „felel”.

Az áramforrásokban az elektromos tér a különmemű töltések szétválasztása révén jön létre és marad fenn. Ennek eredményeként az áramforrás egyik

pólusán pozitív, a másikon negatív töltésű részecskék halmozódnak fel. A pólusok között elektromos tér jön létre.

Azonban a különmemű töltéseket nem olyan egyszerű szétválasztani, hiszen közöttük vonzerő hat. Ahhoz, hogy szétválasszuk a töltéseket, és elektromos teret hozzunk létre, munkát kell végeznünk. Ehhez mechanikai, kémiai, hő- és más energiafajtára van szükség.

Elektromos áramforrások – olyan berendezések, amelyekben a különféle energiafajták elektromos energiává alakulnak át.

2

Megismerkedünk különféle elektromos energiaforrásokkal

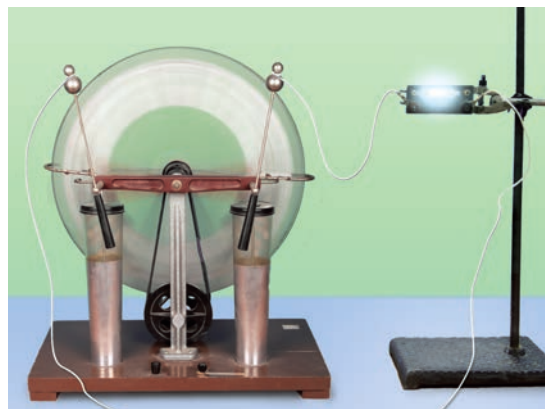
Az összes elektromos energiaforrás feltételesen fizikaira és kémiaira osztható.

A *fizikai elektromos energiaforrásokhoz* azokat a berendezéseket sorolják, amelyekben a töltések szétválasztása mechanikai, fény- vagy hőenergia révén megy végbe. Ilyen áramforrások például: a megosztógép (25.1. ábra), a villamos erőművek turbógenerátorai (25.2. ábra), a fény- és hőelemek (25.3. 25.4. ábrák).



Milyen típusú energia alakul át elektromos energiává a kerékpár generátorában?, a szél erőműben?

Kémiai elektromos áramforrásoknak azokat a berendezéseket nevezzük, amelyekben a töltések szétválasztása a kémiai reakciók során felszabaduló energia révén megy végbe. A kémiai elektromos energiaforrások példái a *galvánelemek* és *akkumulátorok*.



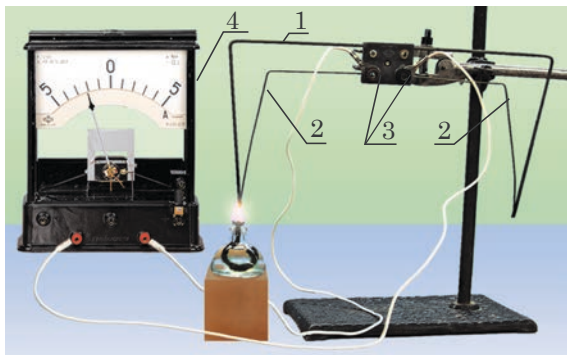
25.1. ábra. Ha az influenciagép különmeműen töltött fegyverzeteit elektromos izzóhoz kapcsoljuk, az izzóban elektromos áram jön létre. Az izzó addig világít, amíg forog a gép korongja. Ebben az esetben a mechanikai energia elektromos energiává alakul át



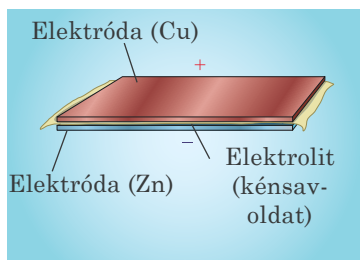
25.2. ábra. A turbinák forgásának mechanikai energiáját elektromos áram energiájává alakító turbógenerátorok állítják elő a világon elfogyasztott villamos energia 80%-át



25.3. ábra. A Föld körül keringő műhold napelemei az összes berendezést ellátják elektromos energiával. A napelemek a fényenergiát alakítják át elektromos energiává



25.4. ábra. A hőelem a hőenergia elektromos energiává való átalakításához szükséges berendezés. A konstantán huzal (1) végeihez két vas-huzalt forrasztottak (2). Szabad végeiket (3) galvanométerhez* (4) kapcsolták. Ha melegítik a forrasztás helyét, a műszer áram meglétét jelzi



25.5. ábra. A legegyszerűbb galvánelem



25.6. ábra. Alessandro Volta (1745–1827) – olasz fizikus, a galvántelep vagy galvánelem (Volta-oszlop) feltalálója

3 Galvánelemet hozunk létre

Vesszünk egy réz és egy cinklemez, majd megtisztítjuk a felszínüket. A lemezek közé gyenge kénsavoldattal átitatott rongydarabot helyezünk. Az így kialakított készülék a legegyszerűbb kémiai elektromos áramforrás – a *galvánelem* (25.5. ábra). Ha a lemezeket *galvanométeren* keresztül összekötjük, a műszer áramot jelez.

Az első galvánelemet *Alessandro Volta* (25.6. ábra) készítette el és honfitársa, *Luigi Galvani* (1737–1798) anatómus és fiziológus tiszteletére nevezte el. A Galvani által leírt kísérletek segítették Voltát a kémiai áramforrás létrehozásához.

Bármilyen galvánelem *két elektródából és elektrolitból* áll.

Az elektródák és az elektrolit között kémiai reakciók mennek végbe, aminek eredményeként az egyik elektróda (anód) pozitív, míg a másik negatív (katód) töltést kap. Amikor a reakcióban részt vevő hatóanyagok elhasználódnak, a galvánelem működőképessége megszűnik.

* Galvanométer – érzékeny elektromos mérőeszköz, amelyet gyakran a gyenge elektromos áram kimutatására használnak.

4 Megvizsgáljuk az akkumulátorokat

Idővel a galvánelemek kimerülnek, és további felhasználásra alkalmatlannokká válnak. A kémiai elektromos áramforrások egy másik fajtáját, az *elektromos akkumulátorokat* viszont többször fel lehet használni.

Az akkumulátorok, akárcsak a galvánelemek, két elektrolitba mártott elektródából állnak. A gépkocsikban használt ólomakkumulátor egyik elektródája ólomból, a másik ólom-dioxidból készült; elektrolitként kénsav szolgál.

Ha a feltöltött akkumulátorok pólusait például egy elektromos izzóhoz kötjük, a spirálján át áram folyik. Az akkumulátor belsejében kémiai reakciók zajlanak, amelyek következtében az ólomelektroda negatív, az ólom-dioxid pedig pozitív töltést kap. Eközben a kénsav vízzé alakul.

Amikor koncentrációja egy bizonyos határértékig csökken, üzemképtelenné válik. Azonban fel lehet tölteni. Töltéskor a kémiai reakciók fordított irányban mennek végbe, aminek következtében a kénsav koncentrációja megújul.

5 Felhasználjuk az elektromos áram kémiai energiaforrását

Az akkumulátorokat, ahogyan a galvánelemeket is, általában összekötik, *akkutelepet* vagy *galvántelepet* hozva létre (25.7. ábra).

Működési elvüket tekintve a korszerű kémiai áramforrások alig különböznek a kétszáz évvel ezelőttiektől. Jelenleg sokféle galvánelem és akkumulátorfajta létezik, és aktívan folyik újabbak kidolgozása. Méretükben, tömegükben, kapacitásukban, élettartamukban, megbízhatóságukban, biztonságosságukban, árban, stb. különböznek egymástól.

A kémiai áramforrások típusának megválasztása alkalmazásának a területétől függ. Így gépkocsikban célszerű a viszonylag olcsó savas akkumulátorokat használni. Ebben az esetben a tömegük nem játszik döntő szerepet. Ezzel szemben a mobiltelefonok áramforrásának könnyűnek és biztonságosnak kell lennie, ezért célszerű a lítiumion akkumulátorok használata, jóllehet ezek viszonylag drágák.



25.7. ábra. Széleskörűen alkalmazott kémiai elektromos áramforrások: galvántelep (a); akkumulátorok (b, c)



Összefoglaló

Az elektromos áramforrások olyan berendezések, amelyekben a különféle energiafajták elektromos energiává alakulnak át.

Az áramforrásokban az elektromos tér a különmemű töltések szétválasztása révén jön létre és marad fenn. Ennek eredményeként az áramforrás egyik pólusán pozitív, a másikon negatív töltésű részecskék halmozódnak fel, tehát elektromos tér keletkezik.

Az elektromos áramforrásokban a különmemű töltések szétválasztása mechanikai, kémiai, hő- vagy egyéb energiafajták révén megy végbe.

Az elektromos áram kémiai forrásaihoz tartoznak a galvánelemek és az akkumulátorok. A galvánelemek egyszer használatos kémiai elektromos áramforrások. Az akkumulátorok többször használatos elektromos áramforrások.



Ellenőrző kérdések

1. Milyen berendezéseket neveznek elektromos áramforrásoknak? **2.** Milyen folyamatok játszódnak le az elektromos áramforrásokban? **3.** Miért kell munkát végezni a különmemű töltések szétválasztásához? **4.** Milyen energia révén mehet végbe a különmemű töltések szétválasztása az áramforrásokban? **5.** Milyen elektromos áramforrásokat ismertek? Mondjatok példákat a műszaki felhasználásukra!



25. gyakorlat

- 1.** Milyen energiaátalakulások zajlanak: a) az akkumulátorok feltöltésekor; b) az akkumulátor üzemelése közben?
- 2.** Hogyan lehet két fémvezetővel összekötött elektroszkópon (lásd a 23.1. b ábrát) fenntartani a különmemű elektromos töltéseket?
- 3.** Milyen átalakulások mennek végbe a vízerőmű üzemelése közben?
- 4.** Megváltozik-e a legegyszerűbb galvánelem (lásd a 25.5. ábrát) hatása, ha az előállítására két azonos anyagból készült lemezt használunk fel?
- 5.** Kiegészítő forrásanyag felhasználásával tudjátok meg, Galvani milyen megfigyelései és kísérletei vezették Voltát a kémiai elektromos áramforrás felfedezéséhez!
- 6.** A Dnyiprogesz vízerőmű összteljesítménye 702 MW, hatásfoka – 92%; a vízoszlop magassága 54 m. Határozzátok meg a duzzasztógátról percenként aláhulló vízmennyiség tömegét!





Kísérleti feladat

„Gyümölcsselem”. Vegyetek egy citromot, egy darab rézhuzalt, egy vaszeget és készítsetek a felhasználásukkal galvánelemet! Rajzoljátok le a felépítését, és jelöljétek be az alkotóelemeit! Ha van teszteretek, bizonyosodjatok meg róla, hogy a galvánelemek működik! Ha nincs ilyen műszeretek, vigyétek az áramforrásotokat az iskolába, és ellenőrizzétek galvanométerrel! Milyen más gyümölccsel vagy zöldséggel helyettesíthető a citrom?

26. §. AZ ELEKTROMOS ÁRAMKÖR ÉS ELEMEI

Ahhoz, hogy megismerjük bármely elektromos műszer felépítését, vagy hogy elhárítsuk az elektromos hálózat hibáját az otthonunkban, mindenekeelőtt szükség van a megfelelő áramkör kapcsolási rajzára. Azt, hogy mi az elektromos áramkör, miből áll, és a kapcsolási rajzában hogyan ábrázolják az egyes elektrotechnikai készülékeket, megtudhatjátok ebből a paragrafusból.

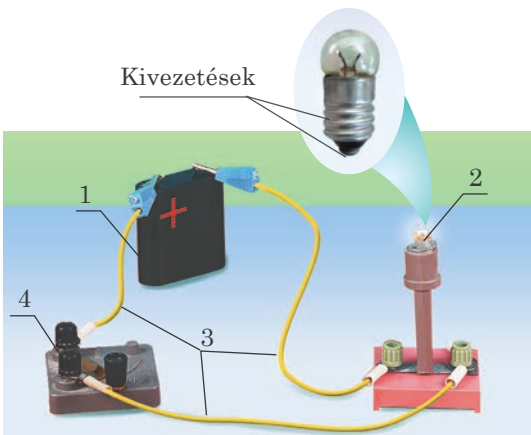
1

Megismerkedünk az elektromos áramkörrel

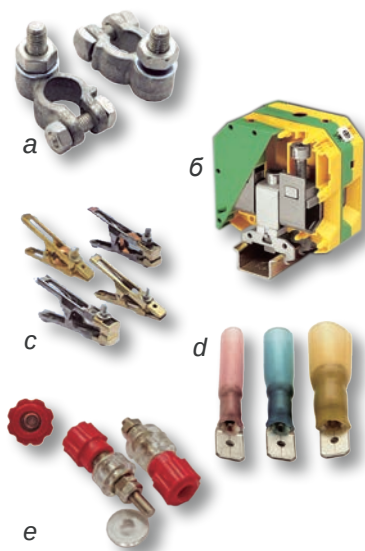
Bármely elektromos berendezés: mobiltelefon, táblagép, notebook, elem-lámpa, digitális fényképezőgép, számítógép bizonyos kötelező elemekkel rendelkezik. Hogy kiemeljük ezeket a kötelezően előforduló elemeket, és tisztázzuk rendeltetésüket, megalkotjuk a legegyszerűbb elektromos berendezés modelljét, a zseblámpát (26.1. ábra).

Az elektromos berendezés működéséhez mindenekeelőtt *áramforrásra* van szükség. Modellünkben az áramforrás szerepét galvánelemtelep tölti be (1). A telepnek két pólusa van, amelyeket „+” és „-” jelekkel jelölnek.

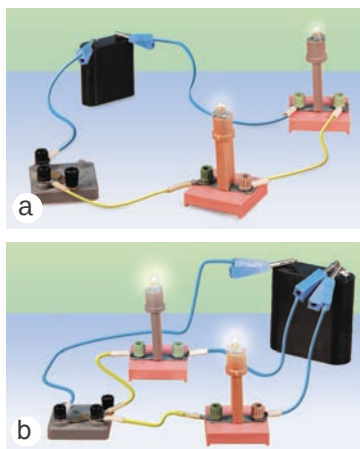
A másik kötelező elem az *elektromos fogyasztó*. Esetünkben az izzólámpa (2). Minden fogyasztónak két kivezetése van (az izzóban ezek az üvegburával összekapcsolt menetes fémhengerben – lámpafejben – találhatók).



26.1. ábra. A legegyszerűbb elektromos berendezés modellje: 1 – áramforrás – galvántelep; 2 – elektromos fogyasztó – lámpa; 3 – összekötő vezetékek; 4 – kapcsoló



26.2. ábra. Különböző szorítókapcsok a vezeték összekapcsolására: akkumulátor-saru (a); nagyfeszültségű szorítóbilincs (b); krokodilcsipesz (c); kés (d); szorítócsavar (e)



26.3. ábra. Az izzók kétféle bekötési módja az áramkörben: a – soros; b – párhuzamos

Az áramforrást és a fogyasztót összekötő elemekkel – vezetékekkel* (3) kötik össze. A vezetékek rögzítésére speciális eszközöket (26.2. ábra), forrasztást vagy hegesztést alkalmaznak.

És végezetül az utolsó elem. Ahhoz, hogy kényelmes legyen a fogyasztó ki- és bekapcsolása, különféle *kapcsolószervezeteket* alkalmaznak: késses megszakítót, billenő kapcsolót, nyomógombos vagy konnektoros megoldást. A vizsgált modellben (lásd a 26.1. ábrát) késses megszakítót használnak (4).

*A vezetékekkel meghatározott sorrendben összekötött áramforrások, fogyasztók, kapcsolók alkotják az **elektromos áramkört**.*

Jegyezzétek meg: a valós berendezésben nem csak az összes említett elem megléte fontos, de összekapcsolásuk meghatározott sorrendje is.

A 26.3. ábrán két nagyon egyszerű elektromos áramkör látható, amelyek azonos elemeket tartalmaznak. Eközben bizonyos elemek (izzók) bekötési módja eltérő. A 26.3. a ábrán az izzók sorosan, a 26.3. b ábrán párhuzamosan vannak bekötve.

2 Megismerkedünk az elektromos áramkör mechanikai megfelelőjével

Hogy jobban megértsük, milyen célt szolgálnak az áramkör elemei, áttekintjük annak mechanikai megfelelőjét. A mechanikai modell (26.4. ábra) két vizet tartalmazó edényből ($E+$ és $E-$), hajlékony műanyagcsőből (3), forgókerékből (2) és ... a társatokból (1) áll, akinek az lesz a feladata, hogy megszakítás nélkül töltsse a vizet az $E-$ edényből az $E+$ edénybe. A cső rövidebb végét a magasabb

* A 26.1. ábrán látható modell összekötő vezetékeit szándékosan hagyták hosszúira. A gyakorlatban a mérnökök maximálisan lecsökkentik az összes „fölösleges” elemet. Például a zseblámpában az egyik vezető szerepét a lámpatest tölti be. A másik vezető szintén hiányzik: az áramforrás egyik pólusa közvetlenül a fogyasztóval van érintkezésben.

vízállású edénybe ($E+$) merítve „vízáramot” hozunk létre, ami forgásba hozza a kereket.

Ahhoz, hogy a kerék ne álljon meg, állandóan fenn kell tartani a vízáramot. Ez addig lesz így, amíg fennáll a vízszint-különbség az edények között, vagyis amíg a társatok visszaönti a vizet. Ugyanúgy az elektromos áram is addig marad fenn, ameddig működik az áramforrás. Szünet nélkül „áthúzva” a megfelelő töltéseket az egyik pólusról a másikra, az áramforrás létrehozza és fenntartja az elektromos teret. Mint már bizonyosan rájöttetek, a mechanikai modellben a vízáram az elektromos áram analógja.

? Az áramkör melyik részének mechanikai analógja a vízzel teli cső?

Bedugaszolhatjuk a csövet, így megáll a vízfolyás. Tehát ebben az esetben a dugó a kapcsoló megfelelője az elektromos áramkörben.

Ha befagyasztanánk a vizet a csőben, a „vízáram” megszűnne. Tehát a szünet nélküli áramlás feltétele bizonyos szubsztancia (anyag) megléte, amelyik szabadon képes mozogni. Az áramkörben ez a szubsztancia nem más, mint a szabad töltéshordozók (például az elektronok a fémekben vagy az ionok a folyadékokban).

Hogy meggyőződhessünk a víz folyásáról a csőben, nem kell mindenképpen látni a vízsugarat. Jelen esetben ennek nyilvánvaló bizonyítéka a kerék forgása. Ugyanúgy az elektromos áram létezéséről az áram hatásai alapján vonjuk le a következtetést, hiszen magát az áramot nem látjuk.



26.4. ábra. A 26.1. ábrán bemutatott elektromos áramkör mechanikus megfelelője. Az egyes elemek az ábrán feltüntetett számok alapján feleltethetők meg

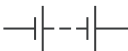
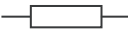
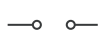
3 Megismerkedünk az elektromos kapcsolási rajzokkal

Hogy jelezzék, pontosan milyen elektromos készülékek szükségesek egy bizonyos áramkörhöz, és hogyan kell őket összekapcsolni, *elektromos kapcsolási rajzokat* használnak.

Kapcsolási rajz – műszaki rajz, amelyen egyezményes jelekkel ábrázolják, milyen elemekből áll össze az áramkör, és ezek az elemek hogyan kapcsolódnak egymáshoz.

Néhány elem jele a táblázatban látható. Fordítsatok különös figyelmet az áramforrás (galvánelem vagy akkumulátor, vagy ezek telepei) jelölésére: úgy van elfogadva, hogy a hosszabb pálcika az áramforrás pozitív, míg a rövidebb a negatív pólusát jelöli.

Az áramkörben alkalmazott egyes kapcsolási jelek

Áramköri elem	Egyezményes jelölés
Galvánelem vagy akkumulátor	
Galvánelem vagy akkumulátortelep	
Vezetékcsatlakozás	
Ellenállás (rezisztor)	
Villanycsengő	
Villásdugó	
Vezetékek metszése (csatlakozás nélkül)	
Szorítókapcsok valamely műszer bekötésére	
Kapcsoló	
Izzólámpa	
Fűtőelem	
Biztosíték	

Az áram irányát az áramkörben nyíl jelzi.

Feltételesen az áram irányának a pozitív részecskék mozgási irányát tekintik, tehát az áramforrás pozitív sarkától a negatív sarka felé mutató irányt.

Jegyezzétek meg, hogy az áramkör zárásakor az áramforrás elektromos térének hatására az elektronok a negatív pólustól a pozitív pólus felé mozognak, vagyis az elektronok mozgásának iránya ellentétes a feltételesen elfogadott áramiránnyal.

A 26.5. ábrán a 26.1. és 26.3. ábrákon látható áramkörök kapcsolási rajzát és a rajtuk folyó áram irányát láthatjátok.

Megvizsgálunk egy bonyolultabb kapcsolási rajzot (26.6. ábra).

Ez az elektromos áramkör három kapcsolót, két fogyasztót (izzólámpa és melegítőkészülék) és áramforrást (akkumulátor) tartalmaz.

Ha zárjuk a K_1 és K_2 kapcsolókat, a K_3 kapcsolót pedig nyitjuk, akkor az izzólámpát tartalmazó kör zárul az áramforrással, és az izzó világítani fog. Ha zárjuk a K_1 és K_3 kapcsolót, a K_2 kapcsolót pedig nyitjuk, a melegítő lép működésbe, az izzó pedig nem fog világítani. Ha mindhárom kapcsolót zárjuk, egyidejűleg világít a lámpa és működik a melegítő.

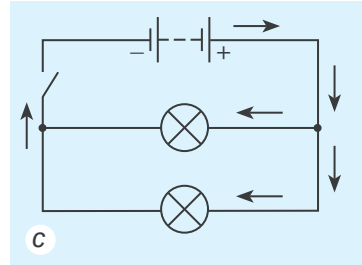
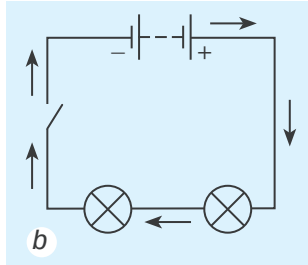
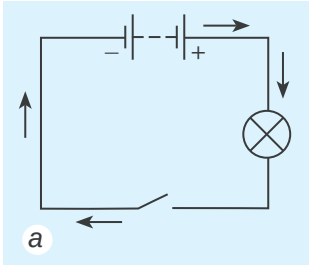
? Fog-e működni legalább egy fogyasztó, ha csak a K_1 kapcsolót nyitjuk? Ha csak a K_1 kapcsolót zárjuk? Ha igen, akkor melyik?



Összefoglaló

A legegyszerűbb áramkört a vezetékekkel összekötött áramforrás, fogyasztó és kapcsoló alkotja.

Azt a rajzot, amelyen egyezményes jelekkel ábrázolják, milyen elemekből áll össze az áramkör, és ezek az elemek hogyan kapcsolódnak egymáshoz, kapcsolási rajznak nevezzük.



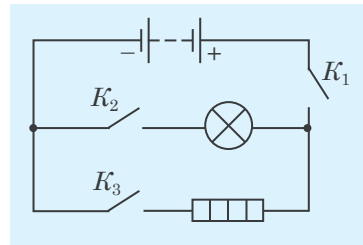
26.5. ábra. Néhány áramkör kapcsolási rajza: a – az izzó kapcsolási rajza (lásd a 26.1. ábrát); b – két izzólámpa soros bekötési rajza (lásd a 26.3. a ábrát); c – két izzólámpa párhuzamos bekötési rajza (lásd a 26.3. b ábrát). A nyilak az áram irányát mutatják, amikor a kapcsoló zárja a kört

Feltételelesen az áram irányának a pozitív részecskék mozgási irányát tekintik, tehát az áramforrás pozitív sarkától a negatív sarka felé mutató irányt.

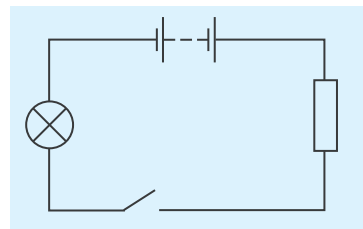


Ellenőrző kérdések

1. Soroljátok fel az elektromos áramkör fő alkotóelemeit!
2. A mechanikai modell segítségével magyarázzátok meg, mire szolgálnak az elektromos áramkör egyes elemei!
3. Soroljátok fel elektromos fogyasztókat!
4. Mi a szerepe az áramkörben a kapcsolónak?
5. Mit nevezünk kapcsolási rajznak?
6. Hogyan ábrázolják a kapcsolási rajzon a galvánelemet? A galvántelepet? A villanycsengőt? A kapcsolót?
7. Mit tekintenek az áram irányának az áramkörben?



26.6. ábra. Az izzólámpa és a villanymelegítő kapcsolási rajza

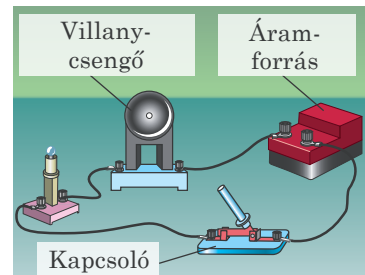


1. ábra



26. gyakorlat

1. Rajzoljátok át a füzetetekbe az 1. ábrán látható kapcsolási rajzot, és tüntessétek fel az áramforrás pólusait („+” és „-”), nyilakkal mutassátok meg az áram irányát! Írjátok fel mindegyik elem nevét!
2. Készítsétek el a 2. ábrán látható elektromos áramkör kapcsolási rajzát, és jeleljétek meg rajta az áram irányát!



2. ábra

3. Készítsétek el annak az áramkörnek a kapcsolási rajzát, amely akkumulátorteletet, két kapcsolót, csengőt és izzót tartalmaz, és amelyben az egyik kapcsoló csak az izzót, a másik csak a csengőt hozza működésbe!
4. Készítsétek el annak az áramkörnek a kapcsolási rajzát, amely galvántelepet, valamint két csengőt tartalmaz, amelyek egyszerre kapcsolhatók egy kapcsolóval! (A feladat kétféleképpen is megoldható.) Hol alkalmazható ez a kapcsolás?
5. Az áramkör akkumulátorteletből, csengőből, kapcsolóból és izzólámpából áll. Készítsétek el egy olyan áramkör kapcsolási rajzát, amelyben az izzó állandóan világít, a csengő pedig csak a kapcsoló bekapcsolásakor működik. Készítsétek el a kapcsolási rajzot!
6. Töltsétek ki a táblázatot!



A fizikai mennyiség neve	Jele	Mértékegysége a SI rendszerben
Idő		
Erő		
Elektromos töltés		
Mechanikai munka		

Fizika és technika Ukrajnában



Az **Ukrán Tudományos Akadémia Elektrodinamikai Intézete** (Kijev) az energetika, elektrotechnika és energetikai gépgyártás vezető tudományos intézménye.

Az intézményt 1947-ben alapították az Energetikai Intézet elektrotechnikai részlegének bázisán, és eleinte Elektrotechnikai Intézetnek hívták. Megalapítója és első igazgatója *Szergej Lebegyev* akadémikus volt, akinek a vezetésével 1950-ben megalkották az eurázsiai kontinens

első kis számítógépét.

Az intézet fő tudományos irányai: az elektromágneses energia paramétereinek átalakítása és stabilitása; az energiaátalakítás folyamata megbízhatóságának és hatékonyságának növelése; a villamosenergetikai rendszerek optimalizálása és automatizálása; informatikai mérőrendszerek létrehozása a villamosenergetikában; komplex energetikai rendszerek létrehozása alternatív energiaforrásokból.

Az intézetet sok neves tudós vezette: *A. Nyeszterenko* akadémikus, *O. Miljah*, *A. Sidlovszkij*. 2007-től az intézmény vezetője *Olekszandr Vasziljovics Kirilenko* akadémikus.

27. §. ÁRAMERŐSSÉG. AZ ÁRAMERŐSSÉG MÉRTÉKEGYSÉGE. AMPERMÉRŐ

Már tudjátok, hogy a fizikai jelenségek, testek és anyagok tulajdonságainak mennyiségi leírásához a tudósok fizikai mennyiségeket használnak. Milyen fizikai mennyiségek segítségével lehet mennyiségileg leírni az áram áthaladását a vezetőn? Az egyik ilyen mennyiséget megismerhetitek ebből a paragrafusból.

1 Tisztázzuk, mit nevezünk áramerősségnek

Mint már tudjátok, a fémrúdban nagyszámú szabad töltéshordozó – elektron – található.

Amikor a rúdban nem folyik áram, mozgásuk kaotikus. Ezért úgy tekinthetjük, hogy egy másodperc alatt a rúd keresztmetszetén (27.1. ábra) ugyanannyi elektron mozdul el balról jobbra, mint jobbról balra.

Ha a rudat áramforráshoz kapcsoljuk, az elektronok rendezetten fognak mozogni, és jelentősen megnő azoknak a száma, amelyek meghatározott idő alatt bizonyos irányban haladnak át a keresztmetszetén. Tehát az adott irányban a rúd keresztmetszetén bizonyos töltésmennyiség halad át.

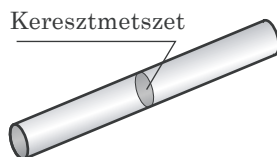
Áramerősség – az elektromos áramot jellemző fizikai mennyiség, amely számbelileg egyenlő azzal a töltéssel, amely a vezető keresztmetszetén egységnyi idő alatt áthalad.

Az áramerősség jele I , és a következő képlet segítségével határozható meg:

$$I = \frac{q}{t},$$

ahol q – a vezető keresztmetszetén t idő alatt áthaladó töltés.

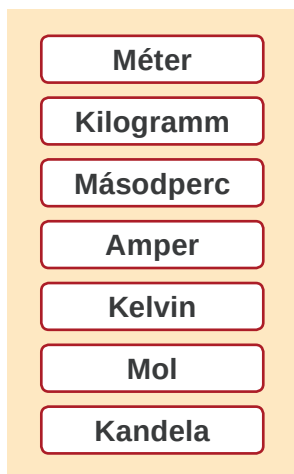
Hogy jobban megértsük a bevezetett fizikai mennyiség lényegét, újra az áramkör mechanikai modelljéhez fordulunk (lásd a 26.4. ábrát). Nyilvánvaló, hogy az áramerősség mechanikai analógja az a vízmennyiség, amely a cső keresztmetszetén 1 s alatt áthalad.



27.1. ábra. Képzeltben elvágva a rudat megkapjuk annak keresztmetszetét



27.2. ábra. André Marie Ampère (1775–1836) – francia fizikus, matematikus és kémikus, az elektromágneses jelenségekről szóló tan egyik megalapítója. Ampère elsőként vezette be a fizikába az elektromos áram fogalmát



27.3. ábra. A nemzetközi mértékegységrendszer (SI) fizikai mennyiségeinek alapegységei

2 Megismerkedünk az áramerősség mértékegységével

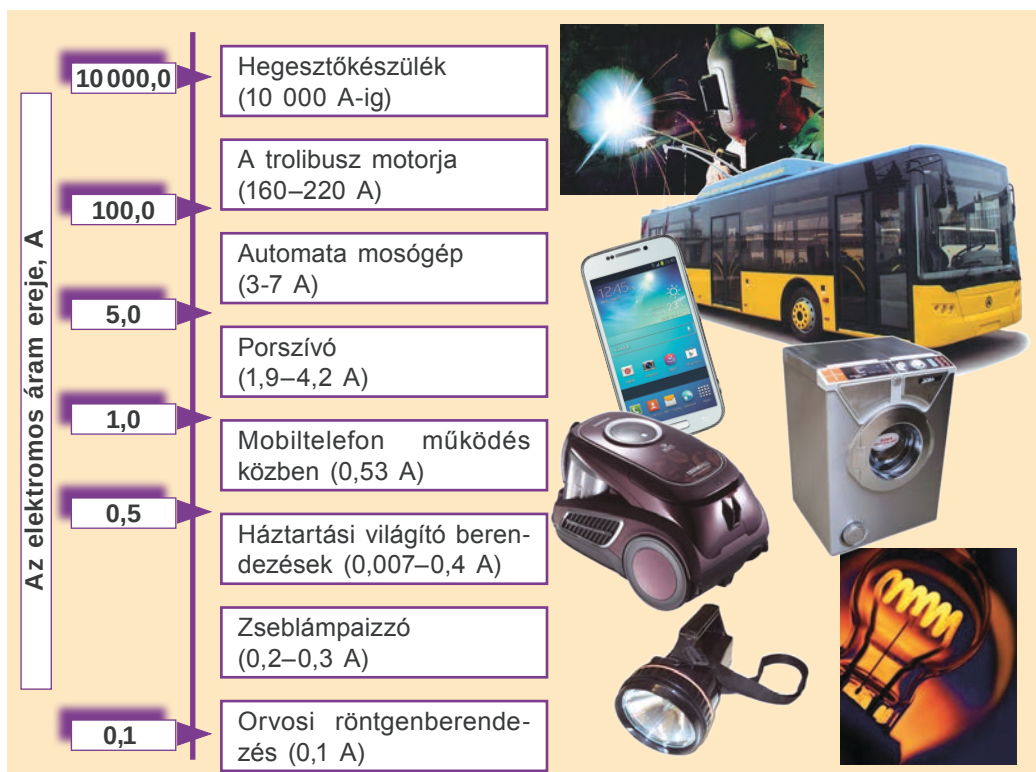
Az áramerősség mértékegysége a SI rendszerben az amper:

$$[I] = 1 \text{ A.}$$

Ez az egység *André Ampère* (27.2. ábra) francia tudósról kapta a nevét. Az amper a SI rendszer egyik alapegysége (27.3. ábra).

Az amperen kívül a gyakorlatban gyakran használják az áramerősség többszöröseit és törtrészeit. A kis áramerősségek mérésére használják a *milliampert* (mA) és *mikroampert* (mA), a nagy áramerősségekre pedig a *kiloampert* (kA).

Hogy elképzelhessük, mit jelent a nagy és kis áramerősség, megvizsgálunk néhány példát. A vilámcsatornában az áramerősség közel 500 kA, az idegsejt nyúlványában az idegimpulzusok továbbítása során alig 0,004 mA, az elektroforézissel végzett gyógykezelés közben az áram erőssége 0,8 mA.



27.4. ábra. Az áramerősség értéke egyes elektromos berendezésekben

? Emlékezzetek vissza, milyen szorzóknak felelnek meg a kilo-, mikro-, milli-előtagok, és az említett áramerősség-értékeket adjátok meg amperben!

Az egyes elektrotechnikai eszközökben folyó áram erősségét a 27.4. ábrán láthatjátok.

Az ember testén áthaladó áram akkor tekinthető biztonságosnak, ha az értéke nem haladja meg az 1 mA-t; a 100 mA áramerősség már komoly sérülést okozhat. Ezért, hogy ne kerüljünk életveszélybe az elektrotechnikai műszerekkel és eszközökkel végzett munka közben, szigorúan be kell tartani a balesetvédelmi szabályokat. Ezekről a tankönyv belső borítóján olvashattok. Most azokat a fő szabályokat tekintjük át, amire mindenkinek emlékeznie kell, ha az elektromossággal kerül kapcsolatba.

TILOS:

- megérinteni csupasz vezetéket, különösen a földön, nedves padlón állva;
- meghibásodott elektrotechnikai eszközöket használni;
- összeszerelni vagy szétszedni, javítani olyan elektrotechnikai eszközöket, amelyek nincsenek lekapcsolva a hálózatról.

3 Meghatározzuk az elektromos töltés mértékegységét

Ismerve az áramerősség egységét, könnyen megkaphatjuk az elektromos töltés SI rendszerbeli egységét. Mivel $I = \frac{q}{t}$, ezért $q = It$. Tehát:

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}.$$

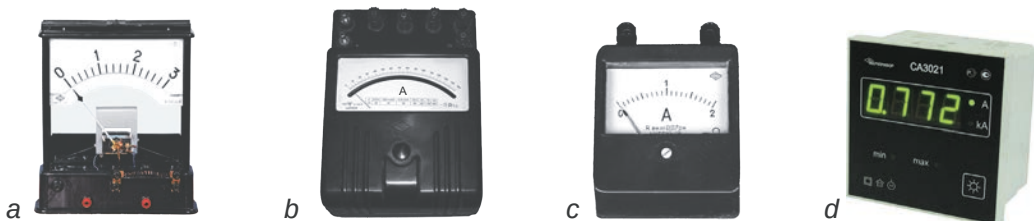
1 C az a töltésmennyiség, ami 1 A áramerősség esetén 1 s alatt áthalad a vezető keresztmetszetén.

4 Megmérjük az áramerősséget

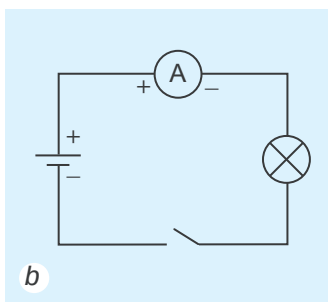
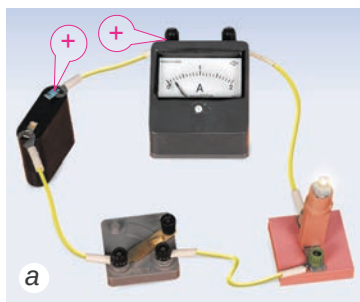
Az áramerősség mérésére *ampermérőt* használnak (27.5. ábra).

Az ampermérő egyezményes jelölése az áramkörben: $\textcircled{\text{A}}$.

Mint minden más mérőműszer, az ampermérő sem befolyásolja a mért mennyiség értékét. Olyan a felépítése, hogy az áramkörbe való bekötésekor az áramerősség a körben gyakorlatilag nem változik.



27.5. ábra. Ampermérők egyes típusai: a – demonstrációs; b – laboratóriumi, tükrös skálával; c – iskolai kísérleti; d – digitális



27.6. ábra. Az izzón áthaladó áram erősségének mérése ampermérővel:
a – az áramkör kinéze-
te; b – kapcsolási rajz

Az ampermérő használata során betartandó szabályok

1. Az ampermérőt mindig azzal a fogyasztóval kell sorba kötni, amelyen az átfolyó áramerősséget akarjuk meghatározni (27.6. ábra).
2. Az ampermérő „+” szorítócsavarját azzal a vezetővel kell összekötni, amelyik az áramforrás pozitív sarkából indul, a „–” jelű szorítócsavart pedig az áramforrás negatív sarkából kiinduló vezetővel.
3. Az ampermérőt tilos fogyasztó nélküli áramkörbe kapcsolni, mert elromolhat vagy tűz keletkezhet.

5 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. Hány elektron halad át az izzó spiráljának keresztmetszetén 2 s alatt, ha az áramerősség 0,32 A?

A fizikai probléma elemzése. Hogy meghatározhassuk az elektronok N számát, ismernünk kell a 2 s alatt átvitt q töltést, valamint egy elektron e töltését. A teljes töltést megkapjuk az áramerősség meghatározásából; egy elektron töltése: $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Adva van:

$$t = 2 \text{ s}$$

$$I = 0,32 \text{ A}$$

$$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Meghatározzuk:

$N = ?$

A matematikai modell felállítása, megoldás.

Az áramerősség meghatározása szerint: $I = \frac{q}{t}$, ezért $q = It$. Ismerve a teljes töltést, meghatározzuk az elektronok számát.

$$N = \frac{q}{|e|} = \frac{It}{|e|}.$$

Ellenőrizzük a mértékegységet, és meghatározzuk a keresett mennyiséget:

$$[N] = \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{C}} = \frac{\text{C}}{\text{C}} = 1;$$

$$N = \frac{0,32 \cdot 2}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 4 \cdot 10^{18}.$$

Felelet: $N = 4 \cdot 10^{18}$ elektron.



Összefoglaló

Az I áramerősség az elektromos áramot jellemző fizikai mennyiség, amely számbelileg egyenlő azzal a q töltéssel, amely a vezető keresztmetszetén egységnyi idő alatt áthalad: $I = \frac{q}{t}$.

Az áramerősség mértékegysége a SI rendszerben az amper (A). Az amper a SI rendszer egyik alapegysége. 1 C az a töltésmennyiség, ami a vezető keresztmetszetén 1 s alatt áthalad 1 A áramerősség esetén.

Az áramerősséget ampermérő segítségével határozzák meg. Az ampermérőt az áramkörbe sorosan kötik be azzal a fogyasztóval, amelyikben az áramerősséget mérik.



