

# **Fizika kísérletek 10.**

## **– tanulói munkafüzet –**

**Műveltségi terület: Ember és természet - fizika**  
**Évfolyam: középiskola 10. osztály**

**Összeállította: Rózsa Sándor**

**Lektorálta: Horváthné Hadobás Olga**

**Készült:**  
**a TÁMOP 3.1.3 „Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban” projekt keretében.**

# Tartalomjegyzék

A laboratórium használatának munkarendje, baleset- és tűzvédelmi szabályai

## Bevezetés

### 1. Az elektromos és a mágneses mező

- 1.1. Elektrosztatikus alapjelenségek; az elektronos mező
- 1.2. Az elektromos áramkör; feszültségmérés, áramerősség-mérés
- 1.3. Ellenállásmérés; Ohm törvénye; ellenállásmérés multiméterrel
- 1.4. Vezetékek ellenállása; a potenciométer
- 1.5. Ellenállások soros kapcsolása
- 1.6. Ellenállások párhuzamos kapcsolása
- 1.7. Feszültségforrások tulajdonságai (Ohm törvénye a teljes áramkörre)
- 1.8. Az elektromos munka és teljesítmény
- 1.9. Az áram hő- kémiai (vegyi) és mágneses hatása
- 1.10. Permanens mágnesek; a mágneses mező
- 1.11. Az elektromágnes
- 1.12. A villanymotor

### 2. Hőtan

- 2.1. Hőtágulás; hőmérők
- 2.2. A Boyle-Mariotte törvény vizsgálata
- 2.3. Gay-Lussac 1. törvényének vizsgálata
- 2.4. Gay-Lussac 2. törvényének vizsgálata; az egyesített gáztörvény
- 2.5. A kinetikus gázelmélet modellkísérletekben
- 2.6. A belsőenergia növelése (a hőtan 1. főtétele)
- 2.7. Olvadás, fagyás
- 2.8. Párolgás, forrás, lecsapódás

Fogalomtár

Irodalomjegyzék

Ábrajegyzék

## **A laboratórium használatának munkarendje, baleset- és tűzvédelmi szabályai**

### **Laborrend**

- A szabályokat a labor első használatakor mindenkinek meg kell ismernie, ezek tudomásulvételét aláírásával kell igazolnia!
- A szabályok megszegéséből származó balesetekért az illető személyt terheli a felelősség!
- A labor használói kötelesek megőrizni a labor rendjét, a berendezési tárgyak, eszközök, műszerek épségét! A gyakorlaton résztvevők az általuk okozott, a szabályok be nem tartásából származó anyagi károkért felelősséget viselnek!
- A laborba táskát, kabátot bevinni tilos!
- A laborban enni, inni szigorúan tilos!
- Laboratóriumi edényekből enni vagy inni szigorúan tilos!
- A laboratóriumi vízcsapokból inni szigorúan tilos!
- Hosszú hajúak hajukat összefogva dolgozhatnak csak a laborban.
- Kísérletezni csak tanári engedéllyel, tanári felügyelet mellett szabad!
- A laborban a védőköpeny használata minden esetben kötelező. Ha a feladat indokolja, a további védőfelszerelések (védőszemüveg, gumikesztyű) használata is kötelező.
- Gumikesztyűben gázláng használata tilos! Amennyiben gázzal melegítünk, a gumikesztyűt le kell venni.
- Az előkészített eszközökhöz és a munkaasztalon lévő csapokhoz csak a tanár engedélyével szabad hozzányúlni!
- A kísérlet megkezdése előtt a tanulónak le kell ellenőriznie a kiadott feladatlap alapján, hogy a tálcáján minden eszköz, anyag, vegyszer megtalálható. A kiadott eszköz sérülése, vagy hiánya esetén jelezze a szaktanárnak vagy a laboránsnak!
- A kísérlet megkezdése előtt szükséges a kísérlet leírásának figyelmes elolvasása! A kiadott eszközöket és vegyszereket a leírt módon használjuk fel.
- A vegyszeres üvegekből csak a szükséges mennyiséget vegyük ki tiszta, száraz vegyszeres kanállal. A felesleges vegyszert nem szabad a vegyszeres üvegbe visszatenni.
- Szilárd vegyszereket mindig vegyszeres kanállal adagoljunk!
- Vegyszert a laborba bevinni és onnan elvinni szigorúan tilos!
- Vegyszert megkóstolni szigorúan tilos. Megszagolni csak óvatosan az edény feletti légteret orrunk felé legyezgetve lehet!
- Kémcsöveket 1/3 részénél tovább ne töltsük, melegítés esetén a kémcső száját magunktól és társainktól elfelé tartjuk.
- A kísérleti munka elvégzése után a kísérleti eszközöket és a munkaasztalt rendezetten kell otthagyni. A lefolyóba szilárd anyagot nem szabad kiönteni, mert dugulást okozhat!

## Munka-, baleset- és tűzvédelemi szabályok

- Elektromos berendezéseket csak hibátlan, sérülésmentes állapotban szabad használni!
- Elektromos tüzet csak annak oltására alkalmas tűzoltó berendezéssel szabad oltani
- Gázégőket begyűjtani csak a szaktanár engedélyével lehet!
- Az égő gyufát, gyújtópálcát a szemetesbe dobni tilos!
- A gázégőt előírásnak megfelelően használjuk, bármilyen rendellenes működés gyanúja esetén azonnal zárjuk el a csővezetéken lévő csapot, és szóljunk a szaktanárnak vagy a laboránsnak!
- Aki nem tervezett tüzet észlel köteles szólni a tanárnak!
- A munkaasztalon, tálcán keletkezett tüzet a lehető legrövidebb időn belül el kell oltani!
- Kisebb tüzek esetén a laboratóriumban elhelyezett tűzoltó pokróc vagy tűzoltó homok használata javasolt.
- A laboratórium bejáratánál tűzoltózuhany található, melynek lelógó karját meghúzva a zuhany vízárama elindítható.
- Nagyobb tüzek esetén kézi tűzoltó készülék használata szükséges
- Tömény savak, lúgok és az erélyes oxidálószeres bőrünkre, szemünkbe jutva az érintkező felületet súlyosan felmarják, égéshez hasonló sebeket okoznak. Ha bőrünkre sav kerül, száraz ruhával azonnal töröljük le, majd bő vízzel mossuk le. Ha bőrünkre lúg kerül, azt száraz ruhával azonnal töröljük le, bő vízzel mossuk le. A szembe került savat illetve lúgot azonnal bő vízzel mossuk ki. A sav- illetve lúgmarás súlyosságától függően forduljunk orvoshoz.

## Veszélyességi szimbólumok



**Vigyázz!**  
**Meleg felület!**



**Vigyázz!**  
**Tűzveszély!**



**Vigyázz!**  
**Lézersugár!**



**Vigyázz!**  
**Radioaktív  
sugárzás!**



**Vigyázz!**  
**Áramütés  
veszélye!**



**Vigyázz!**  
**Mérgező  
anyag!**

## **Bevezetés**

Arisztotelész korában a tudományos eredmények a megfigyelésen alapultak. Ma már furcsa, hogy ezzel a megismerés folyamata le is állt, nem volt szokásos a megfigyeléseket kísérletekkel kiegészíteni, illetve az elméletek következtetéseit kísérletekkel ellenőrizni. Így fordulhatott elő például, hogy hosszú időn elhitték, hogy a fokhagymával bedörzsölt mágnes nem vonzza a vasat. Galilei korát megelőzően még különbségnek számított a kísérletezés. Csak Galilei korától vált természetessé az igény, hogy ahol csak lehet, kísérleteket is végeznie kell a természet kutatóinak.

A tanulásban a kísérletezés nem csak a tárgyi tudás bővítésének az eszköze. Ha saját magunk fedezünk fel vagy ellenőrzünk összefüggéseket, akkor sokkal jobban megértjük a természet szerkezetét, működésének szabályait. Közben észrevétlenül megtanuljuk kiemelni a kísérletet kísérő sokféle körülményből a lényegest. Ez sokszor nem is olyan egyszerű feladat.

Kísérleteink segítségével –remélhetőleg érdekesen- megpróbáljuk az elektromos és mágneses mezők illetve a hőtan alapvető ismereteinek a feltérképezését. Emellett újabb mérőeszközöket és mérési eljárásokat is megismerünk. Megalapozott tudáshoz csak akkor jutunk, ha gondolkodunk is a látottakon, ezért a kísérletekhez mindig tartozik valami megfigyelni, gondolkodni való feladat. Ezekre a választ *mindig a saját füzetünkbe írjuk, ne ebbe a munkafüzetbe!* (Kipontozással, táblázat megadásával segítjük a megfelelő formában való válaszadást)

A hatékony, eredményes munkához elengedhetetlenül szükséges, hogy pontosan gondold át, hogy mi a feladat, mit kell csinálni, ezért mielőtt belefogsz a feladat végrehajtásába, ismételd át a kapcsolódó ismereteket. A kísérletekhez – és a gondolkodáshoz- hasznos időtöltést és kellemes szellemi kalandozást mindenkinek!

## **I. Az elektromos és a mágneses mező**

Az elektromosságtan és a mágnességtan alapvető jelenségeire –feltehetően- az ókori görögök már felfigyeltek, de rendszerezett kutatásukra csak az 1600-as évek második felétől került sor. Vizsgáljuk meg mi is most ezek néhány tulajdonságát!

## 1.1. Elektrosztatikus alapjelenségek; az elektromos mező

A görögök több más anyag mellett borostyánból is készítettek ékszereket. Elképzelhető, hogy felfigyeltek arra, hogy a viselés közben a ruhához dörzsölődő borostyán kisebb fonalfoszlányokat magához vonzott.

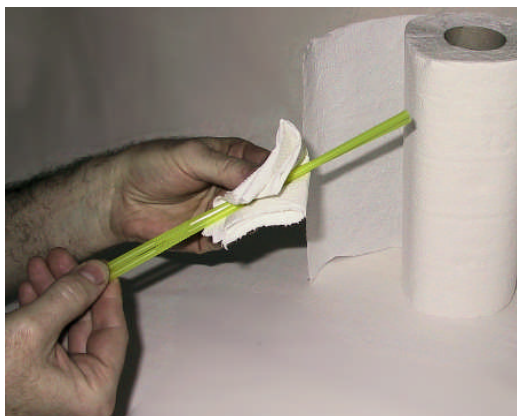


1. Borostyán

(Forrás: [hu.wikipedia.org/wiki/Borostyán\\_\(fosszília\)](http://hu.wikipedia.org/wiki/Borostyán_(fosszília)) )

### 1. A műanyag szívószál viselkedése

1. a) Egyik végüknél fogjunk össze két szívószálat, és összehajtott papírtörülővel dörzsöljük meg kb. 6-8-szor. Az egyiket tegyük be a felfüggesztett tartóba. A másik szívószál megdörzsölt végét közelítsük a tartóban lévő szívószál dörzsölt végéhez.



2. Szívószál dörzsölése

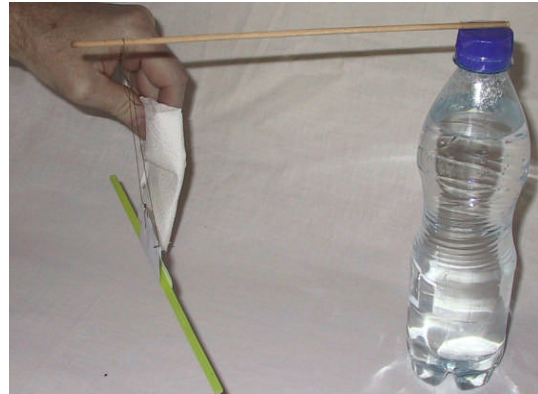


3. Műanyagok kölcsönhatása ábra

Mi történt a felfüggesztett szívószállal? Ebből mire következtethetünk? Egészítsük ki a mondatot a füzetben!

A felfüggesztett szívószál ....., ami azt jelzi, hogy az egyformán megdörzsölt szívószálak ..... egymást.

1. b) Most a dörzsöléshez használt papírtörő közelítsük a felfüggesztett szívószál megdörzsölt végéhez. Mi *történt* a felfüggesztett szívószállal? Ebből mire *következtethetünk*?



4. Műanyag-papír kölcsönhatása

2. A papír viselkedése

Végezzük el az előző kísérleteket a műanyag szívószál helyett papír pálcával.

2. a) Dörzsöljünk meg két papír pálcát műanyag zacskóval! Az egyiket tegyük bele a tartóba és közelítsük hozzá párhuzamosan a másikat.



5. Papír feltöltése



6. Papír-papír kölcsönhatás

Mi *történt* a felfüggesztett papír pálcával? Ebből mire *következtethetünk*?

2. b) Most a dörzsöléshez használt műanyag zacskót közelítsük a felfüggesztett papír pálcá megdörzsölt végéhez.



7. Papír-műanyag kölcsönhatása

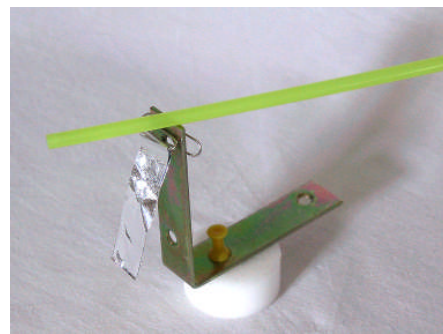
Mi *történt* a felfüggesztett papír pálcával? Ebből mire *következtethetünk*?

Ezek szerint a dörzsölés során a testek megváltoznak és képesek erőt kifejteni egymásra. De a két szívószál nem is ért egymáshoz, akkor hogyan tudnak erőt kifejteni? Honnan „tudta” az egyik, hogy a közelében egy másik szívószál van? És azt honnan „tudta”, hogy az a másik is meg van dörzsölve?  
Magyarázd meg a jelenséget! (Gondolj példaként a gravitációs mezőre!)

### 3. Az elektroszkóp

Az előző kísérletek szerint, az azonos előjelű töltések taszítják, a különböző előjelűek vonzzák egymást. Ezen a hatáson alapul a lemezes elektroszkóp működése.

3. a) Megvizsgáljuk, hogy hogyan és miért jelzi a töltést az elektroszkóp. Finoman érintsük az elektroszkóp tetejéhez a megdörzsölt szívószálat!  
*Hogyan jelzi a töltést az elektroszkóp?*



8. Elektroszkóp

Az elektroszkópot nem dörzsöltük meg, de hozzáérintettük a feltöltött szívószálat.

Mivel magyarázzuk, hogy az elektroszkópon mégis töltések vannak?

Az elektroszkóp alját mécseshez használt paraffinból készítettük. Miért?

3. b) Vizsgáljuk meg, hogy a fa vezető vagy szigetelő? A feltöltött elektroszkópot érintsük meg a hurkapálcával.

Mit *tapasztalunk*, mire *következtetünk*?

3. c) Kézzel megérintve vezessük el az elektroszkóp töltését.

Most a műanyag zacskóval megdörzsölt papírcsővel töltjük fel az elektroszkópot!  
*Hogyan jelzi a töltést az elektroszkóp?*

3. d) Az elektroszkóp nem mutatott a töltések előjelétől függő különbséget.

Vizsgáljuk meg, hogy lehet-e mégis következtetni az elektroszkóp segítségével a töltés előjelére.

Töltsük fel az elektroszkópot a megdörzsölt szívószál segítségével negatív töltésekkel. Most érintsük hozzá a megdörzsölt, pozitív töltésű papír pálcikát.

Mi *történt* a az elektroszkóp lemezével?



3. e) Most töltsük fel az elektroszkópot a megdörzsölt szivószál segítségével, majd érintsük az elektroszkóphoz az ismét megdörzsölt szivószálat!  
Mi *történt* a az elektroszkóp lemezével?

Ezek szerint, ha egy elektroszkóp töltésének előjelét ismerjük, akkor segítségével következtetni lehet az ismeretlen töltés előjelére.

4. Az elektromos megosztás

4. a) Használjunk két elektroszkópot, amelyeket kössünk össze egy közepén szigetelt huzallal. Közelítsük a negatívan töltött szivószálat a baloldali elektroszkóphoz!

Mit *tapasztalunk*? Mire *következtetünk*?

4. b) Vegyük el –a szigetelt résznél megfogva– az összekötő huzalt.

Mit *tapasztalunk*, mire *következtetünk*?

4. c) Közelítsük a feltöltött szivószálat a baloldali elektroszkóphoz, de ne érintsük hozzá. (A közelítést többször is elvégezhetjük.)

Mit *tapasztalunk*, mire *következtetünk*? Egészítsük ki az alábbi mondatot a fűzetbe. (Ne feledjük, hogy az elektromosan töltött testek körül elektromos mező alakul ki.)

A baloldali elektroszkóp ....., ami azt jelzi, hogy .....

4. d) Ugyanezt a közelítést-távolítást végezzük el a jobb oldali elektroszkóppal is.

Mit *tapasztalunk*? Mire *következtetünk*?

Az elektroszkópokat és más testeket nem csak dörzsöléssel (illetve érintkezéssel), hanem elektromos mező segítségével is fel lehet tölteni. Ezt a jelenséget **elektromos megosztásnak** nevezzük.

4. e) Végezzük el ismét a 4. c) kísérletet.

Az elektroszkóp lemeze hogyan változtatja kitérését a szivószál távolságának függvényében?

Mire *következtethetünk* ebből a szivószál elektromos mezőjével kapcsolatban?

4. f) Töltsük fel a szivószálat, majd közelítsük apróra tépett *elektromosan semleges* alufólia illetve vatta darabkákhöz!

Mit *tapasztalunk*?

Hogyan *magyarázhatjuk*, ezt?

4. g) Nyissuk ki a vízcsapot úgy, hogy vékony(!), egybefüggő vízszög jön ki belőle. Közelítsük hozzá a feltöltött szivószálat!

Mit tapasztalunk? Mi okozza a jelenséget?

## 1.2. Az elektromos áramkör; feszültségmérés, áramerősség-mérés

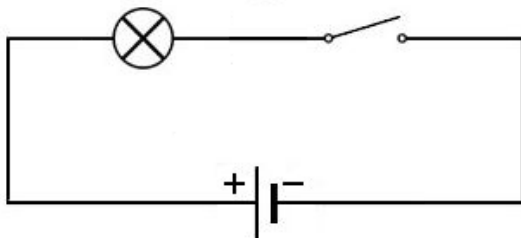
### 1. Az áramkör

Működő áramkörhöz szükség van feszültségforrásra, amely biztosítja a töltések rendezett mozgását. Az elektromos áram segítségével többnyire energiát szállítunk a fogyasztás helyére, vagyis valamilyen fogyasztóhoz. Kell tehát az áramkörben valamilyen fogyasztónak lennie. Logikailag szükség van vezetékre is, ami az áramló töltéseket előbb a fogyasztóhoz, majd a feszültségforráshoz visszaszállítja. Ha nem akarjuk, hogy az áramkörünk folyamatosan működjön, kapcsolót is beiktathatunk az áramkörbe.

Az áramkör szerkezetét rajzon ábrázoljuk. Ezen a rajzon az áramkör alkotóelemeit szabványosan jelölik. Néhány áramköri elem rajzjele:

Vezeték:			
Egymáshoz kapcsolódó vezetékek:		Egymáshoz nem kapcsolódó vezetékek:	
Nyitott kapcsoló:		Zárt kapcsoló	
Elem (egyenáramú feszültségforrás):		vagy	
Izzólámpa:		Ellenállás	

Nézzük meg az alábbi egyszerű kapcsolási rajzot:



9. Áramkör izzóval

Egy feszültségforrásból, egy izzólámpából, egy kapcsolóból és három vezetékből áll. Ha megépítjük a kapcsolást, akkor az ránézésre egyáltalán nem fog hasonlítani a rajzra, de a rajz szerint fog működni.

