

# FIZIKA

TÉMAKÖRÖK, FELADATOK

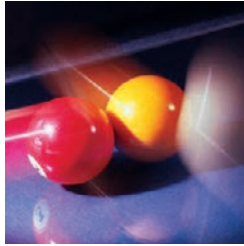
11-12

KÖZÉP- ÉS EMELT SZINTŰ  
ÉRETTSÉGIRE KÉSZÜLŐKNEK



A TERMÉSZETRŐL TIZENÉVESEKNEK

A TERMÉSZETRŐL TIZENÉVESEKNEK



# FIZIKA

*Közép- és emelt szintű  
érettségire készülőknek*

TÉMAKÖRÖK, FELADATOK

*11-12*

13., VÁLTOZATLAN KIADÁS

MOZAIK KIADÓ – SZEGED, 2020

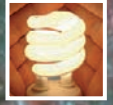
I. fejezet  
**MECHANIKA**



II. fejezet  
**HŐTAN**



III. fejezet  
**ELEKTROMOSSÁGTAN**



IV. fejezet  
**FÉNYTAN**

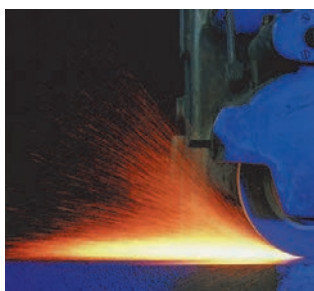


V. fejezet  
**MODERN FIZIKA,  
CSILLAGÁSZTAT**





# Tartalom



## MECHANIKA

1. A haladó mozgás fajtái, ezek kísérleti vizsgálata, jellemzői és dinamikai feltételük .....	10
2. A forgómozgás és a körmozgás kísérleti vizsgálata, jellemzői, dinamikai feltétele .....	19
3. A testek tehetetlensége, tömege. Az inerciarendszer. A sűrűség .....	26
4. Lendület, lendületmegmaradás. Az erő fogalma és mérése .....	32
5. Különbféle erőhatások és erőtvényeik. A dinamika alapegyenlete .....	40
6. A gravitációs mező jellemzése. A bolygók mozgása .....	48
7. A forgatónyomaték. Merev testek egyensúlya. Az emelő típusú egyszerű gépek .....	55
8. Energia, energiaváltozások. A mechanikai energiák és megmaradási tételük .....	63
9. Munka, teljesítmény, hatásfok .....	69
10. A mechanikai rezgések vizsgálata, jellemzői és dinamikai feltétele .....	76
11. Mechanikai hullámok. A hang és jellemzői .....	82

## HŐTAN

12. A testek hőtágulása. A gázok állapotváltozásai .....	92
13. Az anyag atomos felépítése. Az ideális gázok részecskemodellje .....	101
14. A hőtan I. és II. főtétele .....	107
15. Halmazállapot-változások. A gázok cseppfolyósítása .....	114

# Tartalom



## ELEKTROMOSSÁGTAN

16. Elektromos töltés, elektromos mező.  
Pontszerű töltés elektromos mezője ..... 122
17. Vezetők az elektrosztatikus mezőben. A kondenzátor .. 130
18. Az egyszerű áramkör jellemzése ..... 137
19. Fogyasztók és áramforrások kapcsolása  
az egyenáramú áramkörben ..... 144
20. Az áramvezetés típusai ..... 151
21. Az időben állandó mágneses mező ..... 160
22. Az elektromágneses indukció ..... 170
23. Váltakozó feszültség, váltakozó áram ..... 178
24. Elektromágneses rezgések és hullámok ..... 189



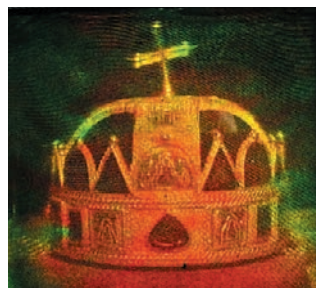
## FÉNYTAN

25. A fény hullámtermészete ..... 195
26. Geometriai optika, leképezés ..... 202



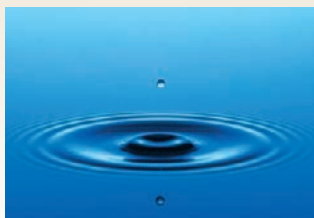
## MODERN FIZIKA, CSILLAGÁSZAT

27. A modern fizika születése ..... 211
28. A sugárzások és az elektron felfedezése. Atommodellek 219
29. Az elektron hullámtermészete.  
A kvantummechanikai atommodell ..... 230
30. Az atommagok belső szerkezete, kötési energiája.  
A nukleonok kölcsönhatásai ..... 237
31. A radioaktív sugárzások keletkezése és hatásai.  
Gyakorlati alkalmazások ..... 244
32. A magenergia felszabadítása.  
Az atomerőművek villamosenergia-termelése ..... 254
33. Csillagászat és kozmikus fizika ..... 264



- MEGOLDÁSOK ..... 273
- FOGALOM- ÉS NÉVJEGYZÉK ..... 284





## A KÖNYV HASZNÁLATÁT SEGÍTŐ JELZÉSEK

A széles szöveghasábban írt főszövegben fekete betűvel írtuk azokat az ismereteket, amelyek mind a közép-, mind az emelt szintű érettségire készülőknek fontosak.

**Kék betűvel azt a tananyagot írtuk, amely csak az emelt szintű érettségéhez szükséges.**

Az apró betű olyan részeket jelöl (akár feketével, akár kékkel), amelyek az érettségire nem szükségesek, de segítik a kötelező részek jobb megértését.

**Vastag betűvel a fogalmakat, törvényeket, fontos megállapításokat hangsúlyoztuk.**

A főszövegben színes mezővel a legfontosabb képeket emeltük ki.

Az ábrák a régebben tanultakra emlékeztetnek, azok felidézését, rendszerbe foglalását, megjegyzését segítik elő. Ezért célszerű együtt kezelni a szöveget és a hozzá tartozó ábrákat.

Az ábrasávban színes alátéttel jelölt szövegrészek túlmutatnak az egyszerű tananyagot. Olyan kapcsolatokra, rendszerekre, gondolkodásmódokra, a fizika mélyebb vonatkozásaira hívják fel a figyelmet, amelyekkel az értelmes – „felülről szemlélődő” – tudás kialakítását szeretnénk elősegíteni.

„Látni, amit már mindenki látott  
– és azt gondolni róla,  
amire még senki sem gondolt.”  
(Szent-Györgyi Albert)

## Kedves érettségire készülők!

Életük talán legjelentősebb szakasza előtt állnak. Közeledik a 18. születésnapjuk, amely után már jogilag is nagykorúak lesznek, és egyre inkább vállalniuk kell a felelősséget tetteikért, önmagukért, jövőjük alakulásáért. Megéri tehát, hogy mindezek érdekében felelősségteljes, cél tudatos, jól megszervezett, kemény munkát végezzenek. Ezzel az érettségi témakör- és feladatgyűjteménnyel, valamint a hozzá tartozó munkafüzetrel mi is szeretnénk ehhez hozzájárulni.

Lehet, hogy van Önök között, aki „csak” a középfokú érettségire akar felkészülni ebből a könyvből. Mások a választott élethivatásuk, szakmájuk alapismereteit is meg szeretnék erősíteni az emelt szintű érettségi vizsgára történő felkészüléssel. Nekik természetesen másként, bővebben és mélyebben kell tudniuk a fizikát céljuk eléréséhez. Az ehhez szükséges többlet tananyagot **kék betűvel** emeltük ki. Az így megjelölt részeket a középszintű érettségire készülők nyugodtan kihagyhatják, hiszen az ő vizsgaanyagukat tartalmazó – feketével írt – megmaradó rész is önálló és teljes egységet képez.

A régebben tanultak egyes részletei valószínűleg elhalványultak már, érdemes felfrissíteni őket. Ezért közöljük a témához tartozó tananyag eredeti feldolgozásának helyét a *Mozaik Kiadó FIZIKA 9: Mozgások, energiaváltozások*; *FIZIKA 10: Elektromosság*tan. *Hőtan* és a *FIZIKA 11: Rezgések és hullámok. Modern fizika* című tankönyveiben. Könyvünket természetesen az is használhatja, aki eddig más tankönyvből tanult, de akkor önmagának kell megkeresnie abban a felfrissítendő részeket.

Az érettségin kiemelt hangsúllyal szerepelnek majd a kísérletek. Ezek elvégzéséhez jelentős segítséget nyújthat a középiskolás anyaghoz kapcsolódó legfontosabb mérések és kísérletek részletes leírását tartalmazó munkafüzetünk.

A könyv minden fejezete három részből áll. Ezek a következők:

### – **Témavázlat**

A szóbeli érettségi vizsgán a felelet előtt van némi gondolkodási idő, amit célszerű nagyon tudatosan felhasználni. A feleletre történő felkészítést és a felelet ügyes időbeosztását egy jól áttekinthető vázlat segítheti legjobban. Ennek összeállítását teheti könnyebbé az egyes fejezeteket bevezető témavázlat.

### – **A téma rendszerező feldolgozása**

A második rész az adott téma tömör, rendszerezett – a gyakorlati élettel, a fizikatörténettel és a többi tantárgyban tanultakkal meglevő

kapcsolatát is bemutató – feldolgozásának egy lehetséges változata. Ez az anyag elsősorban a fakultációs formában vagy más módon történő felkészülést segítheti. A szóbeli vizsgán a felelet ilyen részletes kidolgozására és leírására nem lesz idő, de talán nincs is rá szükség. Ott ugyanis nem felolvasni, hanem önállóan elmondani, előadni kell a kihúzott tétel logikusan felépített lényegét. A témák ilyen részletes ismerete azonban azért is szükséges, mert az írásbeli vizsgán szereplő kérdések némelyike is igényel rövid szöveges kifejtést, az emelt szintű írásbelin pedig egy egész gondolatkör megadott szempontok szerinti (esszé-szerű) leírása az egyik feladat.

#### – Feladatok

A harmadik rész a gyakorló feladatok legfontosabb típusait mutatja be. Ezek a következők:

– A szóbeli vizsgán bemutatandó *kísérletek*. Ezek közül a legnagyobb valószínűséggel előfordulokat vagy az azokhoz hasonlókat itt csak megemlítjük, mert azok elvégzéséhez, elemzéséhez és a következtetések levonásához a munkafüzetben találunk segítséget.

– Az írásbeli vizsga különféle típusú feladataihoz (*Jelenségek értelmezése; Tesztfeladatok, Számításos feladatok*) csak néhány jellegzetes mintafeladatot mutatunk be, hiszen ezek megoldásának begyakorlásához sok jó feladatgyűjtemény áll rendelkezésükre.