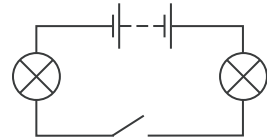
Ellenőrző kérdések

1. Mit nevezünk áramerősségnek?
2. Milyen képlettel határozzuk meg az áramerősséget?
3. Mi az áramerősség mértékegysége? Kinek a tiszteletére kapta a nevét?
4. Mekkora áramerősség veszélytelen az emberre?
5. Milyen fő balesetvédelmi szabályokat kell betartani az elektromos berendezésekkel végzett munka közben?
6. Adjátok meg a coulomb meghatározását!
7. Milyen műszerekkel mérhető az áramerősség?
8. Milyen szabályokat kell betartani áramerősség mérésekor?



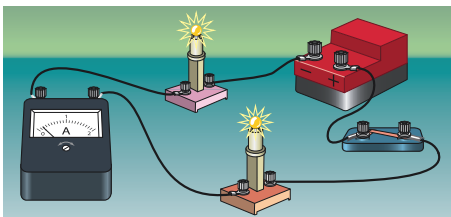
27. gyakorlat

1. Rajzoljátok át a füzetbe az 1. ábrán látható kapcsolási rajzot! Mutassátok meg, hova lehet bekötni az ampermérőt, hogy meghatározhassuk az izzókon át folyó áram erősségét! A „+” és „-” jelekkel jelöljétek meg az amperméter pólusait!
2. A vezetőben az áramerősség 200 mA. Mennyi idő alatt halad át a vezető keresztmetszetén 24 C töltés?

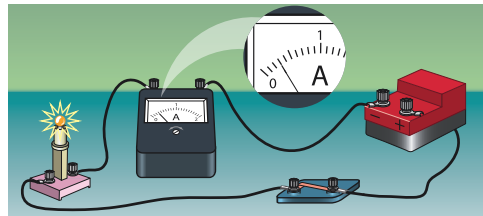


1. ábra

3. Szerkesszétek meg a 2. ábrán látható áramkör kapcsolási rajzát, és tüntessétek fel rajta az amperméter pólusait! Szerintetek hogyan változik az amperméter mutatójának állása, ha az egyik izzó kiég?
4. A 3. ábrán áramerősség mérése látható. Szerkesszétek meg a kapcsolási rajzot, és jelöljétek meg az amperméter pólusait! Határozzátok meg az izzó spirálján 10 s alatt áthaladó töltést!
5. Mivel egyenlő az áramerősség abban a vezetőben, amelyben 10 s alatt a vezető keresztmetszetén $2 \cdot 10^{20}$ elektron halad át?



2. ábra



3. ábra

28. §. ELEKTROMOS FESZÜLTSG. A FESZÜLTSG MÉRTÉKEGYSÉGEI. VOLT MÉRŐ

Bizonyára mindenki hallotta már a figyelmeztetést: „Oda ne menj – ott nagyfeszültség van!”, a felháborodást, hogy „Már megint csökkent a feszültség a hálózatban!”, vagy a kérdést: „Milyen feszültségre méretezték ezt a műszert?” Ebből a paragrafusból megtudhatjátok, mi a feszültség, és miért tüntetik fel minden berendezésen az értékét.

1 Meghatározzuk, mi az elektromos feszültség

A 23. §-ban bebizonyítottuk, hogy a szabad töltéshordozók irányított mozgása (az elektromos áram) az elektromos tér által a részecskékre kifejtett erő révén lehetséges. A 7. osztályos fizika tananyagból pedig azt is tudjátok, hogy amikor a test bizonyos erő hatására mozog, és mozgásiránya megegyezik az erő hatásának irányával, akkor ez az erő munkát végez. Tehát, amikor az áramkör bizonyos szakaszán áram folyik, akkor az elektromos tér munkát végez. Ezt a munkát az *áram munkájának* nevezzük.

Azt a munkát, amit az elektromos tér képes elvégezni vagy végez a töltés elmozdításakor az áramkör egy adott szakaszán, az *elektromos feszültség* határozza meg.

Az áramkör bizonyos szakaszán vett **elektromos feszültség** olyan fizikai mennyiség, amely számbelileg megegyezik az elektromos térnek az egységnyi pozitív töltés elmozdítására fordított munkájával az adott szakaszon.

A feszültség jele U és az

$$U = \frac{A}{q}$$

képlettel határozható meg, ahol A az a munka, amit elvégez (elvégezhet) az elektromos tér a q töltés elmozdításakor az áramkör adott szakaszán.

A *feszültség mértékegysége a SI rendszerben a volt* (A. Volta olasz tudós tiszteletére):

$$[U] = 1 \text{ V.}$$

Az áramkör szakaszán 1 V a feszültség, ha 1 C töltés átvitelekor az elektromos tér 1 J munkát végez:

$$1 \text{ V} = 1 \frac{\text{J}}{\text{C}}.$$

A volton kívül a gyakorlatban használják a feszültségegység többszöröseit és törtrészeit: *mikrovolt* (μV), *millivolt* (mV), *kilovolt* (kV):

$$1 \mu\text{V} = 10^{-6}\text{V}; 1 \text{ mV} = 10^{-3}\text{V}; 1 \text{ kV} = 10^3\text{V}.$$

Például az elektromos feszültség a sejtmembránon vagy a mikrochipekben néhány millivolt, az esőfelhők között pedig több száz volt.



Tudjátok-e, mekkora a feszültség az otthonotokban? A mobiltelefonotokban töltés közben?

2 Analógiát keresünk

Az elektromos áram és a víz közötti analógiát elővéve (lásd a 26. §) megállapítjuk, hogy a feszültség az edényekben lévő víz szintkülönbségének felel meg. Ha a vízszint a két edényben azonos, a víz nem folyik át egyik edényből a másikba. Hasonlóképpen, ha az áramkör szakaszának két végpontja között nincs feszültség, akkor az adott szakaszon nem folyik áram.

Minél nagyobb a vízszintkülönbség a két edény között, annál nagyobb munkát végez a nehézségi erő 1 kg víz esésekor. Ennek megfelelően, minél nagyobb a feszültség az áramkör végpontjain, annál nagyobb munkát végez az elektromos tér részéről ható erő 1 C töltés elmozdításakor.

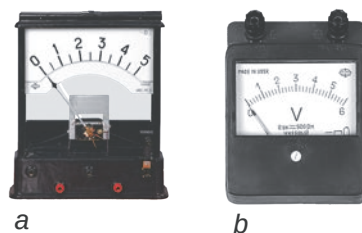
3 Megmérjük a feszültséget, megismerkedünk a voltmérővel

A feszültség mérésére *voltmérőt* használnak (28.1. ábra). A voltmérő külsőre és a működési elvében is nagyon hasonlít az ampermérőre.

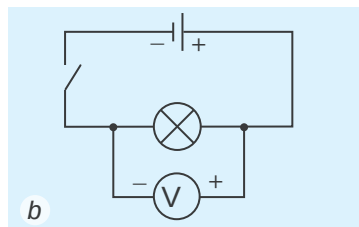
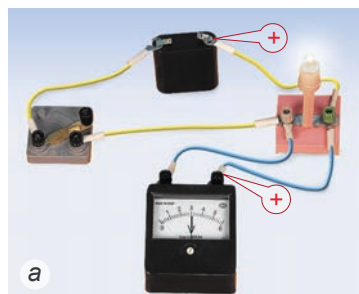
Mint minden más mérőműszer, a voltmérő sem gyakorolhat hatást a mérendő mennyiség értékére. Ezért a voltmérőnek olyan a szerkezete, hogy az áramkörbe való bekötésekor a feszültség értéke ezen a szakaszon gyakorlatilag ne változzon meg.

*A feszültség voltmérővel történő mérésekor
betartandó szabályok*

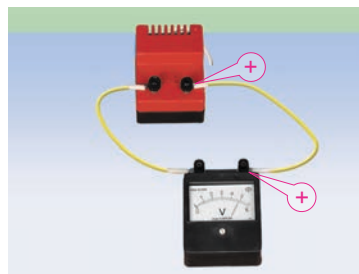
1. A voltmérőt párhuzamosan kapcsolják az áramkör azon szakaszához, amelyen meg kell mérni a feszültséget (28.2. ábra).
2. A voltmérő „+” jellel jelölt szorítócsavarját az áramforrás pozitív végéből kiinduló vezetékhez kell kapcsolni, a „-” jellel jelölt szorítócsavarját a negatív pólusról kiinduló vezetékhez.
3. Ahhoz, hogy megmérjük a feszültséget az áramforrás pólusain, a voltmérőt közvetlenül az áramforrás pólusaihoz kell kapcsolni (28.3. ábra).



28.1. ábra. Néhány voltmérő típus: a – iskolai demonstrációs; b – iskolai laboratóriumi



28.2. ábra. Feszültség mérése az izzón voltméter segítségével: a – általános nézet; b – az áramkör kapcsolási rajza



28.3. ábra. Feszültség mérése az áramforrás pólusain voltméter segítségével

4 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. A gépkocsi akkumulátorán a feszültség 12 V. Milyen magasról kell leesnie a 26 kg tömegű testnek ahhoz, hogy a nehézségi erő ugyanakkora munkát végezzen, mint a gépkocsi egyik áramkörén 300 C töltést elmozdító elektromos tér?

A fizikai probléma elemzése. A feladat szerint a nehézségi erő munkája megegyezik az elektromos áram munkájával: $A = A_{\text{áram}}$. Megtalálva a nehézségi erő és a feszültség által végzett munka meghatározására szolgáló képletet, kiszámítjuk, milyen magasból kell leesnie a testnek.

Adva van:

$$U = 12 \text{ V}$$

$$m = 36 \text{ kg}$$

$$A = A_{\text{áram}}$$

$$q = 300 \text{ C}$$

$$g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

Meghatározzuk:
 h – ?

A matematikai modell felállítása, megoldás.

A feszültség meghatározásából $U = \frac{A_{\text{áram}}}{q}$, tehát
 $A_{\text{áram}} = Uq$.

A mechanikai munka képlete: $A = Fl$, ahol
 $F = F_{\text{neh}} = mg$, és $l = h$.

Tehát $A = mgh$.

Mivel $A_{\text{áram}} = A$, ezért $Uq = mgh$; innen $h = \frac{Uq}{mg}$.

Ellenőrizzük a mértékegységet, és meghatározzuk a keresett mennyiséget:

$$[h] = \frac{\text{V} \cdot \text{C}}{\text{kg} \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = \frac{\frac{\text{J}}{\text{C}} \cdot \text{C}}{\text{N}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{N}} = \text{m};$$

$$h = \frac{12 \cdot 300}{36 \cdot 10} = 10 \text{ (m)}.$$

Felelet: $h = 10 \text{ m}$.



Összefoglaló

Az áramkör bizonyos szakaszán vett elektromos feszültség olyan fizikai mennyiség, amely számbelileg megegyezik az elektromos térnek az egységnyi pozitív töltés elmozdítására fordított munkájával az adott szakaszon.

A feszültség jele U és az $U = \frac{A}{q}$ képlettel határozzák meg, ahol A az a munka, amit elvégez (elvégezhet) az elektromos tér a q töltés elmozdításakor az áramkör adott szakaszán.

A feszültség mértékegysége a SI rendszerben a volt (V). Az áramkör szakaszán 1 V a feszültség, ha 1 C töltés átvitelekor az elektromos tér 1 J munkát végez: $\left(1\text{V} = 1 \frac{\text{J}}{\text{C}}\right)$.

A feszültség mérésére szolgáló berendezést voltmérőnek nevezzük. A voltmérőt párhuzamosan kell az áramkör azon szakaszához kapcsolni, amelynek a feszültségét meg kell mérni.



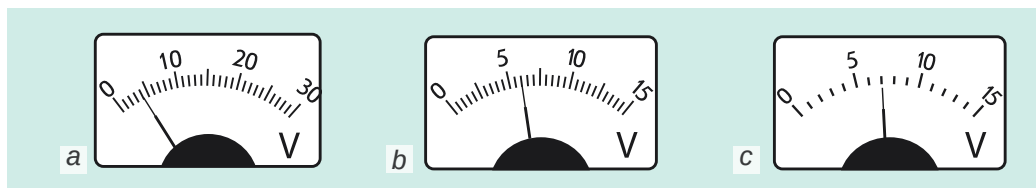
Ellenőrző kérdések

1. Bizonyítsátok be, hogy amikor a vezetékben áram folyik, az elektromos tér munkát végez! **2.** Mit nevezünk feszültségnek az áramkör bizonyos szakaszán? **3.** Milyen képlet segítségével határozzuk meg az elektromos feszültséget? **4.** Mi a feszültség mértékegysége? **5.** Ismertessétek a feszültség mértékegységének meghatározását! **6.** Milyen műszert használnak a feszültség mérésére? Milyen szabályokat kell betartani a feszültség mérése során?

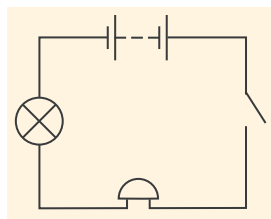


28. gyakorlat

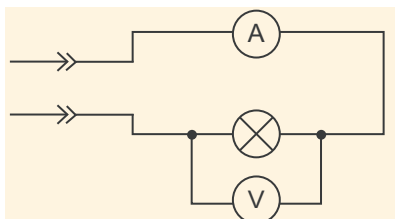
- Az 1. ábrán különféle voltmérők skálái láthatók. Határozzátok meg mindegyik skála beosztását és a műszerek állása szerinti feszültséget!
- A 2. ábrán egy áramkör kapcsolási rajza látható. Másoljátok át a fűzetbe, és tüntessétek fel, hova kell bekötni a voltmérő pólusait!
- A 3 C nagyságú töltésnek az áramkör szakaszán való elmozdítása során az elektromos tér 0,12 kJ munkát végzett. Határozzátok meg a szakasz feszültségét!
- Az elektromos tér 60 C töltés elmozdításakor ugyanakkora munkát végzett, mint a nehézségi erő 200 g tömegű súly 360 m magasságból történő zuhanásakor. Mekkora a feszültség az áramkörben az áramforrás sarkain?
- A 3. ábrán egy áramkör kapcsolási rajza látható. Határozzátok meg az áram munkáját az izzóban 1 h alatt, ha az ampermérő és voltmérő mutatója 0,5 A és 220 V.
- Kiegészítő forrásanyag felhasználásával állítsatok össze feladatot az elektromos áram munkájának a meghatározására egy elektromos berendezésben!
- A rugalmassági erő (F_{rug}) és a megnyúlás (x) közötti összefüggés grafikonjának segítségével határozzátok meg a rugó merevségét (k) (4. ábra)!



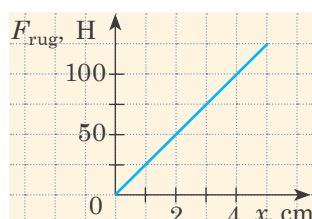
1. ábra



2. ábra



3. ábra



4. ábra

29. §. ELEKTROMOS ELLENÁLLÁS. OHM TÖRVÉNYE

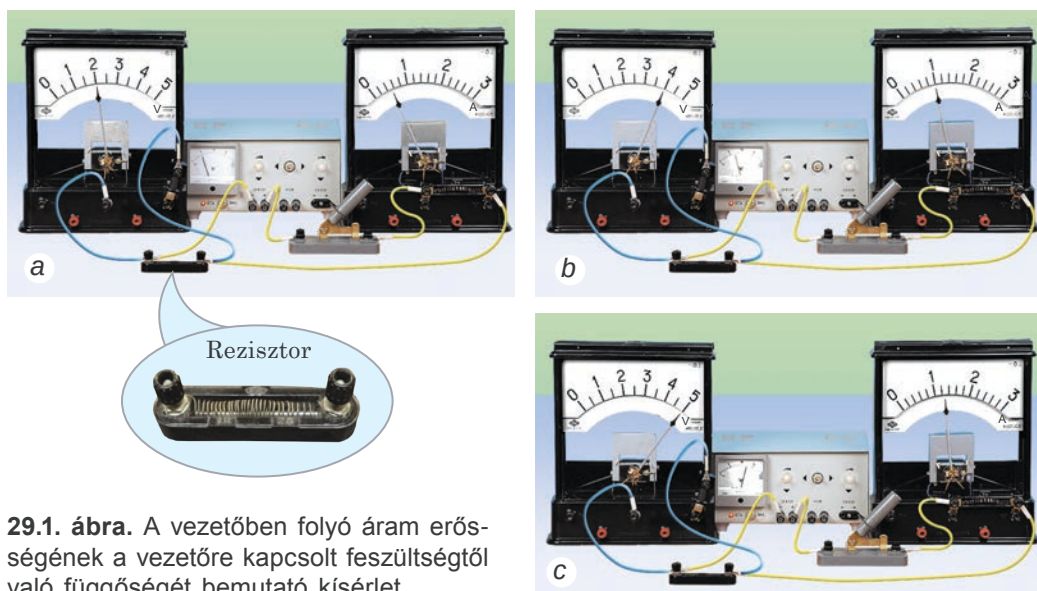
Emlékezzetek vissza az áramkör 26. §-ban (lásd a 26.4. ábrát) bemutatott mechanikai modelljére. Most pedig képzeljétek el, hogy elég hosszú ideig nektek kell merni a vizet, azaz fenntartani a kerék forgását. Hogyan lehet ezt a legkisebb erőfeszítéssel elvégezni? Valószínűleg arra fogtok törekedni, hogy a víz a csőből lassabban folyjék. Ehhez vékonyabb csövet fogtok választani, és az edények vízszintkülönbségét a lehető legkisebbre csökkentitek.

Emlékezzetek vissza arra, hogy a vízszintkülönbség – a feszültség analógja, a csővön 1 s alatt átfolyt víz mennyisége pedig az áramerősség. Tehát feltételezhetjük, hogy az áramerősség a kör adott szakaszán csökken a feszültség csökkenésekor, és függ a vezető vezetőképességétől. Ellenőrizzük ezeket a feltételezéseket.

1 Meggyőződünk arról, hogy az áramerősség a vezetőben a végpontjai közötti feszültségtől függ

Összeállítunk egy olyan áramkört, amelyben a fogyasztó egy fémhuzal, az áramforrás pedig egy olyan berendezés, amelynek a kimenetén szabályozhatjuk a feszültséget. Az áramkör fémhuzalból álló szakaszához az áramerősség és a feszültség mérésére ampermérőt és voltmérőt kapcsolunk (29.1. a ábra).

A kísérlet azt mutatja, hogyha a huzalon kétszeresére nő a feszültség, akkor az áramerősség is kétszeresére nő (29.1. b ábra); a feszültség 2,5-szeresére növelése a huzalokon az áramerősség 2,5-szeres emelkedésével jár (29.1. c ábra). Tehát, ahányszorosára nő a feszültség a vezetőben, annyszor nő az áramerősség is az adott vezetőben. Más szavakkal, a vezetőben folyó áramerősség egyenesen arányos a végpontjai közötti feszültséggel. Ezt az összefüggést kísérletileg elsőként Georg Ohm német tudós (29.2. ábra) állapította meg 1826-ban.



29.1. ábra. A vezetőben folyó áram erősségének a vezetőre kapcsolt feszültségtől való függőségét bemutató kísérlet

A matematika tananyagából tudjátok, hogy ilyen megfelelés az $I = kU$ képlettel fejezhető ki, ahol a k arányossági tényező, ábrázolni pedig grafikonnal lehet, amely egy origón áthaladó egyenes (29.3. ábra).

A vezetőben folyó áramerősség és annak végpontjain mért feszültség közötti összefüggést még a vezető **volt-ampér karakterisztikájának** (jelleggörbéjének) is nevezzük.

2 Megismerkedünk az elektromos ellenállással

Ha az 1. pontban leírt kísérletet más vezetőkkel is elvégezzük, észrevesszük, hogy az áramerősség a vezetőben minden esetben arányos a végpontjain mért feszültséggel ($I = kU$), az arányossági tényező viszont minden esetben különbözni fog. Erről tanúskodik a grafikonok eltérő hajlásszöge (29.4. ábra). Tehát az áramerősség a vezetőben nem csak a végpontjai közötti feszültségtől függ, de a vezető tulajdonságától is.

A gyakorlatban az $I = kU$ összefüggést így használják: $I = \frac{1}{R} \cdot U$, vagy $I = \frac{U}{R}$ alakban, ahol R – a vezető elektromos ellenállása.

Minél nagyobb a vezető ellenállása, annál kisebb benne az áramerősség. Vagyis minél nagyobb a vezető ellenállása, annál inkább akadályozza az áram áthaladását – *ellenállást fejt ki*. (Eközben az elektromos energia egy része a vezető belső energiájává alakul át.)

Elektromos ellenállás – olyan fizikai mennyiség, amely a vezető elektromos árammal szemben kifejtett ellenhatását jellemzi.

Az ellenállás mértékegysége a SI rendszerben az **ohm** (Ω):

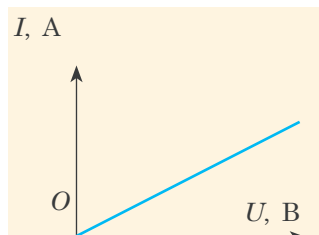
$$[R] = 1 \, \Omega.$$

1 Ω annak a vezetőknek az ellenállása, amelyben a végpontjai közötti 1 V feszültség mellett 1 A erősségű áram folyik:

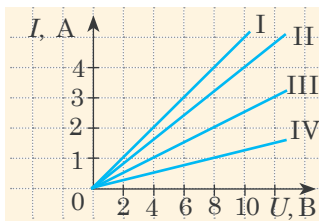
$$1 \, \Omega = 1 \, \frac{\text{V}}{\text{A}}.$$



29.2. ábra. Georg Simon Ohm (1787–1854) – német fizikus, 1826-ban kísérleti úton felfedezte a később róla elnevezett törvényt

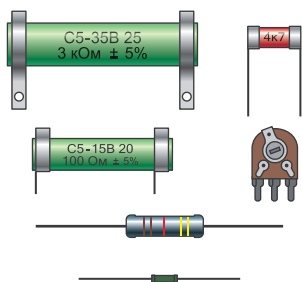


29.3. ábra. A vezetőben folyó áramerősség és a vezető végpontjain lévő feszültség közötti összefüggést kifejező függvény grafikonja egyenes vonal



29.4. ábra. Az áramerősség feszültségfüggése különböző vezetőkben

* Az $\frac{1}{R}$ mennyiséget a fizikában vezetőképességnek nevezik. Egysége a SI rendszerben a **siemens** (S), amit *Ernst Werner von Siemens* (1816–1892) német fizikus és elektrotechnikus, az ismert Siemens konszern megalapítója tiszteletére nevezték el. 1 S az 1 Ω ellenállású vezető elektromos vezetőképessége.



29.5. ábra. Az elektrotechnikában használatos különböző típusú rezisztorok (ellenállások). Az ellenállás értéke a felületén van feltüntetve

A legtöbb rádiótechnikai berendezés elképzelhetetlen *rezisztor* elnevezésű alkatrész nélkül, amely bizonyos ellenállást hoz létre (29.5. ábra).

3 Megfogalmazzuk Ohm törvényét az áramkör szakaszára

Mindaz, amit a vezető ellenállásáról és az áramerősség feszültségfüggéséről tanultatok, érvényes egy tetszőleges számú vezetőből álló áramkör szakaszára is. Tehát **Ohm törvénye az áramkör szakaszára** vonatkozóan a következőképpen szól:

Az áramerősség az áramkör szakaszán egyenesen arányos a szakasz végpontjai közötti feszültséggel.

Ohm törvényének matematikai alakja:

$$I = \frac{U}{R},$$

ahol R – az áramkör szakaszának ellenállása, amely csak a szakaszt alkotó vezetők tulajdonságaitól függ.

Ohm törvénye az egyik legfontosabb fizikai törvény, az elektrotechnikában az áramkörök tervezésének túlnyomó többsége ezen alapul.

? Ohm törvényét felhasználva vezessétek le a vezető ellenállásának képletét; a vezető végpontjai közötti feszültség képletét!

4 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. Az ábrán egy fémből készült vezető volt-ámpér karakteristikája látható. Határozzátok meg a vezető ellenállását!

A fizikai probléma elemzése. Az áramerősség feszültségtől való függésének grafikonja egyenes vonal, ezért az ellenállás meghatározásához a grafikon tetszőleges pontját és Ohm törvényét használjuk.

Adva van:
 $I = 10 \text{ A}$
 $U = 220 \text{ V}$

Meghatározzuk:
 $R = ?$

A matematikai modell felállítása, megoldás.

A grafikon alapján megállapíthatjuk, hogy például 220 V feszültség mellett az áramerősség 10 A.

Ohm törvénye alapján $I = \frac{U}{R}$, tehát $R = \frac{U}{I}$.

Ellenőrizzük a mértékegységet, és meghatározzuk a keresett mennyiséget: $[R] = \frac{\text{V}}{\text{A}} \Omega$; $R = \frac{220}{10} = 22 (\Omega)$.

Felelet: $R = 22 \Omega$.



Összefoglaló

Az I áramerősség az áramkör szakaszán egyenesen arányos a szakasz végpontjai közötti U feszültséggel. Ezt a törvényszerűséget Ohm törvényének nevezzük az áramkör szakaszára és matematikailag az $I = \frac{U}{R}$ képlettel írjuk le, ahol R – az áramkör szakaszának ellenállása (ami csak a szakaszt alkotó vezetők tulajdonságaitól függ).

Az elektromos ellenállás olyan fizikai mennyiség, amely a vezető elektromos árammal szemben kifejtett hatását jellemzi.

Az ellenállás mértékegysége a SI rendszerben az ohm (Ω); 1Ω annak a vezetőnek az ellenállása, amelynek a végpontjain lévő 1 V feszültség mellett 1 A erősségű áram folyik.



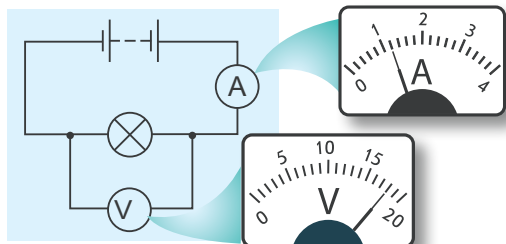
Ellenőrző kérdések

- Hogyan mutatható ki kísérletileg, hogy az áramerősség a vezetőben arányos a végpontjai közötti feszültséggel?
- Írjátok le azt a kísérletet, amely azt bizonyítja, hogy az áramerősség a vezetőben függ a vezető tulajdonságaitól!
- Mit nevezünk a vezető ellenállásának?
- Mi az 1Ω ?
- Fogalmazzatok meg Ohm törvényét az áramkör szakaszára vonatkozóan!

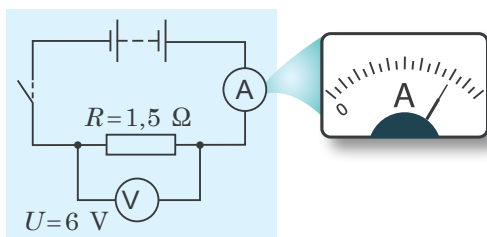


29. gyakorlat

- Az 1. ábrán látható műszerek állása alapján határozzátok meg az izzó ellenállását!
- A 29.4. ábrán néhány vezető volt-ámpér jelleggörbéje látható. Határozzátok meg ezeknek a vezetőknek az ellenállását!
- A vízforraló spiráljában folyó áram erőssége $1,5 \text{ A}$. Határozzátok meg a spirál végpontjain a feszültséget, ha az ellenállása 150Ω !
- A vezető ellenállása 2Ω . Ábrázoljátok grafikusan ennek a vezetőnek a volt-ámpér karakterisztikáját!
- A vezetőn, melynek végpontjain 12 V feszültség van, 5 min alatt 60 C töltés halad át. Határozzátok meg a vezető ellenállását!
- Ha az áramkörben (2. ábra) zárjuk a kapcsolót, akkor az ampermérő mutatója az ábrán látható módon kitér. Határozzátok meg az ampermérő skálájának beosztását!
- Függ-e a vezető ellenállása a benne folyó áram erősségétől? A végpontjain lévő feszültségtől? Válaszokat indokoljátok meg!
- A 10 mm^2 keresztmetszetű rézhuzalból egy 10 cm átmérőjű gyűrűt készítettek. Határozzátok meg a gyűrű tömegét!



1. ábra



2. ábra

30. §. A VEZETŐ ELLENÁLLÁSÁNAK KISZÁMÍTÁSA. AZ ANYAGOK FAJLAGOS ELLENÁLLÁSA. REOSZTÁTOK

Már annyira hozzászoktunk a különböző technikai berendezések használatához, hogy gyakran el sem gondoljuk azon, hogyan is működnek. Mindenki hangozította már a rádiót vagy a televíziót, vagy megfigyelte azt, ahogy lassan kialszik a fény a moziban a vetítés előtt. De feltették-e magatokban a kérdést, hogy ez miként történik? Erre fogjuk most keresni a választ.

1 Tisztázzuk, mitől függ a vezető ellenállása

Amikor a fémvezetőben áram folyik, a szabad elektronok irányított mozgásuk közben beleütköznek a fém kristályrácsának ionjaiba. Az ütközések eredményeként a töltött részecskék irányított mozgásának átlagsebessége csökken: a vezető ellenállást fejt ki az árammal szemben.

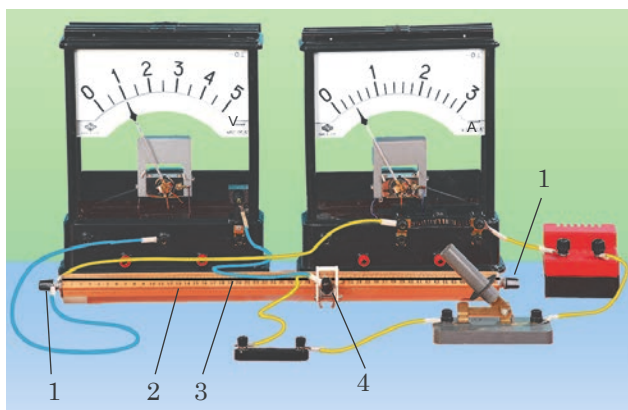
Ismeretes, hogy *a vezető ellenállása függ a vezető hosszától, keresztmetszetétől, valamint a vezető anyagától.*

Erről kísérletekkel győződhetünk meg, minden esetben csak a paraméterek egyikét megváltoztatva. A vezető ellenállását Ohm törvényével határozzuk meg: ampermérővel megmérjük a vezetőben folyó I áramerősséget, voltmérővel pedig az U feszültséget, majd kiszámítjuk a vezető ellenállását:

$$R = \frac{U}{I}.$$

Előbb azt tisztázzuk, hogyan függ a vezető ellenállása a hosszától. Ehhez áramforrásból, ellenállásból és vékony, vonalzóhoz rögzített nikróm huzalból álló áramkört állítunk össze (30.1. ábra). A vezető hosszát csúszkával, egy speciálisan kiképzett szorítóval változtatjuk, ami könnyen mozgatható a vezető hosszában. Az áramerősség és a feszültség méréseire ampermérőt és voltmérőt kapcsolunk a körbe.

A megfelelő méréseket elvégezve meggyőződünk arról, hogy a vezető hosszának változásakor változik az ellenállás is: ahányszorososan növekszik (csökken) a vezető hossza, annyszor növekszik (csökken) az ellenállása. Tehát, *a vezető ellenállása egyenesen arányos a hosszával.*



30.1. ábra. A vezető ellenállása és hossza közötti egyenes arányosságot igazoló kísérlet. Az ábrán: 1 – szorítókapcsok; 2 – vonalzó; 3 – nikróm huzal; 4 – csúszka

Hogy tisztázzuk, hogyan függ a vezető ellenállása a keresztmetszetétől, veszünk néhány, panelhez rögzített, azonos hosszúságú, de különböző keresztmetszetű nikróm vezetőt (30.2. ábra). A kísérlet azt mutatja, hogy a keresztmetszet kétszeres növekedése az ellenállás kétszeresére történő csökkenését eredményezi, azaz a *vezető ellenállása fordítottan arányos annak keresztmetszetével*.

Ha a fent leírt kísérleteket azonos hosszúságú és keresztmetszetű, de különböző anyagokból készült vezetőkkel (réz, nikróm, alumínium) végezzük, meggyőződünk arról, hogy a *vezető ellenállása függ attól az anyagtól, amelyből készült*.

Összegezve a kísérletek eredményeit, a következő képlethez jutunk:

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

ahol R – a vezető ellenállása; l – a vezető hossza; S – a vezető keresztmetszete; ρ – arányossági tényező, a vezető anyagminőségére jellemző mennyiség. Ezt a tényezőt az *anyag fajlagos ellenállásának* nevezzük.

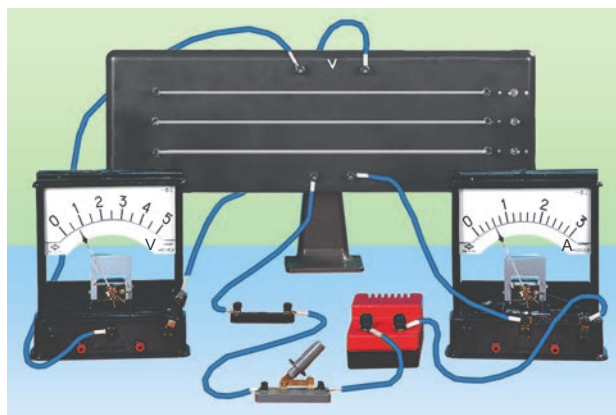
2 Meghatározzuk az anyag fajlagos ellenállását

Visszatérünk az ellenállás képletéhez: $R = \rho \frac{l}{S}$. A képletből az következik, hogy $\rho = \frac{RS}{l}$. Ha $l = 1$ m és $S = 1$ m², akkor ρ számbelileg megegyezik az R -rel.

Az anyag fajlagos ellenállása – az adott anyag elektromos tulajdonságait jellemző fizikai mennyiség, amely számbelileg megegyezik a belőle készített 1 m hosszú és 1 m² keresztmetszetű vezető ellenállásával.

A *fajlagos ellenállás mértékegysége a SI rendszerben az ohm-méter*:

$$[\rho] = 1 \, \Omega \cdot \text{m}.$$



30.2. ábra. A vezető ellenállása és keresztmetszete közötti fordított arányosságot igazoló kísérlet

A gyakorlatban olyan vezetőket alkalmaznak, amelyek keresztmetszete meglehetősen kicsi. Ezért az anyagok fajlagos ellenállásának egységeként gyakran használják az $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ egységet. Mivel $1 \text{ mm}^2 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$, ezért

$$1 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} = 1 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}.$$

Az anyagok fajlagos ellenállását kísérleti úton határozzák meg, és az eredményt táblázatba foglalják (lásd a *Függelék 7. táblázatát*). A fajlagos ellenállás értéke jelentősen függ az anyag hőmérsékletétől, ezért a táblázatokban mindig feltüntetik, milyen hőmérsékleten teljesülnek a megadott értékek.

? A *Függelék 7. táblázatának* segítségével magyarázzátok meg, hogy a belső helyiségekben alkalmazott vezetékek gyártására miért használnak általában rezet és alumíniumot, és nem a jelentősen olcsóbb acélt! Miért használják az elektronikában szigetelőként a gumit, ebonitot, porcelánt?

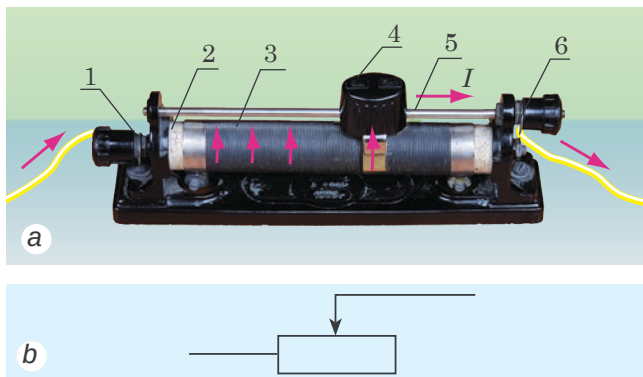
3 Megismerkedünk a reosztátokkal

A reosztát működési elve azon alapul, hogy a vezető ellenállása egyenesen arányos a hosszával.

Reosztát – az áramkör szakaszán átfolyó áram erősségének szabályozására szolgáló, változtatható ellenállású készülék.

Egy készülék áramkörébe iktatott reosztát lehetővé teszi az áramerősség változtatását $\left(I = \frac{U}{R}\right)$, így a rádiókészülék hangerejének, az izzólámpa fényének a szabályozását.

A legegyszerűbb reosztáttal már találkozhatok, amikor a vezető ellenállása és hossza közötti összefüggést tanulmányoztatok (lásd a *30.1. ábrát*). A gyakorlatban használt reosztátok sokkal egyszerűbbek, könnyebben kezelhetők. Áttekintjük például a *kétérintkezős tolóellenállást* (*30.3. ábra*). A fémdrótot (3) kerámiahengerre (2) csévélik, csökkentve ezáltal a reosztát méretét. A tekercs fölé fémrudat (5) rögzítenek, amin a tekercssel szorosan érintkező csúszka (4) mozog.



30.3. ábra. Kétérintkezős tolóellenállás: a – külalak: 1, 6 – szorítócsavarok; 2 – kerámiahenger; 3 – fémhuzal (tekercs); 4 – csúszka; 5 – fémrúd; b – egyezményes jelölése a kapcsolási rajzokon

A reosztát két szorítócsavarral (érintkezővel) van ellátva, amelyek közül az egyik (6) a rúdhoz, a másik (1) pedig a tekercshez van kapcsolva. Amikor a reosztátot bekötik az áramkörbe, az elektromos áram az egyik érintkezőtől a másik felé folyik (először a tekercs menetein át a csúszkáig, majd tovább a rúdon).

A csúszkát a tekercs mentén elmozdítva folyamatosan növelik vagy csökkentik annak a vezetékszakasznak az l hosszát, amelyen az áram áthalad. Mivel $R = \rho \frac{l}{S}$, ezért a reosztát ellenállása fokozatosan növekszik vagy csökken, és ez az áramerősség fokozatos változásához vezet.

A gyakorlatban a tolóellenállásokon kívül másféle reosztátokat is használnak, például *kapcsolókaros* ellenállásokat (30.4. ábra). A tolóellenállásokkal szemben a kapcsolókaros reosztátok ellenállása nem folyamatosan, hanem ugrásszerűen változik, ennek megfelelően az áramerősség változása is ugrásszerű. A kapcsolókaros ellenállásokat villanymotorok ki- és bekapcsolására használják.

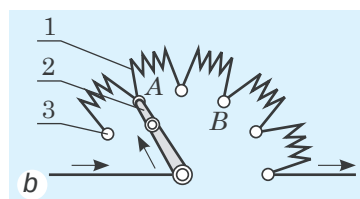
? Figyeljétek meg a 30.4. *b* ábrát, és határozzátok meg, hányszorosára csökken a kapcsolókaros reosztát ellenállása, ha a kapcsolókart az *A* érintkezőtől a *B* érintkezőre állítják!

Minden reosztátot meghatározott feszültségre méreteznek. A reosztát maximális ellenállását és a megengedett maximális feszültséget a készülék külső burkolatán tüntetik fel. A reosztátok tekercseit rendszerint nagy fajlagos ellenállású fémekből (ötvözetekből) készítik (konstantán, mangánin, nikróm, fehrál).

4 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

1. feladat. Számítsátok ki az áram erősségét abban a rézdrótban, amelynek hossza 10 m, keresztmetszete pedig $0,5 \text{ mm}^2$, ha a vezető végpontjaira 34 mV feszültséget kapcsolnak.

A fizikai probléma elemzése. Az áramerősséget Ohm törvényéből számíthatjuk ki. Ehhez azonban előbb meg kell határozni a vezető ellenállását. A vezető ellenállásának kiszámítására szolgáló képletet használjuk; a réz fajlagos ellenállását megkeressük a megfelelő táblázatban.



30.4. ábra. Kapcsolókaros reosztát: *a* – külalakja; *b* – rajza; 1 – fémhuzal; 2 – kar; 3 – érintkező. A nyilak az áram irányát jelzik

Adva van:

$$l = 10 \text{ m}$$

$$S = 0,5 \text{ mm}^2$$

$$U = 0,034 \text{ V}$$

$$\rho = 0,017 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

Meghatározzuk:

$I - ?$

A matematikai modell felállítás, megoldás

Ohm törvénye alapján: $I = \frac{U}{R} \Rightarrow R = \frac{U}{I}$.

A vezető ellenállásának képlete: $R = \frac{\rho l}{S}$.