Ezeket az egyszerű áramköröket megépítésük után, működés szempontjából úgy lehet ellenőrizni, hogy előre végiggondoljuk a kapcsoló(k) összes állapotához az

izzó(k) összes állapotát, majd végigpróbáljuk ezeket ez eseteket, és megnézzük, hogy valóban az előzetesnek megfelelően működik-e minden izzó?

A fenti esetben az elvárt működés:

K (kapcsoló)	I (izzó)
Ki	Nem világít
Be	Világít

### 1. a) Elektromos áramkör összeállítása



10. 230 V

**FIGYELEM! A háztartási hálózat 230 V-os feszültségével SOHA ne kísérletezzünk, mert ÉLETVESZÉLYES! Az asztalon megtalálható ez a feszültségforrás („konnektor”) is, ezt TILOS használni!**



11. Max. 24 V

A laborban lapos- vagy ceruzaelemekkel, illetve a háztartási hálózatból *biztonságosan* lecsökkentett feszültséggel fogunk dolgozni. Ez utóbbi feszültségforrás a laborasztal előlapján található. Feszültsége változtatható, max. 24 V, melyet a foglalkozás vezetője állít be.

Építsük meg a 9. ábra áramkörét és ellenőrizzük működését a táblázat alapján!

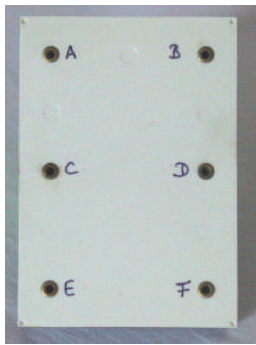
A kapcsolás tervezése és összeállítása során azt mindenképpen ellenőrizzük, hogy semmilyen kapcsolóállás esetén ne fordulhasson elő az, hogy az áram a feszültségforrás egyik kivezetésétől úgy jut vissza a másikhoz, hogy közben nem halad át valamilyen fogyasztón (izzólámpán, ellenálláson stb.). Ez ugyanis a feszültségforrás tönkremeneteléhez vezethet. (Ezt hívjuk **rövidzárlat**nak.) Ezt

megelőzendő, a feszültségforrás csatlakoztatását mindig előzzön meg egy alapos ellenőrzés!

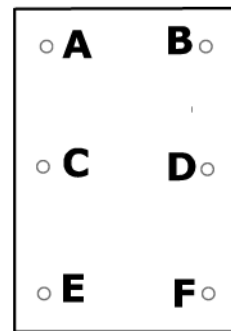
## 2. Elektromos fekete doboz vizsgálata

Ebben a feladatban egy „elektromos fekete doboz” belső szerkezetét kell kinyitás nélkül kitalálni. A doboz előlapján hat fémes érintkező található, melyek közül néhány a doboz belsejében vezetékkel össze van kötve. A feladat, hogy a fenti áramkörbe a kapcsoló helyére két-két érintkezőhöz a vezetéket hozzáérintve találjuk ki, hogy milyen kapcsolás van a doboz belsejében?

Tervezzük meg, hogy mely pontok kapcsolatát kell megvizsgálni ahhoz, hogy (a doboz kinyitása nélkül) biztosan megismerjük a belső kapcsolatokat. Rajzoljuk meg a belső kapcsolódásokat.



12. Elektromos feketedoboz

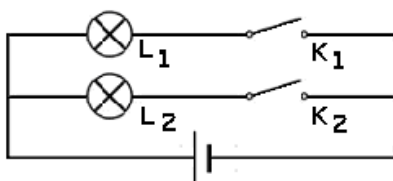


13. Az elektromos feketedoboz rajza

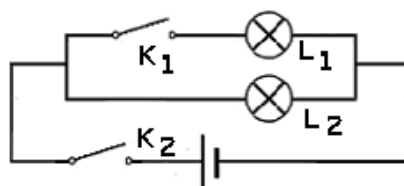
## 3. Összetett hálózatok

A fenti két feladat tapasztalatait felhasználva töltsük ki a kapcsolási rajz alapján az alábbi, összetettebb kapcsolások működését ellenőrző táblázatot. Ezután építsük meg az áramkört, majd a táblázat alapján ellenőrizzük a megépített kapcsolás működését!

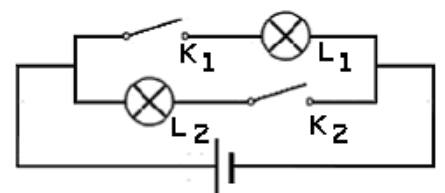
$K_1$	$K_2$	$L_1$	$L_2$
Ki	Ki		
Ki	Be		
Be	Ki		
Be	Be		



14. Ábra a 3. a) feladathoz



15. Ábra a 3. b) feladathoz



16. Ábra a 3. c) feladathoz

3. d) Hasonlítsuk össze a fenti áramköröket! Melyek azonosak a működés szempontjából?

#### 4. Feszültségmérés

Az áramkör „motorja” a feszültségforrás. (Ha áram is folyik az áramkörben, akkor szokás áramforrásnak is nevezni.) Legfontosabb tulajdonsága a két kapcsolódási pontján mérhető feszültség (U). Minél nagyobb ez a feszültség, annál nagyobb áramot képes létrehozni (feltéve, hogy az áramkör más részeit nem változtattuk meg).

Hogyan mérhetjük meg feszültségforrásunk feszültségét? A méréseink során univerzális mérőműszert (multimétert) fogunk használni, melyből többféle típus is létezik, de felépítésük, működésük nagyon hasonló.

A műszert –ennél a típusnál- a középen levő nagy, üzemmód választó kapcsoló elfordításával lehet bekapcsolni. Az eszköz többféle elektromos mennyiség mérésére alkalmas. Mi egyenfeszültséget (a műszeren: DCV jelű tartomány), egyenáramot (DCA-val illetve 10A-val jelölve) és ellenállást ( $\Omega$ -mal jelölve) fogunk vele mérni. Ezekhez a mennyiségekhez mindig két ponton kell majd az áramkörhöz csatlakozni.



#### 17. Feszültségmérés

Az egyik mérőérintkezőt (lehetőleg a feketét) az alul levő COM jelű helyre, a másikat (a pirosat) attól függően, hogy mit szeretnénk mérni, a középső V $\Omega$ mA vagy a felső 10A jelűbe kell bedugni.

Az üzemmód választó kapcsolót a megfelelő tartományban ahhoz az értékhez forgatjuk, amelyiket a mérés során biztosan nem fogunk túllépni. Ha nem tudjuk ezt megbecsülni, mindig a legnagyobb értékből kiindulva haladjunk lefelé.

4. a) Mérjük meg az előző áramkörökben használt feszültségforrás feszültségét. Ehhez áramkört nem is kell összeállítani. Állítsuk a műszerünk üzemmód kapcsolóján lévő nyilat a DCV tartomány 20 -as számához, mert 20 V-nál nem lehet nagyobb a mérni kívánt feszültség. (Az alatta levő 2000m a 2000 mV-ot, vagyis a 2 V-ot jelöli, de ezt várhatóan meghaladja a beállított feszültség.) Érintsük a két mérőérintkezőt a feszültségforrás két kivezetéséhez, majd olvassuk le a kijelzett értéket és írjuk le a füzetbe.

A leolvasott feszültség:  $U = \dots\dots$  .

4. b) Rajzoljuk le, majd állítsuk össze a 9. ábra áramkörét.

Mérjük meg –az áramkör megbontása nélkül, a mérőcsúcsok fémes csatlakozási ponthoz történő érintésével- a feszültségforrás és az izzólámpa két kivezetése között a feszültséget a kapcsoló nyitott és zárt állása mentén. Az eredményeket az alábbi táblázat segítségével írjuk le a füzetünkbe.

K kapcsoló	$U_{\text{fesz. forr.}}$	$U_{\text{izzólámpa}}$
ki		
be		

5. Az áramerősség mérése



18. Árammérés, 10 A

Ha a feszültségforrás két kapcsát valamilyen vezető anyaggal – fogyasztón keresztül- összekötjük, akkor beindul a töltések áramlása. Mérjük meg a kialakuló áramerősséget ( $I$ ). Ehhez kapcsoljuk a multimétert az áramerősség-mérő üzemmód 10A-es állásába. A piros mérővezetékét a 10A jelű, felső csatlakozóba dugjuk. Az árammérő a saját magán átfolyó áramot méri, ezért csatlakoztatásakor megszakítjuk az áramkör mérni kívánt ágát és beiktatjuk a műszer két kivezetését.

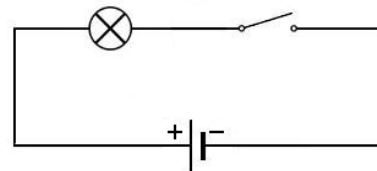
A 9. ábrán lévő áramkörben mérjük meg az áramerősséget! Mivel a töltések körbe járnak, mindenhol ugyanolyan gyorsan haladnak, ezért mindenhol ugyanazt az áramerősséget kell kapnunk. (Azonban minden mérés többé-kevésbé pontatlan, nem valószínű, hogy tökéletesen ugyanazt az értéket kapjuk.) Ha a kapcsoló nyitott állapotban van, akkor megszakítjuk a töltésáramlást, ezért nem fogunk áramot mérni. Ellenőrizzük ezt le. Mérési eredményeinket a füzetben táblázatba rögzítjük.

K kapcsoló	$I_{\text{fesz. forr.- izzó}}$	$I_{\text{izzólámpa-kapcsoló}}$	$I_{\text{kapcsoló-fesz forr.}}$
ki			
be			

### 1.3. Ellenállásmérés; Ohm törvénye; ellenállásmérés multiméterrel

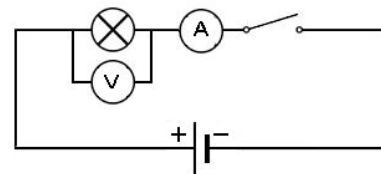
#### 1. Ellenállásmérés az ellenállás definíciója alapján

Először egy zseblámpaizzót, majd egy színes karácsonyfa izzót kapcsoljunk az áramkörbe (19. ábra), majd mérjük meg a rajtuk levő feszültséget és a kialakuló áramerősséget!



19. Áramkör izzóval

Ha rendelkezésre áll két multiméter, akkor egyszerre is történhet a feszültség illetve az áramerősség mérése (20. ábra).



20. U és I mérése

A mérés eredményeit foglaljuk táblázatba (a harmadik sorra később lesz szükség):

	1. sz. izzó	2. sz. izzó
U(V)		
I(A)		
R(Ω)		

Mint látjuk, a két izzón ugyanaz a feszültség különböző áram kialakulását eredményezte. Ez azt jelenti, hogy az izzólámpának (és minden fogyasztónak) van egy olyan tulajdonsága, ami korlátozza a kialakuló áram nagyságát. Ezt a tulajdonságot (elektromos) ellenállásnak nevezzük és R-rel jelöljük. Definíciója:

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

#### 2. Két izzó ellenállása

Számítsuk ki az előző két izzó ellenállását és írjuk be az előző táblázat 3. sorába! Mit tapasztalunk? Mire következtetünk?

#### 3. További ellenállások kiszámítása

Határozzuk meg feszültség és árammérés segítségével a kiadott tárgyak ellenállását!

	grafit ceruza belseje	40 W-os izzó	60 W-os izzó
U(V)			
I(A)			
R( $\Omega$ )			

#### 4. Az ellenállás értéke – Ohm törvénye

Térjünk vissza a zseblámpa-izzó ellenállásának mérésére.

4. a) A feszültséget 0 - 4 V között változtatva olvassuk le az áramerősséget és számoljuk ki mindhez az ellenállást.

	1. mérés	2. mérés	3. mérés	4. mérés	5. mérés
U(V)					
I(A)					
R( $\Omega$ )					

#### 4. b) feladat

A sok adat még táblázatba rendezve sem könnyen áttekinthető, ezért érdemes grafikont készíteni belőlük. Mivel a feszültséget változtattuk, ez legyen a vízszintes tengelyen. Az áramerősség illetve a kiszámított ellenállás pedig legyen a függőleges tengelyen.

Készítsünk az előzőek figyelembe vételével a füzetünkbe két (I-U illetve R-U) grafikont.

Az első grafikonon jól látszik, hogy az áramerősség a feszültséggel nem egyenes arányosan növekszik, míg a másodikon, hogy az ellenállás növekedett. (Ennek oka, hogy a feszültség növelésével az izzólámpa egyre forróbb lett.)

**Ohm törvénye** arra ad választ, hogy milyen körülmények között állandó az ellenállás:

*Ha egy ellenállás fémből készült és hőmérséklete állandó, akkor ellenállása állandó (vagyis ekkor a rákapcsolt U és a kialakuló I egyenesen arányos egymással).*

4. c) Mivel az elektronikában gyakran van szükség ellenállásmérésre, ezért sok mérőműszerbe ezt a lehetőséget beépítették. A műszerben van egy feszültségforrás, melyet mérés során rákapcsol a mérni kívánt ellenállásra. A feszültséget és áram leérése és ezekből az ellenállás kiszámítása önműködően történik.



A multiméter segítségével mérjük meg ismét a ceruzabél és az izzók ellenállását! Eredményeinket jegyezzük fel és hasonlítsuk össze a korábban számított értékekkel.

## **1.4. Vezetékek ellenállása; a potenciométer**

Az áramkörökben, az elektromos energia szállításában huzalokat használunk. Mint láttuk, a különböző testek ellenállásuk miatt –adott feszültség esetén– korlátozzák a kialakuló áramot. Vizsgáljuk meg mérésekkel, hogy mitől és hogyan függ a vezetékek ellenállása? A mérések során függvénykapcsolatot keresünk, ahol a függvényérték az ellenállás, a változó pedig a vezeték valamelyik (számmal jellemezhető) tulajdonsága. A mérésekhez a multiméter ellenállásmérő funkcióját használjuk.

### 1. Vezeték ellenállása

#### 1. a) A vezeték hosszúsága

Az előkészített panelon 4 db 50 cm hosszú, párhuzamosan kifeszített viszonylag nagy ellenállású huzal található. (Van egy ötödik, más színű is, ezt azonban még ne használjuk.) Röpszinórokkal kössük össze őket „cikcakkban” úgy, hogy egy 2 m hosszú, egybefüggő vezetéket kapjunk. Mérjük le a multiméterrel az ellenállás nagyságát különböző vezeték-hosszak esetén. Az eredményeket írjuk be a fűzetbe átmásolt táblázatba!

$l$ (a vezeték hossza, $m$ )	0,5	1,0	1,5	2,0
$R$ (a vezeték ellenállása, $\Omega$ )				

Vázoljuk a mérési eredményeket az  $R - l$  grafikonon! Milyen függvénykapcsolatot találunk  $R$  és  $l$  között?

#### 1. b) A vezeték keresztmetszete

A vezeték keresztmetszetét nem olyan könnyű ténylegesen megváltoztatni. Ha azonban pl. a kétszeresére szeretnénk növelni, az azzal egyenértékű, ha a vezetéket duplán vesszük. Ha a panelünkön kettő, három illetve négy vezetéket „összefogunk” (vagyis azonos végeiket röpszinórral összekötjük), akkor a keresztmetszetet a két-, három-, négyszeresére tudjuk növelni. Végezzük el az egyes összekapcsolások után az ellenállásmérést, és az eredményeket rögzítsük táblázatba! (Mivel a függvénykapcsolat jellegére vagyunk kíváncsiak, ezért nem

baj, ha most a keresztmetszetet nem ismerjük. Pontos méréssel az is kideríthető, hogy a keresztmetszet alakjától nem, csak a nagyságától függ az ellenállás értéke.)

A (a vezeték keresztmetszete)	1·A	2·A	3·A	4·A
R (a vezeték ellenállása, Ω)				

Milyen függvénykapcsolatot sejtünk az adatok alapján?

### 1. c) A vezeték anyaga

A vezeték ellenállása függhet anyagától is. Vizsgáljuk meg, hogy ez valóban így van-e? A rendelkezésünkre áll egy ötödik vezeték is a panelon, mely más anyagból készült, mint az előző négy.

Mérjük meg az ötödik vezeték ellenállását!  $R_5 = \dots$

Mivel ennek keresztmetszete nem egyezik meg az előzőekben használt vezeték keresztmetszetével, ezért téves lenne, ha így hasonlítanánk össze az anyagtól való függést. Az 1. b) részben láttuk, hogy a keresztmetszettel egyenesen arányos a vezeték ellenállása, ezért számítsuk ki, hogy egyenlő keresztmetszet, pl. 1 mm<sup>2</sup> és egyenlő hosszúság, pl. 1 m esetén, melyik vezetéknek mennyi lenne az ellenállása? Ezt a következő képlettel tehetjük meg:  $\frac{R \cdot A}{l}$  az így kapott

értéket nevezzük a vezeték anyaga fajlagos ellenállásának, jele  $\rho$  (görög betű, olvasd *rhó*-nak.)

A szükséges adatok meghatározása után számítsd ki a két vezetékfajta fajlagos ellenállását.

	r (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	l(m)	$\rho$ (Ωm)
1. vezeték				
2. vezeték				

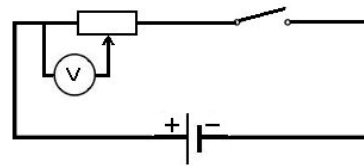
### 2. A változtatható ellenállás

Hasznos, ha egy ellenállás értékét kézzel egyszerűen meg lehet változtatni. A vezeték ellenállásának hosszától való függése lehetőséget ad erre. Ezeknél általában egy gombot kell elforgatni vagy elcsúsztatni. Az ilyen ellenállásokat potenciométereknek nevezzük. Három kivezetésük közül a két szélső az ellenállás teljes értékét adja, a középső (csúszka) pedig a változtatható értéket.

2. a) Mérjük ki, hogy az ellenállás milyen függvény szerint változik a mozgató jelző skála kijelzésétől.

A skálán leolvasott érték	0	20	40	60	80	100
R (Ω)						

2. b) Kapcsoljuk be az áramkörbe a potenciométert és mérjük meg az egyik vége és a csúszka közötti feszültséget a csúszka különböző állása esetén.

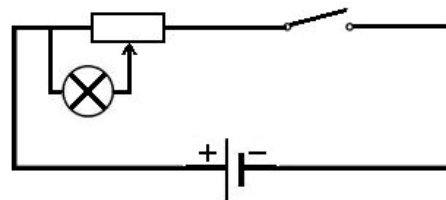


21. Feszültségmérés

A skálán leolvasott érték	0	20	40	60	80	100
U (V)						

21. c) A potenciométer használata

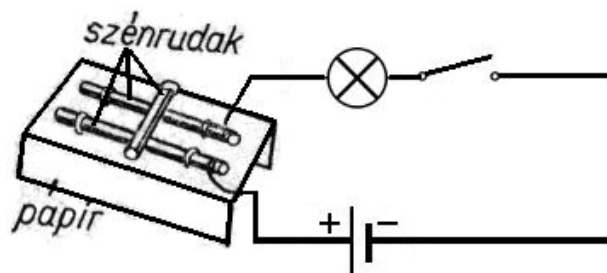
Módosítsuk az előző áramkört az alábbi kapcsolási rajz szerint, majd forgassuk át néhányszor a csúszkát a két szélső helyzet között. Mire használható ez az áramkör?



22. Feszültség szabályozás

3. Az ellenállás-változás alkalmazása

Nézzünk egy példát arra, hogy az ellenállás-változást mire lehet használni? Ha az ellenállás-változás nagysága pl. a hangerőtől, ritmusa pedig a beszéd ütemétől függ, akkor a beszédet átalakítottuk áramingadozássá, vagyis mikrofont készítettünk. Az alábbi modellt három (lapselemből kiserelt) szénrúddal megépíthetjük az ábra alapján. Mikrofonunkat kössük sorba az izzólámpával.



23. Mikrofon modell

3. a) Kopogtassuk meg a doboz felső részét.