– A három nagy egység (mechanika, elektromosságtan és modern fizika) lezárásakor utalunk a gyakorló vizsgalapokra, amelyek segítségével az adott témakörből mindenki „próbaérettségit” tehet, s önállóan ellenőrizheti, hogyan sajátította el a témakör ismereteit. Ezek az érettségiben várható feladattípusokból összeállított vizsgalapok a munkafüzetben találhatók.

A könyv végén minden kérdés, illetve feladat végeredménye és a nehezebbek megoldásának alapötlete is megtalálható.

Könyvünk az érettségire történő felkészülés egy általunk elképzelt és kipróbált változata szerint készült. Az Önöket jól ismerő tanárok – a siker érdekében – nyilván többször eltérnek majd ettől a változattól, kiegészítik, bővítik az itt leírt elgondolásokat. Reméljük, hogy az Önök és tanáraik munkájával együtt ez a könyv is hozzájárul majd sikeres érettségijükhöz.

Sok sikert kívánunk Önöknek mind a felkészüléshez és a vizsgákhoz, mind pedig az élethez a könyv szerzői.

Az ikonok a következőket emelik ki:

**K Kísérletek:** javaslatok egyszerű kísérletekre, amelyek közül kettőnek az elvi alapjai, részletes leírása, az elvégzésükhöz szükséges eszközök felsorolása, az eredmények feljegyzését segítő táblázatok a munkafüzetben találhatóak.

**J Jelenségek értelmezése, gyakorlati alkalmazások:** a szóban megválaszolható kérdésekre való felkészülést segítik.

**T Tesztfeladatok:** az érettségiben is szereplő feleletválasztós kérdések, amelyek közül csak egy helyes, vagy csak egy hibás.

**S Számításos feladatok:** a közismert fizikapéldák legfontosabb típusait mutatják be. Az ilyen vagy más jellegű feladatok begyakorlásához azonban további feladatok önálló megoldása szükséges.

**R Részismétlés:** a nagy önálló fejezetek (pl. mechanika, elektromosságtan stb.) részleteinek feldolgozása utáni rendszerező, lényegkiemelő ismétlés fontosságára hívja fel a figyelmet. A „próbaérettségi” önálló elvégzését elősegítő írásbeli tételsorok a munkafüzet végén találhatóak.

### 3. A testek tehetetlensége, tömege. Az inerciarendszer. A sűrűség

#### TÉMAVÁZLAT

##### A A tehetetlenség fogalma és az inerciarendszer

- A testek tehetetlensége
- A tehetetlenség törvénye
- Az inerciarendszer és a gyorsuló vonatkoztatási rendszer fogalma
- Az inerciarendszerek egyenértékűsége

##### B A tömeg fogalmának kísérletre alapozott kialakítása és a különféle elveken történő tömegmérések

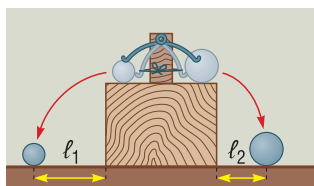
- A tehetetlenség és a tömeg a „test – tulajdonság – mennyiség” fogalmi hármásban
- A tömegnek mint a tehetetlenség mértékének kísérleti vizsgálata rugóval szétlökött kiskocsikkal vagy légpárnás szánkókkal (az  $m_2 : m_1 = \Delta v_1 : \Delta v_2$  felismerése)
- A tömeg mértékegysége és a tömeg különféle elvek alapján történő mérése
- A tömeg–energia kapcsolat (ekvivalencia) Einstein-féle értelmezése
- A tömeg sebességfüggése és az elméletet alátámasztó néhány tapasztalat

##### C A sűrűség fogalma, kiszámítása és mérése

- A sűrűség fogalma
- Az  $m \sim \Delta V$  kísérleti felismerése. A sűrűség mennyiségi fogalma
- A sűrűségmérés különféle módjai



52–59. o.



26.1. Azonos feltételek között a nagyobb tehetetlenségű golyó sebessége kisebb mértékben változik



26.2. A gyorsuló, lassuló, kanyarodó vonathoz viszonyítva a testek mozgásállapota – látszólag külső hatás nélkül – megváltozik

#### A A tehetetlenség fogalma és az inerciarendszer

• Egyszerű megfigyelni, hogy az egyik testnek könnyebb, a másiknak nehezebb megváltoztatni a sebességét. Arról a testről, amelynek nehezebb megváltoztatni a sebességét, azt mondjuk, hogy tehetetlenebb, nagyobb a **tehetetlensége**. A tehetetlenség a testek egyik legfontosabb, elidegeníthetetlen tulajdonsága.

• Minden eddigi tapasztalatunk azt igazolja, hogy változás csak kölcsönhatás közben jöhet létre. A testek mozgásállapota is csak közvetlen környezetük hatására változhat meg. Ezt a tapasztalatot fogalmazza meg a **tehetetlenség törvénye**, más néven **Newton I. törvénye is:**

**Minden test nyugalomban marad vagy egyenes vonalú egyenletes mozgást végez mindaddig, míg közvetlen környezete mozgásállapotát meg nem változtatja.**

• A tehetetlenség törvényének látszólag ellentmond az a tapasztalat, hogy a gyorsuló, lassuló, kanyarodó járművekben és az azokhoz rendelt vonatkoztatási rendszerekben az emberek kibillennek nyugalmi helyzetükből, vészfékezésnél a csomagok leesnek a polcra, pedig nem éri őket újabb erőhatás. Ez valójában azért van így, mert a jármű kikanyarodik alóluk vagy lemarad hozzájuk viszonyítva, miközben az utasok és a csomagok (a tehetetlenség miatt) megtartják eredeti mozgásállapotukat a földhöz viszonyítva.



Az ilyen tapasztalatok alapján a vonatkoztatási rendszereket két nagy csoportra oszthatjuk. Az olyan vonatkoztatási rendszereket, amelyekben teljesül a tehetetlenség törvénye, tehetetlenségi rendszernek, másként **inerciarendszernek** szokás nevezni.

Azoknak a vonatkoztatási rendszereknek, amelyekhez viszonyítva a környezet hatása nélkül is megváltozhat a testek mozgásállapota, **gyorsuló vonatkoztatási rendszer** a nevük (hiszen az ilyen vonatkoztatási rendszerek gyorsulva mozognak az inerciarendszerekhez viszonyítva).

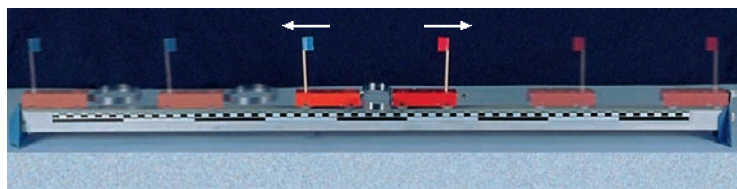
Az **inerciarendszerek egyenértékűek**. Ez azt jelenti, hogy minden jelenség, függetlenül attól, hogy melyik inerciarendszerhez viszonyítva írjuk le, azonos módon játszódik le bennük. Nincs tehát egy „fő-inerciarendszer”, amelyhez a többi viszonyítani lehetne. Minden inerciarendszer bármely másikkhoz viszonyítva nyugalomban van vagy egyenes vonalú egyenletes mozgást végez. Ezt az elvet Galilei fogalmazta meg.

### **B** A tömeg fogalmának kísérletre alapozott kialakítása és a különféle elveken történő tömegmérések

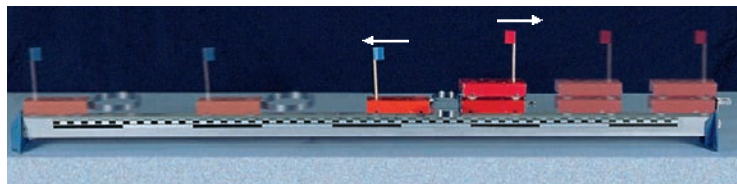
- Annak a testnek nagyobb a **tehetetlensége**, és így az azt jellemző mennyisége: a **tömege** is, amelyiknek pl. ütközéses vagy szétlökéses párkölcsönhatás közben kisebb a sebességváltozása. Ezt figyelembe véve kísérlettel (pl. vízszintes légpárnás sínen vagy sima asztallapon szétlökött) két kiskocsi tömegét össze lehet hasonlítani (Fizika 9. tk. 56. oldal). A két test párkölcsönhatása közben létrejött sebességváltozások nagysága fordítottan arányos a testek tömegével:

$$m_2 : m_1 = \Delta v_1 : \Delta v_2 \Rightarrow m_2 = \frac{m_1 \cdot \Delta v_1}{\Delta v_2}$$

- **A tömeg a testek tehetetlenségének mértéke**. Mivel a tömeg alaplammennyiség, mértékegységét (kilogramm, jele: kg) szabadon lehetett megválasztani.



27.3. Egyenlő tömegű kocsik szétlökése rugó segítségével

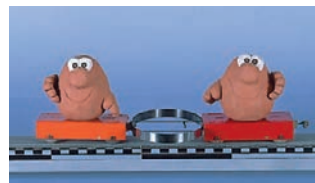


27.4. Különböző tömegű kocsik szétlökése rugó segítségével

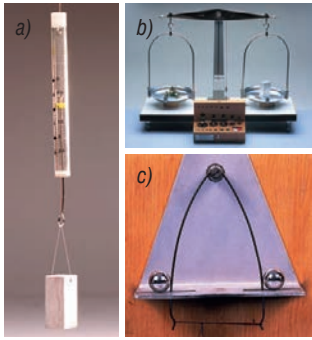
Galilei 1632-ben leírt egy gondolati kísérletet: „Zárkózzál be barátod társaságában egy nagy hajó fedélzete alatt egy nagy terembe. Vigyél oda szúnyogokat, lepkeket és egyéb röpködő állatokat, gondoskodjál apró halakkal teli vizes edényről is, azon kívül akassz fel egy kis vödört, amelyből a víz egy alá helyezett szűk nyakú edénybe csöpög. Most figyelj meg gondosan, hogy a röpködő állatok milyen sebességgel röpködnek a szoba minden irányában, míg a hajó áll. Most mozogjon a hajó tetszés szerinti sebességgel: azt fogod tapasztalni – ha a mozgás egyenletes és nem ide-oda ingadozó –, hogy az említett jelenségekben semmiféle változás nem következik be. Azoknak az egyikéből sem tudsz következtetni arra, hogy mozog-e a hajó vagy sem.”



27.1. Galileo Galilei (1564–1642) itáliai fizikus a kísérleti fizika megalapozója



27.2. Annak a testnek nagyobb a tehetetlensége, amelynél párkölcsönhatás közben kisebb a sebességváltozás



28.1. A testek tömege meghatározható statikai (a, b), illetve dinamikai (c) módszerrel



28.2. Űrhajósok tömegének mérése



28.3. Albert Einstein (1879–1955), a relativitáselmélet kidolgozója

Régi könyvekben tévesen úgy értelmezték a tömeg–energia ekvivalencia egyenletet, hogy a tömeg, amit az anyaggal azonosítottak, ilyen arányban alakul át energiává és közben megszűnik.