Tehát:

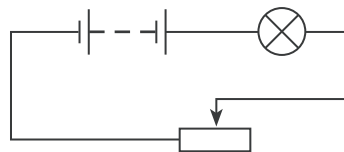
$$\frac{U}{I} = \frac{\rho l}{S} \Rightarrow I = \frac{US}{\rho l}.$$

Ellenőrizzük a mértékegységet, és meghatározzuk a keresett mennyiséget:

$$[I] = \frac{\frac{\text{V} \cdot \text{mm}^2}{\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \text{m}}}{\frac{\text{V}}{\text{A}}} = \frac{\text{V} \cdot \text{mm}^2}{\Omega \cdot \text{mm}^2} = \frac{\text{V}}{\frac{\text{V}}{\text{A}}} = \frac{\text{V} \cdot \text{A}}{\text{V}} = \text{A}; \quad I = \frac{0,034 \cdot 0,5}{0,017 \cdot 10} = 0,1 \text{ (A)}.$$

Felelet: $I = 0,1 \text{ A}$.

2. feladat. Az ábrán áramforrásból, izzólámpából és reosztátból álló áramkör kapcsolási rajza látható. Hogyan változik meg az izzószálban az áramerősség, ha a reosztát csúszkáját jobbra toljuk?



A fizikai probléma elemzése, megoldás. Ha jobbra toljuk a reosztát csúszkáját, megnő a tekercs hossza ($l \uparrow$). A reosztát ellenállása szintén megnő ($R_{\text{reoszt}} \uparrow$). Ennek megfelelően megnő a szakasz ellenállása is ($R \uparrow$).

Ohm törvénye alapján $I = \frac{U}{R}$. A szakasz feszültsége nem változott ($U = \text{const}$), az ellenállása viszont nőtt, ezért a szakaszban, és így a lámpában is, csökkent az áramerősség ($I \downarrow$).

Felelet: az izzólámpában csökken az áramerősség.



Összefoglaló

A vezető R ellenállása egyenesen arányos l hosszával, fordítottan arányos S keresztmetszetével, és függ a vezető anyagától: $R = \rho \frac{l}{S}$, ahol ρ – az anyag fajlagos ellenállása.

Az anyag fajlagos ellenállása az adott anyag elektromos tulajdonságait jellemző fizikai mennyiség, amely számbelileg megegyezik a belőle készített 1 m hosszú és 1 m² keresztmetszetű vezető ellenállásával.

Az áramerősség szabályozására a körben reosztátokat – változtatható ellenállásokat – használnak. A gyakorlatban toló-, karos- és más típusú ellenállást használnak.



Ellenőrző kérdések

1. Bizonyítsátok be, hogy a vezető ellenállást fejt ki az árammal szemben!
2. Hogyan bizonyítható, hogy a vezető ellenállása egyenesen arányos a hosszával?
3. Függ-e a vezető ellenállása keresztmetszetének a területétől? Ha igen, hogyan?
4. Milyen képlettel számítják ki a vezető ellenállását?
5. Mi az anyag fajlagos ellenállása?
6. Az anyag mely tulajdonságai határozzák meg azt, hogy gyártható-e belőle elektromos vezeték?
7. Mi a reosztát?
8. Milyen reosztát típusokat ismertek? Ezek miben különböznek egymástól?
9. Magyarazzátok el a tolóreosztát felépítését és működési elvét!
10. Hogyan jelölik a reosztátot a kapcsolási rajzon?

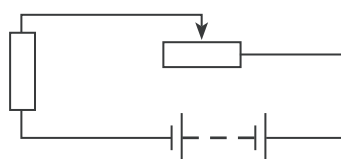


30. gyakorlat

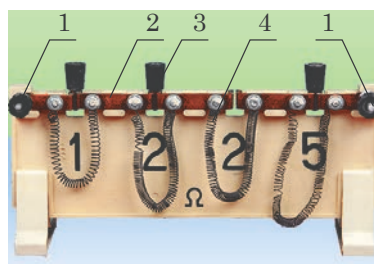
1. Az 1. ábrán azonos keresztmetszetű, de különböző anyagból (vas, réz, ólom) készült vezetők láthatók. Állapítsátok meg, milyen anyagból készültek az egyes vezetők, ha ismeretes, hogy az ellenállásuk egyforma!
2. Határozzátok meg a 2 m hosszúságú rézdrót ellenállását, ha a keresztmetszete $6,8 \text{ mm}^2$!
3. Hogyan változik a reosztát ellenállása és az áramerősség az áramkörben (2. ábra), ha a csúszkát jobbra toljuk el?
4. Milyen hosszúnak kell lennie a $0,2 \text{ mm}^2$ keresztmetszetű nikrómhuzalnak, hogy a végeire kapcsolt $4,4 \text{ V}$ feszültség mellett az áramerősség $0,4 \text{ A}$ legyen?
5. A 25Ω ellenállású vezetékét félbevágták, majd a feleket összetekerték. Hogyan, és hányadára változik a vezeték ellenállása? Válaszotokat indokoljátok meg!
6. A 100 m áramjárta alumíniumdrót végpontjai közötti feszültség 7 V . Mennyi a vezeték tömege, ha a benne folyó áramerőssége 10 A ?
7. A 3. ábra segítségével magyarázzátok el a dugaszos reosztát működési elvét!



1. ábra



2. ábra



3. ábra. Dugaszos reosztát (ellenállásszekrény): 1 – szorítócsavar; 2 – rézlemez; 3 – dugó; 4 – spirál



Kísérleti feladat

Acéldrótból készítsetek $0,2 \Omega$ ellenállású rezisztort! Mondjátok el, mit tesztek! Ne felejtsetek el feltüntetni a felhasznált drót átmérőjét és hosszát!



3. SZÁMÚ LABORATÓRIUMI MUNKA



Téma. Vezető ellenállásának meghatározása ampermérő és voltmérő segítségével.

A munka célja: megtanulni a vezető ellenállásának meghatározását amperméter és voltméter segítségével; kísérleti úton meggyőződni arról, hogy a vezető ellenállása nem függ a benne folyó áram erősségétől és a végpontjai közötti feszültségtől.

Eszközök: áramforrás, ellenállás (rezisztor), tolóellenállás, ampermérő, voltmérő, kapcsoló, összekötő huzalok.

ÚTMUTATÓ A MUNKÁHOZ



Felkészülés a kísérlethez

1. A munka kezdete előtt győződjetek meg arról, hogy ismeritek:
 - 1) az áramkörökkel végzett munka balesetvédelmi előírásait;
 - 2) azokat a szabályokat, amelyeket be kell tartani a feszültség és áramerősség mérésekor!
2. Határozzátok meg a mérőműszerek beosztásértékeit!

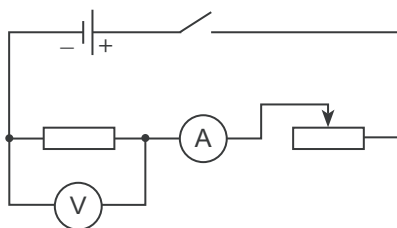


Kísérlet

Szigorúan tartsátok be a balesetvédelmi előírásokat (lásd a belső borítót)!

A kísérlet eredményeit azonnal írástok be a táblázatba!

1. Állítsátok össze az áramkört az ábrán látható kapcsolási rajz alapján!



2. A tolóellenállás csúszkáját állítsátok a tekercs közepére!
3. Zárjátok az áramkört, és mérjétek meg az ellenálláson a feszültséget, valamint a rajta áthaladó áram erősségét!
4. A csúszkát eltolva növeljétek az áramerősséget a körben! A voltméter és amperméter állását írástok be a táblázatba!
5. Toljátok el a csúszkát az ellentétes irányba, és még kétszer mérjétek meg a feszültséget és az áramerősséget!

A kapott eredmények feldolgoása

1. Számítsátok ki a rezisztor ellenállását minden vizsgált esetben!
2. A mérések eredményeit írjátok be a táblázatba!

Kísérlet sorszáma	Áramerősség, I , A	Feszültség, U , V	Ellenállás, R , Ω
1			

A kísérlet eredményeinek elemzése

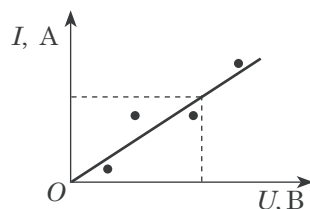
Elemizzétek a kísérletet és a kapott eredményeket, majd vonjatok le következtetést arról, hogy:

- 1) milyen fizikai mennyiséget határoztatok meg, és a mérést milyen műszerek segítségével végeztétek;
- 2) függ-e a megmért mennyiség a rezisztoron átfolyó áramerősségtől, valamint a rákapcsolt feszültségtől;
- 3) milyen tényezők befolyásolták a mérés pontosságát!

Alkotói feladat

A kísérlet eredményei alapján szerkesszétek meg a rezisztor volt-ámpér jelleggörbéjét! A grafikon alapján határozzátok meg a rezisztor ellenállását!

Jegyezzétek meg: a mérés pontatlansága miatt nem biztos, hogy a pontok az origón áthaladó egyenesen fekszenek ($U = 0$, $I = 0$). Ebben az esetben a grafikont úgy szerkesszétek, hogy az haladjon át az origón ($0; 0$), és mindkét oldalán közel azonos számú kísérleti pont legyen! A rezisztor ellenállásának meghatározására a grafikon bármely pontja megfelelő (lásd az ábrát).



Csillagos feladat

Mivel az áramerősség és feszültség mérésének abszolút hibája a műszerek egy beosztásával egyenlő, határozzátok meg az 1. kísérletre vonatkozóan:

- 1) az áramerősség mérésének viszonylagos hibáját: $\varepsilon_I = \frac{\Delta I}{I}$;
- 2) a feszültség mérésének viszonylagos hibáját: $\varepsilon_U = \frac{\Delta U}{U}$;
- 3) az ellenállás mérésének viszonylagos hibáját: $\varepsilon_R = \varepsilon_I + \varepsilon_U$;
- 4) az ellenállás mérésének abszolút hibáját: $\Delta R = \varepsilon_R \cdot R$!

31. §. A VEZETŐK SOROS KAPCSOLÁSA

Képzeltetik el egy olyan zenelejátszót, amelyiken nincs ki- és bekapcsoló gomb, amit csak úgy lehet kikapcsolni, hogy kivesszük belőle az akkumulátort. Ugye ez nagyon kényelmetlen lenne? A kapcsoló hiánya csak kényelmetlenséget okoz, de a helytelen bekötése az áramkörbe már súlyosabb bajt is okozhat (a lejátszó tönkremehet). Ebből a paragrafusból megtudhatjátok, hogyan kell bekötni a kapcsolókat a készülékekben és a műszerekben, és azt, hogy milyen jellegzetességeik vannak az ilyen kapcsolásoknak.

1 Tanulmányozzuk a sorosan kapcsolt vezetőkől álló áramkör tulajdonságait

A 31.1. ábrán látható áramkörnek nincsenek elágazásai, vagyis a kör elemei sorban egymás után helyezkednek el. Az ilyen kapcsolást *sorosnak* nevezzük. Soros kapcsolással már találkoztatok (lásd a 26.3., 27.6. ábrákat), most viszont részletesebben is megvizsgáljuk.

Figyeljétek meg: ha a sorosan kapcsolt vezetők egyike tönkremegy, a többi sem működik, mert a *kör megszakad*.

Mivel a soros kapcsolású áramkörben nincs elágazás, így t idő alatt a vezetők bármelyikének keresztmetszetén áthaladó töltés azonos:

$$q = q_1 = q_2,$$

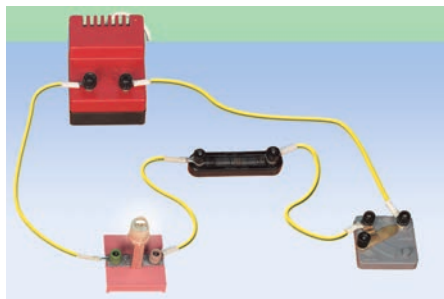
ahol q – a körön áthaladt töltés összmenyisége; q_1 – a rezisztor spirálján áthaladt töltésmennyiség; q_2 – az izzószálon áthaladt töltésmennyiség.

Elosztjuk ezt a kifejezést t -vel: $\frac{q}{t} = \frac{q_1}{t} = \frac{q_2}{t}$.

Az áramerősség meghatározása szerint: $\frac{q}{t} = I$, tehát $I = I_1 = I_2$.

A vezetők soros kapcsolása esetén a áramkörben lévő áram erőssége megegyezik az egyes vezetékekben folyó áram erősségével:

$$I = I_1 = I_2.$$

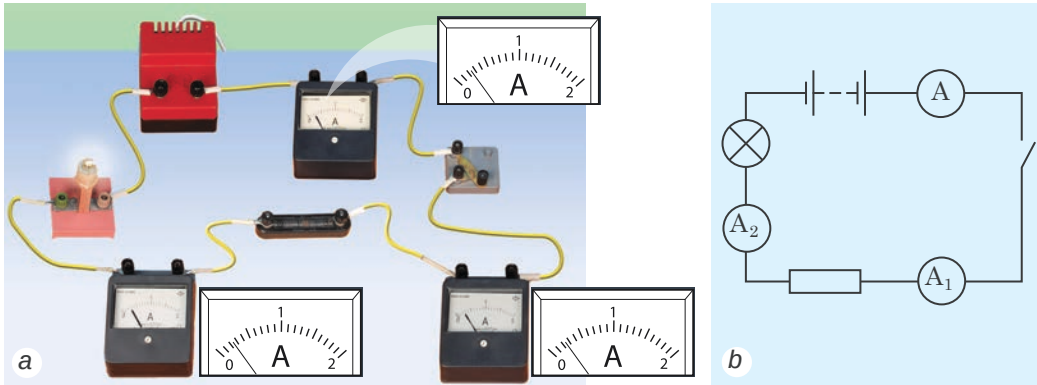


31.1. ábra. Néhány vezető soros kapcsolása

Az elméleti megfontolásokból kapott következtetést könnyen ellenőrizhetjük kísérletileg (31.2. ábra).

Ahhoz, hogy tisztázzuk, hogyan viszonyul egymáshoz az U összefeszültség a két sorosan kapcsolt vezetéken, valamint az U_1 és U_2 feszültség az első, illetve a második vezetőn, felidézzük a feszültség képletét:

$$U = \frac{A}{q}.$$



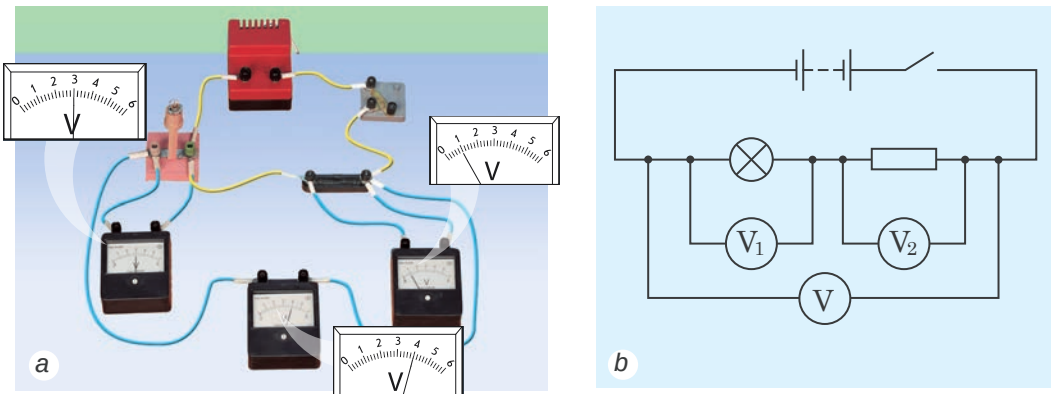
31.2. ábra. Áramerősség mérése az egymással sorosan kapcsolt vezetőkből álló áramkör különböző szakaszain: *a* – általános nézet; *b* – kapcsolási rajz. Az áramerősség minden vezetőben azonos

Ha az elektromos tér a q töltés elmozdításakor az első vezetőben A_1 munkát végez, a másodikban A_2 munkát, akkor érthető, hogy a töltés elmozdítására mindkét vezetőben $A = A_1 + A_2$ munkát kell végezni. Az egyenlőség mindkét oldalát elosztva q -val, a következőt kapjuk: $\frac{A}{q} = \frac{A_1}{q} + \frac{A_2}{q}$. A feszültség meghatározása szerint $\frac{A}{q} = U$, tehát $U = U_1 + U_2$.

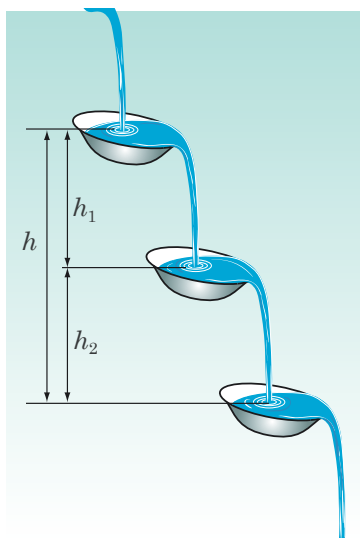
Két sorosan kapcsolt vezető U összefeszültsége egyenlő az első vezető U_1 , illetve a második vezető U_2 feszültségének összegével:

$$U = U_1 + U_2.$$

A következtetés kísérletileg is ellenőrizhető (31.3. ábra).



31.3. ábra. Feszültség mérése a sorosan kapcsolt vezetőkből álló áramkör különböző szakaszain: *a* – általános nézet; *b* – kapcsolási rajz. Az izzóból és ellenállásból álló áramkör szakaszán mért teljes feszültség egyenlő az egyes készülékeken mért feszültségek összegével



31.4. ábra. Vezetők soros kapcsolásának mechanikai modellje

A kapott egyenlőségek tetszőleges számú sorosan kapcsolt vezető esetében is igazak:

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n;$$

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n,$$

ahol n – a vezetők száma.

? Hogy jobban megértsük a vezetők soros kapcsolásának tulajdonságait, használjunk mechanikai analógiát (31.4. ábra); a párhuzamos kapcsolás esetére önállóan állítsátok össze!

2 Levezetjük az ellenállás meghatározására szolgáló képletet

A két – R_1 és R_2 ellenállású – sorosan kapcsolt vezetőből álló szakasz R teljes (eredő) ellenállásának kiszámításához használhatjuk az $U = U_1 + U_2$ képletet.

Ohm törvénye alapján:

$$IR = I_1 R_1 + I_2 R_2.$$

Mivel $I = I_1 = I_2$, ezért $IR = IR_1 + IR_2$, vagy $IR = I(R_1 + R_2)$. Leegyszerűsítve I -re:

$$R = R_1 + R_2.$$

Ha az áramkör több sorosan kapcsolt vezetőből áll, akkor az eredő ellenállásuk egyenlő az egyes vezetők ellenállásának összegével:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n,$$

ahol n – a vezetők száma.

Az utóbbi képletet elemezve, az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

- a sorosan kapcsolt vezetők eredő ellenállása nagyobb az egyes vezetők ellenállásánál;
- a sorosan kapcsolt azonos ellenállású vezetők eredő ellenállása

$$R = n \cdot R_0,$$

ahol n – a vezetők száma; R_0 – az egyes vezetők ellenállása.

3 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. Három, egyenként $2\ \Omega$, $3\ \Omega$ és $7\ \Omega$ -os ellenállást sorosan kapcsoltak. Milyen a szakasz ellenállása? Mekkora a feszültség az egyes ellenállásokon, és milyen a szakaszon átfolyó áram erőssége, ha a vizsgált szakasz teljes feszültsége 36 V ? A huzalok ellenállását ne vegyék figyelembe!

A fizikai probléma elemzése. Mivel a feladat feltételében mindhárom sorosan kapcsolt rezisztor ellenállása szerepel, kiszámíthatjuk az eredő ellenállást. Ohm törvényének felhasználásával meghatározzuk a körben folyó áram erősségét. Tudva azt, hogy az áramerősség a sorosan kapcsolt vezetőkből álló szakaszon mindenütt egyforma, kiszámítjuk a feszültséget az egyes ellenállásokon.

Adva

van:

$$R_1 = 2\ \Omega$$

$$R_2 = 3\ \Omega$$

$$R_3 = 7\ \Omega$$

$$U = 36\text{ V}$$

Meghatározzuk:

$R - ?$

$U_1 - ?$

$U_2 - ?$

$U_3 - ?$

$I - ?$

A matematikai modell felállítása, megoldás.

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 2\ \Omega + 3\ \Omega + 7\ \Omega = 12\ \Omega.$$

$$\text{Ohm törvénye alapján: } I = \frac{U}{R} = \frac{36\text{ V}}{12\ \Omega} = 3\text{ A}.$$

Mivel $I = I_1 = I_2 = I_3$, ezért $I_1 = 3\text{ A}$; $I_2 = 3\text{ A}$; $I_3 = 3\text{ A}$.

$$U_1 = I_1 R_1 = 3\text{ A} \cdot 2\ \Omega = 6\text{ V}; \quad U_2 = I_2 R_2 = 3\text{ A} \cdot 3\ \Omega = 9\text{ V};$$

$$U_3 = I_3 R_3 = 3\text{ A} \cdot 7\ \Omega = 21\text{ V}.$$

Az eredmények elemzése. Az áramkör szakaszának teljes feszültsége $U = 6\text{ V} + 9\text{ V} + 21\text{ V} = 36\text{ V}$. Ez az eredmény megegyezik a feladat feltételében megadott értékkel, tehát a megoldás helyes.

$$\text{Felelet: } R = 12\ \Omega; \quad U_1 = 6\text{ V}; \quad U_2 = 9\text{ V}; \quad U_3 = 21\text{ V}; \quad I = 3\text{ A}.$$



Összefoglaló

A sorosan kapcsolt vezetőkből álló áramkörnek nincsenek elágazásai. A vezetők sorban egymás után vannak bekötve a körbe. Az egyik fogyasztó kiiktatása a kör megszakításához vezet.

Ha az áramkör szakasza kizárólag sorosan kapcsolt n számú vezetőből áll, akkor igazak a következő állítások:

– a szakasz áramerőssége és az egyes vezetőkön átmenő áram erőssége egyenlő:

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n;$$

– az áramkör szakaszának teljes feszültsége egyenlő az egyes vezetők feszültségének az összegével: $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$;

– a szakasz eredő ellenállása nagyobb az egyes vezetők ellenállásánál, és az $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ képlettel számítható ki;

– az azonos ellenállású, sorosan kapcsolt vezetők eredő ellenállása a következő képlettel számítható ki: $R = n \cdot R_0$, ahol R – a szakasz eredő ellenállása, n – a vezetők száma; R_0 – az egyes vezetők ellenállása.



Ellenőrző kérdések

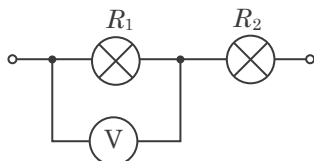
1. Milyen sajátosságokkal rendelkezik a sorosan kapcsolt vezetőkből álló áramkör? **2.** Magyarazzátok meg, miért kapcsolják minden esetben sorosan a kapcsolót és a fogyasztót? **3.** Az áramkör szakasza sorosan kapcsolt vezetőkből áll. Milyen a szakasz teljes áramerősségének és az egyes vezetőkön áthaladó áramerősségnek az aránya? A teljes feszültségnek és az egyes vezetőkön lévő feszültségnek az aránya? **4.** Hogyan kell kiszámítani a sorosan kapcsolt vezetőkből álló áramkör eredő ellenállását? **5.** Hogyan változik az áramkör szakaszának ellenállása, ha hozzá sorosan még egy vezetőt kapcsolunk?



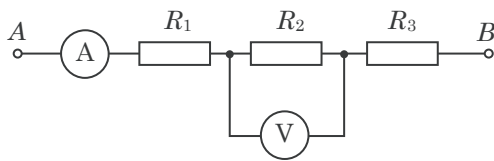
31. gyakorlat

A feladatok végzésekor hagyjátok figyelmen kívül a huzalok ellenállását!

- Az áramkörszakasz két sorosan összekapcsolt, $2\ \Omega$ ellenállású, azonos rezisztort tartalmaz. Határozzátok meg a szakasz teljes ellenállását! Mekkora feszültség folyik át a szakaszon, ha az áramerősség $0,5\ \text{A}$? Mekkora a feszültség az egyes rezisztorokon?
- A két sorosan kapcsolt izzó és egy reosztát eredő ellenállása $65\ \Omega$. Határozzátok meg a reosztát ellenállását, ha az egyes izzók ellenállása $15\ \Omega$!
- Az áramkör szakasza két sorosan összekapcsolt, $R_1 = 120\ \Omega$ és $R_2 = 130\ \Omega$ ellenállású izzót tartalmaz (1. ábra). Milyen értéket mutat a voltmérő, ha a szakaszon áthaladó feszültség $100\ \text{V}$?
- A két sorosan összekapcsolt rezisztor egyikének ellenállása $650\ \Omega$. Határozzátok meg a másik rezisztor ellenállását, ha benne $80\ \text{mA}$ áram folyik, a két rezisztoron mért teljes feszültség pedig $72\ \text{V}$!
- Az áramkör (2. ábra) szakasza három sorosan kapcsolt rezisztorból áll, amelyek ellenállása: $R_1 = 5\ \Omega$, $R_2 = 8\ \Omega$, $R_3 = 15\ \Omega$. Mit mutat az amperméter? Mennyi az A és B pontok közötti feszültség, ha a voltméter $1,6\ \text{V}$ -ot mutat?



1. ábra



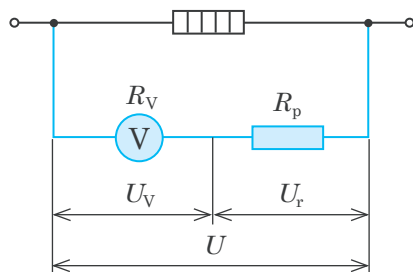
2. ábra

- Sorba kapcsolható-e az elektromos hálózatban a $0,3\ \text{A}$ áramerősségre méretezett zseblámpaizzó egy $220\ \text{V}$ -ra méretezett és $1100\ \Omega$ ellenállású izzóval? A választ indokoljátok meg!
- A voltmérők egy meghatározott felső határig mérhetik a feszültséget. Ha viszont a voltmérőkhöz sorosan egy *pótellenállást* (R_p) – rezisztor – kapcsolunk (3. ábra), a méréshatár megnő. Ez azért történik,

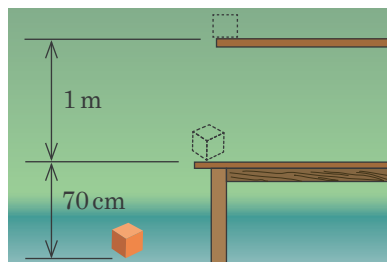
mert a mérendő U feszültség két részből áll: egyik része a voltmérőre (U_V), a másik a rezisztorra (U_r) esik: $U = U_V + U_r$. Mekkora ellenállású rezisztort kell a $900\ \Omega$ ellenállású iskolai voltmérőhöz kötni, hogy a méréshatárát 5-szörösére növeljük? (Például a voltmérő 6 V-ot, mutat, a melegítőn lévő feszültség pedig 30 V.) Gondolkozzatok el azon, hogy a feladat megoldásához szükséges gyakorlatnak hol vehetitek hasznát!



8. A 240 g tömegű kocka a polcra, majd a padlóra esett (4. ábra). Hogyan változott a kocka energiája esés közben? Milyen munkát végzett a nehézségi erő az esés egyes szakaszain? A teljes esés közben?



3. ábra



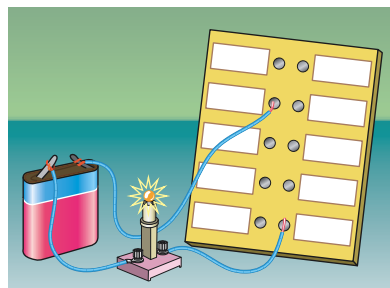
4. ábra



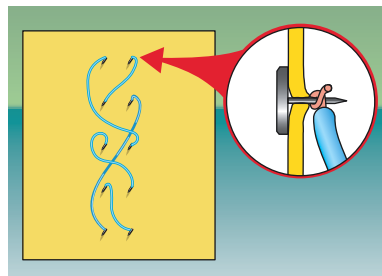
Kísérleti feladat

Készítsetek a tudásotok ellenőrzésére szolgáló készüléket (5. ábra)! Ehhez a következőket kell tenni.

1. Egy kemény kartonlapra ragasszatok két oszlopban téglalap alakú 10–16 papírcsíkot!
2. A bal oldali oszlopban elhelyezett papírcsíkokra írástok fel a kérdéseket!
3. A jobb oldalon található papírcsíkokra úgy írástok fel a választ, hogy a „kérdés – helyes válasz” páros ne kerüljön azonos sorba!
4. Minden téglalap mellé szúrjatok rajzszöveget, hogy feje felétek nézzen!
5. Vezetékek segítségével kössétek össze a rajzszöveget a kartonpapír hátoldalán úgy, hogy „kérdés – helyes válasz” párosok keletkezzenek (6. ábra), és állítsátok össze az áramkört!
6. Ellenőrizték az osztálytársaitok tudását! Kérjétek meg őket, hogy a drótok szabad végét érintsék a kérdés és a válasz kapcsokhoz! Ha a válasz helyes, a lámpa kigyúl.



5. ábra



6. ábra



4. SZÁMÚ LABORATÓRIUMI MUNKA



Téma. A soros kapcsolást tartalmazó elektromos áramkör tanulmányozása.

A munka célja: kísérleti ellenőrzése annak, hogy soros kapcsolás esetén igazak az $I = I_1 = I_2$; $U = U_1 + U_2$; $R = R_1 + R_2$ egyenlőségek.

Eszközök: áramforrás, voltmérő, ampermérő, kapcsoló, két ellenállás (rezisztor), összekötő vezetékek.

ÚTMUTATÓ A MUNKÁHOZ

II Felkészülés a kísérlethez

Szigorúan tartsátok be a balesetvédelmi előírásokat!

1. A munka kezdete előtt győződjetek meg arról, hogy ismeritek-e az áramkörökkel végzett munka balesetvédelmi előírásait!
2. Szerkesszétek meg a sorosan kapcsolt két ellenállásból, kapcsolóból és áramforrásból álló áramkör kapcsolási rajzát!
3. Állítsátok össze, és írájatok le a kísérlet elvégzésének tervét! Ha bizonytalanok vagytok, használjátok az alábbi tervet!

► Kísérlet

1. kísérlet. Az áramerősség összehasonlítása a sorosan kapcsolt vezetőkből álló kör különböző szakaszain.

1. Az átalatokat szerkesztett kapcsolási rajz alapján állítsátok össze az áramkört!
2. Mérjétek meg az áramerősséget előbb az áramforrás és az első ellenállás (I_1) közé, majd a kapcsoló és a második ellenállás (I_2) közé, végül a kapcsoló és az áramforrás (I) közé kapcsolva az ampermérőt! Rajzoljátok le a megfelelő áramkörök kapcsolási rajzát!
3. A mérési eredményeket írájatok be az 1. táblázatba, és vonjatok le következtetést!

1. táblázat

I_1 , A	I_2 , A	I , A	Következtetés

2. kísérlet. Az egymással sorba kapcsolt ellenállások végpontjain mért összefeszültségnek és az egyes ellenállásokon mért feszültségek összegének összehasonlítása.

1. Az első kísérletben összeállított áramkörben előbb mérjétek meg a feszültséget az első ellenálláson (U_1), majd a másodikon (U_2), végül pedig a sorba kapcsolt ellenállások végpontjain (U)! Rajzoljátok le a megfelelő áramkörök kapcsolási rajzát!

2. A méréseredményeket írástok be a 2. táblázatba, és vonjatok le következtetést!

2. táblázat

U_1 , V	U_2 , V	U , V	$(U_1 + U_2)$, V	Következtetés

A kapott eredmények feldolgozása

1. Az 1. és 2. kísérlet eredményeinek felhasználásával számítsátok ki az első (R_1) és a második (R_2) rezisztor ellenállását, valamint a két rezisztort tartalmazó szakasz eredő ellenállását (R)!
2. A számítások eredményeit írástok be a 3. táblázatba, és vonjatok le következtetést!

3. táblázat

R_1 , Ω	R_2 , Ω	R , Ω	$(R_1 + R_2)$, Ω	Következtetés

A kísérlet eredményeinek elemzése

Elemizzétek a kísérletet és az eredményeket, majd vonjatok le következtetést arról, hogy:

- 1) milyen egyenlőségeket ellenőriztetek, és milyen eredményeket kaptatok a sorosan kapcsolt vezetőkre vonatkozóan;
- 2) milyen tényezők befolyásolhatták a mérések pontosságát!

Alkotói feladat

Írástok le annak a kísérletnek a tervét, amelyben voltmérő, áramforrás, ismert ellenállású rezisztor és összekötő vezetékek segítségével meghatározható a rezisztor ellenállása! Végezzétek el a kísérletet!

Csillagos feladat

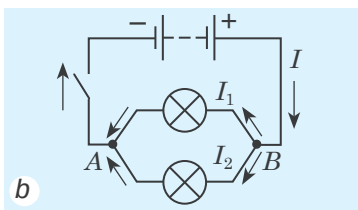
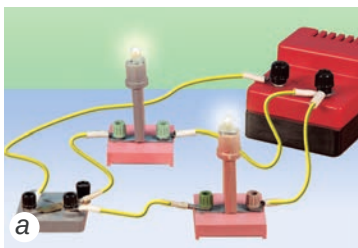
Mivel a feszültség mérésének abszolút hibája a voltmérő egy beosztásával egyenlő, határozzátok meg azt a 2. kísérletre:

- 1) a feszültség mérésének relatív hibáját az első rezisztoron: $\varepsilon_{U_1} = \frac{\Delta U}{U_1}$;
- 2) a teljes feszültség mérésének relatív hibáját: $\varepsilon_U = \frac{\Delta U}{U}$;
- 3) a kísérlet relatív hibáját: $\varepsilon = \left| 1 - \frac{U_1 + U_2}{U} \right| \cdot 100\%$.

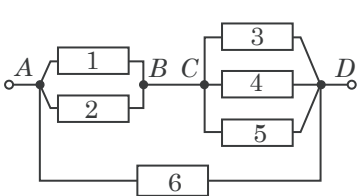
i

32. §. A VEZETŐK PÁRHUZAMOS KAPCSOLÁSA

A gyakorlatban az áramkörbe gyakran több fogyasztót is be kell kapcsolni. Például az osztályterem világításának elektromos hálózata több izzót tartalmaz, eközben egy izzó kiégése gyakorlatilag nincs hatással a többi működésére. A fizikusok ilyen esetben azt mondják, hogy az izzókat párhuzamosan kötötték be. Ebből a paragrafusból megtudhatjátok, hogyan kell kiszámítani az áramerősséget, a feszültséget és az ellenállást párhuzamosan kapcsolt vezetők esetében.



32.1. ábra. Néhány fogyasztó párhuzamos kapcsolása: *a* – általános nézet; *b* – kapcsolási rajz; a nyilak az áram irányát mutatják



32.2. ábra. Párhuzamosan kötött vezetők tartalmazó áramkör egyik szakaszának kapcsolási rajza. Párhuzamosan kapcsoltak: 1 és 2 rezisztor (*A* és *B* csomópont), 3, 4 és 5 rezisztor (*C* és *D* csomópont); a 6 rezisztor az *AD* szakasszal van párhuzamosan bekötve (*A* és *D* csomópont)

1 Tanulmányozzuk a párhuzamosan összekötött vezetőkől álló áramkört

Megvizsgálunk egy olyan áramkört, amelyben két párhuzamosan bekötött izzólámpa van (32.1. *a* ábra). Az áramkör kapcsolási rajzából (32.1. *b* ábra) kitűnik: először, az áram két úton – két *ágon* – is haladhat a körben, amelyek mindegyike egy-egy izzót tartalmaz; másodsor, mindkét ágnak közös pontpárja van – az *A* és a *B* pont. Az ilyen pontokat *csomópontoknak** (*kötési pontoknak*) nevezzük. A csomópontokban az áramkör elágazik. Tehát az *elágazás megléte a párhuzamosan kapcsolt vezetőket tartalmazó áramkör sajátossága.*

Az áramkör kapcsolási rajza nem csak egy, de számos csomópontpárt is tartalmazhat. Ekkor az összes, tetszőleges csomópontpárhoz kapcsolt vezető *párhuzamosan* kapcsoltnak tekintendő (32.2. ábra).

2 Tisztázzuk, hogyan kell kiszámítani az áramerősséget és a feszültséget a párhuzamosan összekötött vezetőkben

Ahhoz, hogy meghatározzuk a feszültséget a párhuzamosan kapcsolt vezetők mindegyikén, elegendő megmérni a feszültséget a csomópontok között. Az *A* és a *B* csomópontokhoz kapcsolva a voltmérőt (32.3. ábra), egyszerre megkapjuk a feszültséget az *AB* szakaszon, valamint minden egyes izzón is.

A szakasz teljes feszültsége és a párhuzamosan kapcsolt vezetők feszültsége azonos:

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n,$$

ahol *n* – a vezetők száma.

* *Csomópontoknak (kötési pontoknak)* a kapcsolási rajz azon pontjait nevezzük, ahol legalább három vezeték kapcsolódik egymáshoz.

Korábban már szó esett arról, hogy a párhuzamosan kapcsolt vezetőkből az áram több útvonalon is folyhat (lásd a 32.1. b ábrát). Valóban, az elágazáshoz (a B csomópont) érve az áram két ágra oszlik. Mivel a csomóponton nem halmozódik fel töltés, ezért a bizonyos t idő alatt a csomópontba érkezett q töltés egyenlő az ebből a csomópontból továbbhaladó ($q_1 + q_2$) töltés összegével: $q = q_1 + q_2$. Az egyenlőség mindkét oldalát t -vel elosztva a következőt kapjuk: $\frac{q}{t} = \frac{q_1}{t} + \frac{q_2}{t}$. Mivel $\frac{q}{t} = I$, ezért

$$I = I_1 + I_2$$

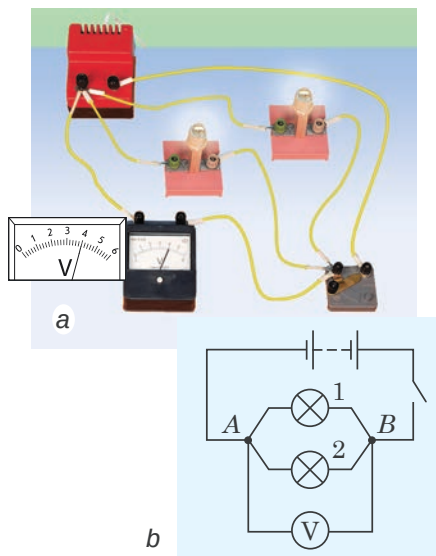
A fenti egyenlőség tetszőleges számú párhuzamosan kapcsolt vezető esetében is teljesül.

Párhuzamosan kapcsolt vezetők esetében az elágazást nem tartalmazó vezetőkben folyó áram erőssége egyenlő a mellékágakban folyó áramerősségek összegével:

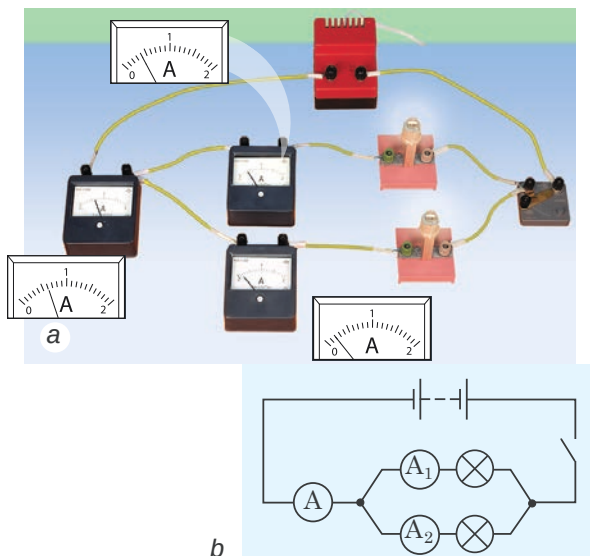
$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n,$$

ahol n – a vezetők száma.

Ezt az állítást kísérletileg is bizonyítani lehet, ha a 32.1. ábrán látható áramkörbe három ampermérőt kapcsolunk: egyet (A) a kör főágába, a másik kettőt (A_1 és A_2) pedig az egyes mellékágakba (32.4. ábra).