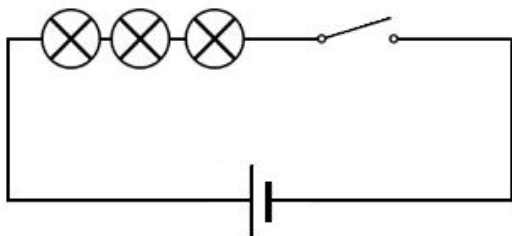
Hogyan reagál erre az izzólámpa?

3. b) Most próbáljuk meg hanggal pislogásra bírni szénmikrofon modellünket. Keressük meg azt a hangmagasságot, amelyiken a legjobban vibrál az izzó fénye.

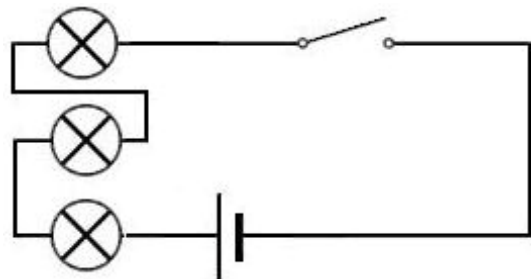
## 1.5. Ellenállások soros kapcsolása

Sok (ellenállásokból álló) áramkört leegyszerűsíthetünk két alkapcsolásra. Ebből az egyik típust soros kapcsolásnak nevezzük, a másikat párhuzamosnak. Az előbbit fogjuk most megvizsgálni.

Soros kapcsolás esetén az ellenállások egymás után vannak kötve, közöttük nincsen elágazás. Ilyet látunk az alábbi két ábrán.



24. Soros kapcsolás 1.



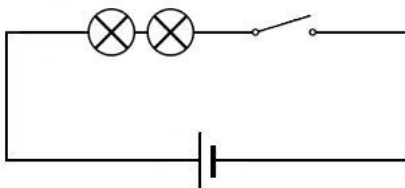
25. Soros kapcsolás 2.

Noha ránézésre más a két áramkör, de működés szempontjából azonos. (Érdeemes tehát a kapcsolási rajzokat a legáttekinthetőbb formában elkészíteni.)

### 1. Két, sorosan kapcsolt izzólámpa

1. a) Induljunk ki az alábbi, két, sorosan kapcsolt izzólámpából.

Mérjük meg három helyen az áramerősséget (pl. a két izzó között, a feszültségforrástól balra illetve jobbra).



26. Izzók soros kapcsolása

	1.	2.	3.
I (A)			

Mit állapíthatunk meg az áramerősségekről? (Vegyük figyelembe az elkerülhetetlen mérési pontatlanságot.)

1. b) Mérjük meg a feszültségforrás kapcsain ( $U_k$ ) illetve az izzólámpákon ( $U_1$ ,  $U_2$ ) a feszültséget.

	$U_k$ (fesz. f.)	$U_1$ (1. izzó)	$U_2$ (2. izzó)
U(V)			

Milyen kapcsolatot látunk a feszültségforráson mérhető feszültség és az izzókon mérhető feszültségek összege között?

1. c) Számítsuk ki a mérési adataink segítségével az egyes izzók ellenállását ( $R_1$ ,  $R_2$ )!

	$R_1$ (1. izzó)	$R_2$ (2. izzó)
$R = \frac{U}{I}$ ( $\Omega$ )		

Számítsuk ki, hogy ha csak egyetlen ellenállást használnánk a két izzó helyett, akkor annak hány ohmosnak kellene lennie, hogy ugyanez a feszültség ugyanakkora áramot keltsen. (Ezt az ellenállást jelöljük  $R_e$ -vel és eredő ellenállásnak nevezzük.)

$$R_e = \frac{U_k}{I} =$$

Milyen kapcsolatot látunk  $R_e$  továbbá  $R_1$  és  $R_2$  között?

2. Három, sorosan kapcsolt izzólámpa

Kapcsoljunk sorosan három darab izzólámpát (25. ábra) és végezzük el ugyanazokat a méréseket, mint az előbb, két izzólámpával tettük meg.

2. a) Mérjük meg négy helyen az áramerősséget (Pl. a két izzó között két helyen, továbbá a feszültségforrástól balra illetve jobbra.)

	1.	2.	3.	4.
I (A)				

Mit állapíthatunk meg az áramerősségekről?

2. b) Mérjük meg a feszültségforrás kapcsain ( $U_k$ ) illetve az izzólámpákon ( $U_1$ ,  $U_2$ ) a feszültséget.

	$U_k$ (fesz. f.)	$U_1$ (1. izzó)	$U_2$ (2. izzó)	$U_3$ (3. izzó)
U(V)				

Milyen kapcsolatot látunk a feszültségforráson mérhető feszültség és az izzókon mérhető feszültségek összege között?

2. c) Számítsuk ki a mérési adataink segítségével az egyes izzók ellenállását ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ )!

	$R_1$ (1. izzó)	$R_2$ (2. izzó)	$R_3$ (3. izzó)
$R = \frac{U}{I}$ ( $\Omega$ )			

Számítsuk ki, hogy ha csak egyetlen ellenállást használnánk a két izzó helyett, akkor annak hány ohmosnak kellene lennie, hogy ugyanez a feszültség ugyanekkora áramot keltsen. (Ezt az ellenállást ismét  $R_e$ -vel jelöljük.)

$$R_e = \frac{U_k}{I} =$$

Milyen kapcsolatot látunk  $R_e$  továbbá  $R_1$ ,  $R_2$ , és  $R_3$  között?

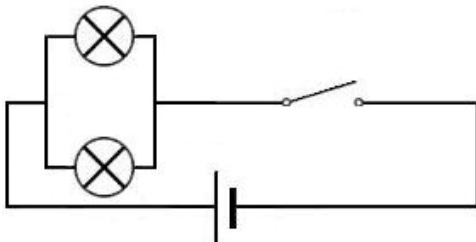
### 3. A soros kapcsolások törvényei

Foglaljuk össze és általánosítsuk **tetszőleges számú sorosan kapcsolt ellenállás** esetére az előző mérések során az áramokra, a feszültségekre illetve az eredő ellenállás kiszámítására megsejtett törvényszerűségeket.

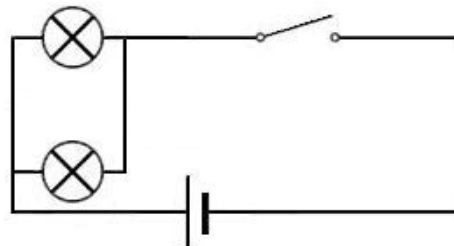
3. a) Ellenőrizzük a sorosan kapcsolt ellenállásokra kapott fenti három szabályt három újabb ellenállás segítségével.  
Másoljuk le és töltsük ki a 2. feladat táblázatait.

## 1.6. Ellenállások párhuzamos kapcsolása

Két ellenállás akkor van párhuzamosan kapcsolva, ha két-két végük egymással össze van kötve és ezzel a két közös ponttal kapcsolódnak az áramkör többi részéhez. Például:



27. Párhuzamos kapcsolás 1.



28. Párhuzamos kapcsolás 2.

Főágnak nevezzük azt a vezetékszakaszt, amely a feszültségforrásból indul ki és az első elágazásig tart (a vezetéken levő kapcsoló -vagy bonyolultabb esetben ellenállás- nem számít elágazásnak). Mellékágnak nevezzük a főág végén lévő csomópontból kiinduló (elágazó) vezeték, mely áthalad egy fogyasztón és az utána lévő első csomópontig tart.

### 1. Két párhuzamosan kapcsolt izzólámpa

1. a) Állítsuk össze a 27. ábrán levő áramkört és mérjük meg a feszültségforrás kapcsain ( $U_k$ ) illetve az izzólámpákon ( $U_1, U_2$ ) a feszültséget.

	$U_k$ (fesz. f.)	$U_1$ (1. izzó)	$U_2$ (2. izzó)
U(V)			

Milyen kapcsolatot látunk a feszültségforráson mérhető feszültség és az izzókon mérhető feszültségek között?

1. b) Mérjük meg a főágban és a két mellékágban (a két izzón) folyó áramerősséget.

	$I_{\text{főág}}$	$I_{\text{1. izzó}}$	$I_{\text{2. izzó}}$
I (A)			

Mit állapíthatunk meg? (Vegyük figyelembe az elkerülhetetlen mérési pontatlanságot.)

1. c) Számítsuk ki a mérési adataink segítségével az egyes izzók ellenállását ( $R_1$ , és  $R_2$ )!

	$R_1$ (1. izzó)	$R_2$ (2. izzó)
$R = \frac{U}{I} \text{ (}\Omega\text{)}$		

Számítsuk ki, hogy ha csak egyetlen ellenállást használnánk a két izzó helyett, akkor annak hány ohmosnak kellene lennie, hogy ugyanez a feszültség ugyanekkora áramot keltsen a főágban. Ezt az ellenállást eredő ellenállásnak nevezzük. Jele  $R_e$ .

$$R_e = \frac{U_k}{I_{\text{főág}}} =$$

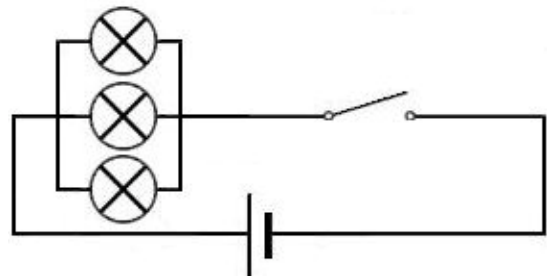
$R_e$  továbbá  $R_1$  és  $R_2$  között most is van törvényszerűség, de ez kicsit bonyolultabb, mint soros kapcsolás esetén. Segítségül számítsuk ki ezek reciprokát.

$\frac{1}{R_e}$	$\frac{1}{R_1}$	$\frac{1}{R_2}$

Milyen kapcsolatot látunk  $R_e$  továbbá  $R_1$ , és  $R_2$  között?

## 2. Három párhuzamosan kapcsolt izzólámpa

Kapcsoljunk párhuzamosan három izzólámpát (29. ábra) és végezzük el ugyanazokat a méréseket, mint az előbb, két izzólámpával tettük meg.



29. Három izzó párhuzamosan kapcsolva

2. a) Mérjük meg a feszültségforrás kapcsain ( $U_k$ ) illetve az izzólámpákon ( $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$ ) a feszültséget.

	$U_k$ (fesz. f.)	$U_1$ (1. izzó)	$U_2$ (2. izzó)	$U_3$ (3. izzó)
U(V)				

Milyen kapcsolatot látunk a feszültségforráson mérhető feszültség és az izzókon mérhető feszültségek között? (Vegyük figyelembe az elkerülhetetlen mérési pontatlanságot.)

2. b) Mérjük meg a főágban és a három mellékágban az áramerősséget.

	$I_{\text{főág}}$	$I_{1. \text{ izzó}}$	$I_{2. \text{ izzó}}$	$I_{3. \text{ izzó}}$
I (A)				

Mit állapíthatunk meg?

2. c) Számítsuk ki a mérési adataink segítségével az egyes izzók ellenállását ( $R_1$ ,  $R_2$  és  $R_3$ )!

	$R_1$ (1. izzó)	$R_2$ (2. izzó)	$R_3$ (3. izzó)
$R = \frac{U}{I}$ ( $\Omega$ )			

Számítsuk ki, hogy ha csak egyetlen ellenállást ( $R_e$ ) használnánk a két izzó helyett, akkor annak hány ohmosnak kellene lennie, hogy ugyanez a feszültség ugyanekkora áramot keltsen.

$$R_e = \frac{U_k}{I_{\text{főág}}} =$$

$R_e$  továbbá  $R_1$ ,  $R_2$  és  $R_3$  között most is van törvényszerűség. Most is számítsuk ki ezek reciprokát.

$\frac{1}{R_e}$	$\frac{1}{R_1}$	$\frac{1}{R_2}$	$\frac{1}{R_3}$



Milyen kapcsolatot látunk  $R_e$  továbbá  $R_1$ ,  $R_2$ , és  $R_3$  között?

3. A párhuzamosan kapcsolt ellenállások törvényei

Általánosítsuk **tetszőleges számú párhuzamosan kapcsolt ellenállás** esetére az előző mérések során a feszültségre, az *áramerősségre* és az *eredő ellenállás* kiszámítására megsejtett törvényszerűségeket.

3. a) Ellenőrizzük a fenti három szabályt három újabb ellenállás segítségével. Másoljuk le a 2. feladat táblázatait és a mérések elvégzése után töltsük ki az adatokkal.

## **1.7. Feszültségforrások tulajdonságai (Ohm törvénye a teljes áramkörre)**

Az autó akkumulátora csak 12 V feszültséget ad. Ha három zseblámpa elemet (lapselemet) egymás után sorba kapcsolunk, feszültsége ennél több, kb. 13 V lesz. Három lapselem ára – a drágábbakból- kb. 3000 Ft, egy autó akkumulátor legalább 10000 Ft. Miért nem lehet mégsem az olcsóbb lapselemekkel indítani az autót? Erre a kérdésre a labor végén megkapjuk a választ.

1. A feszültségforrás vizsgálata

1. a) Mérjük meg egy lapselem feszültségét „üresen”, azaz úgy, hogy nem kapcsolunk rá semmilyen ellenállást.

$$U_{\text{üresen}} = \dots\dots V.$$

Most kössünk rá egy izzólámpát és megint mérjük meg a feszültségét.

$$U_{\text{üzem közben}} = \dots\dots V.$$

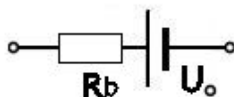
Hasonlítsuk össze a két feszültség nagyságát.

$$U_{\text{üresen}} \dots\dots U_{\text{üzem közben}}$$

Elsőre talán meghökkentő az összehasonlítás eredménye, hiszen ha a ugyanaz a feszültségforrás, akkor miért más a két feszültség?

Az ok egyszerű: a töltések üzemelés közben áthaladnak a feszültségforráson is, márpedig ott az elem szerkezetéből adódóan ellenállással találkozunk. Egy feszültségforráshoz mindig oda kell képzelnünk egy benne lévő ellenállást is, melyet **belső ellenállás**nak nevezünk ( $R_b$ ).

Logikailag tehát egy feszültségforrás így néz ki:



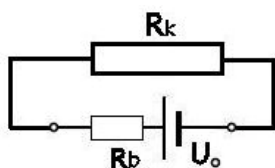
30. Feszültségforrás elvi rajza

Ez viszont azt jelenti, hogy a feszültségforrásra kapcsolt külső ellenállással ( $R_k$ ) mindig sorba van kapcsolva egy másik, a belső ellenállás ( $R_b$ ).

1. b) Felmerül a kérdés, hogy mekkora ez a belső ellenállás? Kézenfekvőnek tűnik, hogy külső ellenállás nélkül egy vezetékkel röviden zárjuk az áramkört, így  $I$ -t mérve és az üresen megmért  $U_k$ -ből kiszámítjuk. Mivel azonban  $R_b$  elég kicsi, viszonylag nagy áram folya az áramkörben, ami tönkre teheti a feszültségforrást, ezért **ezt soha se tegyük** (rövidzár)! Ráadásul a nagy áram gázképződéssel is járhat, ami szétrobbanthatja az elemet, és a szétfröccsenő forró sav balesetet okozhat.

Helyette a következő módszert alkalmazzuk. Kössünk be két különböző ellenállást, ami két különböző áramot hoz létre. Ezt, és a két kapocsfeszültséget megmérve már számolhatjuk  $R_b$ -t.

Állítsuk össze először az egyik, majd a másik ellenállással (ez lehet két különböző izzó) a 32. ábra áramkörét. Méréseink után töltsük ki az alábbi táblázatot:



31. Belső ellenállás

$I_1$	$U_{k1}$	$I_2$	$U_{k2}$

$R_b$  kiszámításához az alábbi egyenletrendszert kell megoldani:

$$U_0 = U_{k1} + I_1 \cdot R_b$$

$$U_0 = U_{k2} + I_2 \cdot R_b$$

Fejezzük ki, majd az imént mért értékeket behelyettesítve számoljuk ki ebből  $R_b$  értékét!

$$R_b = \dots \Omega$$

$U_0$  neve **belső feszültség**. Mérési adataink alapján számoljuk ki a zseblámpaelem belső feszültségét a fenti két egyenlet bármelyikét felhasználva.

$$U_0 = \dots V.$$

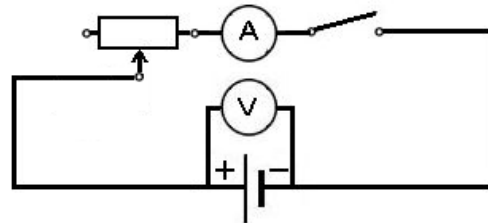
2.  $U_0$  és  $R_b$  grafikus meghatározása

2. a) Lehetne-e ellenőrizni, hogy az imént felhasznált  $U_0 = U_k + I \cdot R_b$  képlet beválik-e a gyakorlatban? Helyettesítsünk be  $R_k$  helyére jóval több értékét, és így leellenőrizzük az

$$I \mapsto U_k, \text{ ahol } U_k = U_0 - I \cdot R_b$$

függvénykapcsolatot.

Cseréljük le az eddigi fix  $R_k$ -t a potenciométerre és készítsük el vele a 32. ábra áramkört.



32. Potenciométer használata

A forgatható csúszkát négy-öt helyre beállítva méréseink alapján töltsük ki az alábbi táblázatot. Vigyázat! Mielőtt zárjuk az áramkört, előtte –az elem védelme érdekében– a csúszkát állítsuk középállásba. Továbbá ne mozgassuk a csúszkát olyan helyzetbe, amelyben az áramerősség a 0,8 A-t meghaladja! Ilyenkor (illetve, ha  $I$  nagyon kicsi,) húzzuk ki a táblázat megfelelő celláit.

A mérés száma:	1	2	3	4	5	6
I (A)						
$U_k$ (V)						

2. b) Ábrázoljuk a fenti táblázat adatait az  $U_k - I$  grafikonon!

Kaptunk tehát 4-5 pontot. Ha mérési eredményeink követik az elméletet, akkor ezeknek a pontoknak milyen alakú grafikonra kellene illeszkedniük? Az elméletet az említett

$$I \mapsto U_k, \text{ ahol } U_k = U_0 - I \cdot R_b$$

hozzárendelési szabály mutatja, mely egy *csökkenő lineáris függvény*.

Vonalzó segítségével húzzuk meg a pontokra legjobban illeszkedő egyenest. (A grafikonnak csak az első koordináta-negyedben van értelme.)

Olvassuk le, hogy ez az egyenes hol metszi az  $U_k$  tengelyt. Ez  $U_0$ -at adja meg.

$$U_0 = \dots \text{ V.}$$

Hasonlítsuk össze az előző feladatban kiszámolt és a most meghatározott  $U_0$  értékét!

Mivel a második értéket több mérési eredmény alapján kapott grafikonból határoztuk meg, ezért ezt pontosabb eredménynek tekintjük.

A grafikon meredeksége  $R_b$  értékét adja. Ehhez elég  $U_0$  ismeretében az egyenes segítségével leolvasni egy tetszőleges  $I$  értéket és a hozzárendelt  $U_k$ -t, majd behelyettesítünk az alábbiak szerint átrendezett képletbe:

$$R_b = \frac{U_0 - U_k}{I}$$

A fentiek alapján töltsük ki az alábbi táblázatot.

$U_0$ (V)	$U_k$ (V)	$I$ (A)	$R_b$ ( $\Omega$ )

### 3. A belső ellenállás jelentősége

Miért volt érdemes ennyi időt eltölteni a belső ellenállás meghatározásával? Vizsgáljuk ismét az előzőekben kapott grafikont.