A megszokás gyakran megnehezíti a mindennapi tapasztalatoktól eltérő új gondolatok megértését. Az elfogulatlan fantázia segíthet ennek a gátnak az áttörésében.

Egy test tömege megmérhető egységnyi, vagy bármilyen ismert tömegű test segítségével a fentiek alapján az ún. **dinamikai módszerrel**. Mivel ez a (pl. szétlökéses) módszer a gyakorlatban nem célszerű, ritkán használható.

A testek tömege és súlya egyenesen arányos egymással. Így mivel a testek súlya pl. rugós erőmérővel könnyen mérhető, **a tömegmérés visszavezethető súlymérésre** is. Ez a mérési mód azonban legtöbbször nem elég pontos.

Gyakran alkalmazott módszer az egyenlő karú (vagy nem egyenlő karú) mérleggel történő **tömegmérés**, ami ismét a tömeg és a súly egyenes arányán alapszik és a **forgatónyomatékok összehasonlítására vezethető vissza**.

A rezgésidő mérése és a rugóállandó ismerete alapján is lehet tömeget mérni  $\left( T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} \right)$  (pl. az űrhajósok tömegének mérése).

- Albert Einstein 1905-ben megalkotta a fizika talán legmeglepőbb, és így legtöbb vitát kiváltó gondolati rendszerét, a speciális relativitáselméletet. Ebben a legfontosabb felismerés az, hogy a valóságban a kölcsönhatások (bármely inerciarendszerhez viszonyított) terjedési sebességének véges nagyságú felső határa van, amely a fény  $c$  vákuumbeli terjedési sebességével egyenlő. Ezt ma már sok kísérlet és tapasztalat igazolja. Következményei azonban csak akkor jelentősek, ha a vizsgált jelenségben a sebesség nagysága közel van a fény sebességéhez.

A speciális relativitáselméletnek a tömeg fogalmával kapcsolatos egyik legfontosabb megállapítása a **tömeg-energia ekvivalencia egyenlet**, amely szerint a test tömege és összes energiája egyenesen arányos egymással, ahol az arányossági tényező a fénysebesség négyzete:

$$E_{\text{összes}} = m \cdot c^2.$$

Az összefüggés tehát azt fejezi ki, hogy amennyiben egy test energiája nő, azzal egyenes arányban megnövekszik a tömege is, illetve ez megfordítva úgyszintén igaz.

- Az előzőekkel összhangban, ha egy testnek változik, pl. nő a sebessége, akkor nő a mozgási, tehát az összes energiája, és így megnő a tömege is. Ezek a következő módon számíthatók ki:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \quad E_{\text{összes}} = \frac{m_0 \cdot c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}};$$

ahol  $m_0$  a nyugalmi tömeg,  $v$  a test sebessége,  $c$  pedig a fénysebesség.

A testeknek tehát mind a tömege, mind az összenergiája relatív mennyiség, hiszen nagyságuk függ a sebességtől, az pedig az inerciarendszer megválasztásától.

## C A sűrűség fogalma, kiszámítása és mérése

• A különféle anyagok részecskéi és szerkezete is különböző. Ez az oka annak, hogy a különféle anyagok egyenlő térfogatú részének különböző a tömege. Az anyagoknak ezt a tulajdonságát **sűrűségnek** nevezzük.

• **Annak az anyagnak nagyobb a sűrűsége**, amelyből az egyenlő térfogatú résznek nagyobb a tömege, vagy az egyenlő tömegű résznek kisebb a térfogata.

Ha megegyező anyagú, de kétszer, háromszor nagyobb térfogatú homogén, tömör testek tömegét megmérjük, azt tapasztaljuk, hogy az is kétszer, háromszor nagyobb, tehát tömegük és térfogatuk egyenesen arányos:

$$m \sim V \Rightarrow \frac{m}{V} = \text{állandó.}$$

Mivel ez a hányados a nagyobb sűrűségű anyagoknál mindig nagyobb, kisebb sűrűségűeknél pedig kisebb, ezért ez a hányados alkalmas mennyiség a sűrűség (mint tulajdonság) jellemzésére. A sűrűség jele:  $\rho$ .

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

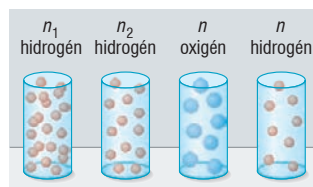
A sűrűség SI mértékegysége:  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ , engedélyezett még a  $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$  és a  $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ .

• A **sűrűségmérés** legtöbbször a tömeg és a térfogat mérésére vezethető vissza. A tömegmérés nem szokott gondot okozni, a térfogat meghatározásánál azonban különböző ötletekre lehet szükség. A szabálytalan alakú szilárd testek térfogatát gyakran az Arkhimédész-törvény segítségével határozzák meg.

A folyadékok sűrűségének meghatározásakor először megmérjük egy ismert térfogatú edény tömegét üresen, majd a vizsgálandó folyadékkal teletöltve. A kapott adatokból a folyadék sűrűsége kiszámítható.

A gyakorlatban igen sokszor ún. úszó sűrűségmérőt alkalmaznak a folyadékok, pl. a must sűrűségének meghatározására.

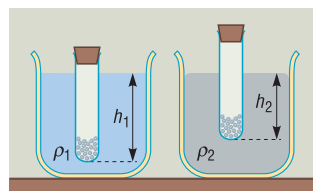
A sűrűség pontos mérésére különféle mérőeszközöket is készítettek.



29.1. Egyenlő térfogatú tartályban különböző számú és tömegű részecske is lehet. Ezért a gázok sűrűsége is különböző lehet



29.2. A megegyező anyagú, homogén testek tömege és térfogata egyenesen arányos



29.3. Úszó sűrűségmérőnél, ha:  $\rho_1 < \rho_2$ , akkor  $h_1 > h_2$

## K KÍSÉRLETEK

1. Mérje meg egy kiskocsi tömegét dinamikai módszerrel, ha egy másik kiskocsi tömegét ismeri!
2. Határozza meg egy szabálytalan alakú test (pl. egy nagyméretű csavar) anyagának a sűrűségét!

## J JELENSÉGEK ÉRTELMEZÉSE, GYAKORLATI ALKALMAZÁSOK

- Ismétlésként válaszoljon újra a Fizika 9. tk. 54. oldal 1–14.; 57. oldal 1–3. és az 59. oldal 1–5. gondolkodtató kérdéseire.

1. Egy vonat kocsjának csomagtartójához hosszú fonalat erősítünk. A fonal másik végére egy nehezekeket kötünk. Mi történik az így kapott ingával, ha a vonat elindul, fékezik, vagy kanyarodik? Magyarázza meg, miért!
2. Egy egyenes vonalú egyenletes mozgást végző járművön a menetirányba fordulva állunk, és egy labdát a járműhöz viszonyítva függőlegesen feldobunk. Hova (elénk, mögénk, vagy a kezünkbe) érkezik vissza a labda? Értelmezze az állítását!
3. Sima vízszintes felületen, pl. asztalon csúsztatva lökjön egymásnak különböző méretű pénzérméket! Hasonlítsa össze az érmék ütközés előtti, illetve ütközés utáni mozgását, és magyarázza meg a tapasztaltakat!
4. Milyen módszerrel tudna tömeget mérni a Holdon és egy Föld körül keringő űrhajón?
5. Lehet-e egyenlő súlyú testeknek különböző feltételek között különböző a tömege, vagy egyenlő tömegű testeknek különböző a súlya? A tömeg vagy a súly az a mennyiség, ami csak a testre jellemző?
6. Egy testnek lehet-e különböző feltételek között különböző a tömege, illetve anyagának a sűrűsége? Gyakorlati példákkal igazolja állítását!
7. Az ókori elbeszélések szerint Siracusa királya aranyat adott az ötvösöknek, hogy készítsenek belőle koronát. A korona szépre sikerült, de a színe más volt, mint az odaadott aranyé. A király szerette volna megtudni, hogy becsapták-e az ötvösök, de nem akarta, hogy a koronának bármi baja essen. Arkhimédészhez fordult segítségért. Hogyan oldhatta meg Arkhimédész a feladatot?



## TESZTFELADATOK

1. Egy  $A$ -val jelölt testnek nehezebb megváltoztatni a sebességét, mint egy  $B$  jelűnek. Mi ennek az oka?
  - a) Az  $A$  jelűnek nagyobb az anyagmennyisége (ami az SI egyik alapmennyisége).
  - b)  $A$   $B$  jelűnek kisebb a sűrűsége.
  - c) Az  $A$  jelűnek nagyobb a tehetetlensége.
  - d)  $A$   $B$  jelűnek kisebb a térfogata.
2. Lehet-e tömeget mérni rugós erőmérőre akasztva a Föld körül keringő űrhajón? Miért?
  - a) Igen, mert a testet éri gravitációs erőhatás.
  - b) Nem, mert a testet nem éri gravitációs erőhatás.
  - c) Igen, mert a testnek ott is van súlya, amivel arányosan nyúlik meg a rugó.
  - d) Nem, mert a testnek ott nincs súlya, így a rugó nem nyúlik meg.
3. Meg lehet-e állapítani utazás közben egy sima úton haladó nagyon jól rugózott jármű ablaktalan fülkéjében, hogy a jármű nyugalomban van, és csak a járó motor miatt rázkódik egy kicsit, vagy egyenes vonalú egyenletes mozgást végez?
  - a) Igen, mert érezzük a kétféle állapot közötti különbséget.
  - b) Nem, mert minden jelenség mindkét esetben azonos módon játszódik le, tehát nem érezhetjük a különbséget.
  - c) Igen, hiszen el tudunk végezni olyan kísérletet, amely jelzi a különbséget, pl. egy fonalingát különböző függőleges síkokban kitérítve hozunk lengésbe és az a mozgás irányától függően másként leng.
  - d) Ha akármilyen sima is az út és jó a rugózás, akkor is észrevehető a különbség.

4. Milyen mozgást végeznek egy szabadon eső testhez rögzített vonatkoztatási rendszerben vízszintesen elhajított testek ehhez a vonatkoztatási rendszerhez viszonyítva?
- Egyenletes mozgást egy vízszintes síkban levő egyenes vonalú pályán.
  - Egyenletes mozgást egy függőleges síkban levő parabola alakú pályán, amelynek csúcса (a kezdősebességtől függően) fölül van.
  - Egyenletes mozgást egy függőleges síkban levő parabola alakú pályán, amelynek csúcса (az elhajítás sebességének nagyságától függően) alul van.
  - Nyugalomban levőnek látszanak.
5. Mi történik a vízszintes helyzetű Mikola-csőben levő buborékkal, ha a csövet hosszának irányában meglökjük? (A választ a csőhöz viszonyítva adja meg!)
- Együtt mozog a csővel.
  - A lökés irányában előrefut a csőben, mert a nagyobb tehetetlenségű víz csak úgy tud lemaradni, ha közben előretolja a buborékot.
  - Lemarad a csőhöz viszonyítva, mert a meglökött víz nagyobb lendülettel megy előre, mint a buborék.