32.3. ábra. Feszültség mérése a vezetők párhuzamos kapcsolásakor: a – általános nézet; b – kapcsolási rajz. A voltmérő az 1 és 2 izzón, valamint az AB szakaszon mért feszültséget mutatja



32.4. ábra. Áramerősség mérése a vezetők párhuzamos kapcsolása esetén: az elágazás nélküli szakaszon az A ampermérővel mért áramerősség megegyezik az egyes ágakban az A_1 és A_2 ampermérőkkel mért áramerősségek összegével

Jegyezzétek meg: ha a párhuzamosan kapcsolt izzók egyike tönkremegy, a többi továbbra is világítani fog, mivel a wolframszálukon továbbra is áram folyik.

? Meg tudjátok magyarázni, hogy az otthonotokban található elektromos fogyasztók miért vannak párhuzamosan bekötve?

3 Levezetjük a párhuzamosan kapcsolt vezetőkből álló szakasz eredő ellenállásának képletét

Hogy kiszámíthassuk a két párhuzamosan kapcsolt izzólámpából álló AB szakasz R ellenállását (lásd a 32.1. ábrát), a következő képletet használjuk fel:

$$I = I_1 + I_2.$$

Megjelölve az izzók ellenállását (R_1 és R_2), Ohm törvényét alkalmazva a következő egyenlőséghez jutunk: $\frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}$.

Mivel a vezetők párhuzamos kapcsolása esetén $U = U_1 = U_2$, ezért $\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}$. Leegyszerűsítve U -val, megkapjuk a végső képletet:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

Ebből a kifejezésből megkapjuk a két párhuzamos vezetőből álló szakasz ellenállásának a kiszámítására szolgáló képletet:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

Általános esetben az n számú, párhuzamosan összekapcsolt vezetőkből álló kör R ellenállása a következőképpen határozható meg:

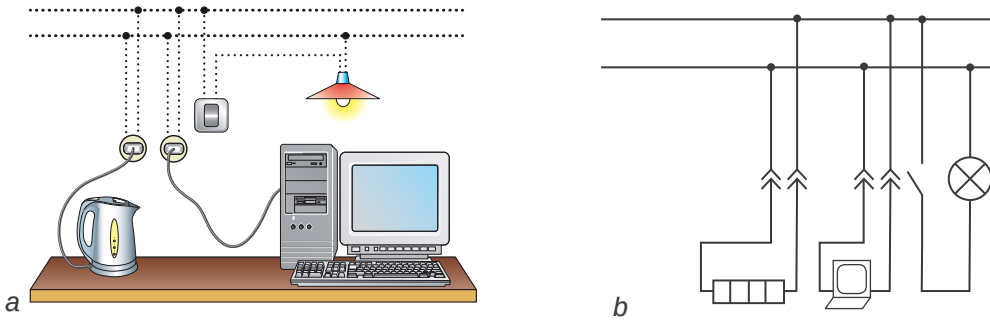
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}.$$

A legutóbbi képlet elemzése során az alábbi következtetések vonhatók le:

- a párhuzamosan kapcsolt vezetők eredő ellenállása kisebb az egyes vezetők ellenállásánál;
- a párhuzamosan kapcsolt, azonos ellenállású vezetők eredő ellenállása a következő képlettel számítható ki:

$$R = \frac{R_0}{n},$$

ahol R_0 – az egyes vezetők ellenállása, n – a vezetők száma.



32.5. ábra. A lakás elektromos hálózatának egy része: *a* – általános nézet; *b* – kapcsolási rajz. A gyakorlatban a vezetékek a falban vannak elhelyezve

? Határozzátok meg az öt, egyenként $15\ \Omega$ ellenállású vezetóből álló szakasz ellenállását, ha a vezetők kapcsolása: soros; párhuzamos! Mekkora lesz a vezetőkben lévő áramerősség, ha a szakaszra $300\ \text{V}$ feszültséget kapcsoltok?

4 Megtudunk néhány fontos tény

Reméljük, hogy helyesen feleltetek a paragrafus 2. pontjában feltett kérdésre, és a következőket mondhatjátok el. A különböző háztartási berendezéseket párhuzamosan kapcsolják a hálózatba, mivel: 1) csak ilyen kapcsolás esetén lesz minden egyes készülékben az előírt $220\ \text{V}$; 2) az egyik készülék lekapcsolása nem zavarja a többi készülék működését.

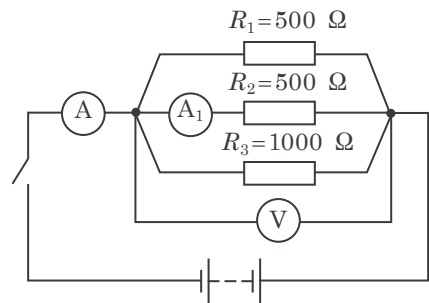
A 32.5. ábrán egy lakás elektromos hálózatának részlete látható. A vízszintes vonalak azokat a vezetékeket mutatják, ahol $220\ \text{V}$ a feszültség. Ezek a falba rejtett vezetékek az egész lakást behálózzák.

5 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

1. feladat. Az ábrán egy áramkör kapcsolási rajza látható. Határozzátok meg az ampermérők állását, ha a voltmérő $12\ \text{V}$ -ot mutat! A rezisztorok ellenállása fel van tüntetve.

A fizikai probléma elemzése. A kapcsolási rajzon látható, hogy az áramkör elágazik, tehát a kör párhuzamosan kapcsolt vezetőköt tartalmaz.

Az A ampermérő az áramkör főágába (csatlakozásokat nem tartalmazó ág) van kötve, az A_1 ampermérő pedig a 2 ellenállást tartalmazó elágazásba, vagyis meg kell tudnunk a teljes áramerősséget, valamint a 2 ellenálláson áthaladó áramerősséget. A keresett mennyiségek értékét meghatározhatjuk Ohm törvényének felhasználásával, továbbá az áramerősség és feszültség kiszámítására szolgáló képletekből, párhuzamos kapcsolás esetén.



Adva van:

$$U = 12 \text{ V}$$

$$R_1 = 500 \text{ } \Omega$$

$$R_2 = 500 \text{ } \Omega$$

$$R_3 = 1000 \text{ } \Omega$$

Meghatározzuk:

$I - ?$

$I_2 - ?$

A matematikai modell felállítása, megoldás.

Vezetők párhuzamos kapcsolása esetén:

$$U = U_1 = U_2 = U_3, \text{ ezért } U_1 = 12 \text{ V}; U_2 = 12 \text{ V}; U_3 = 12 \text{ V}.$$

$$\text{Ohm törvénye alapján: } I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{12 \text{ V}}{500 \text{ } \Omega} = 0,024 \text{ A};$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{12 \text{ V}}{500 \text{ } \Omega} = 0,024 \text{ A}; \quad I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{12 \text{ V}}{1000 \text{ } \Omega} = 0,012 \text{ A}.$$

Az áramerősség a főágban:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 0,024 \text{ A} + 0,024 \text{ A} + 0,012 \text{ A} = 0,06 \text{ A}.$$

Az eredmények elemzése. Ohm törvénye alapján a szakasz teljes ellenállása:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{12 \text{ V}}{0,06 \text{ A}} = \frac{1200 \text{ V}}{6 \text{ A}} = 200 \text{ } \Omega.$$

Vezetők párhuzamos kapcsolásakor:

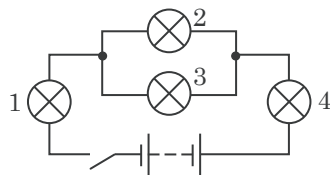
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{500 \text{ } \Omega} + \frac{1}{500 \text{ } \Omega} + \frac{1}{1000 \text{ } \Omega} = \frac{5}{1000 \text{ } \Omega}.$$

$$\text{Innen: } R = \frac{1000 \text{ } \Omega}{5} = 200 \text{ } \Omega.$$

Az eredmények megegyeznek, tehát a megoldás jó.

Felelet: az A ampermérő állása – 60 mA; az A_1 ampermérő állása – 24 mA.

2. feladat. Négy egyforma izzólámpát az ábrán látható módon kötöttek be és kapcsoltak az áramforráshoz. Határozzátok meg az egyes lámpákban átfolyó áram erősségét, ha az áramforrás feszültsége 30 V, a lámpák ellenállása pedig egyenként 6 Ω !



A fizikai probléma elemzése. Az áramkör **vegyesen kapcsolt vezetőket** tartalmaz: a 2 és 3 izzólámpa párhuzamosan van bekötve; az 1 és 4 lámpák sorosan vannak bekötve a 2 és 3 izzó alkotta szakasszal. Ohm törvényének és a soros, illetve párhuzamos kapcsolás áramerősségre és feszültségre vonatkozó képletek felhasználásával meghatározzuk a keresett mennyiségeket.

Adva van:

$$U = 30 \text{ V}$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = \\ = R_4 = 60 \text{ } \Omega$$

Meghatározzuk:

$I_1 - ? \quad I_2 - ?$

$I_3 - ? \quad I_4 - ?$

A matematikai modell felállítása, megoldás.

A 2 és 3 izzók párhuzamosan vannak bekötve és azonos az ellenállásuk, ezért $R_{2,3} = \frac{R_2}{2} = \frac{6 \text{ } \Omega}{2} = 3 \text{ } \Omega$. Az áramkör teljes ellenállása:

$$R = R_1 + R_{2,3} + R_4 = 6 \text{ } \Omega + 3 \text{ } \Omega + 6 \text{ } \Omega = 15 \text{ } \Omega.$$

Ohm törvénye alapján a teljes áramerősség:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{30 \text{ V}}{15 \text{ } \Omega} = 2 \text{ A}.$$

Mivel $I_1 = I_{2,3} = I_4 = I$, ezért $I_1 = 2 \text{ A}$; $I_{2,3} = 2 \text{ A}$; $I_4 = 2 \text{ A}$.
 $U_{2,3} = I_{2,3} R_{2,3} = 2 \text{ A} \cdot 3 \Omega = 6 \text{ V}$, $U_2 = U_3 = U_{2,3} \Rightarrow U_2 = 6 \text{ V}$; $U_3 = 6 \text{ V}$.
 $I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{6 \text{ V}}{6 \Omega} = 1 \text{ A}$; $I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{6 \text{ V}}{6 \Omega} = 1 \text{ A}$.

Az eredmények elemzése. Egyrészt a 2 és 3 izzókból álló szakaszon a teljes áramerősség 2 A, másrészt $I_{2,3} = I_2 + I_3 = 1 \text{ A} + 1 \text{ A} = 2 \text{ A}$. Az eredmények azonosak, tehát a megoldás jó.

Felelet: $I_1 = I_4 = 2 \text{ A}$; $I_2 = I_3 = 1 \text{ A}$.

Jegyezzétek meg: ha az áramkör vegyesen kapcsolt vezetőket tartalmaz, lépésenként le kell egyszerűsíteni az áramkört. Ezek szerint a 2. feladatban a lépésenkénti leegyszerűsítés a 32.6. a ábrán látható. Még összetettebb kapcsolási rajz leegyszerűsítése a 32.6. b ábrán látható.



Összefoglaló

A párhuzamos vezetőkkel összeállított áramkörben szükségszerűen lennie kell elágazásnak, vagyis főágnak és mellékágnak. A vezetőket párhuzamosan kapcsoltak tekintjük, ha csomópontpárhoz vannak kötve.

A párhuzamosan kapcsolt vezetők egyikének kiiktatása gyakorlatilag nincs hatással a többi működésére.

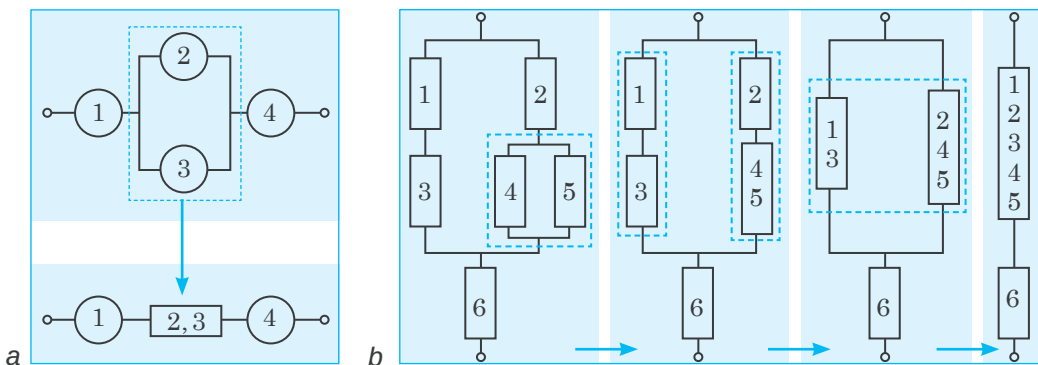
Ha a szakasz n darab, kizárólag párhuzamosan kapcsolt vezetőből áll, akkor igazak az alábbi állítások:

- a feszültség minden vezetőn és a teljes szakaszon egyforma (a főágban és a mellékágakban mért feszültség ugyanakkora):

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n;$$

- a főágban folyó áram erőssége egyenlő a mellékágakban folyó áram erősségének összegével: $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$;
- az áramkör szakaszának eredő ellenállása a következő képlettel számítható ki:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}.$$



32.6. ábra. Lépésenkénti egyszerűsítés példája vegyesen kapcsolt vezetők esetében



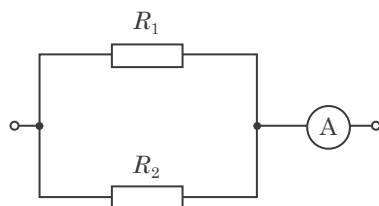
Ellenőrző kérdések

1. Nevezzétek meg a párhuzamosan kapcsolt vezetőkből álló áramkör sajátosságait!
2. Hasonlítsátok össze a párhuzamosan kapcsolt vezetőkből álló szakasz teljes feszültségét az egyes vezetőkön mért feszültséggel!
3. Milyen az összefüggés a főágban folyó áramerősség és az egyes mellékágak áramerőssége között?
4. Milyen képlettel számítható ki a több párhuzamosan kapcsolt vezetőből álló szakasz eredő ellenállása?
5. Miért kapcsolják párhuzamosan a fogyasztókat a lakásokban?



32. gyakorlat

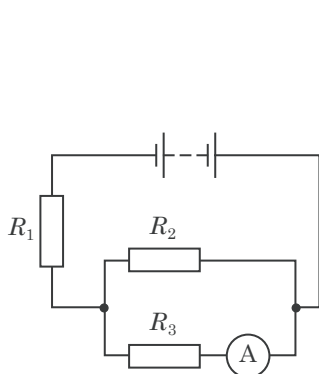
1. Az áramkör akkumulátortelepből és három, párhuzamosan kapcsolt izzólámpából áll. Készítsétek el az áramkör kapcsolási rajzát!
2. Az 1. ábrán az áramkör egy szakaszának kapcsolási rajza látható. Ismeretes, hogy az R_1 ellenállás értéke $100\ \Omega$, az R_2 ellenállásé $150\ \Omega$, az ampermérő $2,4\ \text{A}$ -t mutat. Határozzátok meg a szakasz feszültségét!
3. Két izzólámpát párhuzamosan kapcsoltak egymáshoz, majd egy $120\ \text{V}$ feszültségű áramforráshoz kötötték. Határozzátok meg az áramerősséget mindegyik izzóban, valamint a főágban, ha az egyik izzó ellenállása $200\ \Omega$, a másiké pedig $300\ \Omega$!
4. Azonos hosszúságú és keresztmetszetű vas-, réz- és ezüstvezetőket párhuzamosan kötöttek össze, majd áramforráshoz kapcsolták őket. Melyik vezetékben lesz legnagyobb az áramerősség?
5. Határozzátok meg az áramkör eredő ellenállását (32.6. ábra), ha $R_1 = R_6 = 7\ \Omega$; $R_2 = 1\ \Omega$; $R_3 = 5\ \Omega$; $R_4 = 12\ \Omega$; $R_5 = 4\ \Omega$! Mekkora lesz a főágban folyó áram erőssége, ha $4\ \text{V}$ feszültséget kapcsolnak hozzá?
6. Mennyivel egyenlő az áramkört tápláló áramforrás kapocsfeszültsége (2. ábra), ha $R_1 = 3\ \Omega$; $R_2 = 2\ \Omega$; $R_3 = 8\ \Omega$? Az ampermérő $0,1\ \text{A}$ -t mutat.
7. Az áramkör szakaszán (3. ábra) mindegyik rezisztor ellenállása $5\ \Omega$ -mal egyenlő. A szakaszra állandó feszültséget kapcsoltak. Melyik kapcsolót kell zárni, hogy az A_2 műszer kisebb értéket mutasson, mint az A_1 ? Milyen áramerősséget fog mutatni az A_1 műszer, ha a K_1 kapcsolót lezárják? Ismeretes, hogy az A_2 műszer $300\ \text{mA}$ -t mutat, ha az összes kapcsoló ki van kapcsolva.
8. Van 4 darab azonos R_0 ellenállású rezisztorotok. Hány különböző és milyen rezisztorokat kaphattok az összes egyidejű felhasználásával?
9. Ha az ampermérőn feltüntetett értéknél nagyobb áramerősséget kell mérni, söntellenállás (4. ábra) segítségével el lehet végezni a mérést. Ebben az esetben az áram két részre oszlik: egyik része az ampermérőn, míg a másik a söntellenálláson megy át: $I = I_A + I_S$.



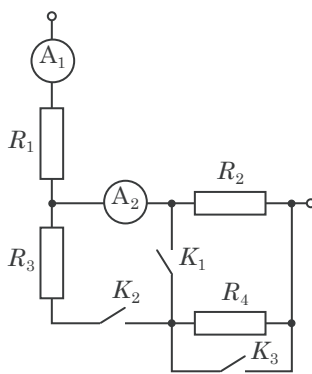
1. ábra

Milyen ellenállású söntöt kell beiktatni párhuzamosan a $0,07\ \Omega$ ellenállású amperméterrel, hogy a mérési határt 2 A-ról 10 A-re emeljük?

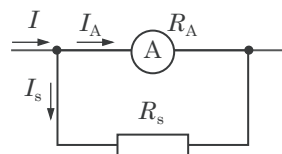
10. A 32.2. ábra segítségével állítsatok össze feladatot, és oldjátok meg azt!



2. ábra



3. ábra



4. ábra



5. SZÁMÚ LABORATÓRIUMI MUNKA



Téma. Párhuzamosan kapcsolt vezetőkől álló áramkör tanulmányozása.

A munka célja: kísérleti úton meggyőződni arról, hogy az áramerősség az áramkör főágában egyenlő az egyes mellékágakban folyó áramerősségek összegével; bebizonyítani, hogy a párhuzamosan kapcsolt vezetők eredő ellenállása kisebb az egyes vezetők ellenállásánál.

Eszközök: áramforrás, voltmérő, ampermérő, kapcsoló, két izzólámpa talpon, összekötő huzalok.

ÚTMUTATÓ A MUNKÁHOZ



Felkészülés a kísérlethez

1. A munka kezdete előtt győződjetek meg arról, hogy ismeritek az áramkörökkel végzett munka balesetvédelmi előírásait!
2. Szerkesszék meg a két párhuzamosan kapcsolt izzóból, kapcsolóból és áramforrásból álló áramkör kapcsolási rajzát!
3. Állítsatok össze, és írájatok le a kísérlet elvégzésének tervét! Ha bizonytalanok vagytok, használjátok az alábbi tervet!

Kísérlet

Szigorúan tartsátok be a balesetvédelmi előírásokat!

A mérési eredményeket azonnal írátk be a táblázatba!

1. Állítsátok össze az áramkört a kapcsolási rajz szerint!
2. Mérjétek meg a főágban folyó I áramerősséget, majd az 1 izzón át folyó I_1 áram és a 2 izzón átfolyó I_2 áram erősségét!
3. Mérjétek meg az izzókon lévő U feszültséget!
4. Készítsétek el a megfelelő áramkörök kapcsolási rajzát!

A kapott eredmények feldolgozása

A mérések eredményeinek felhasználásával számítsátok ki az 1 izzó R_1 , a 2 izzó R_2 ellenállását, valamint a két izzóból álló szakasz R eredő ellenállását. A számítások eredményeit írátk be a táblázatba!

I, A	I_1, A	I_2, A	U, V	R_1, Ω	R_2, Ω	R, Ω

A kísérlet eredményeinek elemzése

Elemezzétek a kísérletet és az eredményeket, majd vonjatok le következtetéseket arról, hogy:

- 1) milyen egyenlőségeket ellenőriztetek, és milyen eredményeket kaptatok a párhuzamosan kapcsolt vezetőkre vonatkozóan;
- 2) milyen tényezők befolyásolhatták a mérések pontosságát!

Alkotói feladat

Írátk le annak a kísérletnek a tervét, amelyben ampermérő, áramforrás, ismert ellenállású rezisztor és összekötő vezetékek segítségével meghatározható a rezisztor ellenállása! Végezzétek el a kísérletet!

Csillagos feladat

Mivel az áramerősség mérésének abszolút hibája az ampermérő egy beosztásával egyenlő, határozzátok meg:

- 1) az áramerősség mérésének relatív hibáját az izzón: $\varepsilon_{I_1} = \frac{\Delta I}{I_1}$;
- 2) a teljes áramerősség mérésének relatív hibáját: $\varepsilon_I = \frac{\Delta I}{I}$;
- 3) a kísérlet relatív hibáját: $\varepsilon = \left| 1 - \frac{I_1 + I_2}{I} \right| \cdot 100\%$.

2. RÉSZ. AZ ELEKTROMOS ÁRAM MUNKÁJA ÉS TELJESÍTMÉNYE.

ELEKTROMOS ÁRAM KÜLÖNBÖZŐ KÖZEGEKBEN

33. §. AZ ELEKTROMOS ÁRAM MUNKÁJA ÉS TELJESÍTMÉNYE

Mindannyian láttatok már elektromos fogyasztásmérőt. Bizonyára néhányan már az állását is leolvastátok. Mit gondoltok, milyen fizikai mennyiséget mér ez a műszer? Hogy ellenőrizhessétek a feltevésetek helyességét, olvassátok el ezt a paragrafust.

1 Tisztázzuk, milyen fizikai mennyiséget határoznak meg az elektromos fogyasztásmérővel (villanyórával)

A 33.1. ábrán egy *elektromos fogyasztásmérő* látható. Megjegyezzük vagy leírjuk azokat a számokat, amelyeket a műszer kijelzője mutat (33.1. a ábra), vagy másként fogalmazva: *leolvassuk a villanyóra állását*. Mit jelentenek ezek a számok? Nyilvánvaló, hogy ez valamilyen fizikai mennyiség számértéke. De melyiké?

Először meghatározzuk ennek a mennyiségnek a mértékegységét. A kijelzőn a számok mellett $\text{kW} \cdot \text{h}$ feliratot láthatunk. Ismeretes, hogy $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$ és $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$, $1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$. Tehát $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1000 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 3600 \text{ s} = 3\,600\,000 \text{ J}$ vagy $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$. Az egyik fizikai mennyiség, amit joule-ban mérnek, a munka. Így feltételezhetjük, hogy a villanyórával az *áram munkáját* mérjük. Hogy erről meggyőződjünk, a villanyóra áramkörébe elektromos hőszugárzót kapcsolunk. Bizonyos idő elteltével újra leolvassva a műszer állását (33.1. b ábra) azt látjuk, hogy többet mutat.



33.1. ábra. A villanyóra leolvasása: a – kezdeti adat (382 $\text{kW} \cdot \text{h}$); b – a villanyóra állása az elektromos hőszugárzó bizonyos ideig való működését követően (385 $\text{kW} \cdot \text{h}$). Az elfogyasztott elektromos energia mennyisége: $385 - 382 = 3 \text{ (kW} \cdot \text{h)}$

A hőszugárzó spirálján áthaladó elektromos áram munkát végzett, amit a villanyóra segítségével rögzítettünk.

■ **Villanyóra** – az áram munkájának direkt mérésére szolgáló műszer.

(Az áram által végzett munka egységének megállapított árát az elektromos áram díjszabásának (tarifájának) nevezzük. Például a 2016. január 1-i állapotok szerint a fogyasztók meghatározott kategóriája számára a tarifa 45,6 kopijka $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ az elfogyasztott áramért.)

2 Kiszámítjuk az áram munkáját

Tisztázzuk, kiszámítható-e az áram munkája másként, a villanyóra segítségével nélkül.

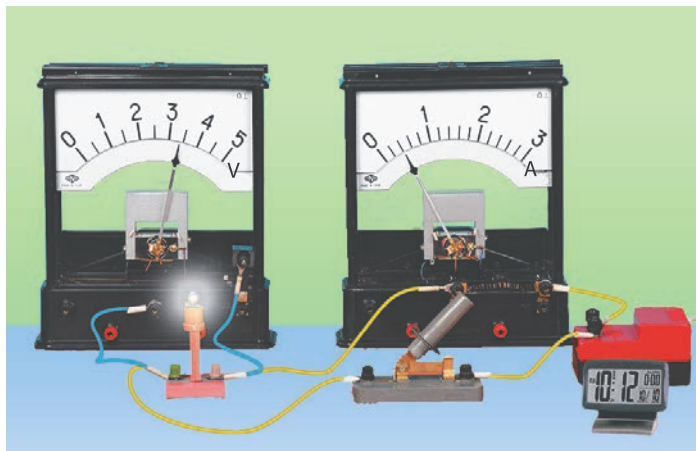
A tankönyv 28. §-ának tanulmányozása során tisztáztátok, hogy az U elektromos feszültség az áramkör kapcsain az $U = \frac{A}{q}$ képlettel számítható ki. Tehát az áram q töltés elmozdítására végzett munkája az $A = Uq$ képlettel határozható meg. A q töltést az I áramerősséggel, valamint az áthaladáshoz szükséges t idejének segítségével kifejezve: $q = It$. Megkapjuk az elektromos áramnak az áramkör szakaszán végzett munkáját kifejező képletet:

$$A = UIt.$$

Tehát ahhoz, hogy meghatározzuk azt a munkát, amit az áram bizonyos fogyasztón (az áramkör adott szakaszán) végez, elegendő megmérni a fogyasztón átfolyó áram erősségét, végpontjain a feszültséget, valamint a töltés áthaladási idejét (33.2. ábra). Már tudjátok, hogy az ilyen méréseket *közvetetteknek* nevezzük.

❓ A 33.2. ábra segítségével mérjétek meg, mekkora munkát végez az áram 30 s alatt az izzón!

Jegyezzétek meg: az elektromos áram munkájának képletéből következik, hogy $1 \text{ J} = 1 \text{ V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}$. Ez az összefüggés még hasznos lehet a mértékegységek ellenőrzésekor feladatok megoldásánál.



33.2. ábra. Az áram munkájának mérésére alkalmasak az általuk már jól ismert műszerek: ampermérő, voltmérő és stopperóra

3 Kiszámítjuk az áram teljesítményét

Az **elektromos áram teljesítménye** – az áram munkavégzésének sebességét jellemző fizikai mennyiség, amely egyenlő az áram által elvégzett munkának és a munkára fordított időnek az arányával:

$$P = \frac{A}{t},$$

ahol P – az elektromos áram teljesítménye; A – az áram által t idő alatt elvégzett munka.

Mivel $A = UI t$, ezért

$$P = UI.$$

A teljesítmény mértékegysége a SI rendszerben – a **watt**: $1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$.

Az elektromos áram teljesítményének kiszámítására szolgáló képletből következik, hogy: $1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A} = 1 \text{ V} \cdot \text{A}$; 1 W az 1 A erősségű áram teljesítménye az áramkör 1 V feszültségű szakaszán.

A watt viszonylag kis teljesítményegység. A gyakorlatban gyakrabban használjuk a többszöröseit: *kilowatt* ($1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$), *megawatt* ($1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$), *gigawatt* ($1 \text{ GW} = 10^9 \text{ W}$).

4 Megtanuljuk megkülönböztetni a névleges és tényleges teljesítményt

Az áram teljesítményének kiszámítására szolgáló képletet vizsgálva ($P = UI$) láthatjuk, hogy az áram teljesítményét ampermérő és voltmérő segítségével lehet kiszámítani (összeszorozva a műszerekkel megállapított feszültséget és áramerősséget). Léteznek műszerek az elektromos áram teljesítményének *közvetlen* (direkt) mérésére. Ezek a *wattmérők*.

Az áram teljesítményét mérve a fogyasztóban annak **tényleges teljesítményét** mérjük. Az elektromos készülék használati utasításában (vagy magán a készüléken) feltüntetett teljesítményt **névleges teljesítménynek** nevezzük.

Rendszerint nem csupán a készülék névleges teljesítményét tüntetik fel, de azt a feszültséget is, amire a készüléket méretezték. Azonban a hálózati feszültség kissé ingadozhat, ha megnő, akkor az áramerősség is megnő. Ennek a két mennyiségnek a növekedése az áram teljesítményének növekedéséhez vezet a fogyasztóban. Vagyis *a fogyasztó tényleges és névleges teljesítménye eltérhet egymástól*.

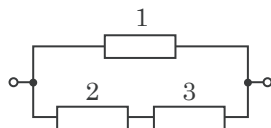
Ha az áramkör több fogyasztóból áll, akkor *tényleges fogyasztásának* kiszámításakor emlékezni kell arra, hogy *a fogyasztók bármilyen bekötése esetén az áram összteljesítménye a teljes körben egyenlő az egyes fogyasztók teljesítményének összegével*.

Végezetül újra a 33.1. ábrához fordulunk. A villanyórán még két fizikai mennyiség szerepel: 220 V ; 15 A . Az első azt mutatja, milyen feszültségű áramkörbe kell bekapcsolni a fogyasztásmérőt, a második azt a megengedett maximális áramerősséget, amely a műszeren áthaladhat. Összeszorozva ezeket az értékeket, megkapjuk *az ezen a mérőeszközön keresztül a hálózathoz csatlakoztatható fogyasztók legnagyobb megengedett fogyasztását* ($UI = P_{\max}$).

5

Gyakoroljuk a feladatok megoldását

1. feladat. Az áramkör szakasza három egyforma rezisztorból tevődik össze (lásd az ábrát). Határozzátok meg a rezisztorok összteljesítményét, ha ellenállásuk egyenként $5\ \Omega$, a szakasz végpontjain mért feszültség pedig $10\ \text{V}$.



A fizikai probléma elemzése. A feladat kétféleképpen is megoldható:

1) kiszámítjuk az ellenállások teljesítményét külön-külön, majd az összteljesítményüket;

2) kiszámítjuk a szakaszon átfolyó áram erősségét, és a feszültség ismeretében kiszámítjuk a rezisztorok összteljesítményét.

Adva van:

$$R_1 = R_2 = R_3 = 5\ \Omega \\ U = 10\ \text{V}$$

Meghatározzuk:

$P = ?$

A matematikai modell felállítása, megoldás.

1. módszer

Mivel az áramkör szakaszának a 2 és 3 rezisztorokat tartalmazó része párhuzamosan kapcsolódik az 1 rezisztorhoz, ezért $U_1 = U_{2,3} = U = 10\ \text{V}$.

$$\text{Ohm törvénye alapján } I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{10\ \text{V}}{5\ \Omega} = 2\ \text{A}.$$

A teljesítmény kiszámítására szolgáló képletnek megfelelően:

$$P_1 = U_1 I_1 = 10\ \text{V} \cdot 2\ \text{A} = 20\ \text{W}.$$

Mivel a 2 és 3 rezisztorok sorosan kapcsolódnak egymáshoz, ezért

$$R_{2,3} = R_2 + R_3 = 5\ \Omega + 5\ \Omega = 10\ \Omega; \quad I_2 = I_3 = I_{2,3} = \frac{U_{2,3}}{R_{2,3}} = \frac{10\ \text{V}}{10\ \Omega} = 1\ \text{A}.$$

Ohm törvénye szerint meghatározzuk a 2 és 3 rezisztorokon lévő feszültséget, és kiszámítjuk azok teljesítményét:

$$U_2 = I_2 R_2 = 1\ \text{A} \cdot 5\ \Omega = 5\ \text{V}, \quad P_2 = U_2 I_2 = 5\ \text{V} \cdot 1\ \text{A} = 5\ \text{W}; \\ U_3 = I_3 R_3 = 1\ \text{A} \cdot 5\ \Omega = 5\ \text{V}, \quad P_3 = U_3 I_3 = 5\ \text{V} \cdot 1\ \text{A} = 5\ \text{W}.$$

$$\text{Innen: } P = P_1 + P_2 + P_3 = 20\ \text{W} + 5\ \text{W} + 5\ \text{W} = 30\ \text{W}.$$

2. módszer

Először meghatározzuk az áramkör szakaszának R eredő ellenállását.

Mivel a 2 és 3 rezisztor sorosan kapcsolt, ezért:

$$R_{2,3} = R_2 + R_3 = 5\ \Omega + 5\ \Omega = 10\ \Omega.$$

Mivel az áramkör szakaszának 2 és 3 rezisztort tartalmazó része párhuzamosan kapcsolódik a 1 rezisztorhoz, ezért:

$$R = \frac{R_{2,3} \cdot R_1}{R_{2,3} + R_1} = \frac{10\ \Omega \cdot 5\ \Omega}{15\ \Omega} = \frac{10}{3}\ \Omega.$$

Ohm törvénye alapján: $I = \frac{U}{R} = 10\ \text{V} : \frac{10}{3}\ \Omega = 3\ \text{A}$. A teljesítmény képlete szerint: $P = UI = 10\ \text{V} \cdot 3\ \text{A} = 30\ \text{W}$.

Az eredmény elemzése. A feladatot más-más módszerrel megoldva ugyanolyan teljesítményértéket kaptunk, tehát a megoldás helyes.

Felelet: $P = 30\ \text{W}$.

2. feladat. Határozzátok meg a villanymozdony motorjának hatásfokát, ha $16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ sebességgel egyenletesen haladva 300 kN húzóerőt fejt ki! A hálózati feszültség 3 kV , a motor által használt áram erőssége 2 kA .

A fizikai probléma elemzése. A feladat megoldásához tisztázni kell, hogy a villanymotor tekercsén áthaladó áram által végzett munka mekkora részét képezi a hasznos munka (a villanymozdony elmozdítására fordított mechanikai munka). A mechanikai munka és az áram munkájának képletét felhasználva meghatározzuk a keresett mennyiséget.

Adva van:

$$v = 16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F = 3 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$U = 3 \cdot 10^3 \text{ V}$$

$$I = 2 \cdot 10^3 \text{ A}$$

Meghatározzuk:

η – ?

A matematikai modell felállítása, megoldás.

A hatásfok a következő képlet alapján határozható meg:

$$\eta = \frac{A_h}{A_t}.$$

$A_h = Fl$ – a villanymozdony l távolságra való elmozdítására fordított munka.

A villanymozdony egyenletesen mozog, tehát $l = vt$.

Innen: $A_h = Fvt$.

Az áram munkája a villanymozdony motorjában: $A_t = UIt$.

Az A_h és A_t kifejezéseit behelyettesítjük a hatásfok képletébe:

$$\eta = \frac{Fvt}{UIt} = \frac{Fv}{UI}.$$

Ellenőrizzük a mértékegységet, és kiszámítjuk a keresett mennyiséget:

$$[\eta] = \frac{\text{N} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{V} \cdot \text{A}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}} = \frac{\text{J}}{\text{J}} = 1; \quad \eta = \frac{3 \cdot 10^5 \cdot 16}{3 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^3} = 0,8.$$

Az eredmény elemzése. A hatásfok 80%-a villanymotorok esetében reális eredmény.

Felelet: $\eta = 80\%$.



Összefoglaló

Az áramkör szakaszán az elektromos áram munkát végez, aminek értéke egyenlő az U feszültségnek, az I áramerősségnek és a töltés áramkörön való t áthaladási idejének a szorzatával: $A = UIt$.

Az elektromos áram munkájának mértékegysége a SI rendszerben a joule (J): $1 \text{ J} = 1 \text{ V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}$. Az elektrotechnikában az áram munkájának a SI rendszeren kívüli mértékegységét – a kilowattórát ($\text{kW} \cdot \text{h}$); $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$ – használják.

Az áram munkáját közvetlenül mérő műszereket fogyasztásmérőknek nevezzük.

Az áram munkavégzésének sebességét jellemző fizikai mennyiséget az elektromos áram teljesítményének nevezzük. Az elektromos áram teljesítménye a $P = UI$ képlet segítségével határozható meg. Az elektromos áram teljesítményének mértékegysége a SI rendszerben a watt (W): $1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \text{ V} \cdot \text{A}$.

Azt a teljesítményt, amire az elektromos műszert méretezték, névleges teljesítménynek nevezzük. A névleges teljesítményt általában feltüntetik a készülék használati utasításában. Az áram valós teljesítményét a készülékben tényleges teljesítménynek nevezzük.



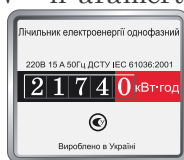
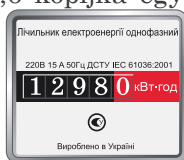
Ellenőrző kérdések

1. Milyen képlettel számítják ki az elektromos áram munkáját?
2. Nevezzétek meg az elektromos áram munkájának mértékegységeit!
3. Bizonyítsátok be, hogy $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \cdot 10 \text{ J}$!
4. Hogyan mérik az elektromos áram munkáját?
5. Mit nevezünk az elektromos áram teljesítményének?
6. Melyik képlettel számítható ki az áram teljesítménye?
7. Mit nevezünk az elektromos készülék névleges teljesítményének?
8. Mi a készülék tényleges teljesítménye?



33. gyakorlat

1. A villanyóra számlálója alapján (1. az ábrát) határozzátok meg a felhasznált elektromos energia mennyiségét, és számítsátok ki az árat, ha a díjszabás 45,6 kopijka egy $\text{kW} \cdot \text{h}$ áramért!



2. Bizonyítsátok be, hogy $1 \text{ V} \cdot \text{A} \cdot \text{s} = 1 \text{ J}$!
3. Határozzátok meg azt a munkát, amit az áram végzett a gyerekjáték villanymotorjának 15 perces működése során, ha a feszültség 10 V, a motor tekercsein folyó áram erőssége pedig 0,8 A!
4. Két, egyenként 10Ω és 25Ω ellenállású vezetőt 100 V feszültségű hálózatba kapcsoltak. Mekkora munkát végez az elektromos áram a vezetők mindegyikében 5 perc alatt, ha: a) párhuzamosan; b) sorosan kötjük be őket a körbe?
5. Határozzátok meg annak az áramnak az erejét, amit az emelődaru villanymotorja fogyaszt, miközben az 1 tonna tömegű terhet 50 s alatt 19 m magasba emeli! A villanymotor hatásfoka 80%, a kapocsfeszültség 380 V.
6. Két, azonos ellenállású fűtőszállal rendelkező főzőlapot előbb sorosan, majd párhuzamosan kapcsoltak a hálózatba. Melyik esetben és hány-szorosan fogyasztottak több áramok a készülékek?
7. Kérdezzétek meg a szüleitektől, mennyibe kerül $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ elektromos energia a háztartásokban! Tudjátok meg, mekkora a teljesítménye az általatok használt különböző áramfogyasztóknak! Számítsátok ki az egyes készülékek által 20 perc alatt elfogyasztott elektromos energia árát! A táblázatot rajzoljátok át a füzetetekbe, és töltsétek ki!

A készülék neve	Teljesítmény, P, W	Az áram munkája, A		Ár, hrn
		J	$\text{kW} \cdot \text{h}$	



8. Állítsatok fel megfeleltetést a fizikai esetek és az azokat leíró képletek között!

1. Működik a hőerőgép.
2. A bojlerben melegszik a víz.
3. A tócsát jég fedte be.
4. A kútból felhúztak egy vödör vizet.

A $A = mgh$

B $Q = cm\Delta t$

C $E_k = \frac{mv^2}{2}$

D $\eta = \frac{A_h}{Q_t}$

E $Q = \lambda m$



Kísérleti feladat

„Lelkiismeretes gazda”. Egy hétig figyeljétek a háztartások energiafogyasztását! Ehhez minden nap ugyanabban az időben jegyezzétek fel a villanyóra állását, és számítsátok ki, mennyi elektromos energiát fogyasztott a családotok egy nap alatt!

A mérések és számítások eredményei alapján rajzoljátok meg az energiafogyasztás grafikonját az adott hétre! Válaszoljatok a következő kérdésekre!