#### 3. a) A maximális kapcsolófeszültség

Jól látszik a vízszintes tengelyen, hogy az áram értéke 0-tól valamilyen maximális értékig tart. A 0 értékhez tartozó  $U_k$  a maximális kapcsolófeszültség:  $U_{k \max}$ . Aakkor kapunk 0 áramot ha „végtelen nagy” külső ellenállást kapcsolunk a feszültségforrásra. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy nem kapcsolunk rá semmit, „üresen” hagyjuk. (Szükség lehet egy áramkörben arra, hogy a lehető legnagyobb feszültséget kapjuk meg.) Ezt a feszültséget üresjárású feszültségnek nevezzük. Mint láttuk:  $U_{k \max} = U_0$ .

#### 3. b) A maximális áram

Amikor egy autó indító motorját bekapcsoljuk, -adott feszültség esetén- nagy áramra van szükség (hogy miért, ezt majd egy következő laborgyakorlaton megértjük). Mekkora lehet egy feszültségforrás által – legalábbis elméletben- leadott maximális áram:  $I_{\max}$ ? Erre a grafikonunkból leolvasással választ kapunk, hiszen a vízszintes tengelyt itt metszi a grafikon egyenese. Mitől és hogyan függ ez az érték? A grafikonról látszik, hogy itt  $U_k = 0$  V. Helyettesítsük be ezt az értéket a már jól ismert egyenletünkbe és fejezzük ki  $I$ -t.

$$U_0 = 0 + I_{\max} \cdot R_b, \text{ amiből } I_{\max} = \frac{U_0}{R_b}$$

Az előzőek alapján töltsük ki az alábbi táblázatot.

$U_0$ (V)	$R_b$ ( $\Omega$ )	$I_{\max}$ (A)

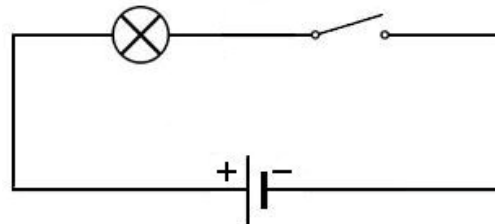
Már tudunk válaszolni arra a kérdésre, hogy miért nem lehet laposelemekkel helyettesíteni az autó akkumulátorát? Az akkumulátornak jóval kisebb a belső

ellenállása, mint a laposelemeknek, ezért képes az indítómotor működtetéséhez szükséges igen nagy áram létrehozására, míg a laposelemek erre nem alkalmasak. (Egy autóakkumulátor indítóárama esetenként a 100 A-t jócskán meghaladhatja.)

4. Ha az elem lemerül...

Mi történik egy elemmel, ha lemerülő-félben van?

Vizsgáljuk meg a már ismert áramkört, de most egy lemerülőben levő laposelemet kössünk be. (Ha az izzó nem világít, nem baj, ettől még folyhat áram rajta.)



33. Áramkör izzóval

4. a) Mérjük meg az elem üresjárési feszültségét ( $U_{kmax}$ ) majd az áramkör összeállítása után a kapocsfeszültségét ( $U_k$ ), és a kialakuló áramot. Töltsük ki az alábbi táblázatot:

$U_0$ (V)	$U_k$ (V)	I (A)

Ha összehasonlítjuk a lemerülő elem üresjárési feszültségét a jól működőével, a lemerülőé nem számottevően kevesebb. Számítsuk ki a belső ellenállást a fenti adatokból.:

$$R_b = \frac{U_0 - U_k}{I} =$$

Mire következtetünk ebből?

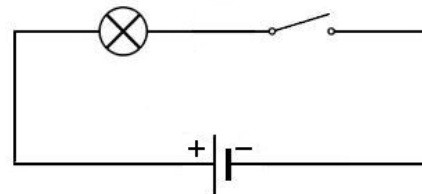
## **1.8. Az elektromos munka és teljesítmény**

Ha már van elektromosság, használjuk is valamire! Használhatjuk például világításra, melegítésre, munkavégzésre.

1. A zseblámpaizzó teljesítménye

1. a) Mekkora teljesítményt ad le egy zseblámpaizzó?

Állítsuk össze a 34. ábra áramkörét.

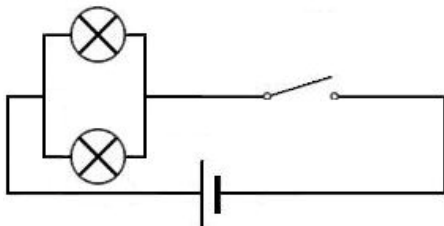


34. Izzó az áramkörben

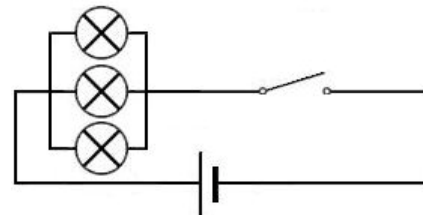
Mérjük meg az izzón átfolyó áramot és a rá jutó feszültséget! Ebből a két adatból pedig számítsuk ki a  $P=U \cdot I$  képlet segítségével az izzó felvett (elektromos) teljesítményét. (Ezeket az adatokat felhasználjuk a 2. feladatban is.)

	1 db izzó
$U_k(V)$	
$I(A)$	
$P(W)$	

1. b) Kapcsoljunk párhuzamosan két, majd három azonos típusú izzót. *Mérjük meg* mindegyik esetben a rájuk jutó feszültséget, a rajtuk átfolyó áramot és számítsuk ki a teljesítményüket.



35. Két izzó párhuzamosan kapcsolva



36. Három izzó párhuzamosan kapcsolva

Az előző táblázat kiegészítése:

	1 db izzó	2 db izzó		3 db izzó		
$U_k(V)$						
$I(A)$						
$P(W)$						
$P_{összes} (W)$						

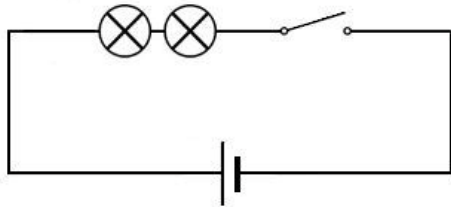
Hogyan változik az izzók összteljesítménye?

1. c) Mivel az izzólámpák lényegében egyformák, mindet ugyanarra a feszültségforrásra kapcsoljuk, ezért azt várjuk, hogy minden esetben minden izzólámpán ugyanakkora áram folyik, és ugyanakkora teljesítményt vesz fel a hálózatból. Mérési eredményeink azonban nem sokkal, de egyre kisebb teljesítményeket mutatnak. Fogd meg a zseblámpaelemet. Érezhetően melegedik, vagyis energiát vesz fel a hálózatból.

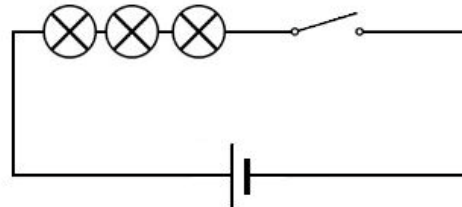
Az izzók számával miért csak közelítően egyenes arányosan nő az izzók által felvett összteljesítmény?

2. Sorosan kapcsolt ellenállások teljesítménye

2. a) Az izzókat sorosan kapcsoljuk két, majd három egy izzót.



37. Két izzó sorosan kapcsolva



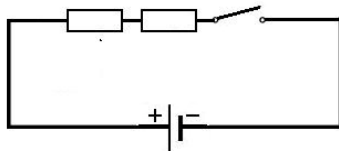
38. Három izzó párhuzamosan kapcsolva

A kapcsoló zárása után ránézésre is látszik, hogy az egyes izzókon egyre kisebb a felvett teljesítmény.

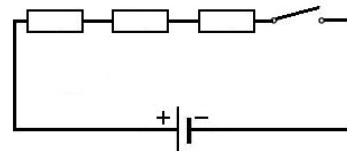
Miből látszik ez?

Korábban láttuk, hogy az izzó ellenállása függ a hőmérsékletétől, így a szabályszerűség bonyolult, mert még az ellenállás-változásra is figyelni kellene.

2. b) Izzók helyett dolgozzunk állandó értékű ellenállásokkal és velük építsük meg a két új kapcsolást.



39. Két ellenállás soros kapcsolása



40. Három ellenállás soros kapcsolása

Készítsük el a párhuzamos kapcsolásnál használt táblázathoz hasonló táblázatot és a mérések során töltsük ki. Az áramot (ami minden ellenálláson megegyezik) és az egyes ellenállásokra jutó feszültséget minden esetben mérjük meg.

	1 db izzó	2 db izzó	3 db izzó
I(A)			
$U_k(V)$			
P(W)			
$P_{összes} (W)$			

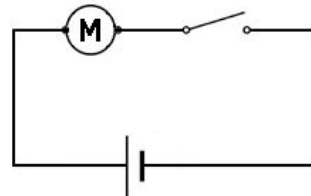
Hogyan változik az egyes ellenállások teljesítménye az ellenállások számának függvényében?

Hogyan változik az ellenállások összteljesítménye az ellenállások számának függvényében?

### 3. Villanymotor teljesítménye

Azt szokták mondani, a túlterhelt villanymotorok meghibásodására, hogy leégték. Valóban, a motorban levő elektromos vezetékek szigetelése megolvad, megpörkölődik, égett szagot áraszt. Vizsgáljuk meg, hogy mi áll ennek a jelenségnek a hátterében.

3. a) Kapcsoljunk egy villanymotorra feszültséget.



41. Villanymotor

Mérjük meg a rajta átfolyó áramot és a rákapcsolt feszültséget. A műszereket bekapcsolva hagyva a motor forgástengelyét megfogva próbáljuk kissé fékezni a motor forgását. (Ezzel azt modellezzük, ahogy pl. egy lift villanymotorja a liftszelekrényt felemelésével munkát végezi.)

Mit mutatnak a műszerek?

Magyarázzuk meg a jelenséget!

3. b) A fentiek értelmében magyarázzuk meg, hogy miért hevülnek fel a túlterhelt villanymotor vezetékai?

3. c) Ha meglazulnak egy villanykapcsoló vezetékai, ott az elhanyagolhatóan kicsi elektromos ellenállás (a keresztmetszet csökkenése miatt) megnövekszik. Miért füstölnek, hevülnek fel itt a kapcsolók?

### 4. Az elektromos munka

4. a) Valaki bekapcsolva felejtett éjszakára egy 230 V-os feszültségre készült 60 W-os, hagyományos izzólámpát. Mennyi energiát használ el az elektromos hálózatból a 8 órás éjszakai üzemelés alatt?

Mennyibe kerül ez, ha 1 kWh elektromos energia ára (minden költséget beszámítva) átlagosan 38 Ft.

4. b) Az autó 12 V-os akkumulátorára azt írták, hogy 55 Ah.

Mi ennek a szemléletes jelentése?

Számítsuk ki, hogy –elméletben– hány Joule energiát tárol az akkumulátor? Mennyi energiát használ el az akkumulátorból az autó 4 db 21 W-os izzólámpája, ha bekapcsolva felejtettük 3 órára?



## 1.9. Az áram hő- kémiai (vegyi) és mágneses hatása

Először az áram **hőhatását** vizsgáljuk.

Nem különösebben meglepő, hogy az elektromos árammal „melegíteni” lehet különböző tárgyakat. Aki látott már (hagyományos vagy halogén) izzólámpát, vízmelegítőt, az már találkozott ezzel a jelenséggel.

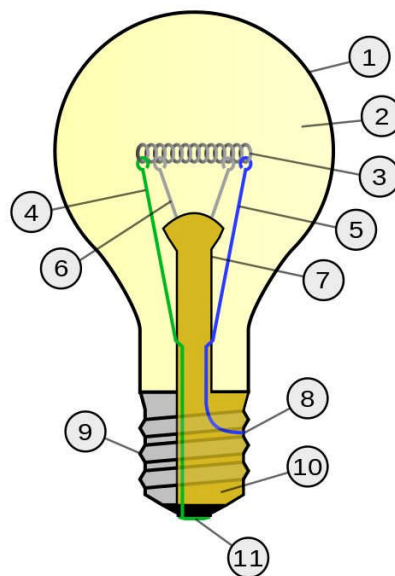
1. Az izzólámpa működésének vizsgálata

1. a) Megvizsgáljuk, hogy miért izzik az izzólámpa, ha bekapcsoljuk.

A hagyományos izzólámpa szerkezetét az ábrán láthatjuk.

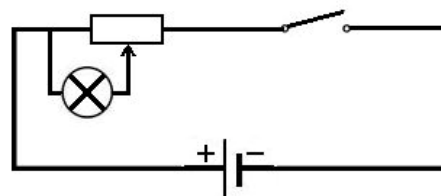
1. Üvegbura, 2. semleges gáz vagy vákuum, 3. volfrámszál, 4. és 5. árambevezető, 6. fém tartó, 7. üveg tartó, 8. elektromos érintkező („nulla”), 9. fémmenet, 10. szigetelés, 11. elektromos érintkező (fázis).

(Forrás:  
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Izzólámpa>)



42. Izzólámpa

Készítsük el a 43. ábra kapcsolását.



43. Potenciométeres kapcsolás

A potenciométer csúszkáját fokozatosan mozgatva figyeljük meg azt a helyzetet, ahol az izzó elkezd világítani. Kisebb feszültségen is folyik áram, de ilyenkor nem

világít az izzó. Ahhoz, hogy az izzószál világítson, el kell érnie egy bizonyos hőmérsékletet. Ha el kezd az energia-felvétel következtében az izzószál hőmérséklete emelkedni, akkor maga is (hő formájában) energiát fog átadni a környező gáznak, amitől viszont hűlni kezd.

Milyen feltételnek kell teljesülnie ahhoz, hogy az izzó folyamatosan izzon?

1. b) Miért többszörös spirálba feltekerve készítik az izzószálat?

1. c) A hagyományos izzó lényege tulajdonképpen egy fém vezeték. De fém vezetéken jut el az energiát az izzólámpához. Mindkét vezetéken ugyanakkora áram folyik.

Miért nem izzik az izzóhoz vezető vezeték?

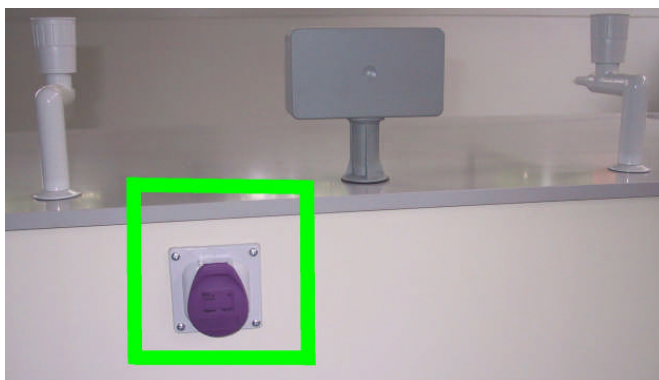
2. Merülőforraló vizsgálata

A merülőforralónak az a feladata, hogy az elektromos energiát a lehető leghatékonyabban adja át a felmelegítendő folyadéknak. Vizsgáljuk meg egy 24 V-os feszültségre készített merülőforraló működését!



A 230 V-os csatlakozást **TILOS** használni!

44. A 230 V-os csatlakozás



A merülőforralót a kizárólag a munkaasztal előlapján levő, 24 V-os feszültségforrásra szabad csatlakoztatni.

45. A 24 V-os csatlakozás

FIGYELEM!

Ha a merülőforraló nem tudja leadni a hálózatról felvett energiát, akkor túlmelegedve tönkremehet. A levegő rossz hővezető, ezért levegőben SOHA ne használjuk a merülőforralót, csak folyadékba merítve! Ügyeljünk arra is, hogy a forraló az üveg főzőpohárhoz legfeljebb csak rövid ideig érjen hozzá.

2. a) Öntsünk főzőpohárba kb. 3 dl vizet, engedjük bele a merülőforralót és 2-3 percre kapcsoljuk be. Ezzel felmelegítettük a forralót üzemi hőmérsékletére. Miért kellett előmelegíteni az *ellenállásmérés* előtt?

Most kapcsoljuk ki a merülőforralót (de maradjon a vízfürdőben), és mérjük meg ellenállását a multiméter ellenállásmérő funkciója segítségével.

$$R_{\text{forraló}} = \dots \Omega$$

Mérjük meg a merülőforralóra kapcsolt feszültséget (20 V-30 V közötti feszültséget várhatunk, ezért a méréshatárt a DCV 200-as méréshatárra állítsuk.)

$$U_{\text{forraló}} = \dots V$$

Ismerve a merülőforralóra kapcsolt feszültséget és üzemi ellenállását, számítsuk ki a teljesítményét. (Használjuk fel a már ismert képleteket:  $P = U \cdot I$ , illetve  $U = I \cdot R$ .)

A merülőforraló teljesítménye:

$$P_{\text{forraló}} = \dots W.$$

Tegyük a hőmérőt a főzőpohárban levő vízbe (ügyeljünk, hogy a forraló ne érjen hozzá a hőmérőhöz) és mérjük meg a víz hőmérsékletét.

$$T_1 = \dots ^\circ\text{C}.$$

Kapcsoljuk be a merülőforralót és mérjük meg, hogy mennyi idő alatt melegíti fel a vizet 10 °C-kal.

$$t = \dots s \text{ (sec)}.$$

Hasonló ütemű melegedést feltételezve számítsuk ki, hogy kb. mennyi idő múlva éri el a főzőpohárban levő víz újabb 25 °C-os hőmérsékletemelést. (Az egyenletesebb melegedés miatt az üveg hőmérővel óvatosan keverjük a vizet.)

$$\Delta t_{\text{számított}} = \dots s.$$

Méréssel ellenőrizzük ezt a becslést.

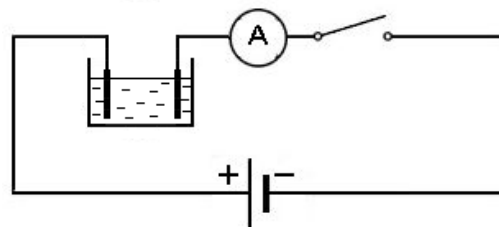
$$\Delta t_{\text{mért}} = \dots s.$$

Mi lehet az eltérés oka?

Most az elektromos áram **kémiai (vegyi) hatás**át vizsgáljuk meg.

### 1. Ionvezetés

1. a) Merítsünk be egy főzőpohárba töltött vízbe két szénrudat (a lehető legtávolabb egymástól) és kössük rá kb. 4 V feszültséget. Kapcsoljunk az áramkörbe áramerősség-mérőt is.



46. Ionvezetés

Látunk-e valami változást a vízben (ha igen, mit)?

Mekkora áramot mér a műszer?

$$I_{11} = \dots\dots \text{ A .}$$

Közelítsük egymáshoz kb 1 cm-re a két szénrudat.

Látunk-e változást (ha igen, mit)?

Mekkora áramot jelez most a műszer?

$$I_{12} = \dots\dots \text{ A.}$$

Mérjük meg a feszültséget (ezt menet közben nem változtattuk).

$$U = \dots\dots \text{ V.}$$

Számítsuk ki mindkét esetre a folyadék ellenállását

$$R_{11} = \dots\dots \Omega$$

$$R_{12} = \dots\dots \Omega$$

1. b) Szórjunk a vízbe egy-két kávéskanálnyi konyhasót és ismételjük meg az előző méréseket. (A feszültség változatlan.)

$$I_{21} = \dots\dots \text{ A .}$$

$$I_{22} = \dots\dots \text{ A .}$$

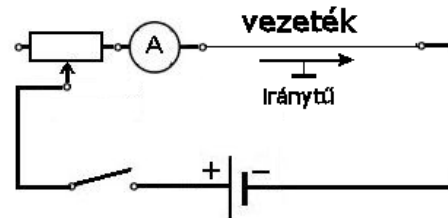
$$R_{11} = \dots\dots \Omega$$

$$R_{12} = \dots\dots \Omega$$

Látni-e változást a szénrudak körül az előző sorozathoz képest (ha igen, mit)?