## S SZÁMÍTÁSOS FELADATOK

- Az emlékezet felfrissítésére célszerű a Fizika 9. tk. 57. oldal 1–2. ; 59. oldal 1–7. feladatait is újra átgondolni.
- Két, közös sínen levő, rugóval szétlökött kocsi közül az egyik sebessége  $v_1 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ , a másiké  $v_2 = -0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Mennyi az első kocsi tömege, ha a másodiké 800 g?
  - Összenyomott rugóval szétlököttünk két kiskocsit. Rövid idővel a szétlökés után megjelöltük mindkét kocsi helyét. Az egyik a szétlökés óta eltelt idő alatt  $s_1 = 18 \text{ cm}$ , a másik  $s_2 = 27 \text{ cm}$  utat tett meg. Melyik kocsinak nagyobb a tömege? Hányszorosa a másik kocsi tömegének?
  - Egy levegőben levő anyacsavar rugós erőmérővel mért súlya  $G_1 = 2 \text{ N}$ . Ha a csavar desztillált vízbe merül, az erőmérő 1,77 N nagyságú erőt mutat. Milyen anyagból készült a csavar? Mennyi a sűrűsége annak a folyadéknak, amelybe belemerítve ugyanezt a csavart az erőmérő 1,82 N erőt mér?
  - Egy karkötő 25 g aranyból és 5 g vörösrézből készült. Mennyi az átlagsűrűsége? ( $\rho_{\text{Au}} = 19\,300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ;  $\rho_{\text{Cu}} = 8\,920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ).

# 14. A hőtan I. és II. főtétele

## TÉMAVÁZLAT

### A A hőtan I. főtétele

- A testek belső energiája. A hőtan I. főtétele
- Az ideális gázok belső energiája
- Az ekvipartíció tétele, a belső energia formulája
- Hőközlés és térfogati munkavégzés
- Az I. főétel matematikai alakja ideális gázoknál
- A testek hőkapacitása és fajhője
- Az ideális gázok kétféle fajhője
- A gázok speciális állapotváltozásainak energiacseréje
- A hőtani körfolyamatok hatásfoka

### B A hőtan II. főtétele

- Reverzibilis és irreverzibilis fizikai folyamatok
- A termikus folyamatok lehetséges iránya. A hőtan II. főtétele
- A másodfajú perpetuum mobile



### A A hőtan I. főtétele

- A testek termikus kölcsönhatása során a melegebb test lehűl, a hidegebb pedig felmelegszik: azt mondjuk, hogy az egyik test belső energiája csökken, a másiké pedig növekszik.  $T \neq 0$  hőmérsékleten minden test rendelkezik **belső energiával**.

A testek belső energiája a testeket alkotó atomi részecskék hőmozgásából és a részecskék közötti molekuláris kölcsönhatásból származik.

A testek belső energiáját **termikus úton** (hőcserével) vagy **mechanikai munkavégzéssel** változtathatjuk meg. Így felírhatjuk az energiamegmaradást kifejező mérlegegyenletet:

$$\Delta E_b = Q + W,$$

mely szerint a testek belső energiájának megváltozása egyenlő a testtel közölt hőmennyiség és a testen végzett mechanikai munka előjeles összegével. Ez a **hőtan I. főtétele**.

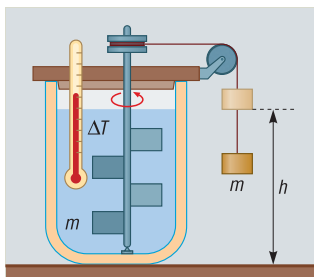
A **főtétel az energiamegmaradásnak** – a mechanikai energia megmaradásánál – általánosabb megfogalmazása, mivel figyelembe veszi a súrlódás belső energiát növelő szerepét is.

A munka és a hő közötti kapcsolatot Robert Mayer ismerte fel 1842-ben. Ő fogalmazta meg elsőként az energiamegmaradás általános elvét is 1845-ben.

Robert Mayer hajóorvosként megfigyelte, hogy a matrózok vénás vérének színe a trópusokon vörösebb – azaz kevesebb oxigént tartalmaz –, mint a mérsékelt éghajlaton. Ebből arra következtetett, hogy az ember szervezetének a trópusokon kevesebb oxigént kell elégetnie a testhőmérséklet fenntartásához.



107.1. Robert Mayer (1814–1878) német hajóorvos, a hő és a mechanikai munka közötti kapcsolat felismerője

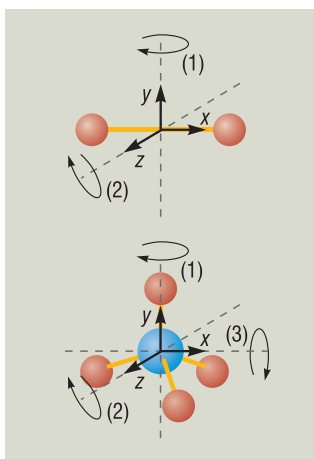


108.1. A Joule-féle készülék a hő mechanikai egyenértékének meghatározására

James Prescott Joule angol fizikus (1818–1889) a mechanikai munka és a hő, illetve az elektromos munkavégzés és a hő közötti kapcsolatot, egyenértékűséget kísérletekkel bizonyította 1843-ban.



108.2. A táguló gáz munkát végez



108.3. Két- és többatomos molekula modellje 2, illetve 3 lehetséges forgástengellyel

Joule hőszigetelt edénybe öntött folyadékba lapátokkal ellátott, függőleges tengelyű kereket szerelt. A kereket súlyokkal forgásba hozva kalorimetricusan mérte a súrlódás miatt bekövetkező belsőenergia-növekedést, és kiszámította a súlyok mechanikai munkavégzését. A két mennyiség között anyagtól függetlenül állandó egyenes arányosságot tapasztalt.

Az I. főtétele mérlegegyenletéből kiolvasható, hogy **nem készíthető olyan örökmozgó gép** (elsőfajú perpetuum mobile), amely munkát végezne anélkül, hogy a belső energiája ne csökkenne, vagy **ne kellene befektetni** – pl. termikus úton hőközléssel – **utánpótlást**.

- Mivel az **ideális gáz** részecskéi között tartós kölcsönhatások (belső molekuláris erők) nem lépnek fel, ezért a **gáz belső energiája teljes egészében a részecskék mozgási** (esetleg forgási) **energiájából származik, azok összegével egyenlő**.

A gázok belső energiájuk rovására tágulás közben munkát képesek végezni. Ezt használják ki a belső égésű motoroknál, amikor az üzemanyag elégetésekor a motor hengerében a forró, nagy nyomású levegő-gáz keverék tágulás közben a motor munkavégzését biztosítja.

Az egyatomos ideális gáz  $E_b$  belső energiáját az alábbi formában írhatjuk

$$\text{fel: } E_b = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} \mu_i v_i^2, \text{ ahol jobb oldalon az } N \text{ számú, különböző } v_i \text{ sebességű,}$$

(esetleg különböző)  $\mu_i$  tömegű részecske mozgási energiájának összege áll.

A rendezetlen hőmozgást végző részecskesokaságban a mozgási energia – a kölcsönös ütközések révén – a részecskék között (azok tömegétől függetlenül) egyenlő mértékben oszlik meg: azaz **minden részecskére átlagosan ugyanakkora  $\varepsilon$  energiarész** (porció) **jut**, ezért az eloszlást az egyenlő energieloszlás tételének vagy **ekvipartíció tételének** nevezzük. Az ekvipartíció tételét Boltzmann fogalmazta meg először a kinetikus gázelmélet statisztikus megalapozásakor.

A részecskemodellből levezethető, hogy a falnak ütköző gázcsoportok **átlagos mozgási energiája** ( $\varepsilon$ ) a  $T$  abszolút hőmérséklettel egyenesen arányos, nagysága  $\varepsilon = \frac{3}{2} k \cdot T$ , ahol a  $k$  arányossági szorzó éppen a **Boltzmann-állandóval** egyenlő.

A többatomos molekulák a rendezetlen haladó mozgáson kívül – mint parányi súlyzók – szimmetriatengelyeik körül forgómozgást is végezhetnek. A szopora ütközések során a forgásból származó energia is kicserélődik a részecskék között. Így a  $\frac{3}{2} kT$  átlagos mozgási energiához **átlagos forgási energia** is járul, melyre szintén érvényes az ekvipartíció tétele: az átlagos forgási energia értéke annyszor  $\frac{1}{2} kT$ , ahány (1, 2, 3) egymásra merőleges, forgási energiát adó forgástengelye van egy molekulának.

Az egy molekulára jutó teljes átlagos energia  $\frac{f}{2} kT$  alakban írható, ahol  $f$

lehetőség értéke  $3 + 2 = 5$  vagy  $3 + 3 = 6$ . **Az  $f$  egész számot a rendezetlen mozgás szabadsági fokának nevezzük. A haladó mozgáshoz (a lehetséges  $x$ ,  $y$ ,  $z$  irányú sebességkomponensek miatt) 3 szabadsági fokot rendelünk.**

Így az ideális gáz belső energiájának kifejezése az

$$E_b = N \cdot \varepsilon = N \cdot \frac{f}{2} kT$$

alakban adható meg. A  $p \cdot V = N \cdot k \cdot T$  állapotegyenletet felhasználva a belső energia az

$$E_b = \frac{f}{2} \cdot p \cdot V$$

formában is felírható, ahol  $f$  jelenti a részecskék szabadsági fokát.

A belső energia megváltozását pedig a

$$\Delta E_b = \frac{f}{2} \cdot N \cdot k \cdot \Delta T \quad \text{vagy} \quad \Delta E_b = \frac{f}{2} \cdot \Delta(p \cdot V)$$

alakban írhatjuk fel.

• Ahhoz, hogy az ideális gázok állapotváltozásaira alkalmazzuk az I. főtétele, a  $W$  mechanikai munkavégzés formuláját kell megadni. A gáz állandó  $p$  nyomáson történő térfogatváltozásokor a külső erő térfogati munkája

$$W = F \cdot \Delta s = p \cdot A \cdot \Delta s = -p \cdot (V_2 - V_1) = -p \cdot \Delta V$$

alakban írható fel. (A „-” negatív előjel azért szükséges, mert összenyomáskor  $\Delta V < 0$ , így a külső munkavégzés pozitív lesz.)