- 1) A hét melyik napján volt a legnagyobb az áramfogyasztás? Miért?
- 2) Előfordult-e, hogy az áramfogyasztók fölöslegesen voltak bekapcsolva?
- 3) Hogyan takarékoskodhat családotok az elektromos energiafogyasztással?

Fizika és technika Ukrajnában



Az **Ukrán Nemzeti Tudományos Akadémia Termoelektronikai Intézete** (Csernyivci) 1990-ben alakult. Alapítója és a mai napig igazgatója *Lukjan Ivanovics Anaticsuk* akadémikus, a termoelektronika és az energiaátalakító anyagok technológiájának tudósa.

Az intézet a világ egyik vezető intézménye a termoelektronika kutatásának és felhasználásának – a modern fizika legfejldőképesebb ágazatának – terén.

Az energia termoelektronikai átalakításának alapján az intézetben számtalan új termoelemet fejlesztettek ki, amelyeket nem csak Ukrajnában, hanem a határain túl is felhasználnak. Például az intézet részt vett a francia tengeralattjárók légkondicionáló rendszerének kifejlesztésében. Az európai kozmikus rendszerek részére hűtőmodulokat állítottak elő a Föld körül keringő műholdak tájékozódási berendezései szenzorainak hűtésére. A háztartási hűtőgépek számára is kifejlesztettek olyan alkatrészeket, amelyek leválthatják a freonnal működő kompresszorokat.

Az intézet a Csernyivci Nemzeti Egyetem termoelektronikai tanszékének bázisintézménye.



34. §. AZ ÁRAM HŐHATÁSA. JOULE–LENZ TÖRVÉNYE

Saját tapasztalatból tudjátok, hogy amikor az elektromos áram áthalad az izzó-lámpa spirálján, az annyira felmelegszik, hogy látható fényt kezd kibocsátani. Az elektromos áram hatásának köszönhetően hevül fel a vasaló és a villanytűzhely. Azonban a ventilátor és a porszívó csak jelentéktelen mértékben melegszik fel, akárcsak (persze, ha minden rendben van) a hálózati vezetékek. Ebből a paragrap-fusból megtudjátok, mitől függ az áram hőhatása.

1 Az áram hőhatásairól elmélkedünk

Már szó esett arról, hogy az áramot mindig hő képződése kíséri. Ezt a tényt nem nehéz megmagyarázni.

Amikor a vezetéken áram halad át, a szabad töltéshordozók az elektromos tér hatására irányított mozgást végeznek, mialatt más részecskékkel ütköznek (az elektronok a fémekben a rácspontokban elhelyezkedő ionokkal, az elektrolit ionjai pedig más ionokkal, atomokkal vagy molekulákkal), miközben átadják energiájuk egy részét. Ennek eredményeként a részecskék kaotikus (hő-) mozgásának átlagsebessége megnő – a vezető felmelegszik. Az energiamegmaradás törvénye szerint a szabad töltéshordozóknak az elektromos tértől kapott kinetikus energiája átalakul belső energiává.

Nyilvánvaló, hogy minél gyakrabban ütköznek a részecskék, vagyis minél nagyobb a vezető ellenállása, annál több energia adódik át a vezetőnek, és az annál jobban felmelegszik. Tehát feltételezhetjük, hogy *változatlan áramerősség mellett a vezetőben az áram hatására keletkezett hőmennyiség arányos a vezető ellenállásával.*

Ezenkívül az *áramerősség növelésével nő a vezetőben keletkező hőmennyisége.* Ugyanis minél több részecske halad át a vezető keresztmetszetén egységnyi idő alatt, annál többször ütköznek a részecskék.

2 Megismerkedünk Joule–Lenz törvényével

Az áram hőhatását kísérleti úton az angol *James Joule* (34.1. ábra) és az orosz *Emilij Lenz* (34.2. ábra) tanulmányozta. Egymástól függetlenül ugyanarra a következtetésre jutottak, amit később a tiszteletükre a **Joule–Lenz-törvény** nevet kapta.

Az áramjárta vezetőben keletkezett hőmennyiség egyenesen arányos az áramerősség négyzetével, a vezető ellenállásával és az áram áthaladási idejével:

$$Q = I^2 R t .$$



A 34.3. ábrán láthatjátok a Joule–Lenz-törvényt bizonyító kísérlet vázlatát. Próbáljátok meg önállóan leírni a kísérlet menetét!

A Joule–Lenz-törvényt kísérleti úton fedezték fel. Most, ismerve az áram munkájának képletét ($A = UIt$), egyszerű matematikai okfejtéssel is levezethető a Joule–Lenz-törvény.

Ha az áramkörben folyó áram nem végez mechanikai munkát, és nem mennek végbe kémiai reakciók, akkor az áram munkája csak a vezető felmelegedéséhez vezet. A felmelegedett vezető hőátadás révén átadja a kapott energiát a környező testeknek. Tehát az energiamegmaradás törvénye szerint ebben az esetben a keletkezett Q hőmennyiség egyenlő az áram A munkájával: $Q = A$.

Mivel $A = UIt$, $U = IR$, ezért:

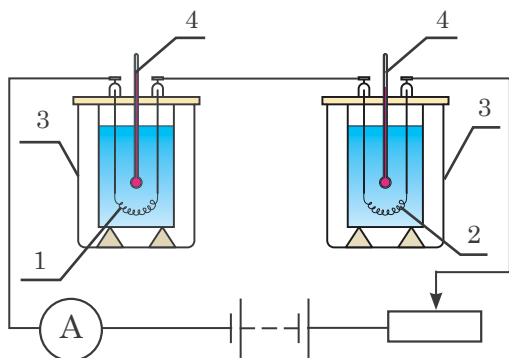
$$Q = UIt = IRIt = I^2Rt.$$

3 Megvizsgáljuk a hőmennyiség kiszámításának néhány sajátosságát

A Joule–Lenz-törvény levezetéséhez néhány feltevéssel élünk. A kísérletekből kiderült, *az áramkör szakaszán átmenő áram által a vezetőnek juttatott hőmennyiség mindig meghatározható a $Q = I^2Rt$ képlettel.*

Felmerül a kérdés: mi a teendő, ha ismeretlen az áramerősség, de ismert az adott szakasz végpontjai közötti feszültség? Úgy tűnik, alkalmazható Ohm törvénye. Valóban,

$$Q = I^2Rt, \quad I = \frac{U}{R}. \quad \text{Ekkor } Q = \left(\frac{U}{R}\right)^2 Rt = \frac{U^2}{R^2} Rt.$$



34.1. ábra. James Prescott Joule (1818–1889) – angol fizikus, a hőjelenségek modern elméletének egyik megalapozója. 1841-ben fedezte fel, hogyan függ az áramjárta vezetőben keletkező hő mennyisége az áramerősségtől és a vezető ellenállásától



34.2. ábra. Emilij Hrisztianovics Lenz (1804–1865) – német származású orosz fizikus, a szentpétervári egyetem professzora. 1842-ben Joule-től függetlenül felfedezte az elektromos áram hőhatásának törvényét

34.3. ábra. A Joule–Lenz-törvényt igazoló kísérlet vázlata: 1, 2 – elektromos melegítők (az 1 melegítő ellenállása nagyobb a 2 melegítőénél); 3 – azonos mennyiségű vizet tartalmazó kaloriméterek; 4 – hőmérők

Leegyszerűsítve R -rel, a következő képletet kapjuk:

$$Q = \frac{U^2}{R} t.$$

Azonban a $Q = UI t$ képlethez hasonlóan ez a képlet is **csak akkor használható**, ha a teljes elektromos energiamennyiség a melegítésre fordítódik.

Ha az áramkör szakaszán olyan fogyasztók is vannak, amelyekben mechanikai munkavégzés történik vagy kémiai reakciók mennek végbe, akkor

a $Q = \frac{U^2}{R} t$ és a $Q = UI t$ **képletek nem alkalmazhatók**. Ilyen esetekben bonyolult matematikai kifejezéseket alkalmaznak, amelyek az összes jelenléte figyelembe veszik.

4 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. Határozzátok meg, milyen ellenállású vízforralóra van szükség, hogy 5 perc alatt 1,5 kg 12 °C hőmérsékletű vizet forráspontjáig felmelegítsen. A hálózati feszültség 220 V, a forraló hatásfoka 84%.

A fizikai probléma elemzése. Amikor a forralón elektromos áram megy át, Q_{teljes} hőmennyiség szabadul fel. Egy része (Q_{hasz}) a víznek 100 °C-ra való felmelegítésére fordítódik.

Felírva a Q_{teljes} és Q_{hasz} mennyiségeket a feltételben megadott adatokkal, meghatározzuk a keresett mennyiséget. A víz c fajhőjét a megfelelő táblázatban találjátok (lásd a *Függelék 1. táblázatát*).

Adva van:

$$\tau = 5 \text{ min} =$$

$$= 300 \text{ s}$$

$$m = 1,5 \text{ kg}$$

$$t_1 = 12 \text{ °C}$$

$$t_2 = 100 \text{ °C}$$

$$U = 220 \text{ V}$$

$$\eta = 84\% =$$

$$= 0,84$$

$$c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$$

Meghatározzuk:

$R = ?$

A matematikai modell felállítása, megoldás.

A vízforraló hatásfokának a meghatározása szerint:

$$\eta = \frac{Q_{\text{hasz}}}{Q_{\text{teljes}}}.$$

$$\text{Ebben az esetben } Q_{\text{hasz}} = cm(t_2 - t_1); \quad Q_{\text{teljes}} = \frac{U^2 \cdot \tau}{R}.$$

Behelyettesítve a Q_{hasz} és Q_{teljes} kifejezéseit a hatásfok képletébe, a következő kifejezést kapjuk:

$$\eta = \frac{cm(t_2 - t_1)}{\frac{U^2 \cdot \tau}{R}}, \text{ vagy } \eta = \frac{cm(t_2 - t_1) \cdot R}{U^2 \cdot \tau}.$$

Az utolsó kifejezésből meghatározzuk az R -t:

$$\eta U^2 \cdot \tau = cm(t_2 - t_1) \cdot R \Rightarrow R = \frac{\eta U^2 \cdot \tau}{cm(t_2 - t_1)}.$$

Ellenőrizzük a mértékegységet, és kiszámítjuk a keresett mennyiséget:

$$[R] = \frac{\frac{\text{V}^2 \cdot \text{s}}{\text{J}}}{\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}} = \frac{\text{V}^2 \cdot \text{s}}{\text{J}} = \frac{\text{V}^2 \text{s}}{\text{V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}} = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \Omega;$$

$$R = \frac{0,84 \cdot 220^2 \cdot 300}{4200 \cdot 1,5 \cdot (100 - 12)} = \frac{84 \cdot 220 \cdot 220 \cdot 3}{420 \cdot 15 \cdot 88} = 22 \text{ } (\Omega).$$

Felelet: $R = 22 \text{ } \Omega$.



Összefoglaló

Az áram áthaladását a vezetőben hőfejlődés kíséri. Az áramjárta vezetőben keletkező hőmennyiség egyenesen arányos az áramerősség négyzetével, a vezető ellenállásával és az áram áthaladásának időtartamával: $Q = I^2 R t$ (Joule–Lenz-törvény).

Létezik még két képlet a hőmennyiség kiszámítására: $Q = \frac{U^2 t}{R}$ és $Q = U I t$, ám ezek a képletek csak abban az esetben használhatók, ha a teljes elektromos energia melegítésre fordítódik.



Ellenőrző kérdések

1. Miért melegsznek fel az áramjárta vezetők? **2.** Fogalmazzatok meg Joule–Lenz törvényét! Miért kapta ezt a nevet? **3.** Mi a matematikai alakja a Joule–Lenz-törvénynek? **4.** Milyen képleteket ismertek az áramjárta vezetőben keletkező hőmennyiség kiszámítására? Alkalmazhatók-e ezek a képletek minden esetben?



34. gyakorlat

- Mekkora hőmennyiség fejlődik 10 perc alatt a hálózatba kapcsolt villanysütőben, ha a fűtőszál ellenállása $30\ \Omega$, az áramerősség pedig 4 A ?
- Két, egyenként $10\ \Omega$ és $20\ \Omega$ ellenállású vezetőt 100 V feszültségű hálózatba kapcsoltak. Mennyi hő fejlődik bennük 5 s alatt, ha párhuzamosan kapcsolják össze őket?
- Miért nem melegsznek fel azok a vezetők, amelyek eljuttatják az áramot az izzólámpához, miközben az izzószál felmelegszik és fényesen világít?
- Az elektromos vízforraló 5 perc alatt $0,2\text{ kg}$ vizet 14 °C -ról forráspontig hevít, ha a tekercsében 2 A erősségű áram folyik. Határozzátok meg, mekkora feszültségre méretezték a forralót! Az energiaveszteséget ne vegyétek figyelembe!
- Két kaloriméterbe $200\text{--}200\text{ g}$ 20 °C -os vizet öntöttek. Az első kaloriméterbe $24\ \Omega$ ellenállású, míg a másikba $12\ \Omega$ ellenállású vízforralót helyeztek. A vízforralókat sorosan kapcsolták össze, és az áramforráshoz kötötték (34.3. ábra). Mennyi lesz a kaloriméterekben a víz hőmérséklete 7 perc melegítés után, ha az áramerősség egész idő alatt $1,5\text{ A}$?
- Milyen hosszú nikrómdrótra van szükség egy 120 V feszültséggel működő, óránként 1 MJ hőmennyiséget termelő hősugárzó elkészítéséhez? A drót átmérője $0,5\text{ mm}$.
- Hasonlítsátok össze azokat a hőmennyiségeket, amelyek az azonos tömegű és egyaránt 27 °C hőmérsékletű réz- és ólomdrótot megolvasztásához szükségesek!



i

35. §. ELEKTROMOS MELEGÍTŐK. BIZTOSÍTÓK

A statisztikai adatok azt mutatják, hogy a tüzesetek kialakulásának a tűzzel való felelőtlen bánásmódot követő második leggyakoribb oka az elektromos vezeték rövidzárlat miatti kigyulladás. Mi a rövidzárlat, és hogyan előzhető meg a vezetékek kigyulladás, ha bekövetkezett a rövidzárlat, megtudjátok ebből a paragrafusból.



35.1. ábra. A hőleadás növelése céljából a melegítőkészülék felületét bordás alakúra képezik, a villanytűzhely melegítőfelületét pedig sötét fémből készítik

1 Tanulmányozzuk az elektromos melegítőkészülékeket

Az elektromos melegítőkészülékeket széleskörűen használják a mezőgazdaságban, iparban, közlekedésben, a háztartásokban.

? Hozzatok fel példákat melegítőberendezések felhasználására különféle ágazatokban!

A sokféle külső ellenére mindegyik, a gyakorlatban használt elektromos melegítő rendelkezik néhány közös jellemzővel.

Először, minden elektromos melegítő működése az *áram hőhatásán alapul*: az ilyen készülékekben az elektromos áram energiája a melegítő belső energiájává alakul, ami hőátadás útján leadódik a környezetnek (35.1. ábra).

Másodszor, mindegyik elektromos melegítőkészülék fő része a *fűtőelem*, ami felmelegszik, ha áram halad át rajta (35.2. ábra). A fűtőelemeknek igen magas hőmérsékletre történő hevítést is ki kell bírniuk, ezért *olyan anyagokból készülnek, amelyek nehezen olvadnak meg, más szóval magas az olvadáspontjuk* (35.3. ábra). Az áramütés elkerülésére a *fűtőelemet elszigetelik a melegítőkészülék burkolatától*.

A Joule-Lenz-törvény értelmében a fűtőelemen fejlődő Q hőmennyiség: $Q = I^2 R t$, vagyis az áramerősség változtatásával *szabályozható a melegítő hőmérséklete* (35.4. ábra).

A csatlakoztató vezetékek és a fűtőelem sorosan vannak kapcsolva, tehát bennük az áramerősség azonos. A csatlakoztató vezetékek



35.2. ábra. Minden elektromos melegítőkészülék fő része a fűtőelem

sokkal kevésbé melegednek, mint a fűtőelem. Ez azt jelenti, hogy a vezetékek ellenállásának jóval kisebbnek kell lennie a fűtőelem ellenállásánál. Ezért *a fűtőelemeket általában magas fajlagos ellenállású, a csatlakoztató vezetékeket pedig alacsony fajlagos ellenállású anyagokból készítik.*

2 Tisztázzuk az áramerősség áramkörben való hirtelen megnövekedésének okát

A csatlakoztató vezetékek ellenállása elég kicsi, azonban az áramerősség jelentős növekedésekor annyira felmelegedhetnek, hogy tüzet okozhatnak.

Tisztázzuk, mi lehet az oka az áramerősség hirtelen növekedésének egy átlagos lakás áramkörében. Felidézzük Ohm törvényét: $I = \frac{U}{R}$. Mivel a hálózati feszültség állandó, az áramerősség csakis az áramkör eredő ellenállásának csökkenése révén lehetséges. A lakásban a fogyasztók párhuzamosan vannak bekapcsolva az áramkörbe, így ha egyszerre több nagyteljesítményű készüléket kapcsolunk be, az áramkör eredő ellenállása jelentősen lecsökken, ennek megfelelően az áramerősség nagymértékben megnő az áramkörben.

Hirtelen megnő az áramkörben az áramerősség *rövidzárlat* – az áramkör végének és a hozzá viszonyítva jóval kisebb ellenállású vezető érintkezése – esetén. Rövidzárlat alakulhat ki például a vezetékek szigetelésének megsérülésekor, vagy az áramkör elemeinek feszültség alatt történő javításakor (tudnotok kell, hogy ez életveszélyes!).

3 Biztosítékot alkalmazunk

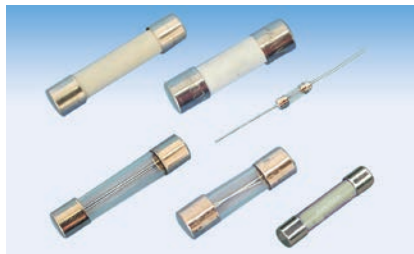
Azért, hogy elkerülhető legyen a rövidzárlat vagy túlterhelés miatti hirtelen áramerősség-növekedés és ezzel tűz kialakulása, *biztosítékokat*, azaz olyan eszközöket használnak, amelyek megszakítják az áramkört, ha az áramerősség a megengedett érték fölé emelkedik (35.5., 35.6. ábrák).



35.3. ábra. Az izzólámpa fűtőszálát wolfram-ból készítik, melynek az olvadáspontja 3387 °C. Miután elérte a 3000 °C hőmérsékletet, a vékony wolframszál fényesen világítani kezd



35.4. ábra. A szabályozógomb elforgatásával egy adott hőmérsékleti üzemmódba állítjuk a vasalót



35.5. ábra. Automata biztosítékok. Az automata biztosítékok munkaeleme bimetall (kettősfém) lemez. Ha a megengedettnél nagyobb az áramerősség, akkor a bimetall lemezek elválnak egymástól, és ezáltal az áramkör megszakad. Lehűlése után a biztosíték újra használható

35.6. ábra. A rádiótechnikában alkalmazott olvadóbiztosítékok. A két végén fémértezőkkel ellátott üveghenger belsejében alacsony olvadáspontú huzal található

? Reméljük, nem lesz nehéz megértenetek az olvadóbiztosíték működési elvét (l. a 35.6. ábrát).

Figyelem! Nagyon veszélyes a hibás vagy saját készítésű biztosítékok használata! Ha az áramerősség nagyobb a megengedettnél és az áramkör nem szakad meg idejében, tűz keletkezhet.

4 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. A lakás villanyórájának automata biztosítóka 10 A áramerősségre van méretezve. Működésbe lép-e a biztosíték, ha egyidejűleg kapcsolunk a hálózatba egy 200 W teljesítményű lámpát, egy 800 W teljesítményű mosógépet, valamint egy 1400 W teljesítményű vízforralót?

A fizikai probléma elemzése. A feladat megoldásához meg kell határozni a bekapcsolt fogyasztók $P_{\text{össz}}$ összesített fogyasztását. Ha a $P_{\text{össz}}$ kisebb az áram maximálisan megengedett P_{max} teljesítményénél, amire a biztosítékot méretezték, akkor a biztosíték nem szakítja meg az áramkört, ha pedig nagyobb, akkor megszakítja azt. Az áram P_{max} teljesítményét megtudjuk a hálózati feszültség (220 V) és a biztosíték megengedett áramerősségének ismeretében.

Adva van:

$I = 10 \text{ A}$

$P_1 = 200 \text{ W}$

$P_2 = 800 \text{ W}$

$P_3 = 1400 \text{ W}$

$U = 220 \text{ V}$

Meghatározzuk:

$P_{\text{max}} - ?$

$P_{\text{össz}} - ?$

A matematikai modell felállítása, megoldás.

Mivel a fogyasztók bármilyen bekötése esetén a teljes fogyasztás az egyes fogyasztók fogyasztásának összegével egyenlő, ezért:

$$P_{\text{össz}} = P_1 + P_2 + P_3.$$

A teljesítmény képlete alapján:

$$P_{\text{max}} = UI_{\text{max}}.$$

Ellenőrizzük a mértékegységet, és meghatározzuk a keresett mennyiséget:

$$[P] = \text{V} \cdot \text{A} = \text{W}; P_{\text{max}} = 220 \cdot 10 = 2200 \text{ (W)};$$

$$P_{\text{össz}} = 200 + 800 + 1400 = 2400 \text{ (W)}.$$

Az eredmények elemzése. Összevetve a kapott teljesítményértékeket ($P_{\text{össz}} = 2400 \text{ W}$) és a biztosíték számára megengedett teljesítményt ($P_{\text{max}} = 2200 \text{ W}$), azt látjuk, hogy a terhelés az áramkörben elérte a legnagyobb megengedett értéket. Tehát a biztosíték kikapcsol, és az áramkör megszakad.

Felelet: a biztosíték megszakítja az áramkört.



Összefoglaló

A különféle elektromos melegítőkészülékek működése az áram hőhatásán alapul.

A melegítőkészülékek működése közben bizonyos hőmennyiség a csatlakoztató vezetékben is keletkezik. Ha jelentősen felmelegednek, akár tüzet is okozhatnak. Ahhoz, hogy a körben folyó áramerősség ne lépjen túl egy megengedett értéket, az áramköröket biztosítókkal látják el. A biztosíték olyan eszköz, amelyik megszakítja az áramkört, ha abban az áramerősség nagyobb a megengedettnél.



Ellenőrző kérdések

1. Milyen energiaátalakulások mennek végbe az elektromos melegítőkészülékben annak áramkörbe történő kapcsolása után?
2. Milyen tulajdonságokkal kell rendelkeznie annak a fémnek, amelyből a fűtőelemet készítenek?
3. Miért kell elszigetelni a fűtőelemet a készülék burkolatától?
4. Mi okozhatja az áramerősség túlzott növekedését az áramkörben? Ez mit okozhat?
5. Mi a rövidzárlat?
6. Milyen célból használnak biztosítókat?
7. Magyarazzátok el az automata biztosíték működési elvét!



35. gyakorlat

1. Mekkora lehet a fogyasztó maximális teljesítménye, ha az olvadóbiztosítékot 220 V feszültségre és 6 A legnagyobb áramerősségre tervezték?
2. Miért kell a villamoshálózat gyulladásának megelőzése érdekében különös figyelmet fordítani arra, hogy a vezeték összekötése és a különféle berendezések csatlakozása megbízható legyen?
3. Milyen követelményeknek kell megfelelnie annak az anyagnak, amiből a biztosíték olvadó huzalja készül?
4. A 100 A fogyasztású hegesztőkészüléket a fiatal munkás egyszerű hosszabbító segítségével akarta bekötni a hálózatba. Ti, akik ismeritek a fizika törvényeit, miért nem tennétek soha ilyet?
5. A vasaló az emberek által használt egyik legelterjedtebb melegítőberendezés. Kiegészítő forrásanyag felhasználásával ismerkedjétek meg a vasaló feltalálásának történetével! Készítsetek rövid beszámolót!



6. Az alábbi megállapítások közül melyek igazak?

- Az atom magból és a mag körül elhelyezkedő elektronokból áll.
- Az atommag mérete 10-szer kisebb az atom méreténél.
- A semleges atomban az elektronok és a protonok száma azonos.
- Az elektromos tér hatására a fémekben található szabad elektronok az áramforrás pozitív, a protonok pedig a negatív pólusa felé mozognak.



Kísérleti feladat

A lakásokban található elektromos háztartási eszközök használati utasításai alapján tisztázzátok, hogy mekkora az egyes készülékek teljesítménye. Tudjátok meg a szüleitektől, mekkora áramerősséget bírnak ki a villanyórához kapcsolt biztosítékok! Határozzátok meg, hány és konkrétan mely fogyasztók kapcsolhatók be egyszerre az áramkörbe!

Fizika és technika Ukrajnában



A **Lemberg-i Ivan Franko Nemzeti Egyetem** története a XVII. században kezdődött: 1661-ben a lengyel király a leMBERGI jezsuita kollégiumnak „akadémiai rangot és egyetemi titlust” adományozott.

1773-ban a jezsuita rendet betiltották, az egyetemet pedig bezárták. 1784-ben II. József császár újraengedélyezte az egyetem megnyitását, amelyben az oktatás latin nyelven folyt.

Az azóta eltelt évszázadokban az egyetem Ukrajna egyik legelőkelőbb felsőoktatási intézménye lett, magas nemzetközi elismerést ért el, valódi tudományos központtá vált. Az első időkben az egyetemen két szak működött – filozófiai és teológiai. Ma az egyetemnek 19 szaka van, melyek közül legnépszerűbbek az elektronika, mechanika-matematika, alkalmazott matematika és informatika, valamint a fizika szakok.

Az egyetem nemzetközileg is elismert tudományos potenciálját az olyan tudományos iskolák alkotják, amelyek a következő szakterületeken működnek: szilárdtestek fizikája, elméleti fizika, polimerek fizikai kémiája, kristálykémia, a szekréciós sejtek bioenergetikája és elektrofiziológiája, valamint J. K. Lazarenko akadémikus ásványtani iskolája.



36. §. ELEKTROMOS ÁRAM A FÉMEKBEN

Az elektromos áramot vezethetik a folyadékok és a szilárd anyagok, bizonyos körülmények között pedig a gázok is. Az elektromos áram különböző közegekben való tanulmányozását a fémekkel kezdjük. Először is azért, mert kivétel nélkül minden fém jól vezeti az áramot, másodsor pedig azért, mert éppen a fémek vezetőképességével függ össze az elektromos áram széles körű alkalmazása az ember életében.

1 Tisztázzuk az elektromos áram természetét

A kémia tananyagából már tudjátok, hogy a vegyértékelektronok a fémekben könnyen elhagyják az atomot, és szabaddá válnak. Ennek eredményeként a fémkristály rácspontjaiban pozitív ionok maradnak.

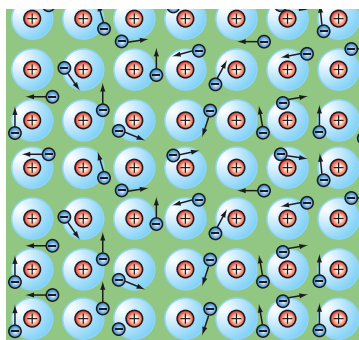
Elektromos tér hiányában a szabad elektronok a fém belsejében kaotikusan mozognak. Az elektronok mozgása a fémekben a gázmolekulák mozgására emlékeztet, éppen ezért nevezik a szabad elektronokat a fémekben *elektrongáznak* (36.1. ábra). Ha a vezetőben elektromos tér van jelen, akkor a kaotikusan mozgó elektronok az áramforrás pozitív pólusa felé mozdulnak el. Az elektronok mozgása irányítottá válik – a fémekben elektromos áram keletkezik.

Az elektromos áram a fémekben – a szabad elektronok irányított mozgása.

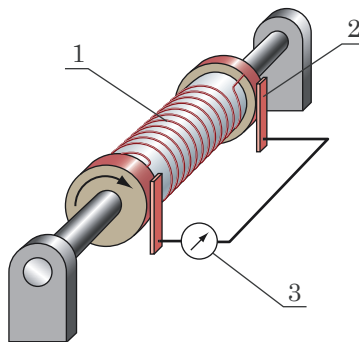
Az elektromos áram természetét a fémekben először *Leonyid Iszaakovics Mandelsztam* és *Nyikolaj Dmitrijevic Papalekszi* orosz tudósok állapították meg (1913) kísérleti úton a strasbourgi egyetemen dolgozva; a kísérletek módszerét *Richard Tolman* és *Thomas Steward* amerikai fizikusok tökéletesítették (1916).

A tudósok a következőképpen gondolkodtak. Ha a fémvezetőt gyors mozgásba hozzuk (36.2. ábra), majd hirtelen megállítjuk, akkor a benne lévő szabad töltött részecskék tehetetlenségük miatt tovább mozognak (hasonlóan ahhoz, amikor a gépjármű hirtelen megáll, a benne lévő rögzítetlen tárgyak pedig tovább mozognak). Ennek eredményeként a vezetőben rövid ideig tartó áram keletkezik, ami galvanométerrel érzékelhető; a galvanométer mutatójának a kitérési irányából megállapítható az áramot létrehozó részecskék töltésének előjele. (Hogy milyen részecskék hozzák létre az áramot, a részecskék töltésének és tömegének az arányából állapítható meg.)

? A 36.2. ábra szerint a tekercs leállításának pillanatában határozható meg az elektronok mozgásának és a rövid időre létrejött elektromos áramnak az irányát!



36.1. ábra. A szabad elektronok a fémekben az elektromos tér hiánya miatt kaotikusan mozognak



36.2. ábra. A fémekben létrejövő elektromos áram természetét vizsgáló berendezés vázlatrajza:

1 – fémtekercs; 2 – csúszó érintkező; 3 – érzékeny galvanométer. A tekercset gyorsan forgatják, majd hirtelen megállítják. Ennek eredményeként a körben elektromos áram jön létre, amit a galvanométer jelez

2 Meggyőződünk arról, hogy a fém ellenállása függ a hőmérséklettől

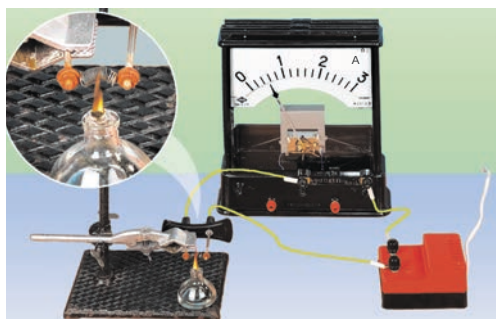
Elvégezzünk egy kísérletet. Az acélspirált összekötjük az áramforrással és szeszégő lángján melegítjük (36.3. ábra). A feszültséget állandó szinten tartjuk. A kísérlet azt mutatja, hogy a melegítés mértékének megfelelően csökken az áramerősség a spirálban, tehát a spirál ellenállása nő. Ha a kísérletet ugyanilyen méretű, de más anyagból készített spirálokkal is elvégezzük, meggyőződünk arról, hogy a hőmérséklet növelésével ezeknek is nő az ellenállásuk, de a változás mértéke különböző lesz.

A fémvezető ellenállása a hőmérséklet emelkedésével nő, a hőmérséklet csökkenésével csökken. Az ellenállás változása a vezető anyagától függ.

Ismerve a fémvezető ellenállásának változását a hőmérséklet változásakor, az ellenállás megmérésevel lehetségessé válik a vezető hőmérsékletének meghatározása. Ez a tény képezi az alapját az úgynevezett *ellenálláshőmérők* működésének. A hőmérsékleti jeladót – ez leggyakrabban platinadrót – abba a közegbe helyezik, aminek a hőmérsékletét meg kell mérni. A drót ellenállását speciális műszerrel megméri, majd az ismert ellenállás alapján meghatározzák a közeg hőmérsékletét. A gyakorlatban a mérőműszer skáláját közvetlenül hőmérsékleti egységekben kalibrálják.

3 Megismerkedünk a szupravezetéssel

1911-ben Heike Kamerlingh Onnes holland tudós (36.4. ábra) a higany abszolút nulla fok ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$) közeli hőmérsékleten való viselkedésének tanulmányozása közben furcsa jelenségre lett figyelmes: amikor a higany hőmérséklete $4,15\text{ K}$ ($-269\text{ }^{\circ}\text{C}$) lett, a fajlagos ellenállása ugrásszerűen nullára csökkent. Hasonlóan viselkedett az ón, az ólom és más fémek. Ezt a jelenséget a *szupravezetésnek* nevezték el. A szupravezetés nem magyarázható a fémek elektronvezetésével. 1957-ben egy amerikai tudóscsoport (36.5. ábra) és tőlük függetlenül M. Bogoljubov szovjet tudós (36.6. ábra) kidolgozta a szupravezetés kvantumelméletét.



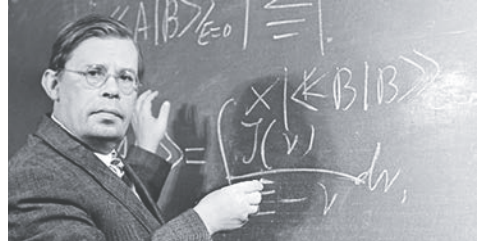
36.3. ábra. A fémek ellenállásának hőmérséklettől való függőségét bemutató kísérlet. A melegítés folyamán az áramerősség csökken, tehát a spirál ellenállása nő



36.4. ábra. Heike Kamerlingh Onnes (1853–1926) – Nobel-díjas (1913) holland fizikus. Felfedezte a fémek szupravezetését



36.5. ábra. John Bardeen (1908–1991), Leon Cooper (szül. 1930), John Robert Schrieffer (szül. 1931) – Nobel-díjas (1972) fizikusok, az elismerést a szupravezetés kvantumelméletének kidolgozásáért kapták



36.6. ábra. Nyikolaj Nyikolajevics Bogoljubov (1909–1992) – neves elméleti fizikus és matematikus. 1929 és 1973 között az Ukrán Tudományos Akadémián dolgozott. A nemlineáris mechanikával, a statikai fizikával és a tér kvantumelméletével kapcsolatos tudományos iskolák megalapítója



Összefoglaló

Az elektromos áram a fémekben nem más, mint az elektronok irányított mozgása. Az elektromos tér hiányában a szabad elektronok a fémekben kaotikus mozgást végeznek. Ha a fémvezetőben elektromos teret hozunk létre, a szabad elektronok kaotikus mozgásuk mellett irányítottan kezdenek mozogni.

A fémvezetők ellenállása függ a hőmérsékletüktől. Ezen a jelenségen alapszik az ellenálláshőmérők működése.

Ha egyes fémek hőmérséklete az abszolút nulla fok közelébe (-273 °C) csökken, az ellenállásuk ugrásszerűen nullára esik. Ezt a jelenséget szupravezetésnek nevezzük.



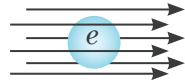
Ellenőrző kérdések

1. Írjátok le a szabad elektronok mozgásának jellemzőit a fémekben, amikor hiányzik az elektromos tér; amikor jelen van az elektromos tér! **2.** Mi az elektromos áram a fémekben? **3.** Írjátok le a fémekben lévő elektromos áram természetének kimutatására szolgáló kísérletet! **4.** Függ-e a fémek ellenállása a hőmérséklettől? Ha igen, akkor hogyan? **5.** Mi a lényege a szupravezetés jelenségének?



36. gyakorlat

- Az elektron elektromos térben van, amelynek erővonalai az ábrán láthatók. Hová irányul a tér részéről az elektronra ható erő iránya?
- Az alábbiak közül melyik állítás helyes?
 - A hőmérséklet emelkedésével nő a fémek ellenállása.
 - A hőmérséklet emelkedésével csökken a fémek ellenállása.
 - Az elektromos áram iránya a fémvezetőkben megegyezik az elektronok mozgásának irányával.
- Az izzólámpa wolframszála fokozatosan vékonyodik a felületéről elpárolgó fém miatt, majd végül az izzószál átég. Magyarázzátok meg, hogy ez miért az izzószál legvékonyabb részén és az izzó bekapcsolásakor következik be leggyakrabban?



4. A 10 cm hosszú és $0,4 \text{ cm}^2$ keresztmetszetű fémvezetőben 80 A erősségű áram folyik. Mennyi az elektronok irányított mozgásának átlagsebessége, ha minden köbcentiméterben $2,5 \cdot 10^{22}$ számú szabad elektron található?



5. Határozzátok meg a keletkezett ion töltésének értékét és előjelét, ha: a) a semleges rézatom két elektront veszített; b) a semleges klóratomhoz egy elektron csatlakozott!

Fizika és technika Ukrajnában



Lev Vasziljevics Subnyikov (1901–1937) – neves kísérleti fizikus. Rövid életének nagy részét Harkivban töltötte, ahol a Harkivi Fizikai-műszaki Intézet alacsony hőmérsékletek laboratóriumát vezette. Az anyagoknak az ú. n. vezetés fölötti állapotát vizsgálta, amelyben az elektromos ellenállás nullával egyenlő. Fontosak voltak a folyékony halmazállapotú gázok (konkrétan a hidrogén, nitrogén és oxigén) előállítására végzett kísérletei.

A tudós legnagyobb kitüntetése a róla elnevezett jelenség. A *Subnyikov–de Haas-effektus*, a *Subnyikov-fázis*, *Obreimov–Subnyikov-módszer* – csak néhány példa a tudósnak a modern fizika terén elért vívmányait tekintve.

2001-ben az Ukrán Nemzeti Tudományos Akadémia a kísérleti fizika terén végzett kutatások elismerése céljából megalapította a Subnyikov-díjat.

i

37. §. ELEKTROMOS ÁRAM A FOLYADÉKOKBAN

A desztillált víz gyakorlatilag szigetelő, mivel alig van benne szabad töltött részecske; a konyhasó is a dielektrikumokhoz tartozik. Azonban, ha egy csipetnyi konyhasót dobunk desztillált vízbe, akkor a kapott oldat már jól vezeti az elektromos áramot. Miért van ez így? Honnan kerültek az oldatba az elektromos töltéssel rendelkező szabad részecskék?

1

Megismerkedünk az elektrolitokkal

Sok kristályos anyag az elektromos vonzóerő által összetartott pozitív és negatív ionokból áll. Például a konyhasó (NaCl) makromolekulája pozitív nátrium ionokból (Na^+) és negatív klórionokból (Cl^-) áll (37.1. ábra), a réz-szulfát (CuSO_4) makromolekulája pozitív rézionokból (Cu^{2+}) és negatív szulfationokból (SO_4^{2-}) tevődik össze. Ha ezeket az anyagokat például vízben feloldjuk, akkor az anyag molekulái különálló ionokra esnek szét.

Az anyagok ionokra történő felbomlásának folyamatát megvizsgáljuk a konyhasó (NaCl) vízben (H_2O) való felbomlásának példáján. Mint már a kémiában tanultátok, a vízmolekulák *polárisak*: az oxigén- és hidrogénmolekulák aszimmetrikusan helyezkednek el, ezért a molekula egyik oldalán a pozitív, míg a másikon a negatív töltés dominál (37.2. a ábra). Tehát a víz molekuláit *elektromos dipólusként** képzelhetjük el (37.2. b ábra).

Amikor a sókristály a vízbe kerül, a víz dipólusai körbeveszik a nátrium- és klorionokat, meghatározott irányba állítva azokat (37.3. a ábra). A víz egyes dipólusai az ionok közötti hézagokba kerülve jelentősen csökkentik az ionok közötti vonzóerőt. Ennek és a vízmolekulák hőmozgásának köszönhetően az ionok leválnak a kristályrácsról (37.3. b ábra).

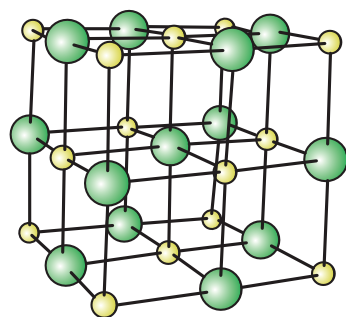
Az anyagok ionokra bomlását az oldószer poláris molekuláinak hatására, **elektrolitikus disszociációnak** (latin *dissociatio* – szétkapcsolás, szétválás) nevezzük.

Az elektrolitikus disszociáció eredményeként az oldatban szabad töltött részecskék – pozitív és negatív ionok – keletkeznek, ezért az oldat áramvezetővé válik.