Vizsgáljuk meg az elektromos áram **mágneses hatását**

1. a) Tegyük le az asztalra egy iránytűt, fölé, vele párhuzamosan tartunk oda egy vezetékét, majd – rövid időre (2-3 másodpercre) – kapcsoljunk áramot a vezetékre egy potenciométer sorba kapcsolásával A potenciométer csúszkáját állítsuk középre. (A megfigyelés után *kapcsoljuk ki az áramkört!*)  
Mit tapasztalunk?



47. Oersted kísérlete

Mivel az iránytűhöz semmilyen *test* nem ért hozzá, ezért mi okozta ezt?

1. b) Ismételjük meg az előző kísérletet úgy, hogy a potenciométer csúszkáját úgy mozgassuk el, hogy ellenállásának kb. negyede legyen bekapcsolva.

Mit tapasztalunk?

Mire következethetünk ebből?

## **1.10. Permanens mágnesek; a mágneses mező**

Mágnesdarabkákkal –remélhetőleg- mindenki játszott már. Ezen a gyakorlaton rendszerezzük eddigi tapasztalatainkat.

1. Mágneses alapjelenségek állandó (permanens) mágnesekkel

1. a) Közelítsünk egy mágnesrúd egyik végével egy iránytűnek az észak felé mutató végéhez.

Mit tapasztalunk? Mire következethetünk ebből?

Most a mágnesrúd ugyanezen végével az iránytű dél felé mutató végéhez.

Mit tapasztalunk?

Most fordítsuk meg a mágnesrudat és ismételjük meg a két kísérletet.

Mit tapasztalunk?

Töltsünk egy kis tálba vizet. Mágnesezzünk fel egy borotvapengét, és óvatosan helyezzük az edény közepén a víz tetejére úgy, hogy ne süllyedjen le. Ezzel egy vízszintes síkban szabadon mozgó iránytűt készítettünk? Mit tapasztalunk?

Elindul-e a borotva penge észak, dél vagy bármilyen irányban?

Elfordul-e valamilyen irányban?

Miért fordul el az iránytű (akár az előző, tengelyen forgó, akár a mostani, víz tetején úszó)?

A borotvapenge a Föld homogénnek tekinthető mágneses mezőjében van. Mi a mágneses mező alapvető hatása: erőkifejtés vagy forgatónyomaték kifejtése?

1. b) Hogyan lehet egy vasból (acélból) készült testet mágnesessé tenni? Ennek egyik módja, hogy az állandó mágnes egyik pólusát többször végighúzzuk rajta, mindig egy irányban. Mágnesezzük fel a kiadott mágnessel az acél huzalt (pl. kerékpár küllőt).

Hogyan lehet ellenőrizni, hogy mágnesessé vált?

1. c) Most vizsgáljuk meg, hogy mindenhol egyenletesen erős mágnes lett-e a felmágnesezett pálcá. Ezt a vizsgálatot vasreszeléssel/vasporral tehetjük meg. Mivel azonban ha a mágnes magához vonzza a vasport, elég nehéz róla eltávolítani, ezért a vasport kémcsőbe tettük. Fogjuk a felmágnesezett pálcát a kémcső felső részéhez (vele párhuzamosan) és kicsit rázogassuk meg őket együtt, majd vegyük szemügyre.

Rajzoljuk le, hogy hogyan rendeződnek el a vaspor szemcséi?

Egyenletesen mágnesezett-e a pálcá? Miből következtethetünk erre?

1. d) Most csípőfogóval vágjuk félbe a felmágnesezett huzalt. Mindkét darabbal ismételjük meg a vasreszelékes kísérletet.

Rajzoljuk fel egymás mellé a két rajzot. Ügyeljünk, hogy ne cseréljük fel a pólusokat, így az iránytűvel a pólusok fajtáját is ellenőrizzük le. Írjuk oda a rajzra a pólusok nevének kezdőbetűjét.

Ha elég erősen mágnesztük be a pálcát, akkor egy újabb félbevágás után ismét megnézhetjük, hogy ugyanaz a jelenség ismétlődik-e megint?

Lehet, vagy nem lehet darabolással egypólusú mágnes létrehozni?

1. e) Az egyik darabka pálcát ismét mágnesezzük fel, a mágnesezettséget ellenőrizzük iránytűvel! Fogjuk meg csipesszel a pálcát és izzítsuk fel gyertya lángjába tartva. Miután kihűlt (vízzel gyorsíthatjuk a lehűlést), ismét ellenőrizzük mágnesezettségét úgy, hogy mindkét végét közelítsük az iránytű pl. északi pólusához. Ha a pálca mindkét vége vonzza az északi pólust, akkor elveszítette mágnesezettségét.

Mit tapasztaltunk? Mire következtethetünk ebből?

2. A mágneses mező szerkezete

Ahogy a gravitációs és az elektromos mezőnek van szerkezete, úgy a mágneses mezőnek is. A mágneses mező szerkezetét vaspor/vasreszelék segítségével tehetjük láthatóvá.

2. a) Rúdmágnes fölé tegyünk műanyag fóliát (írásvetítő fóliát) és kb. 30 cm magasságból lazán, lehetőleg egyenletesen szórjunk a lapra vasport. (Ha a vaspor nem rajzol ki szabályos vonalakat, oldalról a fóliát gyengéden ütögessük meg, hogy a fólia a tapadási erő helyett a nála kisebb súrlódási erővel hasson a vasporra.)

Vázoljuk fel a mágnesrúd helyzetét és a kialakuló ábrát!

2. b) Öntsük a tálcára a vasport a fóliáról és ismételjük meg a kísérletet az asztalra letett kisebb mágnesdarabkák tetszőleges elrendezésével. Mielőtt letesszük a mágneseket, az iránytű segítségével ellenőrizzük a pólusaikat. Vázoljuk fel a mágnesdarabkák helyzetét és a kialakuló ábrát! Tüntessük fel az ábrán a mágnes pólusainak nevét.

2. c) Változtassunk a mágnesek elrendezésén úgy, hogy amennyire csak tudjuk, egymással párhuzamos, egyenes vonalak alakuljanak ki a vasporból. Most is vázoljuk fel a mágnesdarabkák helyzetét és a kialakuló ábrát! Tüntessük fel az ábrán a mágnes pólusainak nevét.

3. A mágneses mező egyes pontjainak erősségét nem egyszerű megmérni, ezért ezt tanári demonstrációval nézhetjük meg.

## **1.11. Az elektromágnes**

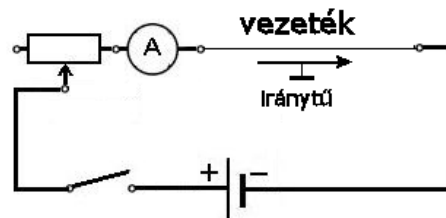
A mai alkalommal mágneses mezőt fogunk létrehozni és használni.

## 1. Áramhurok mágneses mezője

(Ezeknél a kísérleteknél a *megfigyelés után azonnal kapcsoljuk ki az áramot!*)

1. a) Mivel nagyon egyszerű, de nagyon tanulságos végezzük el a 48. ábra kísérletét.

Tegyük le az asztalra egy iránytűt, fölé, vele párhuzamosan tartsunk oda egy vezetékét, majd –rövid időre (2-3 másodpercre)- kapcsoljunk áramot a vezetékbe egy potenciométer sorba kapcsolásával. A potenciométer csúszkáját állítsuk középre. Kapcsoljuk be, majd ki az áramkört néhányszor.



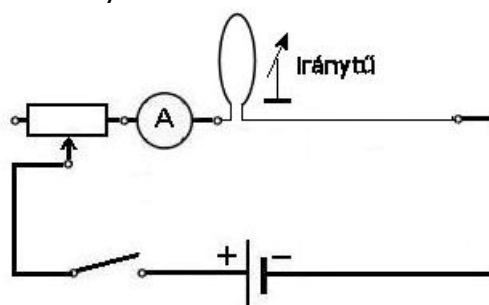
48. Oersted kísérlete

Mivel az iránytűt a mágneses mező forgatja, a kísérlet egyértelműen mutatja, hogy *elektromos árammal lehet mágneses mezőt létrehozni*.

1. b) Hogyan tudnánk viszonylag kis helyen viszonylag erős mágneses mezőt létrehozni?

Ha az árammal átjárt vezeték hurokká hajlítjuk össze, a kisebb helyet már elértük.

Merev, szigetelt huzallal tekerjünk egyszer körül egy műanyag csődarabot, majd a csövet húzzuk ki. Helyezzünk el a hurok tengelyében a hurkon kívül egy iránytűt, és a tekercset mozgassuk el úgy, hogy az iránytű tengelyére merőlegesen álljon. Potenciométeres kapcsolással RÖVID időre kapcsoljuk a hurokra a feszültséget. (49. ábra) Az áramerősség legyen 1 A. Kapcsoljuk be, majd ki az áramkört néhányszor.



49. Áramhurok mezője

Mit tapasztalunk?

1. c) Csökkentsük, majd óvatosan növeljük vissza 1 A-re az áramerősséget.

Közben tapintással ellenőrizzük, hogy a vezeték legfeljebb langyos legyen, de **NE FORRÓSODJON FEL!**

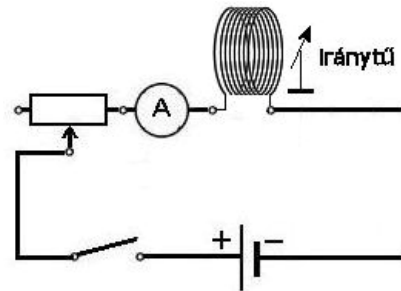
Mit *tapasztalunk*, mire *következtetünk* ebből?



1. d) A feszültségforrás csatlakozásainak felcserélésével változtassuk meg az áramirányt. Kapcsoljuk be, majd ki az áramkört néhányszor. Mit *tapasztalunk*, mire *következtetünk* ebből?

2. Tekercs mágneses mezője

2. a) Tekerjük a csőre a vezeték többi részét is úgy, hogy többmenetes hurkot alakítsunk ki. A többmenetes hurkot **tekercs**nek (szolenoid) nevezzük. (50. ábra)



50. Tekercs mezője

Rövid időre kapcsoljuk a tekercsre a feszültséget. A potenciométerrel állítsuk vissza az 1 A-es áramerősséget. Kapcsoljuk be, majd ki az áramkört néhányszor. Mit *tapasztalunk*, mire *következtetünk* ebből?

2. b) Csökkentsük, majd növeljük az áramerősséget. Közben tapintással ellenőrizzük, hogy a vezeték ne forrósodjon fel. Mit *tapasztalunk*, mire *következtetünk* ebből?

2. c) Toljunk a tekercsbe fémből készült rudat, csövet. Kapcsoljuk be, majd ki az áramkört néhányszor. Mit *tapasztalunk*, mire *következtetünk* ebből?

2. d) A feszültségforrás csatlakozásainak felcserélésével változtassuk meg az áramirányt. Kapcsoljuk be, majd ki az áramkört néhányszor. Mit *tapasztalunk*, mire *következtetünk* ebből?

Ha a fém magra tekert vezetékre feszültséget kapcsolunk, akkor kisebb-nagyobb fém tárgyakat magához vonz. Ezt az eszközt **elektromágnes**nek nevezzük.

## 1.12. A villanymotor

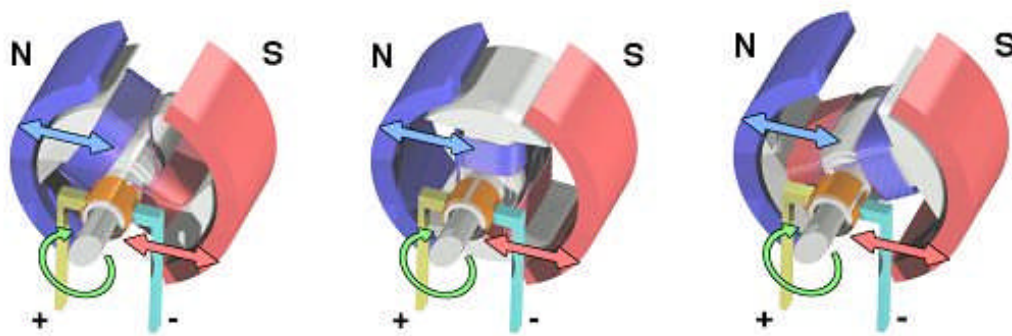
Láttuk, hogy –ha csak időlegesen is– a mágnessel mozgást lehet létrehozni. Hogyan lehetne ezt a mozgást folyamatosá tenni, továbbá hogyan lehet megváltoztatni a mozgás jellemző tulajdonságait? Ezzel fogunk foglalkozni a továbbiakban.

Mivel a mozgást tetszőleges ideig szeretnénk fenntartani, ezért a gépünknek időről-időre vissza kell térnie eredeti helyzetébe, vagyis periodikus mozgást kell végeznie. Ilyen mozgás például a körmozgás.

### 1. Mozgásba hozzuk a mágnesset

1. a) Egy kis iránytűt –némi ügyeskedéssel- forgómozgásra lehet készíteni egy ügyesen mozgatott mágnes segítségével. Próbáljuk ki, hogy ez nekünk sikerül-e?

1. b) Nyilván nem nagyon használható az a motor, amit kézi erővel lehet forgásra bírni. De az elvet megtarthatjuk: időben megváltoztatott mágneses mezővel forgásra lehet bírni egy mágnesset. Ha mágneses mezőt elektromos árammal hozzuk létre, akkor az áram erősségének, vagy irányának a megváltoztatásával meg lehet változtatni az általa létrehozott mágneses mezőt. Az 51. ábra a sokféle villanymotor egyikét mutatja.



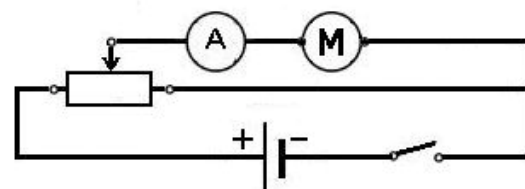
51. A villanymotor működési elve

(Forrás: [http://hu.wikipedia.org/wiki/Egyenáramú\\_gép](http://hu.wikipedia.org/wiki/Egyenáramú_gép))

Ez a motor egy álló állandó mágnesből (N= északi pólus; S= déli pólus) egy forgatható elektromágnesből áll. Az elektromágnes két vezetéke két, hengerszerű félgűrűhöz van vezetve, melyek csúszó érintkező segítségével kapcsolódnak az áramforráshoz.

Tanulmányozzuk az ábrát és fejtjük meg a motor működését.

1. c) Állítsuk össze az 52. ábra áramkörét.



52. Villanymotor vizsgálata

A potenciométer segítségével csökkentjük, majd növeljük a motoron átfolyó áramot.

Mit tapasztalunk, mire következtetünk ebből?

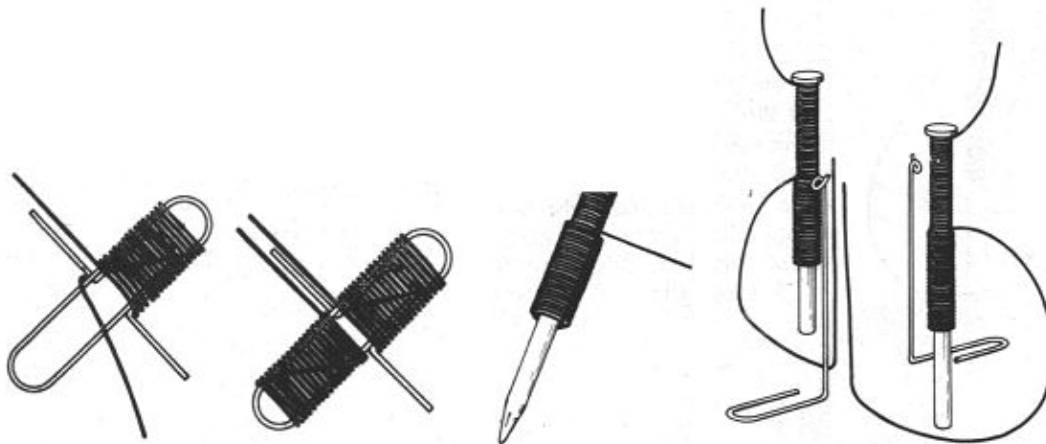
1. d) A feszültségforrás csatlakozásainak felcserélésével változtassuk meg az áramirányt. Bekapcsolás után a potenciométer segítségével csökkentjük, majd növeljük a motoron átfolyó áramot.

Mit tapasztalunk, mire következtetünk ebből?

2. Készítsünk villanymotort

Némi kezűgyességgel magunk is készíthetünk villanymotort. Egy fa alaplap, két 10 cm hosszú szög, három nagyméretű gémpapoc, 6 db rajzszög egy laposelem és méternyi lakkszigetelésű rézhuzal kell hozzá.

Az alábbi ábrák segítenek a leírás megértésében.



53. Villanymotor készítése

(Forrás: Fizikai kísérletek gyűjteménye 2. kötet 271-272. oldal.)

Először készítsük el a forgórészt. Az első gémpapoc két szárát hajlítsuk ki és annyit csípjünk le belőlük, hogy kb. 1,5 cm maradjon mindkét végéből.

Tekerjük rá ugyanabban az irányban mindkét felén kb. 20-20 menet rézhuzalt úgy, hogy a végeket középre vezetve kb. 3-4 cm kiálljon. A huzal két végéről kaparjuk le a szigetelést.

Másodszor az állórész következik. Mindkét 10 cm hosszú szögre a fejtől lefelé tekerjük fel szorosan 20-25 menetet a rézdrótból, majd visszafelé a közepéig kb. feleennyit. A két-két szabad drótvég legyen kb. 20-20 cm. Az összes drótvégről kaparjuk le a szigetelést.

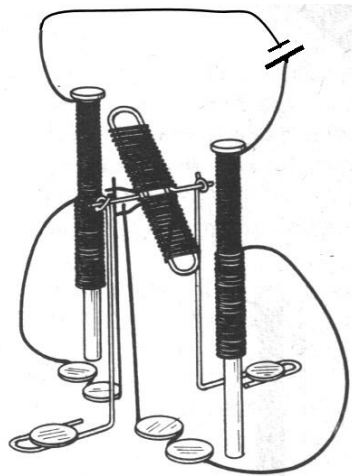
A motor állványa következik. A maradék két gémpapoc külső részét hajlítsuk ki egyenesre, majd a megmaradt rész közepénél hajlítsuk meg derékszögben, így kis talpacska keletkezett, melyre merőlegesen áll a kihajlított rész. Ennek a végére fogóval kicsi hurkot készítsünk, ebbe fog a forgórész tengelye beleilleszkedni.

A motor összeállításához először az állórész tengelyeit helyezük el egymással szemben a fa lapon és illesszük beléjük a forgórészt. Ha minden rendben, rajzszőgezzük le őket a két kis talpacska segítségével.

A forgórészt állítsuk vízszintesre és verjük be melléjük a két tekerccsel ellátott szöget úgy, hogy a forgórész működés közben ne érjen hozzájuk

A középig feltekercselt drótvégeket az egyik oldalon a tengelyhez közel rajzszőgezzük le úgy, hogy a forgórész megmaradt drótvégei vízszintes helyzet esetén hozzá simuljanak, de függőleges helyzetben ne érjenek hozzá.

A szögekre tekert vezetékvégeket kapcsoljuk lapoloselemhez. Ha mindent jól csináltunk, a motor – esetleg kis segítséggel- forgásba jön.



54. A kész motor

(Forrás: Fizikai kísérletek gyűjteménye 2. kötet 271-272. oldal.)

Hogyan lehet a forgás sebességét növelni, illetve csökkenteni?

## **2. Hőtan**

A hőtanhoz tartozó jelenségekkel lépten nyomon találkozunk, de sokszor eszünkbe sem jut, hogy a fizikának ehhez a területéhez tartozó jelenséggel találkoztunk. Sokan nem gondolnak arra, hogy a hőtan ad magyarázatot arra a kérdésre, hogy a gyártás során miért nem töltik sosem színültig a palackokat? (Van, akinek ez eddig fel sem tűnt.) Ha a magyarázatot megértjük, akkor már mi nem fogjuk ezt a hibát elkövetni. Még számtalan hasonló jelenséggel

találkozhatunk. Ha megértjük a hőtan főbb szabályait, akkor a világ megint egy fokkal érthetőbb és ezáltal egy fokkal barátságosabbá válik számunkra.