Így az ideális gáz izobár folyamatára alkalmazva az I. főtétel alakja:

$$\Delta E_b = Q + W = Q - p\Delta V,$$

mely szerint a **gáz belső energiájának megváltozása egyenlő a gázzal termikus úton közölt  $Q$  hőmennyiség (röviden hő) és a gázon végzett  $W$  munka előjeles összegével.**

A testek közötti  $Q$  hőcsere nagysága egyenesen arányos a test hőmérsékletének  $\Delta T$  megváltozásával. A  $C = \frac{Q}{\Delta T}$  hányadost a test

**hőkapacitásának** (hőbefogadó képességének) nevezzük, amely számértékileg megmutatja, hogy mekkora nagyságú hő változtatja meg a test hőmérsékletét 1 K-nel vagy 1 °C-kal. A hőkapacitás egysége

$$\frac{\text{J}}{\text{K}} \quad \text{vagy} \quad \frac{\text{J}}{^\circ\text{C}}.$$

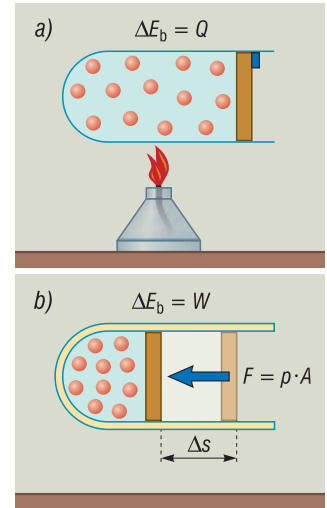
**A testek hőkapacitása egyenesen arányos a testek  $m$  tömegével, és függ azok anyagi minőségétől ( $C = c \cdot m$ ).**

A  $c = \frac{C}{m}$  – a test anyagára jellemző – hányadost **fajlagos hőkapacitásnak**, röviden **fajhőnek** nevezzük, amely megadja az 1 kg tömegű test hőkapacitását. A fajhő egysége  $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$  vagy  $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ .

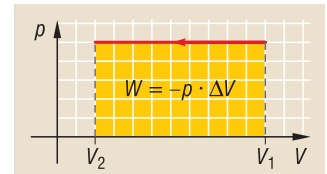
Így a termikus úton történő  $Q$  energiacsere mértéke (a felvett vagy leadott hő) a

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

összefüggéssel számítható ki.



**109.1.** A gáz belső energiája a) hőközléssel és b) munkavégzéssel változtatható meg



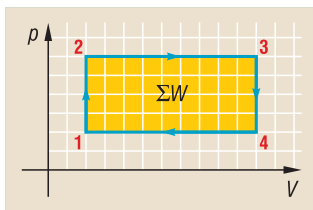
**109.2.** Külső munkavégzés ábrázolása  $p$ - $V$  diagramon izobár állapotváltozásnál

Ha a gáz térfogatváltozása közben a gáz nyomása változik, akkor a kis  $-p \cdot \Delta V$  munkákat összegezni kell:  $W = \Sigma(-p \cdot \Delta V)$ . A  $p$ - $V$  síkon a munkavégzés nagysága a grafikon alatti terület mérőszámával egyezik meg.

A gázok fajhőjének értéke függ a hőcsere módjától is. Így pl. ha állandó térfogaton történik a termikus energiacsere, akkor – mivel ekkor nincs munkavégzés – a hőcsere mértéke ( $Q$ ) egyben megegyezik a gáz belső energiájának megváltozásával is ( $Q = \Delta E$ ).

Ha viszont a hőcsere állandó nyomáson történik, akkor a fajhő értéke a gáz munkavégzése miatt nagyobb lesz:  $c_p > c_v$ .





110.1. Egy körfolyamat p–V diagramja

**Körfolyamatok hatásfoka:**

A 110.1. ábra diagramja egy egyszerű – izochor és izobár állapotváltozásokból álló – **körfolyamatot** ábrázol, ahol a gáz az (1) kezdeti állapotból kiindulva – a (2), (3) és a (4) állapotokon keresztül – az eredeti állapotába tér vissza.

Ilyen és ennél bonyolultabb körfolyamatokkal modellezhetjük a hőerőgépek periodikus folyamatait, ahol hő befektetésével mechanikai munkát nyerünk.

**A körfolyamatok hatásfokán** az abban részt vevő gáz (vagy gőz) hasznos munkavégzésének és a befektetett hőnek a hányadosát értjük:

$$\eta = \frac{\Sigma W}{\Sigma Q_{be}}$$

A p–V diagramon a hasznos munkavégzés nagysága a körfolyamat zárt görbéje által bezárt területtel arányos. A befektetett hőt az I. főtétel felhasználásával számíthatjuk ki.

Elméletileg bizonyítható, hogy a legnagyobb hatásfoka az úgynevezett Carnot-körfolyamatnak van, amely izotermikus és adiabatikus állapotváltozásokból tevődik össze. Az ideálisnak tekinthető körfolyamat hatásfoka:

$$\eta = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$$

A valóságos hőerőgépek ezt a hatásfokot csak megközelíteni tudják. A gőzturbináknál pl. ezért fontos, hogy minél nagyobb legyen a friss gőz  $T_2$  hőmérséklete és minél alacsonyabb a fűtő gőz  $T_1$  hőmérséklete. Ezért kell egyszerre jó fűtést és hűtést is alkalmazni.

Az ideális gázok fajhőjét az I. főtétel alapján írhatjuk fel:

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} = \frac{\Delta E_b + p \cdot \Delta V}{m \cdot \Delta T}$$

Az állapotegyenletnek a gáz tömegét tartalmazó alakjából a gáz belső energiájának változása így is felírható:

$$\Delta E_b = \frac{f}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot R \cdot \Delta T$$

Így az ideális gáz fajhője **állandó térfogaton**

$$c_V = \frac{\frac{f}{2} \cdot \frac{m}{M} R \Delta T}{m \cdot \Delta T} = \frac{f}{2} \frac{R}{M}$$

Állandó nyomáson pedig a fajhő kifejezése

$$c_p = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} = \frac{\Delta E + p \cdot \Delta V}{m \cdot \Delta T} = \frac{\Delta E}{m \Delta T} + \frac{p \Delta V}{m \Delta T}$$

alakban írható fel, vagy (mivel  $p \cdot \Delta V = \frac{m}{M} \cdot R \Delta T$ ):

$$c_p = c_V + \frac{\frac{m}{M} R \Delta T}{m \Delta T} = c_V + \frac{R}{M} = \left( \frac{f}{2} + 1 \right) \frac{R}{M}$$

Célszerű áttekinteni a speciális állapotváltozások energiacsere-viszonyait a hőtan I. főtételének tükrében. (Ezt részletesen tárgyalja a Fizika 10. tankönyv a 42–46. oldalon.) Itt csak egy emlékeztető táblázat alapján tekintjük át az egyes állapotváltozások energiámérlegét.

AZ ÁLLAPOT-VÁLTOZÁS MÓDJA	ΔE BELSŐENERGIA-VÁLTOZÁS	Q TERMIKUS ENERGIACSERE	-p · ΔV GÁZON VÉGZETT MUNKA
Izobár (p = állandó)	Melegítéskor ΔE > 0, a belső energia nő. Hűtéskor ΔE < 0, a belső energia csökken.	Melegítéskor Q > ΔE. Hűtéskor Q < ΔE.  Q  >  ΔE .	Melegítéskor negatív, a gáz végez pozitív munkát. Hűtéskor pozitív, a gázon külső munkavégzés történik.  Q  >  W .
Izochor (V = állandó)	Melegítéskor ΔE > 0, a belső energia nő. Hűtéskor ΔE < 0, a belső energia csökken.	Melegítéskor és hűtéskor egyaránt ΔQ = ΔE.	ΔW = 0, mivel a térfogat állandó.
Izoterm (T = állandó)	ΔE = 0, mivel ΔT = 0. A belső energia állandó.	Q = -ΔW. A gázzal táguláskor hőt kell közölni, összenyomáskor pedig hőt kell elvonni.	ΔW = -Q, a tágulási munkát a hőfelvétel fedezi. A gázon végzett munkát hőelvonással fedezzük, hogy ΔE = 0 teljesüljön.
Adiabatikus (Q = 0)	A gáz összenyomásakor ΔE > 0, a belső energia nő, a gáz tágulásakor ΔE < 0, a belső energia csökken.	Q = 0. A gáz és környezete között nincs termikus energiacsere.	ΔW = ΔE. A gáz tágulási munkáját a belső energia csökkenése fedezi. A külső munkavégzés pedig a belső energiát növeli.

110.2. A gázok állapotváltozásának energiámérlege

## B A hőtan II. főtétele

• A természetben lejátszódó fizikai folyamatok lehetnek **megfordíthatóak (reverzibilisek)**: pl. egy súrlódás nélkül pattogó golyó egy rugalmas lemezen. A súrlódási veszteséggel járó folyamatok (ahol hőcsere is végbemegy) mindig **vissza nem fordíthatók (irreverzibilisek)**: pl. a magasból leejtett és kissé felmelegedett rugalmatlanul ütköző ólomgolyó lehűlve nem pattan vissza a talajról.

**A termikus kölcsönhatások során létrejött valóságos folyamatok mindig irreverzibilisek. Ez a hőtan II. főtétele.**

A II. főtétel egyéb ekvivalens megfogalmazásai az alábbiak:

**A termikus energia hő alakjában a hidegebb testről a melegebb testre nem mehet át önként** (Clausius, 1850).

Minden **irreverzibilis folyamatnál egy bizonyos mennyiségű munka szétszóródik**, azaz belső energiává alakul (Kelvin tétele, 1852).

**Nincs olyan periodikusan működő hőerőgép, amely hőt von el egy hőtartályból, és azt teljes egészében mechanikai munkává alakítja.** Vagyis nem készíthető **másodfajú perpetuum mobile** (másodfajú örökmozgó) (Max Planck).

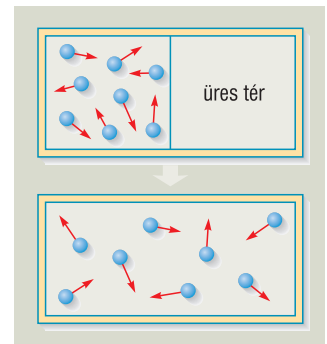
A hőtan II. főtételét a molekuláris hőelmélet alapján is értelmezhetjük. Így például a Clausius-féle megfogalmazás mögött az áll, hogy a melegebb testek molekuláinak intenzívebb hőmozgása a termikus kölcsönhatás során gyengül, a hidegebb testek részecskéi pedig intenzívebb mozgásra kényszerülnek. Ezt a kiegyenlítődési folyamatot a hőmérsékletek kiegyenlítődéseként észleljük. **Általánosan: minden termikus folyamatnál olyan a folyamat iránya, hogy a hőmozgás rendezetlensége mindig nő.** Visszafelé nem játszódhat le olyan folyamat, ahol a rend önmagától, külső beavatkozás nélkül visszaállna.