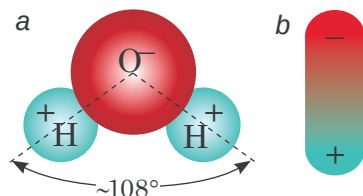
A kísérletek azt mutatják, hogy a molekulák ionokra bomlását nem csak az oldószer idézheti elő. A hőmérséklet jelentős emelkedésének hatására bizonyos sók és fém-oxidok oldószer nélkül is különálló ionokra hullhatnak szét. Ezért ezeknek az anyagoknak az olvadáskai is vezetik az elektromos áramot. Azok az oldatok és olvadékok, amelyek vezetik az elektromos áramot, **elektrolitok**.

2 Megvizsgáljuk az elektromos áram természetét az elektrolitokban

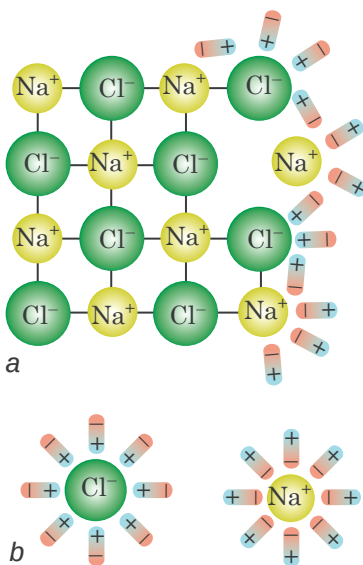
Veszünk két szénelektrodot és hozzákapcsoljuk az áramforrás pólusaihoz (lásd a 37.4. ábrát).



37.1. ábra. A konyhasó (NaCl) kristályrácsának modellje: a pozitív nátrium-ionok (Na^+) – sárga golyók; a negatív klorionok (Cl^-) – zöld golyók

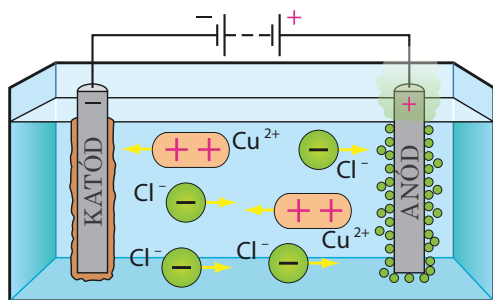


37.2. ábra. Vízmolekula vázlatos ábrázolása



37.3. ábra. A konyhasó elektrolitikus disszociációjának mechanizmusa

* *Elektromos dipólus* – két azonos nagyságú, de különmű töltés, melyek egymástól meghatározott távolság vannak.



37.4. ábra. Az elektromos áram vizsgálata folyadékokban, vázlatosan. Az elektrolit-oldatot (CuCl_2) tartalmazó edénybe katód és anód van merítve. Az áramkör zárása után a pozitív ionok (kationok) a katód felé, a negatív ionok (anionok) az anód irányában mozognak

Az áramforrás pozitív sarkához kapcsolt elektródot **anódnak**, a negatívhoz kapcsoltat pedig **katódnak** nevezzük. Az elektródokat elektrolit-tal, például réz-klorid (CuCl_2) vizes oldatával feltöltött edénybe eresztjük és zárjuk az áramkört. A réz-klorid oldatban elektromos tér keletkezik, aminek hatására a szabad pozitív réz-ionok (Cu^{2+}) a katódhoz vándorolnak, a szabad negatív klór-ionok (Cl^-) pedig az anódhoz (37.4. ábra). Tehát az oldatban létrejön a szabad töltéshordozók irányított mozgása – az elektromos áram.

Az **elektromos áram az elektrolitokban** a pozitív és negatív ionok irányított mozgása.

Az elektrolitokban az áram áthaladásakor a pozitív ionok a negatív elektród, a katód felé mozognak, ezért őket *kationoknak* nevezzük; a negatív ionok a pozitív elektród, az anód felé igyekeznek, ennek megfelelően azokat *anionoknak* nevezték el.

Ionos áramvezetési mechanizmusa nemcsak az elektrolit-oldatoknak és olvadékoknak van, hanem néhány szilárd anyagnak is, például a nátrium-kloridnak (NaCl), kálium-kloridnak (KCl), ezüst(I)-nitrátnak (AgNO_3) és egyebeknek.

Az **elektrolitok** olyan szilárd vagy cseppfolyós anyagok, amelyek ionvezetéssel rendelkeznek.

Megjegyezzük, hogy a hőmérséklet emelkedésével növekszik az elektrolitokban az ionok száma, és ennek megfelelően nő az áramerősség is. Ez azt jelenti, hogy a *hőmérséklet növekedésével csökken az elektrolit ellenállása*.

3 Meghatározzuk, mi az elektrolízis

Az elektromos áram elektroliton való áthaladását (ellentétben az áram fémeken való áthaladásával) az jellemzi, hogy az ionok szállítják az elektrolit kémiai összetevőit és ezek kicsapódnak az elektródokon, azaz szilárd réteg formájában lerakódnak vagy gáznemű állapotban kiválnak. Például, ha a réz-klorid vizes oldatán néhány percig áramot vezetünk át, akkor a katódot vékony rézréteg lepi el (37.5. ábra), az anódnál pedig gáznemű klór válik ki. A klór jelenlétét a jellegzetes szaga árulja el.

Elmagyarázzuk, miért megy így végbe a folyamat. Amikor az áram áthalad a réz-klorid oldaton, a szabad pozitív réz-ionok (Cu^{2+}) a katódhoz, a szabad negatív klórionok (Cl^-) pedig az anódhoz tartanak (lásd a 37.4. ábrát). Elérve a katódot, a réz kationjai a számukra „hiányzó” elektronokat „elveszik” annak felületéről, vagyis *redukciós kémiai reakció* megy végbe. Ennek eredményeként a réz-kation semleges atommá alakul át; a katód felületén kicsapódik a réz. Ezzel egy időben a klór-anionok, elérve az anód felületét, „leadják” fölös elektronjaikat, és így *oxidációs kémiai reakció* megy végbe; az anódon klór fejlődik.

Az anyagok kiválását az elektródákon, ami az oxidációs-redukciós (redoxi) reakciók következtében megy végbe, mialatt az elektroliton áram halad keresztül, **elektrolízisnek** nevezzük.

4 Felfedezzük Faraday törvényét

Az elektrolízis jelenségét részletesen elsőként Michael Faraday (37.6. ábra) angol fizikus vizsgálta. Megfogalmazta azt a törvényt, amelyet később az **elektrolízis törvényének** vagy **Faraday első törvényének** neveztek el.

Az elektrolízis során az elektródon kiváló anyag tömege egyenesen arányos az elektroliton áthaladó töltés értékével:

$$m = kq,$$

ahol m – az anyag tömege; k – arányossági tényező, amelyet az anyag elektrokémiai egyenértékének neveznek; q – az elektromos töltés értéke.

Az anyag elektrokémiai egyenértéke számbelileg egyenlő annak az anyagnak a tömegével, ami kiválik az elektródon, amikor az elektroliton 1 C töltés halad át.

Az elektrokémiai egyenérték mértékegysége a SI rendszerben a **kilogramm per coulomb**:

$$[k] = 1 \frac{\text{kg}}{\text{C}}.$$



37.5. ábra. Néhány perccel azt követően, hogy áramot bocsátunk át a réz-klorid oldatán, a katód felületét vékony rézréteg lepi be



37.6. ábra. Michael Faraday (1791–1867) – angol fizikus, az elektromágneses térről szóló elmélet megalkotója. Felfedezte az elektromos áram kémiai hatását, kidolgozta az elektrolízis törvényeit, és sok jelentős felfedezést tett

Az elektrokémiai egyenérték milliószer kisebb az $1 \frac{\text{kg}}{\text{C}}$ -nál, ezért a táblázatokban (lásd a *Függelék 8. táblázatát*) gyakrabban adják meg mil-

ligramm per coulombban: $1 \frac{\text{mg}}{\text{C}} = 1 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{C}}$.

Az ezüst (Ag^+) elektrokémiai ekvivalense $1,12 \frac{\text{mg}}{\text{C}}$, az alumíniumé (Al^{3+}) – $0,09 \frac{\text{mg}}{\text{C}}$.

Jegyezzétek meg: az elektrolízis első törvényét a következő alakban is felírhatjuk:

$$m = kIt,$$

ahol m – az anyag tömege; k – elektrokémiai egyenérték, I – az elektrolitban lévő áramerősség; t – az elektrolízis lefolyásának ideje.

? Bizonyítsátok be az $m = kq$ és $m = kIt$ képletek azonosságát!

5 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. A réz elektrokémiai egyenértékének meghatározásához a réz-szulfát oldaton 30 percen keresztül $0,5 \text{ A}$ erősségű áramot vezettek át. Mennyi lett az elektrokémiai egyenérték, ha a katód tömege a kísérlet megkezdése előtt $75,20 \text{ g}$ volt, a kísérlet végén pedig $75,74 \text{ g}$ lett?

A fizikai probléma elemzése. A feladat megoldásához felhasználjuk az elektrolízis törvényét. A katódon kivált réz mennyiségét a katód kísérlet utáni, illetve előtti tömegének különbségeként határozzuk meg. Mivel a táblázatokban az elektrokémiai egyenértéket milligramm per coulombban adják meg, ezért a tömeget célszerű milligrammban kifejezni.

Adva van:

$$t = 1800 \text{ s}$$

$$I = 0,5 \text{ A}$$

$$m_1 = 75\,200 \text{ mg}$$

$$m_2 = 75\,470 \text{ mg}$$

Meghatározzuk:

$k - ?$

A matematikai modell felállítása, megoldás.

Faraday törvénye alapján: $m = kIt$, tehát $k = \frac{m}{It}$; mivel $m = m_2 - m_1$, ezért:

$$k = \frac{m_2 - m_1}{It}.$$

Ellenőrizzük a mértékegységeket, és meghatározzuk a keresett mennyiséget:

$$[k] = \frac{\text{mg}}{\text{A} \cdot \text{s}} = \frac{\text{mg}}{\text{C}}; \quad k = \frac{75470 - 75200}{0,5 \cdot 1800} = \frac{270}{900} = 0,30 \frac{\text{mg}}{\text{C}}.$$

Az eredmény elemzése. Az elektrokémiai együttható kapott értékét összehasonlítjuk a táblázatbeli adattal $\left(k = 0,33 \frac{\text{mg}}{\text{C}}\right)$, és azt látjuk, hogy az eredmény majdnem azonos azzal. Az eltérés a mérés pontatlanságának tudható be. Tehát a feladatot helyesen oldottuk meg.

Felelet: $k = 0,30 \frac{\text{mg}}{\text{C}}$.



Összefoglaló

Az elektrolitok olyan szilárd vagy cseppfolyós anyagok, amelyek ionvezetéssel rendelkeznek. Az elektrolitok ionokra történő bomlását, ami oldószer hatására megy végbe, elektrolitikus disszociációnak nevezzük. A disszociáció eredményeként az oldatban szabad töltéshordozók: pozitív és negatív ionok jelennek meg.

Az elektromos áram az elektrolitokban a pozitív és negatív ionok irányított mozgása.

Az elektromos áram elektroliton való áthaladását az jellemzi, hogy az ionok szállítják az elektrolit kémiai összetevőit, és ezek kicsapódnak az elektródákon, szilárd réteg formájában lerakódva vagy gáznemű állapotban kiválva. Ezt a jelenséget elektrolízisnek nevezzük.

Az elektrolízis során teljesül Faraday első törvénye (az elektrolízis törvénye): az elektródon kiváló anyag m tömege egyenesen arányos az elektroliton áthaladó q töltés értékével: $m = kq$, vagy $m = kIt$. A k arányossági tényezőt az anyag elektrokémiai egyenértékének nevezzük.



Ellenőrző kérdések

1. Mi a lényege az elektrolitikus disszociáció jelenségének? Mondjatok néhány példát! **2.** Mi az elektrolit? **3.** Mi az elektromos áram az elektrolitokban? **4.** Mutassátok be az elektrolízis folyamatát! **5.** Fogalmazzátok meg Faraday első törvényét! **6.** Mi az anyag elektrokémiai egyenértékének fizikai lényege?



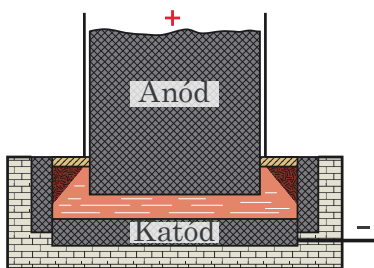
37. gyakorlat

- Az elektrolízis törvénye alapján vezessétek le az elektrokémiai együtt-ható SI rendszerbeli mértékegységét!
- A desztillált víz nem vezető. Miért vezet jól az áramot a csapvíz vagy a folyó- és tengervíz?
- Miért vezet jól a só vizes oldata az áramot, a cukoré pedig miért nem?
- Az elektrolízis során, amikor az elektrolit az ezüst-nitrát volt, a katódon 25 g ezüst vált ki. Mennyi ideig tartott az elektrolízis, ha az áramerősség értéke a teljes folyamat alatt 0,5 A volt?
- Az ezüst-nitrát oldatán két órán keresztül elektromos áramot engedtek át. Határozzátok meg az elektrolízis során a katódon kivált ezüst mennyiségét, ha az elektródokon mért feszültség 2 V, az oldat ellenállása pedig 0,4 Ω volt!
- Az elektrolízis során a kénsav oldatából 50 perc alatt 3 g hidrogén fejlődött. Határozzátok meg az elektrolit melegítésére fordított teljesítményt, ha az ellenállása 0,4 Ω volt!
- A Kovács fia, a könyvkötő tanonc Michael Faraday korának híres tudósává vált. Kiegészítő forrásanyag felhasználásával tudjatok meg többet Faraday életéről és felfedezéseinek történetéről!
- Az acélkanál ezüstözése közben a felszínére 55 μm vastagságú ezüstréteg került. Határozzátok meg az ezüst tömegét, ha a kanál felszínének területe 40 cm^2 !



38. §. AZ ELEKTROLÍZIS ALKALMAZÁSA

Egy legenda szerint a XVIII. század vége felé Anglia királya megajándékozta II. Katalin orosz cárnőt egy alumíniumból készült kehellyel. Elképzelni sem tudjátok, mennyire meglepte őt ez a drága ajándék! Arról van szó, hogy azokban az időkben az alumínium nagyon ritka fémnek számított, és az aranynál jóval drágább volt. Később, az elektrolízis elterjedésével, az alumínium mindenki számára elérhetővé és viszonylag olcsóvá vált. Ebben a paragrafusban arról lesz szó, hogyan nyerhetők ki fémek elektrolízis segítségével, és megtudhatjátok, hol alkalmazzák az elektrolízist.



38.1. ábra. Az alumíniumgyártás ipari berendezésének vázlata. A kád oldala és alja katódként szolgál; az alumínium a kád alján gyűlik össze. Szénrudak szolgálnak anódként, rajta oxigén válik ki

1 Fémek kinyerése elektrolízissel

Az elektrolízist széleskörűen alkalmazzák az iparban. A sókból és oxidokból elektrolízissel sokféle fém nyerhető ki: réz, nikkel, alumínium. Például az alumínium kinyeréséhez elektrolitként kriolitban (Na_3AlF_6) 950 °C-on oldott alumínium-oxidot (Al_2O_3) használnak. Az oldatot speciális, elektrolízis-kádba töltik; katódként általában a kád grafittal bélelt alja és oldalai szolgálnak, anódként pedig az elektrolitba merített szénrudak. Amikor áramot bocsátanak át az elektroliton, a katódon alumínium válik ki (38.1. ábra).

2 Tiszta fémeket állítunk elő

Az elektrolízis (vagy más módszer segítségével) előállított fémek bizonyos mennyiségű szennyező anyagot is tartalmaznak, mivel a nyersanyag nem lehet „ideális”. Az olvadékban mindig megtalálhatók más fémek sói és oxidjai, amelyek ugyanúgy kiválhatnak a katódon. A fémek szennyeződésektől való megtisztítására ismét az elektrolízist alkalmazzák.

A fémek elektrolízissel történő tisztítását finomításnak (**rafinálásnak**) nevezzük.

Ezzel a módszerrel tisztítják a rezet, az alumíniumot, az ólmot, az ezüstöt és néhány más fémeket. Példaként megvizsgáljuk a réz tisztítását.

Réz(II)-szulfát oldatával (CuSO_4) töltött kádba két elektródát helyeznek. Anódként egy vastag, szennyezett rézlemez szolgál, katódként pedig egy vékony vegytiszta rézből készült lemez (38.2. ábra).

Az oldatban a réz(II)-szulfát réz (Cu^{2+}) kationokra és szulfát (SO_4^{2-}) anionokra bomlik. A szulfát-anionok pedig az anód felé haladnak és fokozatosan feloldják azt. A réz-kationok a katód felé mozognak, majd kiválnak a felszínén. Ennek eredményeként a tiszta réz az anódról a katódra vivődik át, a szennyeződések pedig a kád aljára ülepednek le, vagy az oldatban maradnak.

3 Megismerkedünk a galvanosztégiával

Elektrolízis segítségével vékony fémréteg vihető fel egy másik fém felületére. Ezzel az eljárással lehet ezüstözni, aranyozni, nikkelezni, krómozni az adott felületet. Az ilyen rétegek egyrészt a fémek korrózióvédelmét segítik, másrészt megnövelhetik a szilárdságot, vagy egyszerűen csak esztétikai célokat szolgálnak.

A készítmény vékony fémréteggel való bevonásának elektrolitikus módszerét **galvanosztégiának** nevezzük.

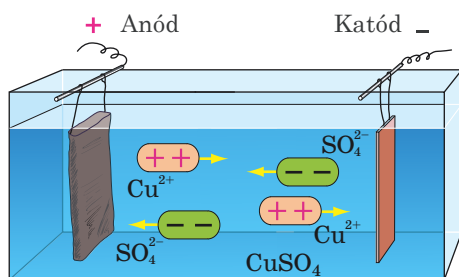
A tárgyat, amit be szeretnének vonni vékony fémréteggel, elektrolit fürdőbe merítik, aminek komponensei között szerepel a szükséges fém. A bevonandó készítmény a katód, a fémlemez, amivel a tárgyat bevonják – az anód. Az áram áthaladásakor a fém kicsapódik a készítményen (a katódon), az anódlemez pedig fokozatosan feloldódik (38.3. ábra).

4 Tanulmányozzuk a galvanoplasztikát

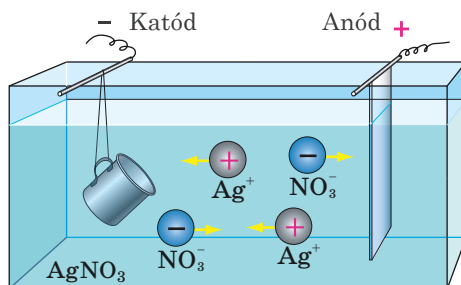
A **galvanoplasztika** – domború tárgyak pontos másolatának elkészítése elektrolízis segítségével.

Előbb elkészítik a tárgy viaszból vagy más plasztikus anyagból készült mintáját. A minta felületét grafittal vonják be, hogy vezesse az áramot. Ezután a mintát elektrolit fürdőbe merítik; a minta lesz a katód. Anódként fémlemez szolgál. Amikor az áram átmegy az oldaton, a mintára meglehetősen vastag fémréteg tapad, ami betölti a minta összes egyenetlenségét. Az elektrolízis befejeztével a viaszmintát elválasztják a fémrétegtől, és ennek eredményeként megkapják a tárgy pontos mását (38.4. ábra).

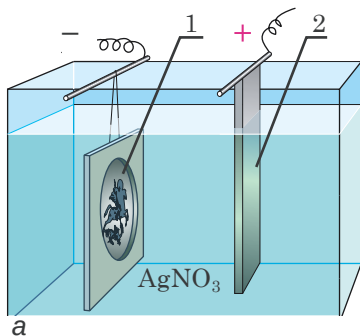
Nyilvánvaló, hogy az elektrolízis alkalmazása a modern technikában nem merül ki a felsorolt példákkal. Az elektrolízis segítségével polírozni lehet az anód felületét; az elektrolízis képezi az alapját a savas és lúgos akkumulátorok feltöltésének és kisülésének.



38.2. ábra. Réz rafinálása: a vékony, vegytiszta rézlemez a katód, a vastag, szennyezett rézlap az anód; a kád réz(II)-szulfát vizes oldatával van feltöltve



38.3. ábra. Galvanikus ezüstözés. Az ezüsttel bevonandó tárgy (bögre) a katód, az ezüstlemez az anód; a kádban ezüst(I)-nitrát oldat van



38.4. ábra. Domború másolatok készítése elektrolízis segítségével: a – a berendezés vázlatrajza: a grafitral bevont viaszminta a katód (1), az ezüstlemez az anód (2); a kádban ezüst(I)-nitrát-oldat van; b – a kapott másolat

5

Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. Nikkelezés során a bevonandó anyag felületének minden egyes négyzetdeciméterén 0,4 A erősségű áramot bocsátanak keresztül. Mennyi idő alatt kerül a tárgyra 0,02 mm vastagságú nikkelréteg?

A fizikai probléma elemzése. Az elektrolízis lefolyási ideje Faraday első törvényéből határozható meg; a katódra lerakódott anyag tömege a nikkel sűrűségének és a nikkelréteg térfogatának a segítségével. A nikkel elektrokémiai egyenértékét és sűrűségét megtalálhatjuk a Függelék 8. és 9. táblázatában. A feladat oldásakor a sűrűséget gramm per köbcentiméterben célszerű megadni, a réteg vastagságát centiméterben, a felszín területét négyzetcentiméterben, az elektrokémiai egyenértéket gramm per coulombban.

Adva van:

$$S = 100 \text{ cm}^2$$

$$I = 0,4 \text{ A}$$

$$d = 0,002 \text{ cm}$$

$$\rho = 8,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$k = 0,30 \frac{\text{mg}}{\text{C}} =$$

$$= 0,0003 \frac{\text{g}}{\text{C}}$$

Meghatározzuk:

$t = ?$

A matematikai modell felállítása, megoldás.

Faraday törvénye alapján: $m = kIt$.

Mivel $m = \rho V$, $V = Sd$, ezért $m = \rho Sd$.

Az m kifejezést behelyettesítjük Faraday törvényének

$$\text{képletébe: } \rho Sd = kIt. \text{ Innen } t = \frac{\rho Sd}{kI}.$$

Ellenőrizzük a mértékegységet, és kiszámítjuk a keresett mennyiséget:

$$[t] = \frac{\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{cm}}{\frac{\text{g}}{\text{C}} \cdot \text{A}} = \frac{\text{g} \cdot \text{C}}{\text{g} \cdot \text{A}} = \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{A}} = \text{s}; \quad t = \frac{8,9 \cdot 100 \cdot 0,002}{0,0003 \cdot 0,4} \approx 14\,800 \text{ (s);}$$

$$t = 14\,800 \text{ s} \approx 4 \text{ h } 7 \text{ min.}$$

Felelet: $t \approx 4 \text{ h } 7 \text{ min.}$



Összefoglaló

Az elektrolízist széleskörűen alkalmazzák az iparban. Elektrolízis segítségével a sókból és oxidokból sokféle fémeket nyernek (réz, nikkel, alumínium és mások) és tisztítják a fémeket. A fémek megtisztítását elektrolízis által finomításnak (rafinálásának) nevezzük.

Elektrolízis segítségével vékony fémréteg vihető fel a tárgy felületére (ezüstözés, aranyozás, nikkelezés, krómozás), és elkészíthető a domború tárgyak pontos mása. A készítmény vékony fémréteggel való bevonásának elektrolitikus módszerét galvanosztégiának, a domború tárgyak pontos másának elkészítését elektrolízis segítségével galvanoplasztikának nevezzük.



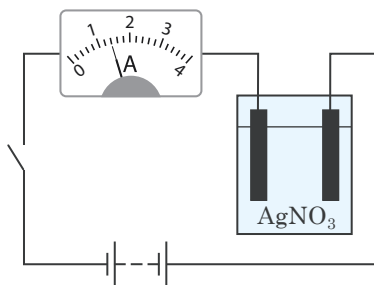
Ellenőrző kérdések

1. Soroljatok fel példákat az elektrolízis alkalmazására! **2.** Hogyan kapható alumínium elektrolízis alkalmazásával? **3.** Hogyan tisztíthatók meg a fémek a szennyeződésektől? **4.** Miért vonják be a fémek felületét más fém vékony rétegével? **5.** Mi a galvanosztégia? A galvanoplasztika?

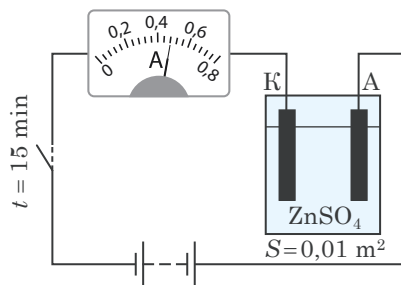


38. gyakorlat

- Az 1. ábrán egy elektromos áramkör vázlatrajza látható.
 - Nevezétek meg az áramkör alkotóelemeit!
 - Melyik elektróda szolgál katódként, és melyik anódként?
 - Melyik elektródán válik ki az ezüst?
 - Mekkora a körben az áramerősség?
 - Mennyi idő alatt képződik az elektródán 2,52 g tömegű ezüstréteg?
 - Mennyi energia fordítódik az ezüstözésre, ha az elektródákon a feszültség 11 V?
- A 2. ábrán egy olyan áramkör vázlatrajza látható, amelynek része egy cink(II)-szulfát vizes oldatával töltött edény. A rajzon feltüntetett adatok alapján állapítsátok meg, milyen vastag cinkréteg keletkezik a katódon az elektrolízis eredményeként!
- Kanalak ezüstözése céljából az ezüst(I)-nitrát oldatán 1,8 A erősségű áramot engedtek át. Katódként 12 kanál szolgált, amelyek felülete egyenként 50 cm² volt. Mennyi ideig tartott az elektrolízis, ha a kanalakon 58 µm vastagságú ezüstréteg rakódott le?



1. ábra



2. ábra

- Réz finomításakor anódként egy 2 kg tömegű, 12% szennyeződést tartalmazó rézlemez szolgál. Mennyi energiára van szükség a réz megtisztításához, ha a folyamat 6 V feszültség alatt történik?
- Az alábbi anyagok közül válasszátok ki a vezetőket és a szigetelőket:
 - desztillált víz; 2) réz; 3) levegő; 4) tengervíz; 5) arany; 6) higany; 7) gumi; 8) porcelán!



39. §. ELEKTROMOS ÁRAM A GÁZOKBAN

A paragrafus címét elolvassa néhányan biztosan elcsodálkoztak: a fejezet elején azt tanulták, hogy a gázok szigetelők, ez pedig azt jelenti, hogy nincsenek bennük szabad töltéshordozók. Akkor miféle áramról lehet szó?

A megjegyzés jogos, de arról volt szó, hogy a gázok *közönséges körülmények között* dielektrikumok. Azonban léteznek olyan körülmények, amikor a gázok vezetővé válnak. Ebben a paragrafusban arról esik majd szó, hogy ez mikor következik be, valamint arról is, mi tulajdonképpen az elektromos áram a gázokban.

1 Elvégzünk egy kísérletet

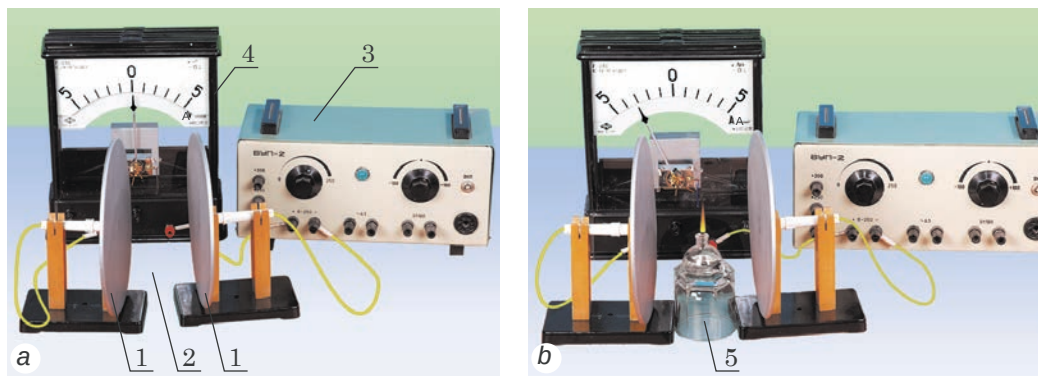
Összeállítunk egy *nagy teljesítményű* áramforrásból, galvanométerből és két, levegőréteggel elválasztott fémlemezről álló áramkört (39.1. a ábra). Ha zárjuk a kört, azt tapasztaljuk, hogy a galvanométer mutatója nem mozdul meg. Ez azt jelenti, hogy a körben nincs áram, vagy az áram erőssége annyira csekély, hogy az egyébként rendkívül érzékeny műszer sem képes kimutatni. Vagyis levonhatjuk a következtetést: *közönséges körülmények között a levegőben nincsenek szabad töltött részecskék, és a levegő nem vezet az áramot.*

Helyezzünk a fémlemezek közé meggyújtott szeszegőt, és azt fogjuk látni, hogy a galvanométer mutatója kilendült (39.1. b ábra). Ez azt jelenti, hogy a levegőben töltéssel rendelkező szabad részecskék jelentek meg, és a levegő vezetni kezdte az áramot. Tisztázzuk, miféle részecskékről van szó, honnan és hogyan keletkeztek.

2 Megismerkedünk a gázok elektromos vezetésének mechanizmusával

A fémektől és elektrolitoktól eltérően a gázok elektromosan semleges atomokból és molekulákból állnak, és közönséges körülmények között szinte nem tartalmaznak szabad töltött részecskéket. Ezért közönséges körülmények között a levegő szigetelő.

A láng melegíti a levegőt, ami a molekulák és atomok kinetikus energiájának olyan mértékű növekedésével jár, hogy ütközéskor elektronok



39.1. ábra. A gázok elektromos vezetésének tanulmányozására szolgáló kísérlet: 1 – fémlemez; 2 – légtér; 3 – nagy teljesítményű áramforrás; 4 – galvanométer; 5 – szeszegő. Közönséges körülmények között a levegő nem vezet az áramot (a); ha meggyújtott szeszegőt viszünk a lemezek közötti légtérbe, a levegő vezetővé válik (b)

szakadhatnak le a molekulákról vagy atomokról, amelyek szabadokká válhatnak. Elektronvesztés következtében a molekula (atom) pozitív ionná alakul (39.2. ábra).

Hőmozgása során az elektron a semleges molekulával vagy atommal történő ütközéskor „hozzátapadhat” a részecskéhez, és ennek következtében abból negatív ion keletkezik (39.3. ábra).

Pozitív és negatív ionok és szabad elektronok képződésének folyamatát gázok molekuláiból (atomjaiból) **ionizációnak** nevezzük.

Ha *ionizált* gázt elektromos térbe helyezünk, akkor annak hatására a pozitív ionok az áramforrás negatív sarkával összekötött lemez felé kezdenek el mozogni, az elektronok és a negatív ionok pedig az áramforrás pozitív pólusához kapcsolt lemez felé mozdulnak el (39.4. ábra). A lemezek közötti térben elektromos áram jön létre.

Az **elektromos áram a gázokban** nem más, mint a szabad elektronok, pozitív és negatív ionok irányított mozgása.

Az elektromos áramot a gázokban másként **gázkisülésnek** nevezik. Figyelembe kell venni azt a tényt, hogy a gáz nem csak hőmérsékletének a növekedésével ionizálható, hanem egyéb tényezők hatásával is. Például a Föld atmoszférájának felső rétegei a kozmikus sugárzás hatására ionizálódnak; nagy ionizációs hatása van a röntgensugaraknak.

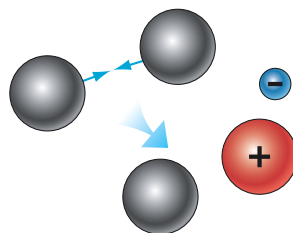
3 Meghatározzuk, mi a nem önfenntartó gázkisülés

A kísérletek arról tanúskodnak, hogyha megszüntetjük a gázok ionizációját kiváltó okot (eltávolítjuk az égőt, kikapcsoljuk a röntgensugárzás forrását), akkor a gázkisülés általában megszűnik.

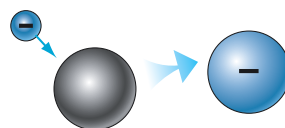
Az olyan gázkisülést, amelyik csak külső ionizátor jelenlétében működik, **nem önfenntartó** vagy **gerjesztett** gázkisülésnek nevezzük.

Tisztázzuk, miért szűnik meg a gázkisülés az ionizátor hatásának megszűnését követően.

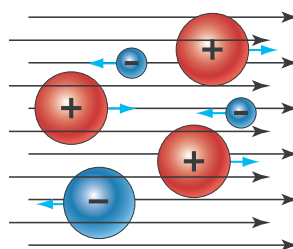
Először is, a hőmozgás folyamán a pozitív ionok és az elektronok *rekombinációja* megy végbe – semleges molekulákká (atomokká) állnak össze (39.5. ábra).



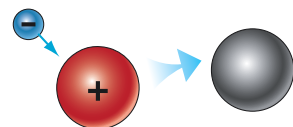
39.2. ábra. Gázmolekulák ionizációja vázlatosan. Az ütközés során az elektront elvesztő molekula pozitív ionná alakul



39.3. ábra. Negatív ionok keletkezése a gázban: az elektron semleges molekulához „tapad”



39.4. ábra. Elektromos tér hatására az ionizált gázokban töltött szabad részecskék irányított mozgása – elektromos áram – jön létre



39.5. ábra. Gázmolekulák rekombinációja (megújulása)

Másodszor, a szabad elektronok a pozitív elektróda (anód) felé vonzódnak, ahol elnyelődnek; az anódot elérve, a negatív ionok leadják fölösleges elektronjaikat és szintén semleges molekulává (atommá) válnak; a pozitív ionok a negatív elektródot (a katódot) elérve elektront „vesznek el” tőle és semleges molekulává (atommá) alakulnak át. A semleges molekulák és atomok visszatérnek a gázba.

Tehát, ha az ionizátor „működik”, a gázban folyamatosan új ionok keletkeznek; az ionizátor működésének megszűntével a szabad töltéshordozók száma rohamosan csökken, és a gáz megszűnik vezetőnek lenni.

4 Megismerkedünk az elektronütközéses ionizációval

Bizonyos feltételek mellett a gáz vezetheti az elektromos áramot az ionizátor hatásának megszűnése után is.

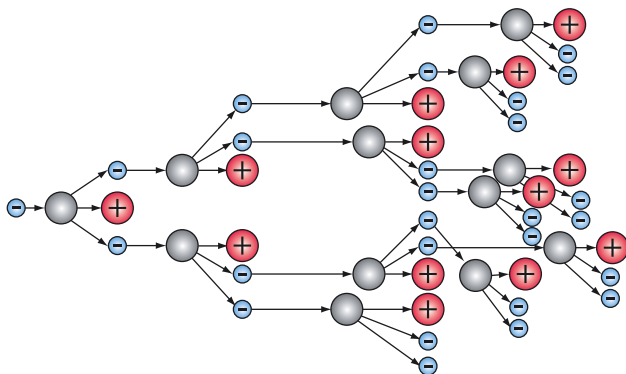
Az olyan gázkisülést, ami a külső ionizátor hatása nélkül is végbemegy, **önfenntartónak** vagy **önfenntartó gázkisülésnek** nevezzük.

Áttekintjük, hogyan megy végbe az önfenntartó gázkisülés.

Az elektromos térben a mozgás során az elektron sebessége folyamatosan nő. Ez a növekedés nem tarthat a végtelenségig, mivel az elektron a gáz részecskéivel ütközik. Ha az ütközések közötti szakaszokban az elektron nagy sebességre gyorsul, akkor semleges molekulával vagy atommal ütközve elektront üthet ki onnan, más szóval *ionizálhatja* azokat. Ennek eredményeként pozitív ion és egy elektron keletkezik. Az ilyen ütközések sorozata *elektronlavinát* idéz elő (39.6. ábra). A leírt folyamatot **ütközéses ionizációnak** vagy **elektronütközéses ionizációnak** nevezzük.

Az ütközéses ionizáció következtében keletkezett szabad elektronok az anód felé haladnak, majd ott elnyelődnek. Azonban a kisülés nem szűnik meg, ha a gázban új elektronok jelennek meg. Az új elektronok egyik forrása a katód felülete lehet. A helyzet az, hogy az ütközéses ionizáció során képződött pozitív ionok a katód felé tartanak, és újabb elektronokat ütnek ki belőle. Más szavakkal, a katód pozitív ionokkal való bombázásának eredményeként a felületéről *elektronemisszió* (*elektronkibocsátás*) történik.

Tehát az *önfenntartó gázkisülést az elektronütközéses ionizáció és az elektronemisszió hatására a katód felszínéről kiütött elektronok tartják fent.*



39.6. ábra. Elektronlavina keletkezése vázlatosan. Az elektromos tér által felgyorsított szabad elektron ionizálja a molekulát vagy az atomot, és egy elektront szabadít fel. Felgyorsulva a két elektron további két elektront szabadít fel. Az anód felé már négy elektron tart stb. A szabad elektronok számának lavinaszerű növekedése addig tart, amíg el nem éri az anódot

5 Tisztázzuk, milyen feltételek mellett lehetséges az elektronütközéses ionizáció

Hogy az elektron a semleges atomokkal vagy molekulákkal való ütközése következtében elektront üssön ki belőlük, elég nagy kinetikus energiára van szüksége. Ez két esetben lehetséges: ha sokáig gyorsul, vagy nagy sebességgel gyorsul.

Normál légnyomáson az elektron nagyon gyakran ütközik, ezért annak az *elektromos térnek*, amelyben mozog, *elég erősnek kell lennie* ahhoz, hogy az elektron az ionizációhoz szükséges energiára tegyen szert.

Ha a gáz nyomása kicsi, vagyis *a gáz eléggé ritkított*, akkor jelentősen megnő az ütközések közötti idő, és az elektron gyengébb térben is szert tesz a molekulák ionizálásához szükséges energiára.



Összefoglaló

Közönséges körülmények között a gáz gyakorlatilag nem tartalmaz töltéssel rendelkező szabad részecskéket, ezért nem vezeti az elektromos áramot. Ahhoz, hogy a gáz vezesse az elektromos áramot, ionizálni kell. Azt a folyamatot, amikor az elektromosan semleges atomokból és molekulákból pozitív és negatív ionok, valamint szabad elektronok jönnek létre, ionizációnak nevezzük.

Az elektromos áram a gázokban nem más, mint a szabad elektronok, a pozitív és negatív ionok irányított mozgása.

Az olyan gázkisülést, ami csak külső ionizátor jelenlétében történik, nem önfenntartó gázkisülésnek nevezzük. A külső ionizátor hatása nélkül is végbemenő gázkisülést önfenntartó gázkisülésnek nevezzük, amely ütközéses ionizáció vagy a katódról történő elektronemisszió révén valósul meg.



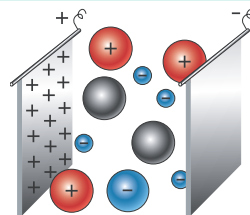
Ellenőrző kérdések

1. Miért nem vezeti közönséges körülmények között a gáz az elektromos áramot?
2. Mit nevezünk ionizált gáznak?
3. Mit nevezünk ionizációnak?
4. Milyen gázkisülést nevezünk nem önfenntartónak (gerjesztettnek)?
5. Miért gyengül rohamosan a nem önfenntartó gázkisülés az ionizátor hatásának megszűnését követően?
6. Mit nevezünk önfenntartó (önálló) gázkisülésnek?
7. Írjátok le az ütközéses ionizáció mechanizmusát!
8. Az ütközéses ionizáción kívül milyen más módszerrel pótolható a szabad elektronok hiánya az önfenntartó gázkisülés során?



39. gyakorlat

1. A két különemű töltéssel rendelkező lemez által létrehozott elektromos térben ionizált gáz található (1. ábra). Rajzoljátok át az ábrát a füzetetekbe! Tüntessétek fel az elektromos tér erővonalait a lemezek között! Jelöljétek be az elektronok, pozitív és negatív ionok mozgásának irányát! Milyen lesz a semleges részecskék mozgása?