Ebben a fejezetben gyakran dolgozunk forró testekkel. Mindig körültekintően bánjunk a tűzzel illetve a felforrósított eszközökkel!

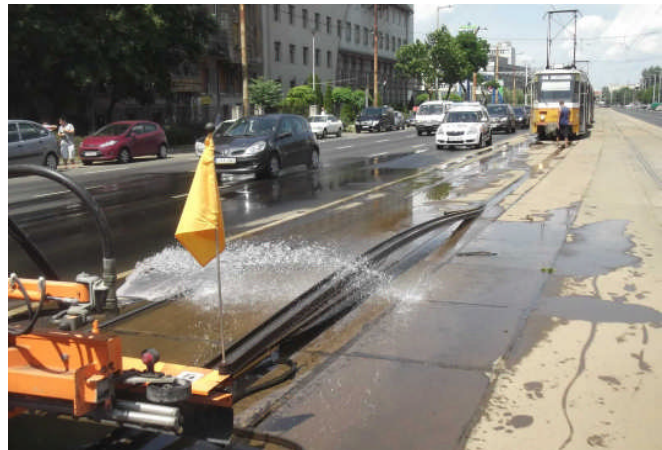


## 2.1. Hőtágulás; hőmérők

Tapasztalhatta bárki, hogy ha különböző testek hőmérsékletét megemeljük, akkor megváltoznak méretei.

A nagy nyári melegben locsolják a felpúposodott síneket, hogy hőmérsékletét lecsökkentve visszanyerje eredeti hosszát.

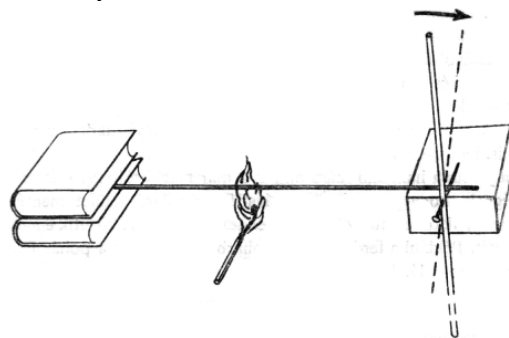
(<http://users.atw.hu/kepekszoveggel/045sinpuposodas/2013-06-16hungaria87.htm>)



55. Villamos sín felpúposódott a melegtől

### 1. Szilárdtestek hőtágulása

1. a) A szilárdtestek hőtágulása elég kicsi hatás. Mutassuk ki a jelenséget az 56. ábrán látható eszközzel. (Az ábra csak a kísérlet elvi elrendezését mutatja.)



56. Fém pálcá hőtágulása

(Forrás: Öveges József Kísérletezzünk és gondolkodjunk, 174. old.)

A melegítendő pálcá lehet alumínium huzal vagy acélhuzal (kerékpárküllő). (Küllő esetén a kampós végét érdemes a könyvek alá tenni, hogy biztosan álljon. Ha

könyvek helyett szorító csavart használunk, akkor viszont jobb a menetes végét beszorítani.). Lehet, hogy a vízszintes pálca nem szorul rá eléggé a jobb oldalon lévő gombostű tengelyre. Ilyenkor érdemes a jobb oldalon az alátámasztás közelében ráakasztani egy kis nehezéket, pl. 50 g-os testet. Mutatónak közepén átszúrt szívószálat használjunk. Ha nem elég magas az alátámasztás, akkor a mutatót vagy helyezzük el vízszintesen, vagy húzzuk ki előre a pad széléig. Gyufa helyett mécsest használjunk.

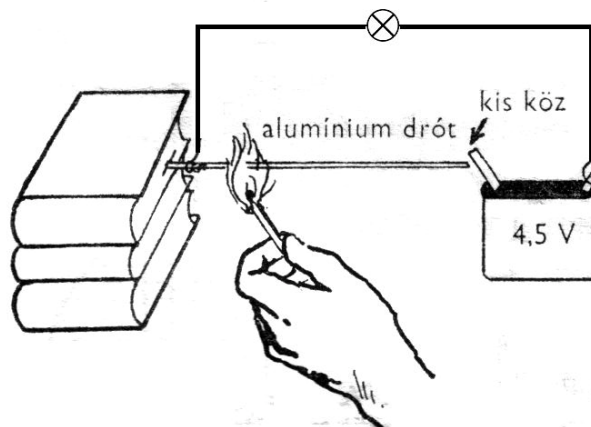
Mit tapasztalunk?

A szívószálat miért a közepén kell átszúrni?

1. b) Melegítsük egy, kettő majd három különböző helyen egyszerre a fém pálcát (egy, kettő illetve három mécsesek segítségével).

Mit *tapasztalunk*, mire *következtetünk* ebből?

1. c) Az elrendezést átalakíthatjuk „tűzjelző” modellé. Vegyük el a jobboldali mutatót az alátámasztással (és az esetleg ráakasztott kis súllyal) és tegyük a helyére egy zseblámpa elemet az 57. ábrán látható módon.



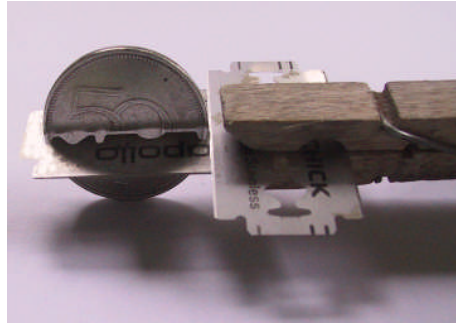
57. Tűzjelző modell

(Forrás: Öveges József: Kísérletezzünk és gondolkozzunk. 177. old.)

Mitől függ, hogy a melegítés megkezdése után mennyi idő múlva jelez „tüzet” az izzólámpa?

1. d) Egy másik egyszerű kísérlettel is bemutatható a jelenség.

Szükségünk van két borotvapengére, egy 50 Ft-os érmére, két ruhacsipeszre és egy mécsestre. Az egyik penge középső nyílásába helyezzük be az érmét, és a másik pengét úgy rögzítjük rá keresztben, hogy az érme éppen csak átférjen. Csipesszel megfogva az 50 Ft-os érmét melegítsük kb. egy percig. Ha most megpróbáljuk átcsúsztatni a penge nyílásán, nem sikerül, mert az érme átmérője megnőtt.



58. Rész hőtágulása

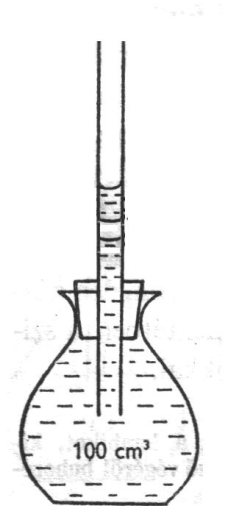
Mit tapasztalunk, ha most a pengét is fölmelegítjük az érmével együtt?

## 2. Folyadékok hőtágulása

2. a) A folyadékos hőmérőt nem kell senkinek sem bemutatni. Egy kis tartály tartalmazza a folyadékot, amely egy vékony, lezárt csőben végződik. A cső mellett skálát találunk. Modelljét az 59. ábrán láthatjuk. Tenyerünkkel melegítsük a modell tartályát.

Mit tapasztalunk?

Miért nem ezzel az eszközzel érdemes megmérni a testünk hőmérsékletét?



59. Folyadék hőtágulása 1.

2. b) Vizsgáljuk meg a folyadékok hőtágulását.

Egy kb.  $100 \text{ cm}^3$ -es lombikot színültig töltsünk meg szobahőmérsékletű petróleummal, majd dugjuk be átfúrt dugóval. A dugó nyílásába jól záródó üvegcsövet szúrunk. Ha az előbb színültig töltöttük a lombikot, akkor egy kevés petróleum feljutott az üvegcsőbe is. Ragasztós papírral alulról jelöljük meg a folyadék szintjét.

Olvassuk le a hőmérőről a levegő hőmérsékletét

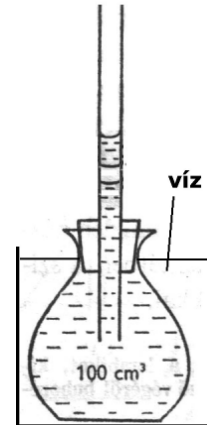
$$T_1 = \dots \text{ °C}$$

Fogjuk a lombikot a tenyerünkbe és melegítsük.

Mit tapasztalunk?

2. c) Határozzuk meg a petróleum térfogati hőtágulási együtthatóját. Ehhez helyezzük a lombikot kb.  $80$

°C-os vizet tartalmazó főzőpohárba. Üvegbottal (vagy óvatosan a hőmérővel) keverjük a lombik körül a forró vizet. Várjuk meg, míg a csőben a petróleum szintje már nem változik.



60. Folyadék hőtágulása 2.

Jelöljük meg az üvegcsövön az új folyadékszintet és olvassuk le a vízfürdő hőmérsékletét. (Ezzel megegyezik a petróleum hőmérséklete.)

$T_2 = \dots\dots$  °C, ebből a hőmérsékletváltozás:  $\Delta T = T_2 - T_1 = \dots\dots$  °C.

A cső belső átmérőjének ismeretében számítsuk ki a térfogat növekedését:

$$\Delta V = \dots\dots \text{ cm}^3.$$

Öntsük ki mérőhengerbe a lombikból a petróleumot és mérjük meg a térfogatát. *Vigyázzunk, mert a petróleum még forró!*

$$V_1 = \dots\dots \text{ cm}^3.$$

Ezekből kiszámítható a térfogati hőtágulási együttható.

$T_1$	$T_2$	$\Delta T$	$\Delta V$	$V_1$

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_1 \cdot \Delta T} =$$

A kapott eredményt hasonlítsuk össze a függvénytáblázatban szereplő adattal.

2. d) Mi okozhatta az eltérést?

2. e) Hogyan működik a Galilei hőmérő?

3. Gázok hőtágulása

Vajon a gázok is kitágulnak a hőmérsékletemelkedés hatására?



3. a) Egy kólásüveg száját vékonyan kenjük be olajjal és tegyünk rá egy szintén vékonyan beolajozott pénzérmét. (Olyan érmével, amelyik éppen lefedi az üveg száját.) Tenyerünkkel körbefogva melegítsük az üveg oldalát.  
Mit tapasztalunk, mire következtetünk ebből?

3. b) Mérjük meg a levegő hőtágulási együtthatóját. Ehhez használjuk az előző lombikot (60. ábra), de öntsük ki belőle a petróleumot. Az előző kísérlethez képest viszont fordítva járjunk el. Vízfürdőben melegítsük fel a levegővel teli lezáratlan lombikot. A vízfürdő remélhetőleg már lehűlt kb. 35-40 °C-ra.

A lezáratlan csövű lombikot állítsuk be a vízfürdőbe és –az előzőek figyelembevételével- tartsuk benne kb. 5 percig. Eközben fölmelegszik a benne levő levegő.

A lombikban levő levegő hőmérsékletét ismét a vízfürdő hőmérsékletének leolvasásával kapjuk:

$$T_1 = \dots \text{ °C}$$

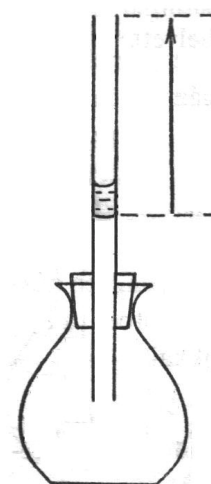
Most vegyük ki a vízfürdőből a lombikot és a benne lévő üvegcső kiálló végét 1-2 cm-re nyomjuk a petróleum alá mindaddig, míg kb. 5 mm magas cseppet nem szív be a lehűlő levegő.

Akkor vegyük ki, és lefelé tartva várjuk meg, míg a petróleum csepp megállapodik. (Ha túl keveset mozdult el a csepp, akkor forróbb fürdővel ismételjük meg a levegő fölmelegítését.)  
Olvassuk le megint a szobahőmérsékletet:

$$T_2 = \dots \text{ °C}$$

Szükségünk van a levegő térfogatváltozására. Ezt az ábrán megjelölt cső térfogata adja. Mérjük le a hosszúságváltozást és szorozzuk be a henger alapterületével.

$$\Delta V = \dots \text{ cm}^3$$



61. Gáz hőtágulása

Kell még a levegő kiinduló térfogata, de ez megegyezik a petróleum térfogatával. Az össztérfogathoz képest a csőben levő levegő térfogata nem számottevő, nélküle is számolhatunk.

Minden adat rendelkezésünkre áll a térfogati hőtágulási együttható kiszámításához:

$T_1$	$T_2$	$\Delta T$	$\Delta V$	$V_1$

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_1 \cdot \Delta T} =$$

Megjegyzés: Bármilyen tulajdonság alkalmas lehet hőmérsékletmérésre, ami megváltozik a hőmérséklet megváltozásakor. Korábban láttuk, hogy az izzószál elektromos ellenállása is megváltozott a hőmérséklet emelésével. Ezt a hatást használják az elektronikus hőmérők.

## 2.2. A Boyle-Mariotte törvény vizsgálata

Ha kerékpárt pumpálunk fel, akkor a dugattyú minél lejjebb van, annál nehezebb még lejjebb tolni. Aki ismeri Boyle-Mariotte törvényt, az tudja, hogy miért van ez így? Ez a törvény azt mondja ki, hogy ha tetszőleges anyagú *gáz hőmérséklete és mennyisége állandó* (izotermikus folyamat), akkor *nyomás és térfogata fordítottan arányos* egymással.

Matematikai alakban:

$$\text{Ha } T \text{ és } n \text{ állandó, akkor } p_1 V_1 = p_2 V_2$$

Leegyszerűsítve: ahányszorosára nő a térfogat, annyira csökken a nyomás és fordítva. Ezt a függvénytulajdonságot fogjuk most kísérleteinkben ellenőrizni.

1. A Boyle-Mariotte törvényből származó függvény menetének ellenőrzése.

Először csak annyit vizsgáljunk meg, hogy a térfogat csökkentése a nyomás növelésével jár.

1. a) Egy üveg palackba toljunk bele egy jól illeszkedő, de nem túl szoros műanyag vagy parafa dugót, melyet előtte kissé beolajoztunk. Figyeljük meg, hogy kb. mekkora erőt kell ehhez kifejtenünk. Most töltsünk meg majdnem teljesen tele vízzel, csak kb. 5 cm szabad rész maradjon a folyadék fölött. Kíséreljük meg benyomni a dugót.

Melyik esetben volt nehezebb betolni a dugót? Miért? (A magyarázatban térjünk ki arra, hogy hogyan lesz az általunk kifejtett erőből a törvényben szereplő nyomás.)

1 b) Vegyünk elő egy fecskendő, húzzuk ki a dugattyúját. A nyitott, elkeskenyedő végét szorítsuk rá egy gumilapra (radírgumira) és toljuk be a

dugattyút. Ügyeljünk, hogy levegő ne távozhasson a fecskendőből. Mit tapasztalunk az általunk kifejtett erőről, ahogyan a dugattyú egyre beljebb halad?

Magyarázzuk meg, hogy miért? (A magyarázatban ismét térjünk ki arra, hogy hogyan lesz az általunk kifejtett erőből a törvényben szereplő nyomás.)

1. c) Mérjük meg a fecskendő alábbi adatait és a légnyomást. Ezek ismeretében számítsuk ki, hogy –a sűrűdés hatását nem tekintve- mekkora erővel lehet a fecskendőben lévő gázt a 3/4 részére, felére, 1/4 részére összenyomni?

Töltsük ki az alábbi táblázatot! ( $r$  a dugattyú sugara,  $A=r^2\pi$  a dugattyú keresztmetszete.) Ne feledkezzünk meg arról, hogy a kinti levegő nyomása révén segíti az erő kifejtésünket.

$r$	$A$	$p_0$	$p_{3/4}$	$F_{3/4}$	$p_{1/2}$	$F_{1/2}$	$p_{1/4}$	$F_{1/4}$

Számításaink alátámasztják, hogy a térfogat csökkentésével rohamosan nő a szükséges erő.

1. d) Egy ép szélű üvegpohárba (vagy gyűszűbe) öntsünk kézmeleg vizet, max. fél cm maradjon üresen. Tegyük a tetejére száraz szívópapírt úgy, hogy ne érjen bele a vízbe. Szorítsunk a papírra egy sima üveglapot, és óvatosan fordítsuk meg az egészet a tálca fölött, de a víz ne ömöljön ki belőle, majd tegyük le a tálcára. Várjunk egy keveset, amíg a víz kiszív valamennyi vizet a pohárból. Ügyeljünk, hogy a víz helyére levegő ne jusson. Ha már nem csökken a víz szintje tovább a pohár tetején, óvatosan próbáljuk felemelni a poharat, de az üveglapot ne fogjuk. (Óvatosan kicsit *függőlegesen lefelé* még húzhatjuk is gyengéden az üveglapot.)

Magyarázzuk meg a jelenséget. (A magyarázatban a figyelmünket a víz fölötti levegőre irányítsuk.)

## 2. A Boyle-Mariotte törvény ellenőrzése méréssel.

Pontosabb méréssel ellenőrizzük a  $p_1V_1 = p_2V_2$  összefüggést.

A feladat egyszerűnek tűnik, csak térfogatot és nyomást kell mérnünk a folyamat elején és a végén. A térfogatmérés egyszerűbb, de a nyomásméréshez pontos nyomásmérőre van szükségünk, amit csatlakoztatnunk kell az állandó mennyiségű gázt tartalmazó gáztartályhoz. Ez már nem egyszerű feladat. A következő kísérletben a nyomást számolni fogjuk, nem pedig mérni. Ez a kísérlet nem teszi lehetővé, hogy a törvényben szereplő  $pV$  szorzat nagy pontossággal állandó maradjon, de mégis érdemes megcsinálni, mert -többször elvégezve- alátámasztja törvény érvényességét.

Egy nagyméretű üveg vagy műanyag flakon tetejébe légmentesen beragasztottunk egy vékony üvegcsövet, ami kb. 20-25 cm-re kiáll a dugóból (62. ábra). A cső felső végétől a flakon szája felé haladva cm skálát ragasztottunk. A flakonban levő levegőt fogjuk megvizsgálni. (Az egyszerűség kedvéért minden hosszúságot cm-ben mérünk.)

Először határozzuk meg a flakonban és a csőben levő levegő együttes térfogatát, mely a vizsgált levegő kiinduló térfogata lesz. A flakon térfogatát ( $V'$ ) –a cső nélkül- előzőleg lemértük és ráírtuk a flakonra.

Mérjük le a kiálló cső hosszát  $l_{cs} = \dots\dots\dots$  cm.

Mérjük le a cső belső átmérőjét és számítsuk ki a keresztmetszetét.

$$d = \dots\dots\dots \text{ cm}, \quad A = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \pi = \dots\dots\dots \text{ cm}^2$$

Ezekből a cső térfogata:  $V_{cs1} = A \cdot l_{cs} = \dots\dots\dots \text{ cm}^3$ .

Helyettesítsünk be az iménti képletbe:  $V_1 = V' + V_{cs1}$

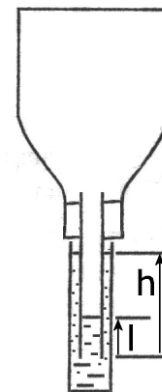
A benne levő levegő nyomása megegyezik a terem levegőjének nyomásával, melyet olvassunk le.  $p_0 = \dots\dots\dots$  Pa

Szájával lefelé nyomjuk víz alá a csövet kb. 20 cm mélyen ( $h$ ). A víz kicsit behatolt a csőbe, ezzel a térfogatát csökkentette, a nyomását növelte.