## K KÍSÉRLETEK

1. Végezze el a Joule-féle kísérletet, amely a mechanikai munkavégzés belsőenergia-növelő hatását vizsgálja!
2. Üssön kalapáccsal deformálható fémdarabot! Kalorimetrikusan mérje meg, mennyivel nőtt a fémdarab belső energiája!
3. Elektromos fűrógéppel fűrjön kemény fadarabot vagy fémet!. Kalorimetrikusan mérje meg a fűrófej belső energiájának növekedését!
4. Kalorimetrikusan mérje meg egy fémtest fajhőjét! (Munkafüzet 25.1. mérés.)
5. Mérje meg kalorimetrikusan egy folyadék ismeretlen fajhőjét ismert fajhőjű szilárd test segítségével. (Munkafüzet 25.2. mérés.)
6. Tervezzon kísérletet egy folyadék ismeretlen fajhőjének meghatározására az ismert fajhőjű víz felhasználásával! Ügyeljen arra, hogy a folyadékok ne keveredjenek! Végezze el a kísérletet!



111.1. Reverzibilis és irreverzibilis folyamatok



111.2. Ha a válaszfalat eltávolítjuk, a rendezetlen mozgást végző gárrészecskék egyenletesen kitéltik a rendelkezésre álló teret: nő a részecskék rendezetlensége. A folyamat irreverzibilis: nem jön létre a részecskék bal térrészbe történő spontán visszarendeződése, a részecskék rendezettsége önmagától nem nő

## J JELENSÉGEK ÉRTELMEZÉSE, GYAKORLATI ALKALMAZÁSOK

- Ismétlésként válaszoljon a Fizika 10. tk. 41. oldali és 46. oldali gondolkodtató kérdéseire!
1. Keressen gyakorlati példát arra, amikor a szilárd testek belső energiája külső munkavégzés árán növekszik! (Miért nem találunk a gyakorlatban olyan esetet, amikor munkavégzés hatására csökken a szilárd testek energiája?)
  2. Tartósan hegyi utakon autózva (szerpentin lefelé haladva) a gépkocsi fékberendezése és a kerék-tárcsa felforrósodik (ekkor célszerű rövid pihenőt tartani). Értelmezze a jelenséget!
  3. Értelmezze, hogy miért deresedik meg a szén-dioxidot tartalmazó patron fala, ha azt hirtelen a szó-dásüvegbe csavarjuk!
  4. Hol hasznosítják a gyakorlatban a gázok adiabatikus összenyomással történő jelentős felmelegítését?
  5. Értelmezze, hogy hogyan változik meg egy fűtött – nem légmentesen zárt – helyiségben lévő levegő belső energiája a fűtés során!
  6. A hideg hűtőszekrényből és a hűvös (klímás) gépkocsiból hő áramlik a melegebb konyha, illetve a meleg külső környezet felé. Miért nem mond ez ellent a hőtan II. főtételeknek?
7. Milyen haszonnal járna, ha tudnánk másodfajú perpetuum mobilét készíteni?

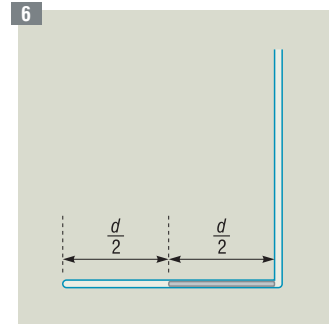
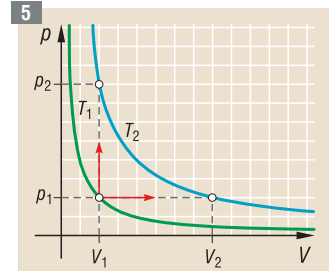
## I TESZTFELADATOK

1. A kovácmester egy izzó vasrudat kalapáccsal munkál meg. Mi történik? Jelölje meg a helyes választ!
  - a) A vasrúd lehűl, a környezetének leadott hő megegyezik a belső energiájának csökkenésével.
  - b) A vasrúdon külső munkavégzés történik, mégis a vasdarab hűl, mert több hőt ad le a hidegebb környezetnek, mint amennyi munkát a kovács végzett rajta.
  - c) A vasrúd belső energiája változatlan, mert amennyi hőt lead, annyi munkát végez rajta a kovács.
  - d) A vasrúd tovább fog melegedni, mert a rajta végzett mechanikai munka növeli a belső energiáját.
2. Melyik állítás hamis a gázok izoterm állapotváltozásának energiacserejére vonatkozó állítások közül?
  - a) Nincs hőcsere a gáz és a környezete között.
  - b) A gáz belső energiája nem változik.
  - c) A gáz tágulási munkavégzését hőközléssel kell biztosítani.
  - d) A leadott hő nagysága megegyezik a mechanikai munka nagyságával.
3. Jelölje meg, hogy melyik állapotváltozásra igaz a következő állítás! A gázon végzett külső pozitív munka kisebb, mint a gáz által a környezetének leadott hőmennyiség.
  - a) Izotermikus összenyomás.
  - b) Izochor hűtés.
  - c) Izobár hűtés.
  - d) Adiabatikus összenyomás.
4. Jelölje meg, hogy az alábbi berendezések közül melyik valósítható meg (amelyik nem mond ellent a II. főtételeknek)!
  - a) A Balaton befagyásakor felszabaduló hőt hasznosító fűtőberendezés.
  - b) Olyan elektromos árammal működő berendezés (ún. hőszivattyú), amely a hidegebb külső környezetből hőt von el, és azt a melegebb belső környezetnek adja át.
  - c) 100%-os hatásfokkal működő gőzturbina.
  - d) 100%-os hatásfokkal működő belső égésű motor.

## SZÁMÍTÁSOS FELADATOK

– Ismétlésre javasolt a következő feladatok megoldása: Fizika 10. tk. 37. oldal 1–2. feladat, 41. oldal 1–7. feladat, 46–47. oldal 1–5. feladat.

- Amikor a vasrudat a kovácmester hidegen, kalapálással egyengette, a rúd hőmérséklete  $20\text{ °C}$ -ról  $60\text{ °C}$ -ra emelkedett. Egy másik alkalommal, mikor a tűzből kivett  $600\text{ °C}$  hőmérsékletű izzó rudat ugyanannyi ideig ugyanannyi kalapácsütéssel (ugyanannyi munkával) formálta, a rúd hőmérséklete  $200\text{ °C}$ -ra csökkent. Hányszorosa a vas és a környezete közötti termikus energiacsere nagysága a mechanikai munkavégzésnek?
- Legalább mekkora volt annak az ólomlövedéknek a sebessége, amely fába fúródva  $20\text{ °C}$ -ról  $280\text{ °C}$  hőmérsékletre forrósodott fel? Az ólom fajhője  $130 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ .
- Az előző feladatban szereplő ólomlövedéket egy hosszú csőben lévő vízoszlop fékezi le. Mennyivel növekszik a csőben a víz hőmérséklete? A víz tömege a lövedék tömegének ötvenszerese, a víz kezdeti hőmérséklete  $20\text{ °C}$ . A víz fajhője  $4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ .
- Egy  $5\text{ dm}^3$  térfogatú merev falú tartály  $27\text{ °C}$  hőmérsékletű nitrogéngázt tartalmaz. A gázzal melegítéssel  $186,48\text{ J}$  hőt közlünk. Ekkor a gáz hőmérséklete  $30\text{ °C}$ -kal emelkedik. A nitrogéngáz állandó térfogaton vett fajhője  $740 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ .
  - Mekkora tömegű gáz van a tartályban?
  - Mekkora a gáz nyomása melegítés előtt és után?
- A  $20\text{ mol}$  anyagmennyiségű,  $p_1 = 10^5\text{ Pa}$  nyomású, kétatomos ideális gázt  $T_1 = 300\text{ K}$  hőmérsékletéről – a  $p$ - $V$  diagramon látható módon – kétféleképpen melegítjük fel  $T_2 = 350\text{ K}$  hőmérsékletre.
  - Mekkora lesz a melegítés végén az egyes esetekben a gáz nyomása és térfogata?
  - Mennyi hőt vesz fel melegítéskor a gáz az egyik és a másik esetben?
- Függőleges síkban lévő alul zárt, felül nyitott L alakú vékony üvegcső  $d$  hosszúságú vízszintes szárában  $\frac{d}{2}$  hosszúságú levegőoszlopot  $\frac{d}{2}$  hosszúságú higanyoszlop zár le. A levegő hőmérséklete  $27\text{ °C}$ .
  - Mekkora hőmérsékletre kell felmelegíteni a bezárt levegőt, hogy az tágulás közben a higanyoszlopot teljes egészében a függőleges szárba nyomja fel? A függőleges állású higanyoszlop hidrosztatikai nyomása a külső légnyomás  $\frac{1}{4}$  része.
  - Mennyivel nő meg a felmelegített levegő belső energiája, és mekkora a hőfelvétele, ha a levegő anyagmennyisége  $2 \cdot 10^{-4}\text{ mol}$ ?



## 18. Az egyszerű áramkör jellemzése

### TÉMAVÁZLAT

#### A Az elektromos áram, áramköri folyamatok

- Az elektromos áram és az áramerősség fogalma
- Az áramkör részei
- Az áramforrás
- Az áram hatásai
- Az áramerősség és a feszültség mérése

#### B Az elektromos ellenállás

- Ohm törvénye
- Az ellenállás fogalma
- Mitől függ a fémes vezető ellenállása?
- Az ellenállás hőmérsékletfüggése

#### C Az elektromos munka, teljesítmény és hőhatás

- Az elektromos munka
- Az elektromos teljesítmény
- Gyakorlati mértékegységek



### A Az elektromos áram, áramköri folyamatok

• Az elektromos töltéshordozók meghatározott irányú rendezett mozgását **elektromos áramnak** nevezzük. Az elektromos áram **irányán** – megállapodás alapján – a pozitív töltéshordozók áramlási irányát (vagy a negatív töltéshordozók áramlásával ellentétes irányt) értjük. Az elektromos áram mennyiségi jellemzője az **áramerősség** ( $I$ ), melyet a vezető keresztmetszetén áthaladó töltésmennyiség ( $Q$ ) és az áthaladás idejének ( $t$ ) hányadosaként értelmezzük:

$$I = \frac{Q}{t}.$$

Az áramerősség mértékegysége *Ampère* francia fizikus tiszteletére: 1 A (amper),

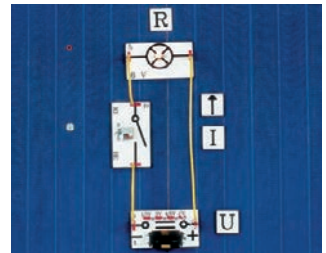
$$1 \text{ A} = 1 \frac{\text{C}}{\text{s}}.$$

1 amper pl. az áramerősség, ha a vezető keresztmetszetén 1 másodperc alatt 1 coulomb töltés áramlik át.

• Tartós elektromos áramot **áramkörben** hozhatunk létre. Az áramkör fő alkotórészei: áramforrás (más néven feszültségforrás), vezeték, fogyasztó és kapcsoló. Az áramkörben körbeáramlanak a töltéshordozók, melyeket az áramforráson kívül az elektromos mező mozgat, az áramforráson belül pedig – valamilyen belső energiaforrás hatására – szembe mozognak az elektromos mező erőhatásával.