1. ábra

2. Miért csökken a gázok vezetőképessége lehűléskor?
3. Mi a különbség a gázok ionizációja és az elektrolitikus disszociáció között?
4. Mi a közös, és mi az eltérő az elektromos áram gázban, folyadékban és fémekben való viselkedése között?
5. A gerjesztett gázkisülés érdekes példája a plazmagömb kisülése (2. ábra). A gömbben lévő cseppfolyós gáz magas frekvenciájú elektromos áram hatására ionizálódott. Ha valaki közületek látta, hogyan működik az ilyen gömb, akkor a következőt tapasztalta: ha kézzel közelítenek a gömbhöz, a sugarak a kézhez vonzódnak. Kiegészítő forrásanyag felhasználásával derítsétek ki, miért történik így, valamint azt is, hogy mi a közös ebben a jelenségben és a szenzoros képernyőben; ki volt a plazmagömb feltalálója!
6. Töltsétek ki a táblázatot! Minden oszlopba legalább öt fizikai mennyiséget írjatok be!



2. ábra



Fizikai mennyiségek, amelyek az alábbiakat jellemzik:		
Anyag	Fizikai test	Fizikai folyamat

Fizika és technika Ukrajnában



Az **Ukrán Nemzeti Tudományos Akadémia J. O. Paton Villamoshegesztési Intézete** (Kijev)

Gyakorlatilag minden nap találkozunk ívkiüléssel vagy annak következményeivel. Ezek az építők kezében a nap fényével vetekedő elektromos ívfény vagy a megszokott, ajtóhoz hegesztett pántok az otthonotokban. Éppen a hegesztés

miatt terjedt el ilyen széles körben az ívkiülés néven ismert fizikai jelenség. Ukrajna vitán felüli világtekintélyét ezen a területen a J. O. Paton Villamoshegesztési Intézet tudósainak munkája alapozta meg.

Az intézet nemzetközi elismerését nagyrészt az akkoriban teljesen újnak számító páncéllemez-hegesztési módszernek köszönheti, amit az intézet alapítója és első igazgatója, *Jevhen Oszkarovics Paton* akadémikus dolgozott ki.

A képen az ismert kijevi Paton-híd látható, ami teljes egészében ívhegesztéssel készült. Ezt a hidat az Amerikai Hegesztési Társasága a XX. század kiemelkedő hegesztett szerkezetének ismerte el.

Az Ukrán Nemzeti Tudományos Akadémia elnöke, *Borisz Jevhenovics Paton*, az intézet jelenlegi vezetője méltó folytatója az édesapja által teremtett hagyományoknak. Vezetése alatt nem csak egyszerű hegesztőeszközök készülnek az ipar számára, hanem a legújabb technológiákat használják a világűrben, sőt az élő szövetek összeforrasztására is.

40. §. AZ ÖNFENNTARTÓ GÁZKISÜLÉSEK FAJTÁI

Az olyan (néha veszélyes) fényjelenségek, mint a villám, a sarki fény, a fizikában járattan ember szemében félelmetes „Szent Elmo tüze”, a gázcsövek sokszínű fénykibocsátása, a fém hegesztésekor keletkező vakító ívfény az önfenntartó gázkisülések példái. Ebből a paragrafusból megtudhatjátok, mitől függnek és hogyan jönnek létre az elektromos kisülés bizonyos típusai a gázokban.

1

Megismerkedünk a szikrakisüléssel

Normális légnyomáson az elektródák közötti nagy feszültség hatására **szikrakisülés** jön létre. A műszálas ruha levételekor létrejövő szikrák; a villám; az influenciagép (dörzselektromos gép) vezetőgömbjei között kialakuló szikrák (40.1. ábra) a szikrakisülés példái.

A szikrakisülés élesen fénylő, cikcakkos csík, ami gyakran elágazik (40.2. ábra). Mindössze néhány tized mikromásodpercig tart, és általában jellegzetes hanghatás kíséri (recsegés, reccsenés, dörgés). Ez azért történik, mert a gáz hőmérséklete, ezzel együtt pedig a nyomása is hirtelen megnő a kisülési csatornában, és ennek eredményeként a gyorsan kitáguló levegő hanghullámokat generál.

A technikában a szikrakisülést például a benzinmotorok gyújtógyertyájában (40.3. ábra) vagy a különösen nagy szilárdságú fémek felületének megmunkálásánál alkalmazzák.

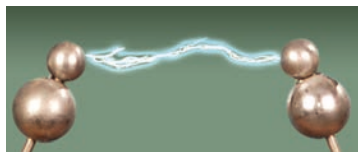
A hatalmas szikrakisülés példája a természetben a villám.

Tudományos kutatásokkal kimutatták, hogy zivatar közben a felhőben a töltések szétváltnak és felhalmozódnak. Ennek következtében a felhő egyes részei más-más előjelű töltéseket tartalmaznak. Általában az alsó rétegeknek negatív, a felsőknek pozitív a töltésük.

Ha két különböző előjelű töltéssel rendelkező felhő kerül egymás közelébe, akkor a feszültség közöttük, vagy a felhő és a Föld között, néhány száz millió volt is lehet. A kisülést kísérő ütközéses ionizáció és az ionizációs sugárzás következtében a felhők közötti elektromos



40.1. ábra. Az influenciagép vezetőgömbjei közötti szikrakisülés



40.2. ábra. Szikrakisülés



40.3. ábra. A gyújtógyertya elektródjai közötti feszültség 12-15 ezer volt



40.4. ábra. Mihail Vasziljevics Lomonoszov (1711–1765) – neves orosz tudós; a fizikai kémia egyik megalapítója; költő, művész, történész



40.5. ábra. Benjamin Franklin (1706–1790) – amerikai tudós, kiemelkedő államférfi. A légköri elektromosság egyik első kutatója; a villámhárító kidolgozója

térben lavinaszerűen megjelennek a szabad ionok és elektronok, aminek következtében rövid időtartamú, önfenntartó gázkisülés – villám – keletkezik. Az áramerősség a villámcsatornában több százezer amper is lehet.

A villám elektromos tulajdonságait elsőként egymástól függetlenül *Mihail Lomonoszov* (40.4. ábra) orosz tudós és *Benjamin Franklin* (40.5. ábra) amerikai kutató kezdte el tanulmányozni.

2 Óvakodjunk a villámcsapástól

Kiszámították, hogy a föld légkörében minden másodpercben közel 100 villámlás történik, közülük minden huszadik a földbe csapódik és komoly károkat okoz. A villámcsapás erdőtüzeket idézhet elő, tönkretetheti az elektromos hálózatot, sőt emberek életét is kiolthatja.

Ahhoz, hogy ne váljunk villámcsapás áldozatává, tudnunk kell: a villám leggyakrabban a kiemelkedő, magas tárgyakba sújt, ezért be kell tartanunk a következő **szabályokat**.

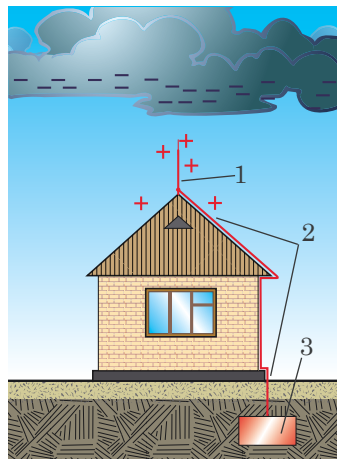
- Ha mezőn ér bennünket a zivatar, tilos futni előle; ellenkezőleg: legjobb, ha mélyedésbe fekszünk, hogy ne emelkedjünk ki a környezetből.
- Erdőben tilos a magas, mezőn pedig az egyedülálló fák vagy szénakazlak alá behúzódnunk.
- Zivatarban tilos a nyíltvízi fürdőzés, a magas hegyekben pedig célszerű barlangba vagy valamilyen kiszögellés alá bújni.
- Ha a zivatar autóban ért benneteket, ne szálljatok ki, húzzátok fel az ablakokat, zárjátok be az ajtókat, és várjátok meg a rossz idő végét!
- Zivatarban tilos papírsárkányt eregetni: a nedves zsinór elektromos vezetővé válik, és a villám belecsaphat a sárkányba. Eközben az elektromos töltések az ember kezén és testén áthaladva a földbe jutnak. Így vesztette életét kísérletezés közben Lomonoszov orosz tudós kollégája, *Georg Richmann* (1711–1753) (40.6. ábra) is.



40.6. ábra. Georg Wilhelm Richmann tragikus halála 1753. augusztus 6-án (met-szet)



40.7. ábra. „Szent Elmo tüze” – a hajóárbócok hegyes végei körül kialakult koronakisülés. Évszázadokon át félelemmel töltötte el a tengerészeket, tárgy akik nem ismerték a jelenség magyarázatát



40.8. ábra. Villámhárító:
1 – hegyes fémrúd; 2 – vas-tag huzalból készült vezető; 3 – mélyen földbe ástott fém-

3

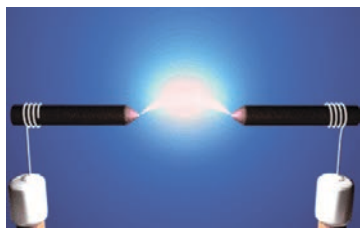
Megismerkedünk a koronakisüléssel

Zivatar előtt vagy alatt a tárgyak hegyes kiszögelésein néha gyenge, korona formájú, lilás fénysugárzás látható. A kutatások kimutatták, hogy ennek a jelenségnek az oka egy önfenntartó gázkisülés, melyet **koronakisülésnek** neveznek (40.7. ábra). Tisztázzuk, miért és hogyan jön létre.

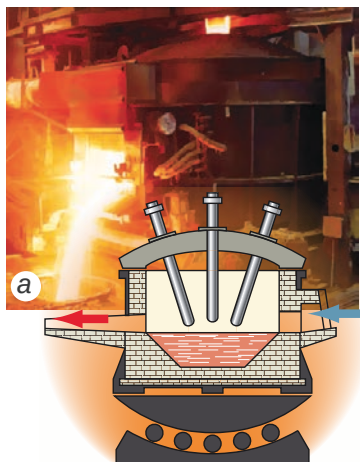
A Föld felszínén a zivatarfelhő elektromos terének hatására töltések halmozódnak fel (indukálódnak), amelyek előjele ellentétes a felhő töltésével. Ezek a töltések különösen sűrűn helyezkednek el a tárgyak hegyes csúcsain. Ennek eredményeként az elektromos tér annyira erőssé válik a csúcs környékén, hogy a töltés elfolyik a csúcsról, ionizálva a környező levegőt. Mivel a tér csak a csúcs körül erős, ezért a koronakisülés csak ezeken a részeken figyelhető meg.

A koronakisülés létrejöttén alapul a *villámhárító* működése. A villámhárító egy hegyes fémrúd, amit vastag vezetővel fémtárgyhoz kapcsolnak (lásd a 40.8. ábrát). A rudat az épület legmagasabb pontja fölött rögzítik, a fémtárgyat pedig a talajvíz szintjéig beássák a földbe. Zivatar közben a villámhárító végén koronakisülés jön létre. Ennek eredményeként a töltés nem gyűl össze az épületen, hanem lefolyik a villámhárító csúcsáról.

Úgy tartják, hogy a villámhárítót Benjamin Franklin amerikai tudós találta fel 1752-ben. De hasonló eszközök korábban is léteztek. Például az ókori görög tengerészek, hogy megvédjék magukat a villámcsapástól, kard



40.9. ábra. Ívkisülés



40.10. ábra. Ívkisülés alkalmazása fémek olvasztására (a) és hegesztésére (b)

lapjához zsinórt kötöttek, és azt az árbóchoz rögzítették, a zsinór végét pedig a vízbe dobták.

4 Megfigyeljük az ívkisülést

1802-ben *Vaszilij Vlagyimirovics Petrov* (1761–1834) orosz fizikus a következő kísérletet végezte. Két szén-elektrodát kapcsolt nagy akkumulátortelephez, majd az elektrodákat összeérintette, és kissé eltávolította egymástól. Az elektrodák végei között a tudós fényes, ívszerű lángot figyelt meg, miközben a végek vakító fehér fényt kibocsátva felforrósodtak. Így sikerült létrehoznia az önfenntartó gázkisülés egy újabb fajtáját, az **ívkisülést (elektromos ívet)** (40.9. ábra). Tisztázzuk a jelenség létrejöttének az okát.

Az érintkező elektrodok zárt áramkört alkotnak, amin elég erős áram folyik át. Az érintkezés helyén legnagyobb a kör ellenállása, tehát Joule–Lenz törvényének megfelelően itt fejlődik a legtöbb hő. Az elektrodák végei 4000–7000 °C-ra hevülnek fel, és a katód felszínéről az elektronok kezdenek „elpárologni”.

Ezek után, még ha szétválasztjuk is az elektrodákat, a közöttük lévő térben elegendő szabad töltéssel rendelkező részecske marad (a katódról „elpárolgott” szabad elektronok és a magas hőmérséklet következtében ionizálódott gázban keletkezett ionok). A továbbiakban a katód és az anód magas hőmérsékletét az elektrodák pozitív és negatív ionok, valamint az elektromos tértől felgyorsuló elektronok általi bombázása tartja fenn.

Az ívkisülés során ionizált gáz magas hőmérséklete és az ezt kísérő fénysugárzás teszi lehetővé az elektromos ív széles körű használatát a tudományban, technikában és iparban. Az elektromos ív a fényszórókban nagy teljesítményű fényforrásként funkcionál.

A fémkohászatban széles körben alkalmazzák az ívki-
süléses kemencéket; az elektromos ív hőjével hegesztenek (40.10. ábra).

5

Tisztázzuk a parázsfény gázki- sülés létrejöttének feltételeit

Alacsony, néhány tized- vagy század higanymilliméter *nyomáson* figyelhető meg a ritkított gáz fénykibocsátása, a **parázsfény ki-
sülés**. Arról van szó, hogy ilyen alacsony nyomáson a molekulák közötti távolság elegendő ahhoz, hogy még gyenge elektromos térben is nagy sebességre tegyen szert az elektron, tehát az ütközéses ionizációhoz elegendő energiát kapjon.

A parázsfény ki-
sülést a neonfénycsövekben, a kvantum fényforrásokban – a gázlézerekben – használják. Ezenkívül alkalmazzák a színes gázki-
süléses fénycsövekben: a fény színét a gáz természete határozza meg, tehát az különféle lehet.



Összefoglaló

A gáz nyomásától és hőmérsékletétől, ionizációjának módjától, a feszültség értékétől, a gázki-
sülést kísérő fénykibocsátás jellegétől függően négyféle önfenntartó gázki-
sülést különböztetnek meg.

Légköri nyomáson és nagyfeszültségen az elektródák között szikraki-
sülés megy végbe, ami cikcakkosan elágazó, élesen fénylő csíkokra hasonlít. A gigantikus méretű szikrakisülés példája a villám. A villámcsapás halálos kimenetelű is lehet, ezért zivatar esetén szigorúan be kell tartani a biztonsági előírásokat.

Az erős elektromos térben lévő tárgyak hegyes csúcsai közelében létre-
jövő önfenntartó gázki-
sülést koronakisülésnek nevezzük.

Nagyon magas hőmérsékleten az egymástól kissé eltávolított elektródák között gázki-
sülés jön létre, amit igen fényes, ívszerű fénykibocsátás – ívki-
sülés – kísér.

Alacsony (néhány tized- és század higanymilliméter) nyomáson meg-
figyelhető a ritkított gázok fénykibocsátása a parázsfény ki-
sülés eredményeként.

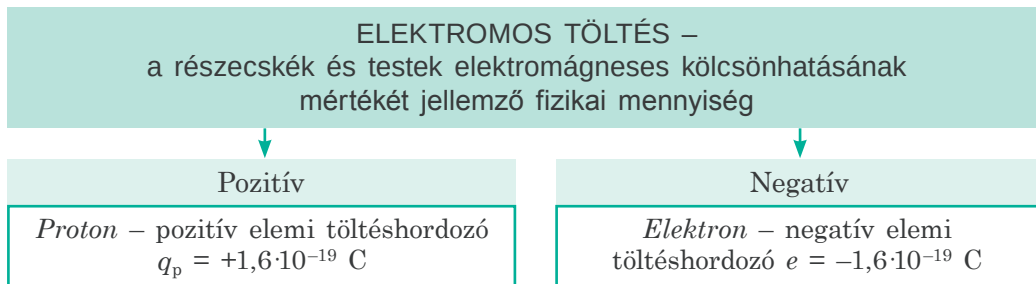


Ellenőrző kérdések

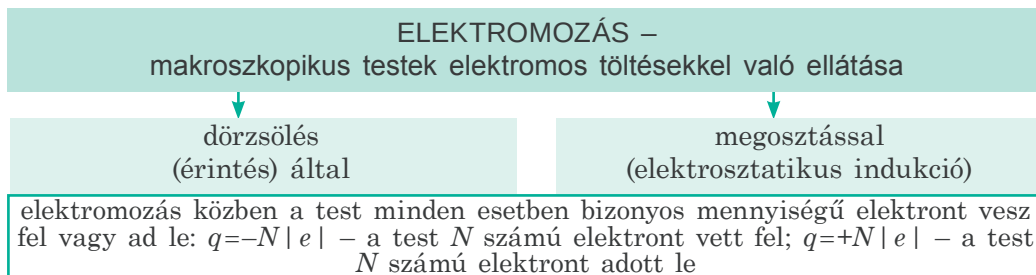
1. Soroljátok fel az önfenntartó gázki-
sülések fő fajtáit! **2.** Hozzatok fel példákat a szikrakisülésre! Milyen feltételek mellett jön létre? **3.** Mi a villám? Mikor és miért jön létre? **4.** Nevezzétek meg azokat a fő biztonsági szabályokat, amelyeket zivatar idején kell betartani! **5.** Mi a koronaki-
sülés? **6.** Az ívki-
sülés milyen jellegzetességeinek köszönhető széles körű elterjedése? **7.** Hol alkalmazzák az elektromos ívet? **8.** Milyen feltételek mellett alakul ki a parázsfény ki-
sülés? Hol alkalmazzák?

AZ Elektromos jelenségek. Elektromos áram CÍMŰ II. FEJEZET ÖSSZEFOGLALÁSA

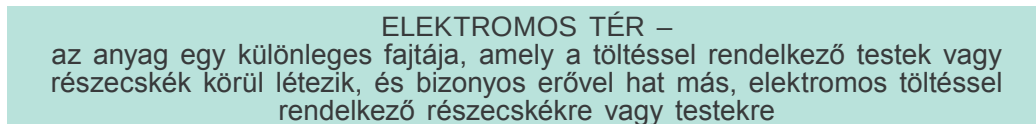
1. A II. fejezetben új fizikai mennyiségekkel ismerkedtetek meg. Ezek egyike az *elektromos töltés*.



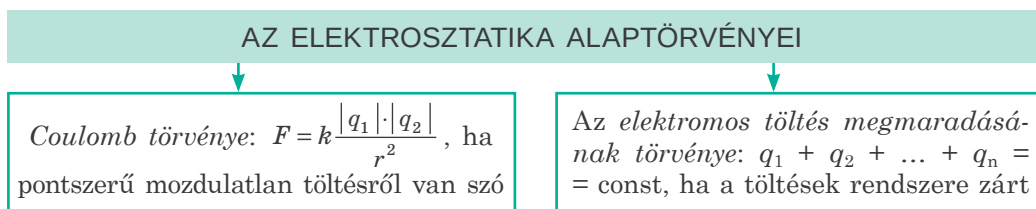
2. Tisztáztátok, mi az *elektromozott* (töltéssel rendelkező) és *nem elektromozott* (töltéssel nem rendelkező) test!



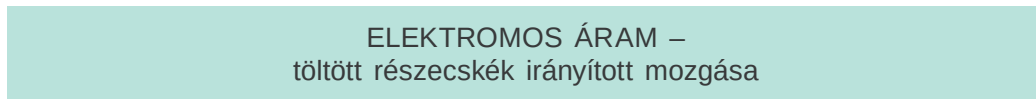
3. Megtudtátok, hogy a töltéssel rendelkező objektum az *elektromos tér forrása*.

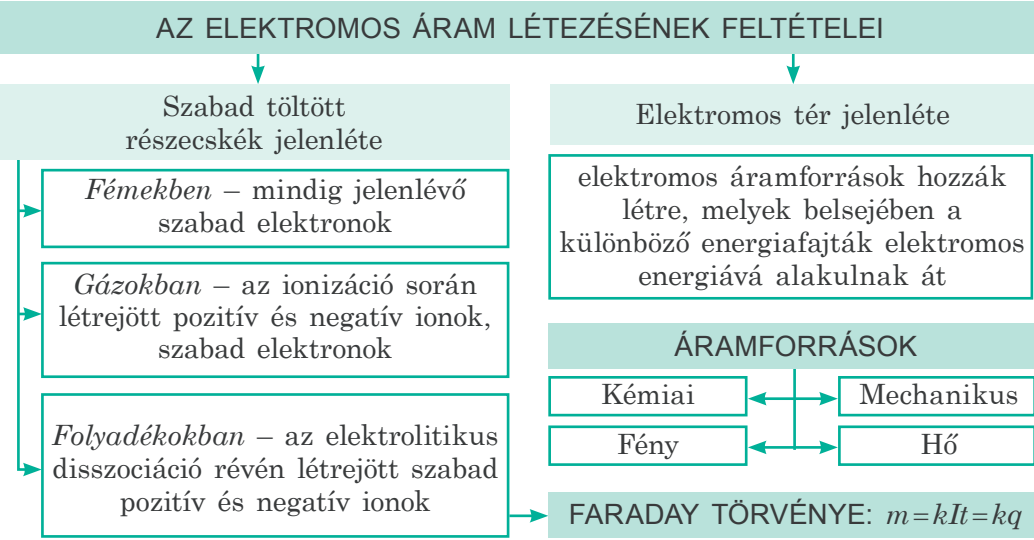


4. Megtanultátok az *elektrosztatika alaptörvényeit*.



5. Megismertétek az *elektromos áramot* és *létezésének feltételeit*.





6. Megtanultátok az áramkör szakaszán átmenő elektromos áramot jellemző fizikai mennyiségeket és megfigyeltétek a közöttük lévő összefüggéseket.

Fizikai mennyiség	Jele	Mértékegysége a SI rendszerben	Meghatározására szolgáló képlet	Mérésére szolgáló műszer
Áramerősség	I	A (amper)	$I = q/t$	Ampermérő
Feszültség	U	V (volt)	$U = A/q$	Voltmérő
Ellenállás	R	Ω (ohm)	$R = \rho l/S$	Ohmmérő

OHM TÖRVÉNYE AZ ÁRAMKÖR SZAKASZÁRA: $I = \frac{U}{R}$

7. Megismerkedtetek a vezetők összekapcsolásának különböző módjaival.

Fizikai mennyiség	Kapcsolási mód	
	Soros	Párhuzamos
Áramerősség	$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$	$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$
Feszültség	$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$	$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$
Ellenállás	$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$

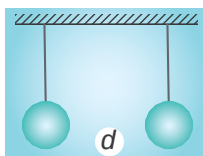
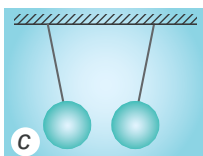
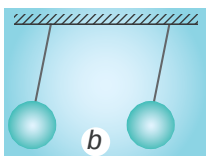
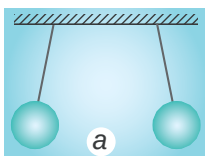
8. Megfigyeltétek az elektromos áram hatásait és megtanultátok, hogyan határozható meg az áram munkája és teljesítménye; a hőmennyiség.

Az áram munkája: $A = UI t$	Az áramjárta vezetőből felszabaduló hőmennyiség (Joule–Lenz törvénye): $Q = I^2 R t$
Az áram teljesítménye: $P = UI$	

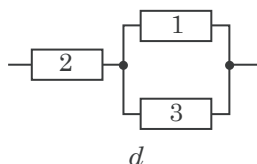
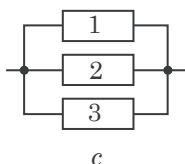
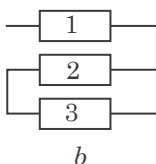
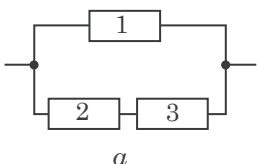
FELADATOK ÖNELLENŐRZÉSRE AZ *Elektromos jelenségek. Elektromos áram* CÍMŰ II. FEJEZETHEZ

1. rész. Elektromos töltés. Elektromos tér. Elektromos áram

1. (1 pont) Az ábrán négy pár, selyemcérnára felfüggesztett golyó látható. Melyik rajzon láthatók egynemű töltéssel rendelkező golyók?

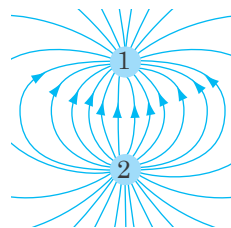


2. (1 pont) Az 1 és 2 rezisztorok melyik ábrán vannak sorosan bekötve?



3. (1 pont) Az 1. ábrán két, töltéssel rendelkező golyó által alkotott elektromos tér erővonalai láthatók. Melyik állítás helyes?

- Mindkét golyó pozitív töltéssel rendelkezik.
- Mindkét golyó negatív töltéssel rendelkezik.
- Az 1 golyó negatív, a 2 golyó pozitív töltésű.
- Az 1 golyó töltésének abszolút értéke nagyobb a 2 golyó töltésének abszolút értékénél.



1. ábra

4. (1 pont) Állítsatok fel megfelelést az elektromos áramkör elemei és jelölésük között!

1 Melegítőelem

2 Izzólámpa

3 Kapcsoló

4 Galvánelem

A

B

C

D

E

5. (2 pont) Állítsatok fel megfelelést a fizikai mennyiséget és a mérésükre szolgáló műszerek között!

1 Ampermérő

2 Voltmérő

3 Ohmmérő

4 Dinamométer

A Erő

B Áramerősség

C Ellenállás

D Sűrűség

E Feszültség

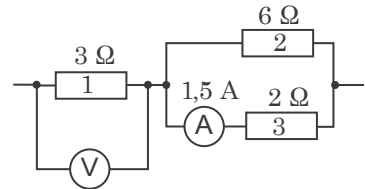
6. (2 pont) Az elektromos izzólámpán a következő felirat található: 4,4 V; 0,22 A. Mekkora az izzószáll ellenállása működés közben?

- 0,05 Ω ;
- 0,968 Ω ;
- 4,18 Ω ;
- 20 Ω .

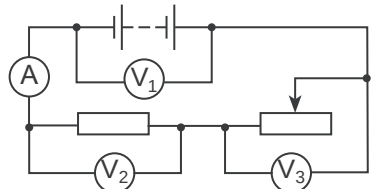
7. (2 pont) Mekkora a 20 cm hosszú és 2 mm² keresztmetszetű nikróm-drót ellenállása?

- 0,11 Ω ;
- 11 Ω ;
- 22 Ω ;
- 44 Ω .

8. (2 pont) Állítsatok fel megfelelést az energiaátalakítás és a műszaki szerkezet között, amelyben végbemegy az átalakulás.
- | | |
|---|--------------------|
| 1. A kémiai energia elektromos energiává alakul | A Fényelem |
| 2. Elektromos energia mechanikussá alakul | B Akkumulátor |
| 3. Elektromos energia hőenergiává alakul. | C Villanymotor |
| 4. Fényenergia elektromossá alakul. | D Melegítőkészülék |
| | E Hőelem |
9. (3 pont) A 15 C nagyságú elektromos töltés az áramkör szakaszán 10 s alatt haladt át, miközben 315 kJ munkát végzett. Állítsatok fel megfelelést a SI rendszerbeli fizikai mennyiségek és értékeik között!
- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. Feszültség a szakaszon | 2 Áramerősség a szakaszon |
| 3. A szakasz ellenállása | |
- | | | | |
|-------|------|------|--------|
| A 1,5 | B 14 | C 21 | D 31,5 |
|-------|------|------|--------|
10. (3 pont) Hogyan lehet a pozitív töltésű 1 golyóval negatívan feltölteni egy ugyanakkora, de töltés nélküli 2 golyót, hogy ne növekedjen, és ne is csökkenjen az 1 golyó töltése?
11. (3 pont) Hogyan változott a két pontszerű töltés közötti távolság, ha kölcsönhatási erejük 16-szorosára csökkent?
12. (3 pont) A 3 és 6 Ω ellenállású rezisztorok sorosan vannak összekötve. Határozzátok meg az áramerősséget az áramkörben és a feszültséget az egyes rezisztorokon, ha a teljes feszültség az áramkörben 1,8 V!
13. (3 pont) Három, egyenként 9 Ω ellenállású rezisztort párhuzamosan összekötöttek és a 12 V feszültségű áramforráshoz csatlakoztatták. Mekkora az áramerősség az áramkörben?
14. (4 pont) Egy vezető, $6 \cdot 10^{-9}$ C töltéssel rendelkező golyót egy azonos, de töltés nélküli golyóhoz érintettek. Mekkora erővel hatnak egymásra a golyók, ha az érintkezés után 9 cm-re távolodtak el egymástól?
15. (4 pont) A 2. ábrán állapítsátok meg a voltmérő állását és a szakasz teljes feszültségét!
16. (4 pont) Hogyan változnak a műszerek értékei (3. ábra), ha a reosztát csúszkáját balra elmozdítják?



2. ábra



3. ábra

A feleleteket a könyv végén találjátok. Jelöljétek meg a helyes választokat, és számoljátok össze az elért pontszámot, majd az összeget osszátok el hárommal! A kapott szám jelenti a tudásszinteteket.



A gyakorló teszt feladatokat megtalálhatjátok az *Interaktív tanulás* című honlapon.

2. rész. Az elektromos áram munkája és teljesítménye. Elektromos áram különböző közegekben

Az 1., 2. feladatokban jelöljétek meg a mondat helyes befejezését!

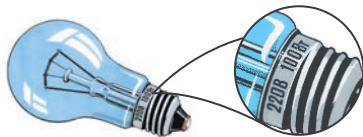
- (1 pont) A gázokban a szabad töltött részecskék megjelenésének előidézője:
 - az elektrolitos disszociáció;
 - a gázmolekulák polarizációja;
 - a külső ionizátor hatása;
 - a gázmolekulák rekombinációja.
- (1 pont) A fémek elektrolízissel történő tisztítási folyamatának a neve:
 - galvanosztégia;
 - galvanoplasztika;
 - elektrolitos disszociáció;
 - tisztítás.
- (2 pont) Állítsatok fel megfelelést az önfenntartó gázkisülések és azon készülékek között, amelyeknek az adott kisülésen alapszik a működési elve!

1. Ívkisülés	A Villámhárító
2. Szikrakisülés	B Gyújtógyertya
3. Koronakisülés	C Fénycső
4. Parázs fénykisülés	D Izzólámpa
	E Hegesztőkészülék
- (2 pont) Az 1. ábrán három különböző anyagból készült drót rajza látható, amelyek áramforráshoz vannak kapcsolva. Hosszuk és keresztmetszetük azonos. Melyik drótban szabadul fel nagyobb hőmennyiség?



1. ábra

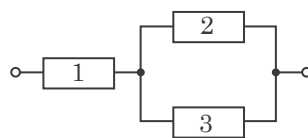
- az acélban; b) a rézben; c) a nikrómban; d) mindegyikben azonos.
- (2 pont) A 10 cm hosszú vezetőben 0,3 A erősségű áram folyik. Mekkora munkát végzett az áram, ha a végeken a feszültség 4 V?
 - 0,12 J;
 - 0,74 J;
 - 3,6 J;
 - 12 J.
 - (2 pont) Az elektromos vasaló fűtőelemén az áramerősség 5 A, az elem ellenállása – 40 Ω . Mekkora mennyiségű hő szabadul fel 5 min alatt?
 - 2 J;
 - 200 J;
 - 300 kJ;
 - 5 kJ.
 - (2 pont) Mekkora az áramerősség az izzólámpa működése közben (2. ábra)?
 - közel 0,45 A;
 - 2,2 A;
 - 22 kA;
 - lehetetlen meghatározni.



2. ábra

8. (2 pont) A termék ezüstözésekor 1 h alatt a katódon 2 g ezüst csapódott le. Megközelítőleg mekkora volt a folyamat közben az áramerősség?
a) 0,3 A; b) 0,4 A; c) 0,5 A; d) 0,6 A.

9. (3 pont) Az elektromos áramkörbe három rezisztort kötöttek (3. ábra). Mekkora hő szabadul fel a körben 2 s alatt, ha az áramerősség az 1 rezisztoron 1 A, az összes rezisztor ellenállása pedig 2 Ω ?



3. ábra

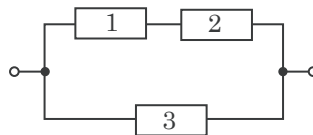
- a) 1 J; b) 2 J; c) 6 J; d) 12 J.

10. (3 pont) Két, egyenként 3 Ω és 6 Ω ellenállású rezisztort sorosan összekapcsolva az áramforráshoz kötöttek, melynek kapocsfeszültsége 12 V. Határozzátok meg az elektromos áram teljesítményét mindegyik rezisztoron és a teljes szakaszon!

11. (4 pont) Az emelő a 300 kg tömegű terhet 2 min alatt emeli 16 m magasra. Határozzátok meg az emelő villanymotorjában lévő áramerősséget, ha a rendszerben a feszültség 380 V, az emelő hatásfoka 60%!

12. (4 pont) A 110 Ω ellenállású melegítőspirállal rendelkező elektromos teafőzőbe 2 l vizet öntöttek. A teafőzőt 220 V feszültségű elektromos rendszerbe kapcsolták, majd 0,5 min múlva kikapcsolták. Hány fokkal lett melegebb a benne lévő víz, ha a teafőző hatásfoka 70%?

13. (4 pont) Három rezisztort a 4. ábrán látható módon kötöttek össze, és galvánelemtelephez kapcsolták. Az elem kapocsfeszültsége 12 V, a rezisztorok ellenállása 6–6 Ω . Határozzátok meg mindegyik rezisztor teljesítményét!



4. ábra

14. (4 pont) A fémlap nikkelezése 0,89 A áramerősséggel 1 h 36 min-ig tartott. Határozzátok meg a nikkelréteg vastagságát, ha a lemez felszínének területe 96 cm²!

A feleleteket a könyv végén találjátok. Jelöljétek meg a helyes válaszokat, és számoljátok össze az elért pontszámot, majd az összeget osztjátok el hárommal! A kapott szám jelenti a tudásszinteteket.



A gyakorló tesztfeladatokat megtalálhatjátok az *Interaktív tanulás* című honlapon.

A leideni palacktól a szuperkondenzátorokig

A XVIII–XIX. században több olyan találmány született, amelyeket kisebb-nagyobb módosításokkal napjainkban is használunk. Az elektromos tér hatásait tanulmányozva *Michael Faraday* angol tudós egy 4 m élhosszúságú, kocka alakú fémhálót épített, amelyet elszigetelt a földtől. Úgy gondolta, hogy egy ilyen eszköz megvédheti a kísérletező személyt az elektromos tér hatásaitól. Feltételezésének ellenőrzésére a tudós a legérzékenyebb elektroszkóppal felszerelve a kocka alakú kalitka belsejében helyezkedett el. Közben kívül a segítői nagyon erős elektromos kisüléseket hoztak létre, de a műszer eközben nem mutatta ki elektromos tér jelenlétét a kockán belül. Ez az eszköz, amely megvéd az elektromágneses hatásoktól, *Faraday-kalitka* néven vált ismertté, és ma is használatos az elektromágneses tér hatásának kivédésére.

A „kifordított” Faraday-kalitkát mindenki használja, amikor mikrohullámú sütőben ételt melegít. A sütő fémteste, valamint az ablakába épített fémrács nem engedi ki az elektromágneses hullámokat.

Az elektromos töltés alkalmazásának útjában egy nagyon komoly akadály állt – az elektromos töltést nagyon nehéz felhalmozni. Mindannyian ismerjük az „elektromosság tartályait” – elemeket és akkumulátorokat. Létezik még egy, az elektromos töltés felhalmozására szolgáló eszköz, a *leideni palack* (1. ábra), amelyet a XVIII. század közepén Leidenben (Hollandia) hoztak létre.

A leideni palack egy üvegedény, amelynek külső és belső fala fémfóliával van bevonva. A belső részből az üveg nyakán keresztül egy fémgömbben végződő vezető van kivezetve. Hogy a palackot feltöltsük, hozzá kell érinteni a belső felülethez csatlakozó vezetőt egy feltöltött testhez (eközben a palackot a kezünkben fogjuk, ezáltal biztosítva annak földelését). Ha ezt a műveletet



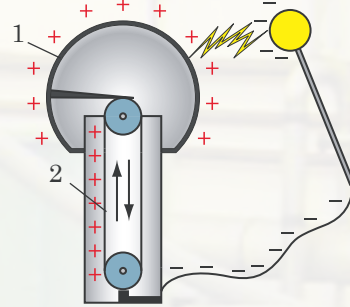
1. ábra



2. ábra

többször megismételjük, akkor a palackban nagy mennyiségű töltés halmozódik fel (2. ábra).

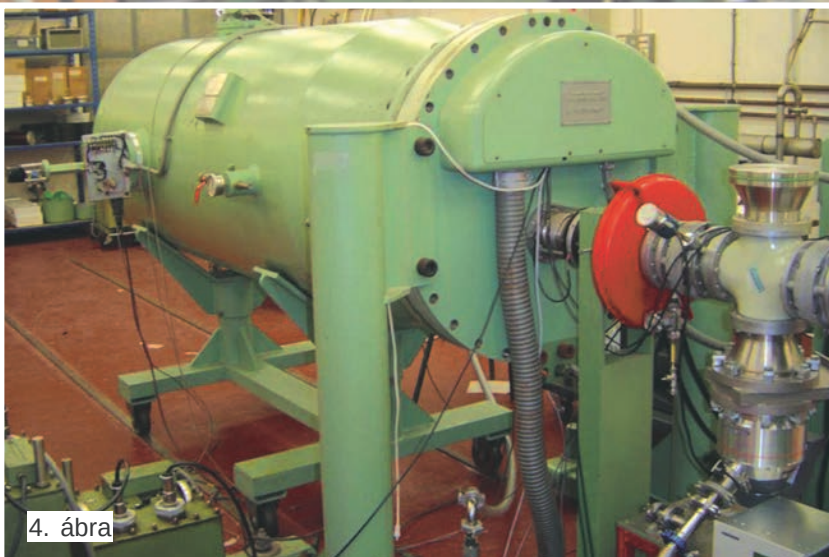
A leideni palack működése sokban hasonlít a *Van de Graaff-generátoréhoz* (3. ábra). Ez az eszköz a következőképpen működik. Egy szigetelt fémgömb (1) belsejébe állandó mozgásban lévő futószalagot (2) vezetnek. Mozgása közben a szalag feltöltődik, és a töltését a gömbnek adja át. A Van de Graaff-generátor a mikrovilágot tanulmányozó több gyorsítóberendezésnek is a „szíve” (4. ábra).



3. ábra

Vajon lehet-e hasznunkra a leideni palack a mindennapokban? Kiderült, hogy igen!

Ismeretes, hogy egy gépkocsi-akkumulátor tömege meghaladja a tíz kilogrammot, s ez az akkumulátor csak a gépkocsi indításának néhány másodperce alatt üzemel teljes teljesítményen. A gépkocsi működtetéséhez szükséges elektromos energiát minden más esetben a generátor szolgáltatja, a parkoló gépkocsi világításának biztosítására pedig egy telep is tökéletesen megfelel. Miért hordozzon akkor a gépkocsi felesleges terhet? Ezt a kérdést tették fel maguknak a mérnökök is. Mára már megtalálták annak a módját, hogyan lehet az akkumulátor méretét csökkenteni: helyette a *leideni palack* modern analógját, a *szuperkondenzátort* (5. ábra) alkalmazzák, amelynek energiáját csak a gépkocsi indításakor használják. Hasonlítsátok össze a szuperkondenzátor és az akkumulátor méreteit és tömegét! A különbség lenyűgöző!



4. ábra



5. ábra

Projektek ajánlott témái

1. Elektromosság az ember életében.
2. Modern háztartási és ipari elektromos eszközök.
3. Az elektrolízis felhasználása a gyakorlatban.
4. Az elektromos áram gázokban való felhasználása a gyakorlatban.
5. A elektromos áram hatása az emberi szervezetre.

Referátumok és beszámolók témái

1. Az elektromos jelenségek tanulmányozásának története.
2. Statikus elektromosság a mindennapi életünkben és a természetben.
3. Elektroszmog a környezetünkben.
4. Georg Simon Ohm élete.
5. Az elektromos berendezések modern áramforrásai.
6. Az elektromosság felhasználása a gyógyászatban.
7. Az elektromos áram hatása a növények és egyéb élőlények sejtjeire.
8. Az elektromos izzólámpa története.
9. A Morse-abc és az elektromos távíró.
10. Az elektromos hálózat kiépítésének fő szabályai.
11. A szupravezetés felfedezésének története és felhasználásának jövője.
12. Az elektrolízis története.
13. Az ukrán tudósok szerepe a villanyhegesztés fejlődésében.
14. Hogyan működik a szenzoros képernyő?
15. Elektromos áram a félvezetőkben.
16. Hogyan találták fel a villámhárítót?