Az új térfogat :  $V_2 = V_1 - V_{v\acute{z}}$ .

Olvassuk le, hogy hány cm-re hatolt be a víz a flakonba.

$$l = \dots\dots\dots \text{ cm}$$



62. Gáz tágulása

Ebből  $V_{v\acute{z}} = A \cdot l = \dots\dots\dots \text{ cm}^3$ .

Behelyettesítve:  $V_2 = V_1 - V_{v\acute{z}} = \dots\dots\dots \text{ cm}^3$

Az új nyomás azért lesz nagyobb, mint a kinti légnyomás, mert a víz hidrosztatikai nyomása megnövelte.  $p_2 = p_0 + p_{v\acute{z}}$ .

$P_{v\acute{z}} = h \cdot \rho \cdot g$ , ahol  $\rho$  a víz sűrűsége:  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$   $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .  $h$ -t most méterben helyettesítsük be, hogy a nyomást Pa-ban kapjuk.

Behelyettesítve:  $P_{v\acute{z}} = h \cdot \rho \cdot g = \dots\dots\dots$  Pa.

Az új nyomás:  $p_2 = p_0 + p_{\text{víz}} = \dots \text{ Pa}$

Nem maradt más hátra, mint ellenőrizni, hogy mennyire teljesül Boyle-Mariotte törvénye.

$p_1 (= p_0)$	$V_1$	$p_1 \cdot V_1$
$P_2$	$V_2$	$P_2 \cdot V_2$

A két szorzat nem egyezik meg (ezt előre lehetett sejteni). Számítsuk ki mennyire volt pontos a mérésünk. Tekintsük a szorzat pontos értékének a két szorzat számtani közepét. Nézzük meg, ez hány százaléka a nagyobbik szorzatnak. Ez a százalékláb jellemzi a mérés pontosságát.

### 3. A törvény ellenőrzése Melde csővel

Az előzőnél pontosabban lehet mérni a Melde csővel.

A Melde cső egy viszonylag kis keresztmetszetű, egyik végén zárt, másik végén nyitott üvegcső, melybe néhány centiméter hosszú higanyszál található. Az eszköz egyszerűsége miatt érdemes megismerni a használatát.

A cső három helyzetében meghatározzuk a higany által bezárt levegő térfogatát és nyomását. A külső légnyomást a higany súlyából származó nyomás hol növeli, hol pedig csökkenti.

Mivel azonban a higany gőze mérgező, ezért a kísérletet a diákok nem végezhetik el. Az adatokat filmről vagy tanári demonstrációból kaphatjuk meg.

A mérés megkezdésekor meghatározzuk a külső légnyomást és a higanyszál súlyából származó nyomást.

$$p_0 = \dots \text{ Pa,}$$

$$p_{\text{Hg}} = h_{\text{Hg}} \cdot \rho_{\text{Hg}} \cdot g = \dots \text{ m} \cdot 13546 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = \dots \text{ Pa.}$$

- A cső három helyzete:
1. a cső vízszintes
  2. a cső függőleges, a nyitott vége felül
  3. a cső függőleges, a nyitott vége alul

A film/tanári demonstráció alapján töltsük ki az alábbi táblázatot:

A cső helyzete	A higanyszállal bezárt levegő		p·V
	nyomása	térfogata	
1.	$P_1 = p_0 =$	$V_1 = l_1 \cdot A =$	
2.	$P_2 = p_0 + p_{\text{Hg}} =$	$V_2 = l_2 \cdot A =$	

3.	$P_3 = p_0 - p_{Hg} =$	$V_3 = l_3 \cdot A =$	
----	------------------------	-----------------------	--

Ellenőrizzük az előző feladat végén levő módszerrel, hogy mennyire volt pontos ez a mérés.

#### 4. A törvény ellenőrzése nyomásszenzor segítségével

Ha rendelkezésünkre áll számítógép/számológéphez kapcsolható nyomás érzékelő (szenzor), akkor még egyszerűbben és pontosabban meghatározhatjuk a nyomást, hiszen csak le kell olvasni a nyomást és a térfogatot. Ezek alapján töltsük ki az alábbi táblázatot:

A mérés száma:	$p$	$V$	$P \cdot V$
1.			
2.			
3.			

Ellenőrizzük az ismert módszerrel, hogy mennyire volt pontos ez a mérés.

### 2.3. Gay-Lussac 1. törvényének vizsgálata

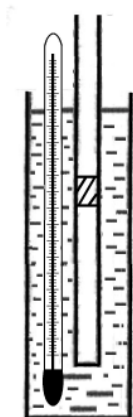
Gay-Lussac 1. törvénye akkor érvényes, ha a gáz *nyomása* és *mennyisége* nem változik (izobár folyamat). Változhat tehát a hőmérséklete és a térfogat. (Ilyen volt a gázok hőtágulása.) A törvény szerint, ha ez a két feltétel teljesül, akkor *a térfogat egyenesen arányos a Kelvinben mért hőmérséklettel*.

Matematikai alakban:

$$\text{Ha } p \text{ és } n \text{ állandó, akkor } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}.$$

1. Ellenőrizzük, hogy valóban fennáll-e ez a függvénykapcsolat?

Biztosítani kell tehát azt, hogy a gáz nyomása és mennyisége állandó maradjon. Ehhez a vizsgált gázt (a mi esetünkben levegőt) egy vékony csőbe fogjuk bezárni egy kicsi olajcsepp segítségével. A csepp biztosítja az állandó gázmennyiséget és az állandó (a kintivel megegyező) nyomást.



63. Gay-Lussac 1. törvénye

A cső keresztmetszetének ismeretében a térfogatot a hosszúság lemérése után ki tudjuk számolni. A csövet vízfürdőbe téve lassan melegítjük. Amikor a folyadékcsepp már nem mozog tovább, a csőben levő levegő átvette a környezetének a hőmérsékletét. Ekkor leolvassuk a vízfürdőben levő hőmérőn a hőmérsékletet. Kb. 20°C és 80°C között négyszer mérjük. Töltsük ki az alábbi táblázatot.

	1.	2.	3.	4.
T(°C)				
T(K)				
l (cm)				
V (cm <sup>3</sup> )				
V/T				

1. b) Mennyire volt pontos a mérésünk?

A V/T értékek természetesen most sem lesznek egyformák. Hogyan lehetne kiszámolni, hogy mennyire volt pontos a mérésünk?

Ábrázoljuk a V – T grafikont. Ha pontos lenne a mérésünk, a négy pont egy origón átmenő egyenesre illeszkedne. Húzzuk meg azt az egyenest, amelyik a legjobban illeszkedik a négy pontra.

2. „Gázhőmérő” készítése

2. a) Eszközünk alkalmas a hőmérséklet mérésére. A grafikonunk alapján le tudjuk olvasni, hogy a cső aljától számítva hol lenne a benne levő csepp (alsó szélé) különböző hőmérsékleteken. Így hőmérsékleti skálát tudunk készíteni hozzá. Rajzoljuk le –méretarányosan- a hőmérőnk skáláját. Tüntessük fel rajta a hőmérsékletértékeket 10°C-onként. (Számolásnál természetesen Kelvinben kell dolgozni, de helyette már írhatjuk a számokat °C-ra átváltva.)

Írjuk le, hogy milyen hosszú a skálán 10°C-os hőmérsékletemelkedés.

2. b) A gázhőmérőnek inkább elvi jelentősége van, mert használata eléggé nehézkes lenne.

Miért nem érdemes a gyakorlatban gázhőmérőt készíteni? Soroljunk fel legalább három érvet a gázhőmérő alkalmazása *ellen*.

## **2.4. Gay-Lussac 2. törvényének vizsgálata; az egyesített gáztörvény**

### 1. Gay-Lussac 2. törvénye

A törvény azt mondja ki, hogy ha állandó a vizsgált gáz *térfogata és mennyisége (izokor folyamat)*, akkor *nyomása és Kelvinben mért hőmérséklete* egyenesen arányos egymással.

Matematikai alakban:

$$\text{Ha } V \text{ és } n \text{ állandó, akkor } \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2},$$

1. a) Nézzük meg filmről, majd próbáljuk ki otthon az alábbi kísérletet.

A fagyasztó ajtaját kinyitjuk, kiveszünk belőle valamit és visszacsukjuk. Pár perc múlva ismét szeretnénk kinyitni, de ez nehezen megy, szinte rátapad az ajtó a fagyasztóra. (Ezt azoknál a hűtőknél, fagyasztóknál tapasztalhatjuk, amelyek ajtaján ép a szigetelés.)

Mi a magyarázata a jelenségnek?

1. b) Mossunk ki forró vízzel ép, sima szájú poharat. A vizet öntsük ki belőle.

Vizesen tegyük sima műanyag, üveg vagy fém tálcára, asztalra. Kis idő múlva a maradék víz lefolyik, és tömítést képez a pohár szája körül. Óvatosan emeljük meg a poharat.

Mi történik? Miért?

1.c ) A lekvárt befőzéskor úgy készítik, hogy forrón beleteszik az üvegbe és a tetejét azonnal légmentesen rázárják. Kihűlés után a tető nagyon nehezen csavarható le a tetejéről.

Miért?

1. d) Egy hűtőből kivett, kiürített üdítő flakont zárjuk le a tetejével

légmentesen. Nyomkodjuk meg az oldalát. Tegyük kis időre melegvízbe, majd ismét nyomkodjuk meg az oldalát.

Mit tapasztalunk? Magyarázzuk meg a jelenséget.



1. e) A törvény pontos kísérleti ellenőrzéséhez pontos nyomásmérésre van szükség. Nézzük meg tanári bemutató keretében (vagy filmről) ezt a kísérletet. A mérési adatokat elemzzük ki.

A mérés száma:	P (Pa)	T (K)	p/T
1.			
2.			
3.			

## 2. Az egyesített gáztörvény

Sok olyan jelenség van, amelyben nem állandó a gáz mennyisége. Ekkor az állapotegyenletből levezethető egyesített gáztörvényt használhatjuk:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{n_1 \cdot T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{n_2 \cdot T_2}$$

Ennek alkalmazásához csak annak kell teljesülnie, hogy gáz legyen a vizsgált anyag. Természetesen *nem* követelmény, hogy mind a négy mennyiség megváltozzon.

2. a) Mekkora a nyomás egy hagyományos szódásszifonban a szóda elkészítése után? A választ méréseken alapuló számolással adjuk meg. (Nem vesszük figyelembe, hogy a CO<sub>2</sub> molekulák jelentős része szénssavvá egyesül a vízzel.) A szódásüveget sohasem töltjük meg teljesen tele vízzel (Az 64. ábrán ezt körbefutó piros csík jelzi.)

Meghatározzuk, hogy mennyi levegő van a megtöltött palackban a víz fölött. Mérjük meg mennyi víz fér bele teljesen megtöltve:  $V_{\text{víz1}}$ . Mérőhengerbe öntsünk ki belőle annyi vizet, míg a megengedett szintre csökken:  $V_{\text{víz2}}$ . A kettő különbsége a levegő térfogata:  $V_{\text{levegő}} = V_{\text{víz1}} - V_{\text{víz2}}$ .

Ebbe a levegőbe engedjük bele a patronból a széndioxidot. Mérjük le a patron tömegét tele ( $m_{\text{patron1}}$ ), majd üresen  $m_{\text{patron2}}$ . A kettő különbsége a széndioxid tömege:  $m_{\text{co2}} = m_{\text{patron1}} - m_{\text{patron2}}$ .



64. Szódásüveg

Számítsuk ki a széndioxid mólszámát:

$$n_{CO_2} = \frac{m_{CO_2}}{M_{CO_2}} = \dots \text{mol}$$

Amint rácsavartuk a szifon tetejét,  $V_{\text{levegő}}$  térfogatú, légköri nyomású ( $p_0$ ) és hőmérsékletű  $T_{\text{levegő}}$  levegőt zártunk el. Ennek mólszáma:

$$n_{\text{levegő}} = \frac{p_0 \cdot V_{\text{levegő}}}{R \cdot T_{\text{levegő}}}$$

Amikor beleengedjük a széndioxidot a térfogat és a hőmérséklet nem változik, de a részecskeszám és a nyomás igen.

Az egyesített gáztörvény szerint:

$$\frac{p_0}{n_{\text{levegő}}} = \frac{p_2}{(n_{\text{levegő}} + n_{\text{széndioxid}})}$$

amiből  $p_2$ , vagyis a teletöltött szódásszifonban uralkodó nyomás kiszámítható. Írjuk le mérési eredményeinket és számításunk eredményét.

2. b) A szifonban valójában csak 6 bar nyomás van, mert a  $CO_2$  molekulák jelentős része egyesül a vízmolekulákkal. Hány gramm  $CO_2$  molekula teszi ezt?

## 2.5. A kinetikus gázelmélet modellkísérletekben

A gázok viselkedését modell segítségével magyarázzuk. A modell szerint a gáz szemmel láthatatlanul kicsi részecskékből áll. Milyen tulajdonságai vannak ezeknek a részecskéknél? Erre végzünk kísérleteket.

1. A gázok modellezése

1. a) Nyiss ki egy erős illatú anyagot tartalmazó üvegcsét. Némi várakozás után az üvegben levő gáz részecskéi eljutnak az orrunkba anélkül, hogy oda kellene vinni őket. A részecskék milyen tulajdonságára következettünk ebből?

1. b) Szívd tele a fecskendővel levegővel, majd fogd be a nyílását és nyomd le a dugattyút.

Miért lehetett lenyomni a dugattyút, ha a részecskékről feltesszük, hogy nagyon kemények?

1. c) Ha az előző kísérletben engedjük el a benyomott dugattyút.

Mi történik?

Miért képesek a részecskék nyomást kifejteni a tartály falára?

## 2. A folyadékok modellezése

A gázok lecsapódással folyadékká alakulhatnak. A két halmazállapotban az anyag részecskéi ugyanazok. Hogyan tudjuk eltérő viselkedésüket magyarázni?

2. a) Szívj fel vizet a fecskendőbe, fogd be a nyílását és ezt is próbáld összenyomni.  
Mit tapasztalsz?

Ezek alapján miben mások a folyadék részecskéi, mint a gázoké?

2. b) Egy papírral bevont plexilemezt akassz rugóra és vízszintes helyzetben óvatosan engedd rá egy tál víz tetejére. Miután a papír megszívta magát vízzel, a rugót lassan emeld fel. Mit tapasztalsz?

Ezek alapján miben mások a folyadék részecskéi, mint a gázoké?

2. c) Egy pohár hideg és egy pohár meleg vízbe a fecskendő segítségével nyomj lassan néhány csepp ételfestéket az edény aljára. Hagyd nyugalomban pár percig.  
Mit tapasztalsz, ami közös a két pohárban?

Milyen részecske tulajdonságra következtethetsz ebből?

Milyen különbséget látsz a két pohárban?

Milyen következtetésre juthatunk ebből a részecskék sebességét illetően?

2. d) Egy keskeny csövet kb. feléig tölts meg alkohollal, majd óvatosan csorgass rá vizet úgy, hogy 1-2 cm maradjon üresen. Jelöld meg egy gumigyűrű ráhurkolásával a folyadékszintet. Fogd be az ujjaddal, és többszöri átforgatással keverd össze a csőben lévő kétféle folyadékot. Figyeld meg a szintmagasságot.  
Mit tapasztaltál, hogyan magyarázod?

## 3. A szilárd testek modellezése

A folyadékokat lehűtve megfagynak. A két halmazállapotban az anyag részecskéi ugyanazok. Hogyan tudjuk eltérő viselkedésüket magyarázni?

3. a) Próbáld kézzel az asztalra tett követ összenyomni.  
Mit tapasztalsz?

Ez alapján a gázokra vagy a folyadékokra hasonlít-e jobban a szilárd test?

3. b) Figyeld meg az asztalodon levő ásvány, kristálycukor felületét, illetve az alábbi fotókat. Ha forgatod az ásványt, néha egy-egy kisebb részen megcsillan. Mindezekből mire következtethetünk a részecskék elrendeződésére vonatkozóan?



65. Ametiszt

([hu.wikipedia.org/wiki/Ametiszt](http://hu.wikipedia.org/wiki/Ametiszt))



66. Füstkvarc

([hu.wikipedia.org/wiki/Füstkvarc](http://hu.wikipedia.org/wiki/Füstkvarc))



67. Dolomit

([en.wikipedia.org/wiki/Dolomite](http://en.wikipedia.org/wiki/Dolomite))

## 2.6. A belsőenergia növelése (a hőtan 1. főtétele)

Sokszor van szükség arra, hogy a belsőenergia közvetítésével energiát juttassunk egyik helyről a másikra.

1. A folyadékok belsőenergiája, a fajhő

Mennyi energiával lehet 1 liter vizet 20 °C-ról forráspontra felmelegíteni? Ezt fogjuk kísérlet segítségével meghatározni.

1. a) Kalorimétert töltünk meg kb. a  $\frac{3}{4}$  részéig vízzel. Mérjük le a víz tömegét és kiindulási hőmérsékletét.

$$m_{\text{víz}} = \dots \text{ g. } T_{\text{víz } 1} = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$$

Kapcsoljuk be az ismert teljesítményű (P) merülőforralónkat és percenként jegyezzük fel a víz hőmérsékletét mindaddig, amíg a hőmérséklete kb. 70°C-ra növekszik. **A 230 V-os csatlakozást TILOS használni!**

t (idő, perc)	0	1	2	3	4	5	6	7
T (hőmérséklet (°C))								

Készítsünk el a T – t grafikont! Mivel a pontosabb, laboratóriumi mérésnél lineáris függvényt kapnánk, ezért illesszünk a grafikonunkra egyenest a lehető legközelebb a grafikon pontjaihoz.

Ideális esetben (előjeltől eltekintve)  $Q_{\text{forraló le}} = Q_{\text{víz fel}}$ , továbbá  $Q_{\text{forraló le}} = P \cdot \Delta t$ . Nyilvánvaló, hogy a víz által felvett hő egyenesen arányos a mennyiségével, vagyis például a tömegével, ezért az egyenes grafikon azt jelenti, hogy  $Q_{\text{víz fel}} = c \cdot m \cdot \Delta T$ , ahol c a folyadék anyagától függő állandó, neve **fajhő**. Ezt kifejezve az előző egyenletekből:

$$c = \frac{P \cdot \Delta t}{m \cdot \Delta T} = \frac{P \cdot (t_2 - t_1)}{m \cdot (T_2 - T_1)}$$

Válasszuk ki a grafikonunkon két távoli  $t_1$  és  $t_2$  időpillanatot, olvassuk le a hozzá tartozó  $T_1$  és  $T_2$  értéket és az adatokat a grafikonba behelyettesítve határozzuk meg a víz fajhőjét.

$$c = \dots \text{ J/kgK}$$

A kapott adatot hasonlítsuk össze az irodalmi értékkel.

1. b) A fajhő ismeretében kiszámíthatjuk a folyadék forráspontra juttatásához szükséges hőt.

$$Q_{\text{víz fel}} = c \cdot m \cdot \Delta T$$

2. A munkavégzés

Hogyan lehet munkavégzéssel növelni az anyag belsőenergiáját, melyet hőmérsékletnövekedése jelez?

2. a) Egy fa ruhaszárító csipesszel fogjuk meg egy hőmérő üveg tartályát és a hőmérő körül ujjunkkal forgassuk körbe a csipeszt kb. 40-50-szer. Olvassuk le a hőmérsékletet a folyamat elején és a végén:

$$T_1 = \dots \text{ °C}, T_2 = \dots \text{ °C}.$$

Mire következtethetünk ebből?

2. b) Egy pumpának fogjuk be a kivezető cső végét, és 20-30-szor nyomjuk le a dugattyúját kb  $\frac{3}{4}$  részéig. Fogjuk meg utána a pumpa alsó és felső végét. Mit tapasztalunk?