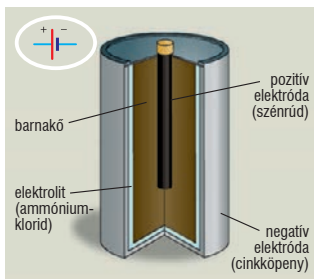
137.1. *André Marie Ampère* francia fizikus (1775–1836) 1820-tól végzett kísérleti és elméleti vizsgálataival az elektromágnesség egyik megalapozója



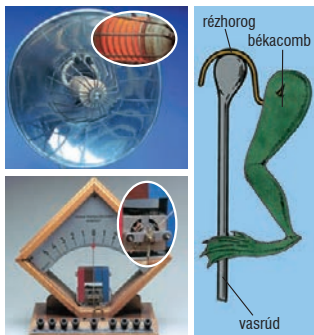
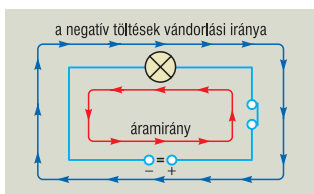
137.2. Egyszerű áramkör rajzjelekkel és a jellemző mennyiségekkel



138.1. Alessandro Volta (1745–1827) olasz fizikus, az első tartós áramot adó galvánelem, a Volta-oszlop felfedezője (1800)



138.2. A gyakorlatban elterjedt galvánelem (rúdelem) felépítése és rajzele



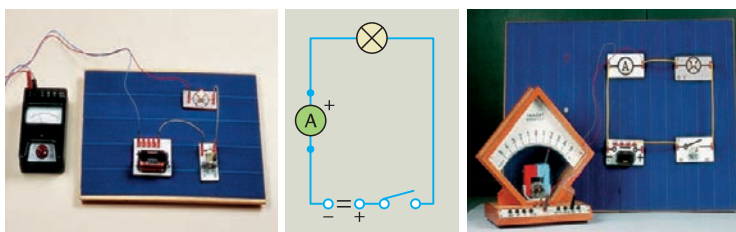
138.3. Az elektromos áram hatásai

- Többféle **áramforrást** ismerünk. Mindegyikben valamilyen energia felhasználásával töltésszétválasztás történik, és ezáltal elektromos mező jön létre. A galvánelemekben kémiai energia biztosítja az elektrolit és a belemerülő fém határán az ellentétes előjelű töltések felhalmozódását. A fényelemben a fény, a termoelemben a hő hatására válnak szét a töltések két különböző minőségű anyag érintkezési helyén. Az elektromos generátorok forgó tekercseiben a mágneses Lorentz-erő választja szét a töltéseket. Itt az egyenletes forgáshoz mechanikai energiát kell befektetni, hogy az indukált áram fékező hatását ellensúlyozzuk (Lenz-törvény).

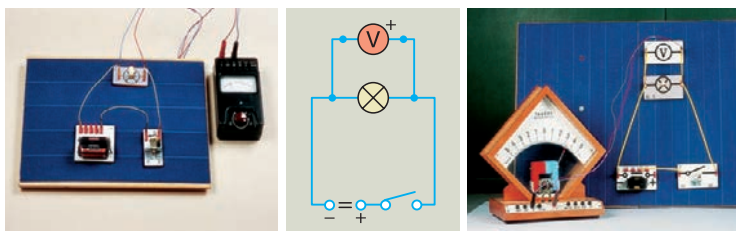
- Az áramforrás elektromos mezője mozgatja a töltéshordozókat a **fogyasztón** át, ahol különböző energiaátalakulások történnek. Fémes vezetőben az elektromos mező által felgyorsított szabad elektronok a fémrács ionjaival ütközve a vezető és a környezet felmelegedését okozzák (**hőhatás, fényhatás**). Az elektrolitokon átfolyó áramnál az elektródokon bekövetkező **kémiai hatás** a legjelentősebb (például akkumulátorok töltése). Az áram **mágneses hatása** által mechanikai energiát is nyerhetünk (pl. elektromotorok).

Összetett hatása van az élő szervezeten átfolyó áramnak (**élettani hatás**). Az áram az emberi testen égési sérüléseket hozhat létre, megváltoztathatja a sejtnedvek összetételét, életveszélyes izomgörcsöket okozhat.

- Az áramkörre vonatkozó legfontosabb fizikai mennyiségek az áramerősség, illetve az áramforrás vagy a fogyasztó sarkain lévő feszültség. Az áramerősség-mérő vagy más néven **ampermérő** és a feszültségmérő vagy **voltmérő** leggyakrabban az áram mágneses hatása alapján működik. A fogyasztó áramerősségének mérésénél az ampermérőt sorosan, feszültségének mérésénél a voltmérőt párhuzamosan kell kapcsolnunk a fogyasztóval.



138.4. Az ampermérő kapcsolásának rajza és kísérleti megvalósításai



138.5. A voltmérő kapcsolásának rajza és kísérleti megvalósításai

## B Az elektromos ellenállás

• Ha változtatjuk egy vezetõn a feszültséget és mérjük az áramerõségeket, azt tapasztaljuk, hogy **a vezetõn átfolyó áram erõssége egyenesen arányos a vezetõn esõ feszültséggel. Ez Ohm törvénye (1826).** A két mennyiség hányadosa állandó, a vezetõre jellemzõ mennyiség. Az  $\frac{U}{I}$  hányados alkalmas a vezetõ töltésáramlást akadályozó hatásának mennyiségi jellemzésére, hiszen ez a hányados akkor nagyobb, ha

– ugyanakkora feszültség esetén kisebb áramerõség jön létre, vagy

– ugyanakkora áramerõség létrehozásához nagyobb feszültség szükséges.

A hányados neve: **ellenállás**. Betûjele:  $R$  (resistere = ellenállni),

$$R = \frac{U}{I}.$$

Az ellenállás mértékegysége: 1 ohm ( $\Omega$ ). 1  $\Omega$  az ellenállása annak a vezetõnek, amelyen 1 V feszültség hatására 1 A erõségû áram folyik át.

- Mérések szerint **a vezetõ ellenállása ( $R$ )**
  - **egyenesen arányos a vezetõ hosszával ( $l$ ),**
  - **fordítottan arányos a vezetõ keresztmetszetével ( $A$ )**
  - **és függ a vezetõ anyagi minõségétõl.**

Matematikai formában

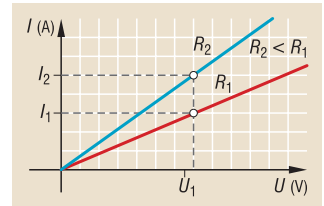
$$R = \rho \frac{l}{A}.$$

$\rho$  a vezetõ anyagára jellemzõ arányossági tényezõ, amelynek neve: **fajlagos ellenállás**. A fajlagos ellenállás SI mértékegysége:  $\Omega \cdot \text{m}$ .

A gyakorlatban sokszor használják az  $\Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$  mértékegységet is.

Az utóbbi számértéke megadja, hogy 1 m hosszú, 1  $\text{mm}^2$  keresztmetszetû vezetõnek hány ohm az ellenállása.

- **Ha állandó feszültségû áramforrás áramkörébe kapcsolt vezetõ huzalt lánggal hevítünk, az áramerõség jelentõsen csökken, az ellenállás nõvekszik. Egy izzólámpa üzemi ellenállása többszöröse lehet a szobahõmérsékleten mért ellenállásnak.**



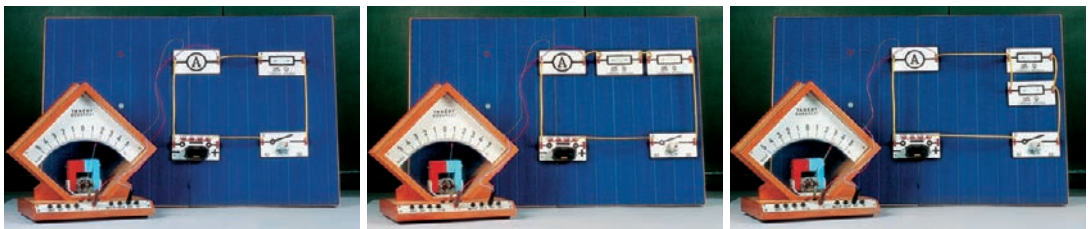
**139.1.** Azonos feszültségû áramforrás esetén a kisebb ellenállású fogyasztón mérhető nagyobb áramerõség



**139.2.** Georg Simon Ohm német fizikus (1787–1854). Ő vizsgálta elõször a vezetõk ellenállására vonatkozó törvényeket.



**139.3.** Tõlõellenállás



**139.4.** A vezetõ ellenállása a hosszal egyenesen, a keresztmetszettel fordítottan arányos

Hűtés során bizonyos anyagok ellenállása ugrásszerűen megszűnik, zérusra csökken. Ez a szupravezetés jelensége. A szupravezetésben nagyon ígéretes technikai alkalmazási lehetőségek rejlenek (vesztéses nélküli energiaátvitel, erős mágneses mezők létrehozása stb.).

Táblázatokban rendszerint a 20 °C-os kezdeti hőmérséklethez tartozó hőfoktényező található ( $\alpha_{20}$ ).

A fémes vezető ellenállásának a vezető hőmérsékletétől való függése azzal magyarázható, hogy a vezető fémkristályban az erőteljesebb rácsrezgés nagyobb akadályt jelent az áramló töltések számára.

Mérésekkel igazolható, hogy a hőmérséklet-változással járó ellenállás-változás ( $\Delta R$ ) egyenesen arányos a kezdeti ellenállással ( $R_0$ ), a hőmérséklet-változással ( $\Delta T$ ), valamint függ az anyagi minőségtől. Matematikai formában:

$$\Delta R = \alpha \cdot R_0 \cdot \Delta T.$$

$\alpha$  az anyagi minőségre jellemző **hőfoktényező**, mértékegysége  $\frac{1}{^\circ\text{C}}$ .

$\alpha$  számértéke megadja, hogy az 1 °C hőmérséklet-változásnál bekövetkező ellenállás-változás hányszorosa az eredeti ellenállásnak.

A fémes vezetők hőfoktényezője  $10^{-5}$ – $10^{-3} \frac{1}{^\circ\text{C}}$  nagyságrendű.

Ezért az ellenállás hőmérséklet-függésétől többnyire eltekinthetünk (csak a hideg és az izzó állapot közti eltérést vesszük figyelembe).

Az ellenállás hőmérséklet-függésének ismeretében az ellenállás-változás alapján lehet hőmérsékletet mérni (ellenálláshőmérő).

## C Az elektromos munka, teljesítmény és hőhatás

- Az elektromos áramkör energiaátalakító. Az áramforrás elektromos mezője a fogyasztóban lévő elektronokat a fémrács akadályozó hatásával szemben mozgatja. Az elektronok a mezőtől kapott energiát a fémrács ionjaival való ütközés során leadják a fogyasztónak, növelik annak belső energiáját. A felmelegedett fogyasztó hőt ad le a hidegebb környezetének.