Kísérleti feladatok témái

1. Elektroszkóp építése és az elektrosztatikus jelenségek megfigyelése.
2. Érdekes elektrosztatikus kísérletek.
3. Az elektromos tér erővonalainak láthatóvá tétele „szalmanyilak”, búzadara és köménymag segítségével.
4. Különféle áramforrások létrehozása.
5. Az elektromos tér hatása a vetőmagok minőségére és a terméshozamra.
6. Különféle anyagok áramvezetésének tanulmányozása.
7. Lakásunk elektromos ellátásának vizsgálata.

Mielőtt elkezdenétek dolgozni a projekten, referátumon, a kísérleti feladatok elvégzésén, figyelmesen tanulmányozzátok a tankönyv 227–228. oldalain található ajánlásokat!

BEMUTATÓ KÉSZÍTÉSE

1. Szervezési rész. A téma kiválasztása, a célok és feladatok megbeszélése, terv készítése.

A bemutató terve – *a bemutató céljának eléréséhez szükséges munkamenet.*

A terv segít feltárni és megoldani a munka közben felmerülendő problémákat.

Ki kell jelölni a végrehajtás főbb mozzanatait, a határidőket, a résztvevők feladatait és felelősségét.

2. Előkészítő rész. Információgyűjtés, osztályozás. Az egyszerűség kedvéért portfólió összeállítása.

Az anyagokat már keresésük közben osztályozni kell. Ehhez gyakran a portfóliót használják.

Portfólió – *a meghatározott célból összegyűjtött forrásanyagok osztályozása.*

Digitális portfólió – *elektronikus formában összegyűjtött anyagok meghatározott szerkezetbe történő rendezése.*

A digitális portfólióval kényelmesebb és gyorsabb az anyagok összeállítása, egyszerűbb a bemutató egyes részeinek vágása, áthelyezése.

Ne feledjétek menteni és feltüntetni a forrásanyagok szerzőit, kiadóit! Emlékezzetek a szerzői jog betartásának fontosságára!

3. Tervezési rész. Az összegyűjtött információ rendszerezése, a bemutató modelljének felvázolása.

Ha számotokra ismeretlen kifejezésekkel találkoztok, a helyesírásukat nézzétek meg a megfelelő könyvekben és az interneten!

4. Bemutató összeállítása. Az eredmények összegezése, sorrendbe állítása.

Hogy sikeres legyen a bemutató, alaposan fel kell rá készülni. Még egyszer tekintsétek át a terveiteket, ellenőriztétek, minden felvázolt tervvel megbirkóztatok-e, nem hagytatok-e ki semmi lényegeset! Gondolataitokat szedjétek sorba, előadásotok legyen egyértelmű és érthető!

Ha a bemutatót vetítő segítségével akarjátok megtartani, előre rögzítetek a diák sorrendjét! A bemutatót a következő vázlat szerint készíthetitek el:

A dia tartalma	A beszámoló tartalma
Téma, végrehajtók	A bemutató témájának kihirdetése, a készítőik listája
Kulcsszó	A kulcskérdés ismertetése, amely kifejezi a bemutató témáját és célját
A bemutató anyagai	Beszámoló a kutatásról
Következtetések	A következtetések felsorolása
Forrásmunkák listája	A felhasznált forrásanyagok felsorolása
Köszönet	Köszönet mindenkinek, aki segített a bemutató elkészítésében. Köszönet a hallgatóság figyelméért

5. Bemutató. Kutatásotok eredményeinek bemutatása.

6. Összefoglaló. Az eredmények elemzése: mennyire értette meg a mondanókat a hallgatóság, sikerült-e úgy bemutatnotok a témát, ahogyan azt előre elterveztétek.

A prezentáció általános szabályai

1. Jókedvűnek kell kinéznetek, ügyeljete a külső megjelenésekre, figyeljete a bemutató menetére!
2. Bemutató alatt a hallgatóság felé fordulva beszéljete!
3. Érthetően ejtséte a szavakat!
4. A bemutatkozásról és a téma megnevezéséről se feledkezzete meg!
5. Ne olvassatek, igyekezzete a témát saját szavaitokkal előadni!
6. Ügyeljete az időre! Nem léphetete túl a megadott időt!

Időkorlát – a bemutatóra kijelölt idő. Előre tudjátok meg, mennyi idő áll rendelkezésétekre, és annak megfelelően készítséte a bemutatót!

7. Készüljete fel a kérdések megválaszolására! Válaszotok előtt köszönjete meg a kérdést!
8. Az előadás végén köszönjete meg a hallgatóságnak a figyelmet!

FÜGGELÉK

1. táblázat. Egyes anyagok c fajhője különböző halmazállapotokban

Szilárd anyagok

Anyag	$c, \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$	Anyag	$c, \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$	Anyag	$c, \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$
Alumínium	920	Sárgaréz	400	Ezüst	250
Grafit	750	Jég	2100	Acél	500
Fa (tölgy)	2400	Vörösréz	400	Tégla	880
Vas	460	Ón	230	Cink	400
Arany	130	Ólom	140	Öntöttvas	540

Cseppfolyós anyagok

Anyag	$c, \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$	Anyag	$c, \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$	Anyag	$c, \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$
Alumínium	1080	Hélium	4190	Olaj	1700
Víz	4200	Éter	2350	Higany	140
Kerozin	2100	Vas	830	Alkohol	2500

Gáznemű anyagok (állandó légnyomáson)

Anyag	$c, \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$	Anyag	$c, \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$	Anyag	$c, \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$
Hidrogén	14 300	Szén-dioxid	830	Oxigén	920
Vízgőz	2200	Hélium	5210	Levegő	1000

2. táblázat. Egyes anyagok t olvadáspontja és kristályosodási hőmérséklete (normális légnyomás mellett)

Anyag	$t, ^\circ\text{C}$	Anyag	$t, ^\circ\text{C}$	Anyag	$t, ^\circ\text{C}$
Alumínium	660	Réz	1087	Alkohol	−115
Hidrogén	−256	Naftalin	80	Ezüst	962
Wolfram	3387	Ón	232	Acél	1400
Vas	1535	Parafin	55	Titán	1660
Arany	1065	Higany	−39	Cink	420
Jég	0	Ólom	327	Öntöttvas	1200

3. táblázat. Néhány anyag λ fajlagos olvadáshője*

Anyag	$\lambda, \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	Anyag	$\lambda, \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	Anyag	$\lambda, \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
Alumínium	393	Réz	213	Higany	12
Wolfram	185	Nikkel	300	Ólom	25
Vas	270	Ón	59	Alkohol	105
Arany	67	Parafin	150	Ezüst	87
Jég	332	Platina	113	Acél	84

4. táblázat. Néhány anyag t_{forr} forráspontja*

Anyag	$t_{\text{forr}}, ^\circ\text{C}$	Anyag	$t_{\text{forr}}, ^\circ\text{C}$	Anyag	$t_{\text{forr}}, ^\circ\text{C}$
Víz	100	Vas	2750	Olaj	310
Hidrogén	-253	Oxigén	-183	Higany	357
Glicerin	290	Réz	2567	Ólom	1740
Éter	35	Tej	100	Alkohol	78

5. táblázat. Néhány anyag r fajlagos párolgáshője* (forrásponton)

Anyag	$r, \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$	Anyag	$r, \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$	Anyag	$r, \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$
Nitrogén	0,2	Víz	2,3	Higany	0,3
Ammónia	1,4	Éter	0,4	Alkohol	0,9

6. táblázat. Néhány tüzelőanyag q fajlagos égéshője

Anyag	$q, \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$	Anyag	$q, \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$	Anyag	$q, \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$
Antracit	30	Dízelolaj	42	Propán	46
Benzin	46	Száraz fa	10	Szalma	14
Barnaszén	12	Kőszén	27	Alkohol	27
Hidrogén	120	Kőolaj	44	Szárazszesz	30
Kerozin	46	Lőpor	4	Tőzeg	15
Faszén	34	Földgáz	44	Trotil	15

* Normális légnyomáson – 760 Hgmm.

7. táblázat. Néhány anyag ρ fajlagos elektromos ellenállása
(20 °C hőmérsékleten)

Anyag	$\rho, \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$	Anyag	$\rho, \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$	Anyag	$\rho, \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
Alumínium	0,028	Nikelin (ötvözet)	0,42	Desztillált víz	$10^9 - 10^{10}$
Wolfram	0,055	Nikróm (ötvözet)	1,1	Tengervíz	$3 \cdot 10^5$
Grafit	13	Ón	0,12	Gumi	$10^{17} - 10^{18}$
Vas	0,10	Platina	0,10	Száraz fa	$10^{15} - 10^{16}$
Arany	0,024	Higany	0,96	Ebonit	$10^{18} - 10^{20}$
Konstantánt (ötvözet)	0,50	Ólom	0,21	Levegő	$10^{21} - 10^{24}$
Sárgaréz (ötvözet)	0,07–0,08	Ezüst	0,016	Porcelán	10^{19}
Manganin (ötvözet)	0,43	Acél	0,10–0,13	Üveg	$10^{15} - 10^{19}$
Réz	0,017	Fehral (ötvözet)	1,3	Csillámpala	$10^{17} - 10^{21}$

8. táblázat. Elektrokémiai ekvivalens $k, \frac{\text{mg}}{\text{C}}$

Alumínium (Al^{3+})	0,09	Réz (Cu^+)	0,66	Ezüst (Ag^+)	1,12
Hidrogén (H^+)	0,01	Réz (Cu^{2+})	0,33	Klór (Cl^-)	0,37
Vas (Fe^{3+})	0,19	Nátrium (Na^+)	0,24	Króm (Cr^{3+})	0,18
Oxigén (O^{2-})	0,08	Nikkel (Ni^{2+})	0,30	Cink (Zn^{2+})	0,34

9. táblázat. Egyes anyagok ρ sűrűsége (15–20 °C hőmérsékleten)
Szilárd anyagok

Anyag	$\rho, \text{kg/m}^3$	$\rho, \text{g/cm}^3$	Anyag	$\rho, \text{kg/m}^3$	$\rho, \text{g/cm}^3$
Alumínium	2700	2,70	Parafin	900	0,90
Vas	7800	7,80	Platina	21 500	21,50
Arany	19 300	19,30	Porcelán	2300	2,30
Iridium	22 400	22,40	Ólom	11 300	11,30
Sárgaréz	8500	8,50	Üveg	2500	2,50
Jég	900	0,90	Száraz fenyő	440	0,44
Márvány	2700	2,70	Ezüst	10 500	10,50
Réz	8900	8,90	Acél	7800	7,80
Nikkel	8900	8,90	Cink	7100	7,10
Ón	7300	7,30	Öntöttvas	7000	7,00

Cseppfolyós anyagok

Anyag	ρ , kg/m ³	ρ , g/cm ³	Anyag	ρ , kg/m ³	ρ , g/cm ³
Benzin	710	0,71	Méz	1420	1,42
Tiszta víz	1000	1,00	Olaj	900	0,90
Kerozin	800	0,80	Kőolaj	800	0,80
Dízelolaj	840	0,84	Higany	13600	13,60
Kenőzsír	900	0,90	Alkohol	800	0,80

10. táblázat. A mértékegységek többszöröseinek és törtrészeinek decimális képzése

Előtag	Jele	Szorzó	Előtag	Jele	Szorzó
tera-	T	10 ¹²	centi-	c	10 ⁻²
giga-	G	10 ⁹	milli-	m	10 ⁻³
mega-	M	10 ⁶	mikro-	μ	10 ⁻⁶
kilo-	k	10 ³	nano-	n	10 ⁻⁹
hekto-	h	10 ²	piko-	p	10 ⁻¹²
deci-	d	10 ⁻¹	femto-	f	10 ⁻¹⁵

Meghatározzuk a mérések eredményének abszolút és viszonylagos hibáját

A mérések eredményének abszolút hibája – az eredmény eltérése a fizikai mennyiség valódi értékétől.

Az abszolút hiba azt mutatja, mekkora a lehető legnagyobb tévedés a fizikai mennyiség mérése folyamán.

Az abszolút hiba meghatározása nem könnyű feladat. Szükség van a mérési módszer elemzésére, a mérőműszer minőségének ellenőrzésére, a kísérlet feltételeinek biztosítására, a felső matematika ismeretére. Egyelőre leszögezzük: *egy közvetlen mérés alatt az abszolút hiba a mérőműszer beosztási skálájának egy beosztásértékével egyenlő.*

Az abszolút hiba értékének felírásához a Δ (delta) jelet használjuk, mellé pedig a fizikai mennyiség jelét írjuk. Például, a ΔV = 2 cm³ felírás azt jelenti, hogy a térfogat mérésének abszolút hibája 2 cm³.

A mérések eredményének viszonylagos hibája egyenlő az abszolút hiba és a mért fizikai mennyiség arányával.

A viszonylagos hiba jele az ε (epszilon) és leggyakrabban százalékban adják meg. Például a ceruza hosszának egyszerű vonalzóval való mérésekor 122 mm-t kaptunk. Ebben az esetben a mérés viszonylagos hibája:

$$\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\% = \frac{1\text{ mm}}{122\text{ mm}} \cdot 100\% \approx 0,8\%.$$

Néha az X = Y egyenlet kísérleti ellenőrzésének viszonylagos hibáját a következő képlettel számítják ki: $\varepsilon = \left| 1 - \frac{X}{Y} \right| \cdot 100\%.$

A GYAKORLATOK ÉS ÖNELLENŐRZÉSI FELADATOK FELELETEI

I. fejezet Hőjelenségek

1. rész. Hőmérséklet. Belső Energia. Hőátadás

1. gyakorlat. 2. Folyadék 3. Egyébként a hőmérő megváltoztatja a test hőmérsékletét. 5. a) 1 °C, 22 °C; b) 5 °C, 15 °C.

2. gyakorlat. 1. a, b. 2. Növekszik; nő az atomok és molekulák közötti távolság. 3. A térfogat megnövekszik, a tömeg változatlan, a sűrűség csökken, az atomok átlagsebessége megnő. 4. 0 °C alatti hőmérsékleten a víz jéggé alakul át, 0 °C és 4 °C között a hőmérő higanyszála süllyed. 5. A hőmérséklet változásával megváltoznak a műszer alkatrészeinek méretei, ezért csökken a műszer pontossága. 6. Az üveg elrepedhet; az üveg belső rétegei jobban kitágulnak, mint a külsők. 7. Potenciális → kinetikus → az atomok és molekulák hőmozgásának energiája.

3. gyakorlat. 1. Nem. 2. A belső energia nem változik, a kinetikus energia csökken, a potenciális növekszik. 3. Beléptek a helyiségbe – a belső energia megnő, a mechanikai nem változik; emelkedtek – a belső energia változatlan, a mechanikai (potenciális) megnő; gyorsabban mozogtak – a belső energia változatlan, a mechanikai (kinetikus) megnő. 4. A belső energia megnőtt, a mechanikai (potenciális) csökkent. 5. 1–E, 2–A, 3–D, 4–C.

4. gyakorlat. 1. Kezünk belső energiáját kétféleképpen változtathatjuk meg: munkavégzés és hőátadás által. 2. a) a gyufa fejét a dobozhoz dörzsöljük; b) nyílt láng fölé tartjuk. 3. Hogy ne égessék meg a kezüket a kötél dörzsölése által. 4. Nem. 5. Igen, lehetséges.

5. gyakorlat. 1. A bunda nem melegít, hanem megtartja a meleget. 2. A keretek közötti levegő rosszul vezeti a hőt. 3. A szalma rosszul vezeti a hőt és kitakarja a napsugarakat. 4. A hó rosszul vezeti a hőt, és megvédi a növényeket az alacsony hőmérséklettől. 5. A fémeknek a fánál való jobb hővezetése azt eredményezi, hogy a fémek gyorsabban vezetik el a kezünk melegét vagy adják át neki a hőt. Ezért a testhőmérsékletünknel alacsonyabb hőmérsékleten a fémek hidegebbnek tűnnek a fánál, magasabb hőmérsékleten – melegebbnek. A testhőmérsékletünkkel megegyező hőmérsékleten mindkét anyag azonos érzést nyújt. 6. A hőmérséklet növekedésekor a gömb felemelkedik, a csökkenésekor lesüllyed.

6. gyakorlat. 1. A lángnyelvek hőmérséklete nagyobb a környező levegőénél. 2. A víz rosszul vezeti a hőt, konvekció pedig nincs. 3. Felmelegíteni a melegítőkészülék felett, lehűteni a jég alatt. 4. A felhőket a levegő konvekciós áramlatai „tartják fenn”.

7. gyakorlat. 1. A sötét tárgyak jobban sugározzák a meleget. 2. Fehérben vagy ezüstösben. 3. A sötét felületű testek jobban elnyelik a meleget. 4. Nappal. 5. A szél hiánya miatt nincs hővezetés és konvekció, a tükrös felület pedig meggátolja a hősugárzást. 6. A levegő a Föld felszínétől melegszik fel; a felmelegedés foka függ többek között a felület színétől. 7. Tömeg, m , kg; hőmérséklet, t , °C; sűrűség, ρ , kg/cm³; hőmennyiség, Q , J.

8. gyakorlat. 1. Hogy 1 kg ezüstöt 1 °C-kal felmelegíthessünk, 250 J hőmennyiségre van szükség. 2. A víznek van a legnagyobb fajhője, ezért lehűléskor nagy mennyiségű hőt ad le a környezetének. 3. 1,2 kJ. 4. Acélból. 5. Nem függ sem a tömegtől, sem a hőmérséklet változásától, sem a hőmennyiségtől. 6. 540,8 kJ. 7. 10,5 m.

9. gyakorlat. 1. 16 l. 2. 70 °C. 3. 130 °C. 4. $250 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$.

2. rész. Az anyagok halmazállapotának változása. Hőerőgépek

10. gyakorlat. 1. c. 2. A molekulák nem változtak. A közöttük lévő távolság megnőtt. A vízben a molekulák általában az egyensúlyi helyzetük körül rezegnek, időről időre elmozdulva

a folyadékban. A gőzben a vízmolekulák töröttvonalak mentén mozognak, és ütközésekkor megváltoztatják az irányukat. **3.** Nem; a gáz kitölti a teljes térfogatot. **4.** Nem; a felszín felett vízgőz van. **5.** Nem; ködöt látunk, ami pirinyó vízcseppekből áll. **7.** a, d.

11. gyakorlat. **1.** A wolframnak magas az olvadáspontja. **2.** A – szilárd; B – folyékony; C – folyékony; D – egy része folyékony, egy része nem. **3.** 1 – naftalin, 2 – víz; a naftalinnak magasabb az olvadáspontja; a kísérlet elején a naftalinnak magasabb volt a hőmérséklete. **4.** Ha a környezet hőmérséklete kisebb $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál, a víz megfagy; ha nagyobb $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál, a jég elolvad; $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – sem a jég, sem a víz nem változtatja halmazállapotát. **6.** a, b, c, e.

12. gyakorlat. **1.** 106,5 kJ. **2.** 1 kg megolvasztott alumínium; 393 kJ. **3.** 78,4 MJ. **4.** $\approx 10,1\text{ kJ}$. **5.** $79\text{ }^{\circ}\text{C}$. **6.** Az 1. anyagnak magasabb az olvadáshője; magasabb fajlagos olvadáshője a 2. anyagnak van; magasabb fajhője a 2. anyagnak van. **7.** 0,12. **8.** Igen, csökken.

13. gyakorlat. **1.** A melegbe; a molekulák átlagos kinetikus energiája nagyobb. **2.** Az alkohol gyorsabban elpárolog. **3.** Párolgáskor a víz energiát vesz fel. **4.** A kutya izzadságmirigyei csak a nyelven találhatók, és a párolgás által az állat lehűl. **5.** Ködöt látunk: a levegőben lévő vízgőz, amit kilélegzünk, lecsapódik. **6.** A hó olvad, a kapott víz párolog és a hideg levegőben lecsapódik.

14. gyakorlat. **1.** A magasság növekedésével csökken a légnyomás, ezért csökken a víz forráspontja. **2.** 1 kg $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os vízgőz belső energiája nagyobb 1 kg azonos hőmérsékletű víz belső energiájánál 2,3 MJ-lal. **3.** 23 MJ. **4.** A vízgőz lecsapódásakor energia szabadul fel. **5.** 30,52 MJ. **6.** Nem; a forrás fenntartásához energiára van szükség, hőcsere pedig nem történik.

15. gyakorlat. **1.** A puszkapor gyorsabban gyúl meg. **2.** 270 MJ. **3.** 2 g. **4.** 35%. **5.** $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, a víz egy része gőzzé alakul. **6.** Az energia egy része elhasználdódik a párolgáshoz. **7.** 1 – B, 2 – C, 3 – D, 4 – E.

16. gyakorlat. **1.** 25%. **2.** 33,3%. **3.** 65,32 MJ. **4.** 11,5 kW.

17. gyakorlat. **1.** A fűtőanyagban elrejtett energia $\rightarrow$ a gőz belső energiája $\rightarrow$ a turbina forgómozgásának kinetikus energiája $\rightarrow$ elektromos energia. Minden fázisban az energia egy része a környezetbe kerül. **2.** 45,5%. **3.** Az elegyen munkát végeznek, ezért a belső energiája és a hőmérséklete is növekszik. **4.** A gőz munkát végzett, ezért a belső energiája és a hőmérséklete is csökken.

Az I. fejezet önellenőrzési feladatai

1. rész

A feladat száma	1	2	3	4	5	7	9
Felelet	d	b	b	a	a	c	a, b

6. A sötét ruha jobban elnyeli a napsugarakat. **8.** A pamutruha és a bunda is rosszul vezeti a hőt, mivel a szálak között sok levegő van; az északi lakos nem ad le sok hőt a környezetébe, a sivatagi lakos pedig nem vesz fel hőt. **10.** 369 kJ. **11.** 5,1 kJ. **12.** $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra. **13.** $50,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra. **14.** 43,75 m. **15.** $5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2. rész

A feladat száma	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Felelet	d	d	c	a	b	c	d	c	1-C, 2-A, 3-B	c

11. A tüdőben intenzíven párolog a víz, és eközben nagy mennyiségű energiára van szükség. **12.** Összenyomás közben a keveréken munkavégzés történik, ezért annak belső energiája és hőmérséklete is megnő; a munkaközegben a gáz kitágulva munkát végez, ezért belső energiája csökken. **13.** 75%. **14.** 8,94 kJ. **15.** $250\text{ }^{\circ}\text{C}$. **16.** 1,95 g. **17.** 40,3 kW, 1 kN.

II. fejezet. Elektromos jelenségek. Elektromos áram

1. rész. Elektromos töltés. Elektromos tér. Elektromos áram

19. gyakorlat. 1. 1 – pozitív, 2 – negatív. 2. Gyapjával kell megdörzsölni a pálcát (a pálcát negatív töltést kap), és közelíteni a golyóhoz. Ha a golyó eltolódik, akkor negatív töltésű, ha nem – akkor pozitív. 3. 10 elektron. 4. $6,25 \cdot 10^{18}$ elektron. 6. A nehézségi erő; $F_{\text{neh}} = 50 \text{ mN}$; függőlegesen lefelé.

20. gyakorlat. 1. A 3. és 4. lap között, az 1. és 3. pozitív töltésű, a 2. és 4. – negatív. 2. 1) a végtelenben kezdődnek és a negatív töltésen végződnek (a), a pozitív töltésen kezdődnek és a negatívon végződnek (b); 2) mindkét ábrán a jobboldali. 3. 32 mN, a felső lap pozitív, az alsó negatív töltésű. 4. 32 mN. 6. Lehet, hogy elveszített 5 elektront; nem lehet; elveszített 15 elektront.

21. gyakorlat. 1. A pozitív töltésű pálcát tömege kisebb. 2. Lehet, ha az elektroszkóp ugyanilyen modulusú, de ellentétes előjelű töltést kap. 3. Pozitív töltésű. 4. $q_1 = q_2 = 3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$. 5. Először leföldelni a töltés nélküli gömböt és hozzá nem érve közelíteni a feltöltöttet – az első gömb pozitív töltést kap. Utána elvenni a földelést és megismételni a kísérletet pozitív töltésű gömbbel, majd még egy töltetlennel – az utóbbi negatív töltést vesz fel.

22. gyakorlat. 1. a – taszító erők; b – vonzóerők. 2. 4-szeresére növekszik. 3. 3-szorosára növekedett. 4. 3,6 mN. 5. 0,625 mN. 6. Az a esetben erősebb: a töltések nem pontszerűek és a gömbökben töltéelosztás megy végbe. 7. 1–B, 2–E, 3–C, 4–A.

23. gyakorlat. 2. Az anyagnak szigetelőnek kell lennie. 3. A párás levegő vezető. 4. A fém vezető; hogy a töltés ne menjen át a kísérletező kezére; a második elektroszkóp töltetlen marad. 5. Kaotikusan mozognak. 7. 1) A – negatív, B – pozitív; 2) a) megmaradnak, b) nem maradnak meg.

24. gyakorlat. 3. A villámcsatornában a levegő felmelegszik (az áram hőhatása) és hirtelen kitágul. 5. 18 kg.

25. gyakorlat. 1. a) elektromos energia $\rightarrow$ kémiai energia; b) kémiai energia $\rightarrow$ elektromos energia. 2. Összekötni az egyik elektroszkópot az áramforrás negatív, a másikat a pozitív pólusával. 3. Mechanikai energia $\rightarrow$ elektromos energia. 4. Az elem nem fog dolgozni. 6. $\approx 84,8$ ezer t.

26. gyakorlat. 6. Idő, t , másodperc (s); erő, F , newton (N); elektromos töltés, q , coulomb (C); mechanikai munka, A , joule (J).

27. gyakorlat. 2. 2 min. 3. 0. 4. 180 C. 5. 3,2 A.

28. gyakorlat. 1. a) 1 V, 4 V; b) 0,5 V, 6 V; c) 1 V, 7 V. 3. 40 V. 4. 12 V. 5. 396 kJ. 7. 2,5 kN/m; nem függ.

29. gyakorlat. 1. 15 Ω . 2. $R_1 = 2 \Omega$; $R_2 = 2,5 \Omega$; $R_3 = 4 \Omega$; $R_4 = 8 \Omega$. 3. 225 V. 5. 60 Ω . 6. 0,25 A. 7. Nem függ. 8. 28 g.

30. gyakorlat. 1. 1 – rézből, 2 – vasból; 3 – ólomból. 2. 5 m Ω . 3. Az ellenállás csökken; az áramerősség növekszik. 4. 2 m. 5. 4-szeresére csökken. 6. 1,08 kg.

31. gyakorlat. 1. 4 Ω ; 2 V; 1 V; 1 V. 2. 35 Ω . 3. 48 V. 4. 250 Ω . 5. 0,2 A; 5,6 V. 6. Lehet. 7. 3,6 k Ω . 8. Potenciális energia $\rightarrow$ kinetikus, belső energia; 2,4 J, 1,68 J; 4,08 J.

32. gyakorlat. 2. 144 V. 3. 0,6 A; 0,4 A; 1 A. 4. Az ezüstben. 5. 10 Ω ; 0,4 A. 6. 2,3 V. 7. K_2 ; 0,4 A. 8. 9 támasz (10 különböző csatlakozás): $4R_0$; $R_0/4$; R_0 ; $4R_0/3$; $3R_0/4$; $5R_0/2$; $2R_0/5$; $5R_0/3$; $3R_0/5$. 9. 17,5 m Ω .

2. rész. Az elektromos áram munkája és teljesítménye.

Elektromos áram különböző közegekben

33. gyakorlat. 1. 876 kWh; 399 hr 46 k. 3. 7,2 kJ. 4. a) 300 kJ, 120 kJ; b) 24,5 kJ, $\approx 61,2$ kJ. 5. 12,5 A. 6. Párhuzamos kapcsolásnál; 4-szer. 8. 1–D, 2–B, 3–E, 4–A.

34. gyakorlat. 1. 288 kJ. 2. 5 kJ; 2,5 kJ. 3. A vezetők ellenállása jelentősen kisebb az izzószál ellenállásánál, az áramerősség az izzószálban és az összekötő huzalokban azonos. 4. 120,4 V. 5. 47 °C; 33,5 °C. 6. $\approx 9,25$ m. 7. $Q_I/Q_G = 9,5$.

35. gyakorlat. 1. 1,32 kW. 2. A csatlakozások helyén a legnagyobb az ellenállás, ezért (Joule-Lenz törvénye alapján) itt fejlődik a legtöbb hő. 3. Az anyagnak könnyen olvaszthatónak kell lennie. 4. A huzal keresztmetszete kicsi (a kábel kis áramerősségre van méretezve), ezért az ellenállása nagy. 100 A erősségű áram áthaladásakor a kábelből nagy mennyiségű hő szabadul fel. 6. a, c.

36. gyakorlat. 1. A tér erővonalai ellentétes irányban. 2. a. 3. A keresztmetszet csökkenésével nő az ellenállás és (Joule-Lenz törvénye szerint) több hő szabadul fel; a vékonyabbik rész gyorsabban felmelegszik, és gyorsabban meggyúlik. A bekapcsolás pillanatában az izzószál ellenállása a legkisebb, ezért ugyanakkora feszültségből a legnagyobb mennyiségű hő szabadul fel. 4. 0,5 mm/s. 5. a) $+3,2 \cdot 10^{-19}$ C; b) $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

37. gyakorlat. 2. A hagyományos vízben sok szennyeződés van, amelyek ionokra esnek szét. 3. A sónak ionos kristályrácsa van, a cukornak pedig nincs. 4. 12 h 24 min. 5. 40,32 g. 6. 4 kW. 8. 2,31 g.

38. gyakorlat. 1. 1) AgNO_3 -oldatos elektrolitfürdő, két elektróda, amperméter, akkumulátortelep, kapcsoló, összekötő huzalok; 2) jobbra – anód, balra – katód; 3) a katódon; 4) 1,4 A; 5) 26 min 47 s; 6) 24,75 kJ. 2. 2 mkm. 3. 5 h. 4. 32 MJ. 5. Vezetők: 2, 4, 5, 6; szigetelők: 1, 3, 7, 8.

39. gyakorlat. 1. A tér erővonalai a pozitív töltésű lemeztől indulnak a negatív töltésű lemezhez; a negatív ionok és elektronok a pozitív töltésű lemez felé mozognak, a pozitív ionok – a negatív töltésű felé; a semleges részecskék kaotikus mozgást végeznek. 2. A rekombináció gyakrabban megy végbe, az ionizáció – ritkábban. 3. Az elektrolitikus felbomlást nem kíséri szabad elektronok létrejötte, a lefolyásához nincs szükség ionizátorra; az anyag különféle elemek ionjaira esik szét. 4. A fémekben az elektromos áramot nem kíséri kémiai reakció; a töltéshordozók a szabad elektronok és nem az ionok.

A II. fejezet önellenőrzési feladatai

1. rész

A feladat száma	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Felelet	a	b	c	1-C, 2-A, 3-E, 4-D	1-B, 2-E, 3-C, 4-Aa	d	a	1-B, 2-C, 3-D, 4-A	1-C, 2-A, 3-B

10. Leföldelni a töltés nélküli golyót, és a töltöthöz közelíteni. 11. 4-szeresére nőtt. 12. 0,2 A; 0,6 V; 1,2 V. 13. 4 A. 14. 10 mN. 15. 6 V; 9 V. 16. A voltméter V_1 állása nem változik; a V_2 – növekszik; V_3 – csökken; az A amperméter által mutatott érték növekszik.

2. rész

A feladat száma	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Felelet	c	d	1-E, 2-B, 3-A, 4-C	c	d	c	a	c	c

10. 24 W; 48 W; 72 W. 11. 1,75 A. 12. 1,1 °C-ra. 13. 6 W; 6 W; 24 W. 14. 18 mkm.

TÁRGYMUTATÓ

- A** Amper 142
Amperméter 143
Anód 132
Áramerősség 141
- B** Belső égésű motor 83
Belső energia 16
Biztosíték 191
- C** Coulomb 143
- D** Dielektrikumok 125
- E** Elektrolitok 200
Elektrolitos disszociáció 199
Elektrolízis 201
Elektromágneses kölcsönhatás 102
Elektrométer 117
Elektromos áram munkája 180
Elektromos áram teljesítménye 181
Elektromos áram 124
Elektromos áramforrás 131
Elektromos áramkör 136
Elektromos dipólus 199
Elektromos ellenállás 151
Elektromos feszültség 146
Elektromos kapcsolási rajz 137
Elektromos tér erővonalai 109
Elektromos tér 107
Elektromozás 103
– dörzsöléssel 112
– átdalással (elektrosztatikus indukció) 115
Elektroszkóp 116
Erő
– elektromos 107
– Coulomb-féle 121
- F** Fajhő 34
Fajlagos égéshő 74
Fajlagos ellenállás 155
Fajlagos olvadáshő 56
Fajlagos párolgáshő 68
Forrás 67
Földelés 114
- G** Galvánelem 132
Galvanométer 132
Galvanoplasztika 205
Galvanosztégia 205
Gázkisülés 209
– gerjesztett 209
– önfenntartó 210
– szikra 213
– ív 216
– korona 215
– parázcfény 216
Gőzképződés 60
Gőzturbina 83
- H** Halmazállapot 44
Hatásfok
– melegítő 76
– hőerőgép 80
Hőátadás 19
Hőegysúly 7
Hőerőgép 79
Hőmennyiség 19
Hőmérlegegyenlet 37
Hőmérő 8
Hőmérséklet 7, 8
Hőmérsékleti skála
– Kelvin 9
– Celsius 9
Hőtágulás 12
Hővezetés 23
- I** Ionizáció 209
- K** Katód 132
Konvekció 26
Kristályosodás 52
- L** Lecsapódás 63
- N** Nanoanyagok 48
- O** Ohm 151
Olvasás 51
- P** Párolgás 60
Polarizáció 115
- R** Reosztát 126
- S** Sugárzás 31
- Sz** Szupravezetés 196
- T** Tengeri szél 27
Tisztítás (rafinálás) 204
Töltés
– elektromos 103
– pontszerű 119
Törvény
– Joule–Lenz 186
– elektromos töltés megmaradása 113
– Coulomb 121
– Ohm-nak az áramkör részére 152
– Faraday-nak az elektrolízisre 201
- Ü** Üzemanyag 73
- V** Vezetők összekapcsolása
– vegyes 174
– párhuzamos 170
– soros 162
Vezetők 125
Villanyóra 179
Volt 146
Voltméter 147

TARTALOM

Előszó	3
--------------	---

I. fejezet. Hőjelenségek

1. rész. Hőmérséklet. Belső energia. Hőátadás

1. §. A testek hőállapota. A hőmérséklet és mérése	6
2. §. A fizikai testek méretének hőmérsékletfüggése	11
3. §. Belső energia	16
4. §. A belső energia megváltoztatásának módjai	19
5. §. Hővezetés	22
6. §. Konvekció	26
7. §. Hősugárzás	30
8. §. Az anyag fajhője. Az anyag által melegítés hatására felvett vagy hűtés hatására leadott hő mennyisége	33
9. §. Hőmérleg	37
1. számú laboratóriumi munka	40
2. számú laboratóriumi munka	41

2. rész. Az anyagok halmazállapotának változása. Hőerőgépek

10. §. Az anyagok halmazállapota. Nanoanyagok	44
11. §. Olvadás és kristályosodás	51
12. §. Fajlagos olvadáshő	56
13. §. Párolgás és lecsapódás (kondenzáció)	60
14. §. Forrás. Fajlagos párolgáshő	66
15. §. A tüzelőanyagok égéshője. A hőforrás hatásfoka	72
16. §. A hőerőgépek működési elve. A hőerőgépek hatásfoka	79
17. §. A hőerőgépek egyes típusai	82
18. §. Hőenergetika. Az energiaforrások megóvásának módjai	87

Az I. fejezet összefoglalása	92
Feladatok önellenőrzésre az I. fejezethez	94
Enciklopédikus oldal	98
Projektek ajánlott témái. Referátumok és beszámolók témái.	
Kísérleti feladatok témái	100

II. fejezet. Elektromos jelenségek. Elektromos áram

1. rész. Elektromos töltés. Elektromos tér. Elektromos áram

19. §. Elektromos töltés és elektromágneses kölcsönhatás	102
20. §. Elektromos tér	106
21. §. Az elektromozás mechanizmusa. Elektroszkóp	112
22. §. Coulomb törvénye	119
23. §. Elektromos áram. Az anyag elektromos vezetőképessége	123
24. §. Az elektromos áram hatásai	127
25. §. Áramforrások	130
26. §. Az elektromos áramkör és elemei	135
27. §. Áramerősség. Az áramerősség mértékegysége. Ampermérő	141
28. §. Elektromos feszültség. A feszültség mértékegységei. Voltmérő	146

29. §. Elektromos ellenállás. Ohm törvénye	150
30. §. A vezető ellenállásának kiszámítása. Az anyagok fajlagos ellenállása. Reosztátok	154
3. számú laboratóriumi munka	160
31. §. A vezetők soros kapcsolása.	162
4. számú laboratóriumi munka	168
32. §. A vezetők párhuzamos kapcsolása.	170
5. számú laboratóriumi munka	177

2. rész. Az elektromos áram munkája és teljesítménye. Elektromos áram különböző közegekben

33. §. Az elektromos áram munkája és teljesítménye.	179
34. §. Az áram hőhatása. Joule–Lenz törvénye	186
35. §. Elektromos melegítő. Biztosítók.	190
36. §. Elektromos áram a fémekben.	194
37. §. Elektromos áram a folyadékokban	198
38. §. Az elektrolízis alkalmazása	204
39. §. Elektromos áram a gázokban.	208
40. §. Az önfenntartó gázkisülések fajtái	213

A II. fejezet összefoglalása	218
Feladatok önellenőrzésre a II. fejezethez	220
Enciklopédikus oldal	224
Projektek ajánlott témái. Referátumok és beszámolók témái.	
Kísérleti feladatok témái.	226

Bemutató készítése	227
--------------------------	-----

Függelék	229
1. táblázat. Egyes anyagok fajhője különböző halmazállapotokban.	229
2. táblázat. Egyes anyagok olvadáspontja és kristályosodási hőmérséklete ..	229
3. táblázat. Néhány anyag fajlagos olvadáshője.	230
4. táblázat. Néhány anyag forráspontja	230
5. táblázat. Néhány anyag fajlagos párolgáshője.	230
6. táblázat. Néhány tüzelőanyag fajlagos égéshője	230
7. táblázat. Néhány anyag fajlagos elektromos ellenállása	231
8. táblázat. Elektrokémiai ekvivalens.	231
9. táblázat. Egyes anyagok sűrűsége	231
10. táblázat. A mértékegységek többszöröseinek és törtrészeinek decimális képzése	232
Meghatározzuk a mérések eredményének abszolút és viszonylagos hibáját	232
A gyakorlatok és önellenőrzési feladatok feleletei.	233
Tárgymutató.	237

Bejegyzések a tankönyv használatáról

Sor szám	A tanuló neve	Tanév	A tankönyv állapota	
			a tanév elején	a tanév végén
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Навчальне видання

БАР'ЯХТАР Віктор Григорович, БОЖИНОВА Фаїна Яківна,
ДОВГІЙ Станіслав Олексійович, КІРЮХІНА Олена Олександрівна

ФІЗИКА

Підручник для 8 класу загальноосвітніх навчальних закладів
з навчанням угорською мовою

За редакцією В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Переклад з української мови
Перекладач *Буркуш Андраш Арпадович*

Угорською мовою

Зав. редакцією *А. А. Варга*
Редактор *А. А. Варга*
Коректор *Г. М. Тирканич*

Формат 70х100/16. Ум. друк. арк. 20,74. Обл.-вид. арк. 24,89.
Тираж 2160 прим. Зам. № 30.

Державне підприємство „Всеукраїнське спеціалізоване видавництво „Світ”
79008 м. Львів, вул. Галицька, 21
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4826 від 31.12.2014
www.svit.gov.ua; e-mail: office@svit.gov.ua; svit_vydav@ukr.net

Друк ТОВ «Папірус-ф»
88000, м. Ужгород,
вул. Собранецька, 146/39