Ha a fogyasztón  $U$  a feszültség és  $Q$  az átáramló töltés, akkor a feszültség definíciója alapján az elektromos mező munkája:

$$W = U \cdot Q.$$

A töltésmennyiséget az áramerősséggel ( $I$ ) és az idővel ( $t$ ) kifejezve **az elektromos munka**:

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

SI-beli mértékegysége:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}. \quad (1 \text{ joule} = 1 \text{ volt} \cdot \text{amper} \cdot \text{szekundum}).$$

Ha beállt a fogyasztó állandó hőmérséklete, akkor energiája is változatlan. Az elektromos mező által végzett munka megegyezik a fogyasztó által leadott hőmennyiséggel.

Az áram munkájának, illetve hőhatásának mennyiségi törvényét mérések alapján Joule angol és Lenz német származású orosz fizikus ismerte fel a 19. század közepén. Mindketten fontos szerepet játszottak az energia-megmaradás törvényének felismerésében.



140.1. Heinrich Lenz (1804–1865) német származású, Szentpéterváron dolgozó fizikus



A fogyasztó a hőt részben elektromágneses sugárzással adja le. Magasabb hőmérsékleten ez látható fény kibocsátásával is jár. A gyakorlatban nagy jelentőségű elektromos világítás felfedezője az amerikai Thomas Edison (1879). Az elektromos világítás tökéletesítésében magyar kutatók is jelentős érdemeket szereztek. Az Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt. újpesti telepén készítették az első volfrám-szálas izzólámpát (1905). Bródy Imre magyar fizikus alkalmazott először az izzólámpa hatásfokát és élettartamát növelő kriptongáztöltést. Tervei szerint épült Ajkán a világ első kriptongázgyára.

- A teljesítmény értelmezése:

$$P = \frac{W}{t}.$$

Ennek alkalmazásával **az elektromos teljesítmény:**

$$P = U \cdot I.$$

A teljesítmény mértékegysége:

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot \text{A} \quad (1 \text{ watt} = 1 \text{ volt} \cdot \text{amper}).$$

Mivel a fogyasztókon gyakran feltüntetik azok normál használati feltételek melletti teljesítményét, az elektromos munkát („fogyasztást”) a teljesítmény és az idő felhasználásával is számítjuk:

$$W = P \cdot t.$$

Ilyenkor gyakran az SI-egységtől eltérő kWh (kilowattóra) mértékegységben mérjük a munkát.

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}.$$

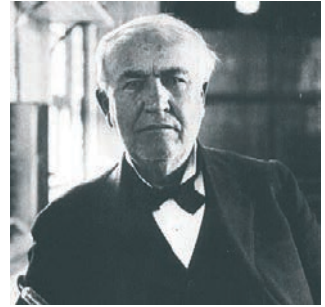


## KÍSÉRLETEK

1. Modellezzon izzók, kapcsolók és vezetékek felhasználásával olyan típusú áramköröket, amilyenek a gyakorlatban is előfordulnak! (Például a Fizika 10. tk. 96. oldal feladatai.)
2. Mérje meg a grafit fajlagos ellenállását! (Munkafüzet 18/1. gyakorlat.)
3. 14 V névleges feszültségű karácsonyfaizzóra kapcsoljon 1,5 V-onként növekvő feszültséget a 0 V–12 V tartományban, és foglalja táblázatba a feszültség és áramerősség összertartozó értékeit!  
Ábrázolja
  - a) az áramerősséget a feszültség függvényében!
  - b) a teljesítményt a feszültség függvényében!
  - c) az ellenállást a feszültség függvényében! Adjon magyarázatot a grafikonok menetére!
4. Határozza meg az elektromos vízmelegítő hatásfokát! Melegítsen fűtőspirállal vizet, és táblázatból vett, illetve mért adatok segítségével számítsa ki a víz felmelegítésére fordítódó hőmennyiség és az elektromos munka hányadosát:

$$\eta = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T}{U \cdot I \cdot t},$$

ahol  $c$  a víz fajhője,  $m$  a víz tömege,  $\Delta T$  a hőmérséklet-változás,  $U$  a feszültség,  $I$  az áramerősség,  $t$  a melegítés időtartama! (Munkafüzet 18/2. gyakorlat.)



**141.1.** *Thomas Edison* (1847–1931) amerikai kutató elkészítette a világitásra használható (szén-szálas) izzólámpát és az első villamos erőművet



**141.2.** *Bródy Imre* (1891–1944) magyar fizikus, a kripton töltésű izzólámpa kifejlesztője



## JELENSÉGEK ÉRTELMEZÉSE, GYAKORLATI ALKALMAZÁSOK

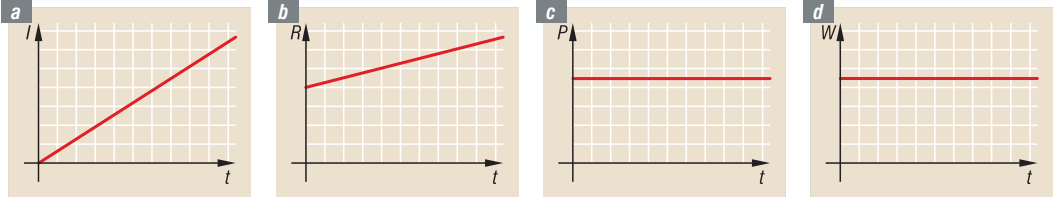
- Ismétlésre javasoljuk a Fizika 10. tk. megfelelő gondolkodtató kérdéseinek áttekintését.
- 1. Mondjon példákat áramforrásokra, és nevezze meg mindegyiknél azt az energiafaját, amelyik a töltésszétválasztást biztosítja!
- 2. Bontson szét egy elhasznált zseblámpatelepet, és értelmezze
  - a) a szerkezeti egységek kapcsolódási módját!
  - b) a cinkhengeren látható sérüléseket!
- 3. Figyelje meg egy változtatható ellenállás technikai kivitelezését, és adjon hozzá használati utasítást!
- 4. Magyarázza meg a szénmikrofon működését!
- 5. Fel lehet-e gyárilag tüntetni egy áramkörü alkatrészen az ellenállását vagy a teljesítményét?



## TESZTFELADATOK

- 1. Egy fogyasztón 1 V feszültség esik és 1 mA erősségű áram folyik. Válassza ki a következő állítások közül a hibásat!
  - a) A fogyasztón másodpercenként  $10^{-3}$  C töltés halad át.
  - b) A fogyasztó ellenállása 1 k $\Omega$ .
  - c) A fogyasztó teljesítménye 1 kW.
  - d) Az elektromos mező a fogyasztón egy óra alatt 3,6 Wh munkát végez.
- 2. Melyik a helyes a kWh és a kJ mértékegységekre vonatkozó állítások közül?
  - a) Az egyik a teljesítmény, a másik a munka mértékegysége.
  - b) A két mértékegység megegyezik.
  - c) 1 kWh nagyobb munkát jelent, mint 1 kJ.
  - d) 1 kWh nagyobb teljesítményt jelent, mint 1 kJ.
- 3. Egy izzót tartalmazó egyszerű áramkörben az áramforrás pozitív pólusát *A*, negatív pólusát pedig *B* jelöli. Válassza ki a helyes állítást a következők közül!
  - a) Az elektronok az *A* ponttól a *B* pont felé haladnak az izzón.
  - b) Az áramirány az izzón a *B* ponttól az *A* pont felé mutat.
  - c) Az áramirány az áramforrásban a *B* ponttól az *A* pont felé mutat.
  - d) Az áramirány az áramforrásban az *A* ponttól a *B* pont felé mutat.
- 4. A következő állítások közül az egyik helyes. Melyik az?
  - a) Egy 2-szer nagyobb átmérőjű rézvezetőből 2-szer hosszabbat kell vásárolnunk, hogy ugyanakkora ellenállást kapjunk.
  - b) Ugyanakkora keresztmetszetű alumíniumvezetőből hosszabbat kell vennünk, mint rézvezetőből, ha 10 ohm ellenállású vezetőt tervezünk.
  - c) Az azonos keresztmetszetű rézvezetők közül a 2-szer hosszabbra 2-szer nagyobb feszültséget kell kapcsolnunk, hogy ugyanakkora áramerősséget érjünk el.
  - d) Az azonos hosszúságú rézvezetőből a 2-szer nagyobb keresztmetszetűre 2-szer nagyobb feszültséget kell kapcsolnunk, hogy ugyanakkora áramerősséget érjünk el.

5. Válassza ki a helyeset az egy áramkörben állandó fényerővel világító izzóra vonatkozó grafikonok közül! Jelölések: áramerősség ( $I$ ), a töltésmennyiség ( $Q$ ), a munka ( $W$ ), a teljesítmény ( $P$ ) és az idő ( $t$ ).



6. Melyik állítás hamis? A fogyasztó teljesítménye
- állandó feszültségen egyenesen arányos az áramerősséggel.
  - állandó ellenállás esetén egyenesen arányos az áramerősség négyzetével.
  - állandó feszültségen egyenesen arányos az ellenállással.
  - állandó áramerősség mellett egyenesen arányos az ellenállással.

## SZÁMÍTÁSOS FELADATOK

- Ismétlésre javasolt a következő feladatok megoldása: Fizika 10. tk. 101. oldal 2. feladat, 105. oldal 3. feladat, 106. oldal 9. feladat, 109. oldal 4., 5. feladat.
  - Az alábbi feladatok hiányzó adatait keresse meg táblázatban!
- Egy áramforrástól 500 m távolságra lévő fogyasztót  $2 \text{ mm}^2$  keresztmetszetű rézvezeték felhasználásával 3 A-es áramerősséggel táplálunk. Legalább mennyi a teljesítményvesztés?
  - Mennyi víznek kell percenként egy vízi erőműben 10 m mélyre zuhannia, hogy egy 230 V, 100 W feliratú izzó megfelelően világítson, ha az energiaátalakulás hatásfoka 60%?
  - Egy elektromos főzőlapba 21 m hosszú, 0,5 mm átmérőjű, 52,9 ohm ellenállású fűtőhuzalt építettek.
    - Milyen anyagot használhattak fűtőhuzalnak?
    - Mennyi idő alatt forral fel 10 liter térfogatú  $20^\circ\text{C}$  hőmérsékletű vizet a hálózati feszültségre kapcsolt főzőlap, ha 70%-os hatásfokkal számolhatunk?
  - A grafikon szerint folyó áram esetén mennyi töltés áramlik át a vezető keresztmetszetén 10 perc alatt?
  - 220 V, 40 W feliratú izzólámpa volfrámszálának üzemi hőmérséklete  $2500^\circ\text{C}$ . Mennyi az izzólámpa ellenállása üzemi állapotban és  $20^\circ\text{C}$ -os szobahőmérsékleten?