Van, aki azt állítja, hogy nagyobb részt a sűrűlódás miatt melegedett fel. Mivel tudjuk cáfolni ezt a véleményt?

2. c) A gőzgép a gőz belsőenergiájának egy részét fordítja munkavégzésre. Nézzük meg a gőzgép modellt tanári demonstrációval vagy filmről. Írjuk le, hogy a működése során milyen energiaátalakítások történnek?

2. d) Hol használjuk manapság a vízgőz belsőenergiáját?

## 2.7. Olvadás, fagyás

A tél beálltával sok kisebb patak befagy, a tavasz közeledtével pedig kiolvad. Mindenki találkozott már a fagyás és az olvadás jelenségével. Kísérleteink középpontjában ez a jelenségkör áll.

### 1. Az olvadás

Lehet-e úgy melegíteni a szilárd testeket, hogy nem emelkedik a hőmérsékletük?

1. a) Tegyük egy nagyobb főzőpohárba kb.  $\frac{3}{4}$  részéig jeget, majd öntsünk rá annyi hideg vizet, amíg el nem lepi a víz a jeget. Egy üvegbottal kb. egy percig kevergesd, majd mérd meg a hőmérsékletét.

$$T_{\text{víz-jég}} = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$$

Melegítsük a víz-jég keveréket egy merülőforralóval. **A 230 V-os csatlakozást TILOS használni!** Kapcsold be a merülőforralót (24 V!), közben folyamatosan és alaposan kevergesd egy üvegbottal a keveréket. Olvasd le a hőmérsékletet a merülőforralóval átellenes oldalon. A hőmérsékletet mindaddig figyeld, amíg a jég kb. háromnegyed része meg nem olvad. Jegyezd fel percenként a hőmérsékletet. (Leolvasás előtt különösen ügyelj a keverésre.)

Idő (perc)	0	1	2	3	4	5	6
T (°C)							

Tanulmányozd a táblázatot.

Van-e olyan szakasza a vizsgálatnak, amely alatt alig-alig változott a hőmérséklet? Ha igen, mely időpontok között?

Hány százalékkal változott eközben a hőmérséklet?

Találtunk egy olyan hőmérsékletet, amelyet elérve, -ha elég lassú volt a melegedés- a szilárd jég hőmérséklete nem emelkedett tovább mindaddig, amíg a teljes jég el nem olvadt. (A kísérletünkben a melegítés túlságosan gyors volt

ahhoz, hogy ez teljesen pontosan bekövetkezzen.) Ilyen hőmérséklet minden kristályos szilárd test esetén található, **olvadáspont**nak nevezzük.

1. b) Megmérjük, hogy mennyi hó szükséges a jég megolvasztásához.

Először végig kell gondolni, hogy mitől függhet a szükséges energia? A test anyagától és mennyiségétől bizonyosan. Mérjük meg, hogy 1 kg –olvadásponton levő- jég elolvasztásához mennyi hó kell? Nem szükséges azonban kimélnünk pontosan 1 kg jeget, mert könnyen végiggondolható, hogy a mennyiségtől, azaz például a tömegtől egyenesen arányosan függ a szükséges hó. Az ismert teljesítményű merülőforralóval jégkását fogunk olvasztani. Megmérjük, hogy mennyi jég olvadt el és mennyi ideig történt a melegítés. Ezeket az adatokat fogjuk fölhasználni számításainkhoz.

Rendelkezésünkre áll a hosszabb ideje vízből és jégből álló keverék. Ellenőrizzük, hogy hőmérséklete (körülbelül) olvadásponton van.  $T =$

- Határozzuk meg a megolvasztandó jég tömegét. Egy hőszigetelt edényt (kalorimétert) töltsünk meg kb.  $\frac{3}{4}$  részéig a víz-jég keverékből kivett és törőpapírral leitatott jéggel. Mérjük meg a tömegét.

$$m_{\text{kal jéggel 1}} = \dots\dots \text{ g.}$$

Öntsük fel a víz-jég keverékből a kalorimétert vízzel annyira, hogy éppen ellepje a jeget.

- A jég megolvasztása következik. Tegyük bele a merülőforralót a kaloriméterbe. Gondosan ügyeljünk arra, hogy teljesen ellepje és csak ezután(!) kapcsoljuk be. A bekapcsolást követően írjuk fel a pontos időt.

$$t_{\text{kezdés}} = \dots\dots \text{ óra } \dots\dots \text{ perc.}$$

Az olvadás alatt –anélkül, hogy kinyitnánk- percenként keverjük meg az olvadékot a kaloriméter keverőjével. Amikor a jég harmada-fele megolvadt, kapcsoljuk ki a merülőforralót és írjuk föl az időt

$$t_{\text{befejezés}} = \dots\dots \text{ óra } \dots\dots \text{ perc.}$$

Öntsük le a vizet a jégről, a megmaradt jeget kissé megtörölve tegyük vissza a kaloriméterbe és mérjük le együttes tömegüket.

$$m_{\text{kal jéggel 2}} = \dots\dots \text{ g.}$$

A kettő különbsége adja a megolvadt jeget.

$$m_{\text{megolvadt jég}} = m_{\text{kal jéggel 2}} - m_{\text{kal jéggel 1}} = \dots\dots \text{ g} = \dots\dots \text{ kg.}$$

- Kiszámítjuk a merülőforralótól felvett energiát:

A melegítés időtartama:

$$\Delta t = t_{\text{befejezés}} - t_{\text{kezdés}} = \dots\dots \text{ s.}$$

A felvett hő a vízforraló üzemelés közbeni teljesítményéből számítható:

$$Q = P \cdot \Delta t =$$

Mivel  $Q$  és  $m_{\text{jég}}$  között egyenes arányosság van, a két mennyiség hányadosa állandó. Ezt a mennyiséget nevezzük a jég (és más szilárd test) **olvadáshőjének** (jele:  $L_o$ ):

$$L_o = \frac{Q}{m_{\text{megolvadt}}} =$$

### 1. c) mérésünk pontossága

Mint már tudjuk, a mérések sosem teljesen pontosak. Hasonlítsuk össze a kapott eredményünket a függvénytáblázatban megadott, a mi mérésünkhöz képest sokkal pontosabb mérés eredményével.

Számítsuk ki, hogy hány százalékos az eltérésünk.

$$\frac{|L_{o \text{ mért}} - L_{o \text{ táblázat}}|}{L_{o \text{ táblázat}}} \cdot 100\% =$$

Soroljunk fel néhány okot arra, hogy mi okozhatta a mérésünkben a pontatlanságot.

### 2. A fagyás

A fagyás során az olvadással ellentétes irányú folyamat zajlik le: a folyadékból szilárd halmazállapotú anyag keletkezik. Az olvadáshoz az anyagnak energiát kell felvennie, a fagyás során pedig energiát ad le. Így már érthető, -hogyan néhány helyen- miért locsolják meg fagyveszélyes éjszakán a fagypontra alá kisse már lehűlt növényeket. A növényre ráfagyó víz egyrészt a növénynek adja át a fagyás során felszabaduló hőt, másrészt a jég rossz hővezető, ezért sokkal lassabban hűl át. Ha másnap ismét fagypontra fölé emelkedik a levegő, a jég egyszerűen leolvad a növényről.

2. a) A hirtelen (adiabatikus folyamatban) kitérő gáz lehűl, így, ha környezete magasabb hőmérsékletű, energiát vesz fel tőle.

Készítsünk ki az asztalra enyhén nedves papírtörülőt. (A belőle elpárolgó vízre lesz szükségünk.) Szódaszifon fejét tegyük a nyirkos törlőre és gyorsan csavarjuk be a patronát. (A széndioxid susterogva fog távozni a papírtörlő felé.) Emeljük föl a szifonfejet.

Mit tapasztaltunk? Magyarázzuk meg a jelenséget.

2. b) Erősen lehűtött jégre öntsünk gyűszűnyi vizet.



Mit tapasztalunk?

Erősen lehűtött jégre öntsünk alaposan megszózott vizet.

Mit tapasztalunk? Mi lehet ennek az oka?

## **2.8. Párolgás, forrás, lecsapódás**

Ha a nyári forróra hevült aszfalra rövid ideig záporosó esik, a felhők elvonulta után hamar eltűnik a nedvesség az aszfaltról, a víz elpárolog róla. A tézta kifőzésekor zubog, bugyborékol a víz, ha nem töltünk utána, el is fogy lassan. Ha hideg üveglapra rálehelünk, apró vízcseppek csapódnak le rá. Ezekben a példákban a folyékony és a légnemű halmazállapot közti átmenetre emlékeztettünk. Vizsgáljuk meg kísérlettel is ezt az átmenetet.

1. A párolgás

1. a) Csöppentsünk a kézfejünkre egy-két csepp tiszta alkoholt.

Mit tapasztalunk míg egy kicsit várunk?

1. b) Hőmérő tartályát burkoljuk be kevés alkohollal megnedvesített vattával. Jegyezzük fel a hőmérő által jelzett értéket a kísérlet kezdte előtt és befejezése után

$$T_1 = \dots\dots \text{ }^\circ\text{C}; \quad T_2 = \dots\dots \text{ }^\circ\text{C}$$

Mit tapasztalunk?

1. c) Két, kb. egyforma vattacsomóra cseppentsünk két-két csepp alkoholt. Mindkettőt tegyük Petri-csészébe, az egyiket fedjük le, a másikat ne.

Mit tapasztalunk, míg egy kicsit várunk?

1. d) Egy jégkockára tegyünk egyik oldalán fóliázott (a felvágottak csomagolására használt) csomagoló papírt. A fólia alul legyen. A tenyerünkre tegyünk egy ugyanilyet, szintén fóliás felével lefelé. Mindkettőre cseppentsünk két-két csepp alkoholt.

Mit *tapasztalunk*, míg egy kicsit várunk? Ugyanúgy zajlott le a párolgás? Mi okozta a különbséget?

Foglaljuk össze az előző kísérletek során a párolgásról szerzett tapasztalatainkat:

- Hogyan függ a párolgás sebessége a hőmérséklettől?

- Energiaátadás szempontjából mi történik a párolgás során?

## 2. A forrás



Ebben a feladatban forrásban levő vízzel dolgozunk. A forró víz vigyázatlanság esetén komoly balesetet okozhat. Ne kapkodjunk, megfontoltan dolgozzunk!

A párolgás során is, a forrás során is folyadékból légnemű anyag lesz. Mi a különbség közöttük?

2. a) Tegy egy hőálló főzőpohárba kevés vizet és egy kis lyukacsos kődarabkát. A merülőforralóval forrald fel. Figyeld a kialakuló buborékok nagyságát. Hasonlítsd össze a tiszta víz forrásakor keletkező buborékok nagyságával.

Mit tapasztaltál? Hogyan magyarázod a jelenséget?

Az előző kísérlet alapján mi az egyik lényeges különbség a forrás és a párolgás között?

2. b) Kalorimétert töltsünk meg  $\frac{3}{4}$  részéig meleg vízzel, majd melegítsük a merülőforralóval amíg már majdnem elkezd forni. Kb. a harmadáig szívjunk fel egy fecskendőbe ebből a forráshoz közeli vízből. A szívónyílást erősen szorítsuk egy gumilaphoz (pl. radírgumihoz) és gyors mozdulattal húzzuk fel a fecskendő dugattyúját. Ügyeljünk, hogy levegő ne jusson a fecskendőbe. Engedjük vissza a dugattyút és végezzük el még néhányszor a kísérletet.

Mit tapasztalunk?

Miért lehet –kissé- meglepő a látvány?

2. c) A víz forrásban tartásához energiát kell bejuttatni. Mennyi energia szükséges adott mennyiségű víz elforrálásához? Ezt fogjuk most mérésrel meghatározni. Gondoljuk meg, hogy a szükséges energia egyenesen arányos az elforralt víz tömegével.

ÓVATOSAN BÁNJ A FORRÓVÍZZEL! Mérjük le az előző kísérletben használt forró víz tömegét a kaloriméterrel és a belélogatott merülőforralóval együtt.

$$m_{\text{kezdéskor}} = \dots \text{ g.}$$

Zárjuk le a kaloriméter tetejét és forraljuk fel. Amint elkezd forni, jegyezzük fel az időt és vegyük le a tetőt.

$$t_{\text{kezdés}} = \dots \text{ óra } \dots \text{ perc.}$$

Várjunk addig, amíg a víz kb. harmada el nem forr. Ekkor kapcsoljuk ki a forralót, de ne vegyük ki a vízből és írjuk fel a befejezés időpontját.

$$t_{\text{befejezés}} = \dots \text{ óra } \dots \text{ perc.}$$

Mérjük le az elforralt víz tömegének a meghatározásához a kalorimétert a megmaradt vízzel és a benne lévő merülőforralóval.

$$m_{\text{befejezéskor}} = \dots \text{ g.}$$

A kettő különbsége adja az elforralt víz tömegét.

$$m_{\text{elforralt}} = m_{\text{kezdéskor}} - m_{\text{befejezéskor}} = \dots \text{ g} = \dots \text{ kg.}$$

A forralás időtartama:

$$\Delta t = t_{\text{befejezés}} - t_{\text{kezdés}} = \dots \text{ s.}$$

A felvett hő a vízforraló üzemelés közbeni teljesítményéből számítható:

$$Q = P \cdot \Delta t = .$$

Mivel  $Q$  és  $m_{\text{elforralt}}$  között egyenes arányosság van, a két mennyiség hányadosa állandó. Ezt a mennyiséget nevezzük a víz (és más folyadék) **forráshőjének** (jele:  $L_f$ ):

$$L_f = \frac{Q}{m_{\text{elforralt}}} =$$

2. d) Mérésünk pontossága

Hasonlítsuk össze a kapott eredményünket a függvénytáblázatban megadott, a mi mérésünkhöz képest sokkal pontosabb mérés eredményével.

Számítsuk ki, hogy hány százalékos az eltérésünk.

$$\frac{|L_{f \text{ mért}} - L_{f \text{ táblázat}}|}{L_{f \text{ táblázat}}} \cdot 100\% = \dots$$

Soroljunk fel néhány okot arra, hogy mi okozhatta mérésünkben a pontatlanságot.

3. A lecsapódás

3. a) Még rendelkezésünkre áll az imént felforralt víz. Tegyük fölé hideg üveg vagy fém tárgyat.

Mit tapasztalunk?

Milyen irányú energiaátadás történik a lecsapódás során?

3. b) Egy ásványvizes flakonba töltünk egy kevés forró vizet, majd a kupakot szorosan rácsavarva erősen rázzuk meg úgy, hogy a belsejében a forró víz mindenhol felmelegítse a levegőt és a flakon oldalát. A kupakot lecsavarva öntsük ki a vizet és egy elfújtt gyufa füstjét juttassunk a belsejébe. Zárjuk vissza légmentesen a kupakot és *erősen* nyomjuk össze (de ne gyűrjük) a palack közepét néhány másodpercre, majd engedjük el. Mit látunk a palackban?

Hogyan magyarázzuk a jelenséget? A magyarázatban használjuk fel, hogy a hirtelen elengedett palackban a levegő is *hirtelen* kitágul és *ezért lehűl*. Térjünk ki a magyarázatban a füsttel bejuttatott koromszemcsék szerepére is.

## Fogalomtár

- **elektromos mező:** azt a mezőt nevezzük elektromos mezőnek, amelyet nyugalomban levő elektromos töltések hoznak létre.
- **vezetők (elektromosan vezető anyagok):** olyan anyagok, amelyekben a töltések könnyen elmozdulnak.
- **szigetelők (elektromosan szigetelő anyagok):** olyan anyagok, amelyekben a töltések nehezen mozdulnak el.
- **elektromos megosztás:** külső elektromos mező hatására történő töltésszétválasztás.
- **feszültség (egyenfeszültség,  $U$ ):** az elektromos mező munkavégzését jellemző mennyiség (ennyi munkát végezne a mező 1 C töltés átszállítása során).
- **áramerősség ( $I$ ):** a vezető teljes keresztmetszetén átáramlott össztöltés osztva az átáramlás idejével (ennyi coulomb töltés áramlana át 1 s alatt).
- **ellenállás (elektromos ellenállás,  $R$ ):** az anyagoknak a töltés mozgását akadályozó hatása (mekkora feszültséget kellene rákötni ahhoz, hogy 1 A áram folyjon rajta).
- **eredő ellenállás ( $R_e$ ):** az az egyetlen ellenállás, amellyel a több ellenállásból álló hálózat feszültség és áram szempontjából helyettesíthető (ha mindkettőre ugyanazt a feszültséget kapcsoljuk, akkor ugyanaz az áram jön létre).
- **kapocsfeszültség ( $U_k$ ):** a feszültségforrás kapcsolódási pontjain mérhető feszültség
- **belsőellenállás ( $R_b$ ):** a feszültségforrás szerkezetéből adódó saját ellenállása.
- **belső feszültség ( $U_0$ ):** az a feszültség, amit az elemek kémiai folyamataik révén létrehoznak.
- **mágneses mező:** a mozgó elektromos töltések által létrehozott mező.
- **hőtágulás:** a testeknek az a tulajdonsága, hogy hőmérsékletváltozás közben méretük megváltozik.

- **olvadás:** az a folyamat (fázisátalakulás), amelynek során a szilárd anyag folyadékká alakul át.
- **fagyás:** az a folyamat (fázisátalakulás), amelynek során a folyadék szilárd anyaggá alakul át.
- **olvadáspont ( $T_o$ ):** az a hőmérséklet, amelyen az adott szilárd anyag adott nyomáson megolvad.
- **olvadáshő ( $L_o$ ):** az az energia, amely 1 kg olvadásponton levő szilárd test megolvasztásához szükséges.
- **párolgás:** az a folyamat (fázisátalakulás), amelynek során a folyadék csak a felszínén alakul át légneművé.
- **forrás:** az a folyamat (fázisátalakulás), amelynek során a folyadék nem csak a felszínén, hanem teljes térfogatában gőzzé alakul át.
- **forráspont ( $T_f$ ):** az a hőmérséklet, amelyen az adott folyadék adott nyomáson forr.
- **forráshő ( $L_f$ ):** 1 kg forrásponton levő folyadék elforrálásához szükséges energia.

## ***Irodalomjegyzék***

- *Feladatgyűjtemény a gimnáziumi Technika tantárgy tanulói szerelőkészletéhez* Szerk. Ujvári Károly, OPI, 1981.
- *Fizikai kísérletek gyűjteménye 1, 2. kötet*, Szerk: Juhász András, Arkhimédész Bt-Typotex, 1995.
- FODOR Erika, SARKADI Ildikó *Fizika munkafüzet gimnázium I. osztály*. Tankönyvkiadó, 1986.
- NAGYMÁTÉ Emese *Időjárási jelenségek*, Cser Kiadó, 2012.
- ÖVEGES József *Az élő fizika* Gondolat kiadó 1966.
- ÖVEGES József *Játékos fizikai kísérletek*, 1953 (Reprint: Nemzeti Tankönyvkiadó, 1995.)
- ÖVEGES József *Kísérletezzünk és gondolkodjunk*, Gondolat Kiadó 1979.
- ÖVEGES József *Tanulságos kísérletek*, Táncsics Kiadó, 1961.

## ***Ábrajegyzék***

1. Borostyán .....	6
2. Szívószál dörzsölése .....	6
3. Műanyagok kölcsönhatása ábra .....	6
4. Műanyag-papír kölcsönhatása .....	7
5. Papír feltöltése .....	7
6. Papír-papír kölcsönhatás .....	7
7. Papír-műanyag kölcsönhatása .....	7
8. Elektroszkóp .....	8
9. Áramkör izzóval .....	10
10. 230 V .....	11

11. Max. 24 V .....	11
12. Elektromos feketedoboz .....	12
13. Az elektromos feketedoboz rajza .....	12
14. Ábra a 3. a) feladathoz .....	12
15. Ábra a 3. b) feladathoz .....	12
16. Ábra a 3. c) feladathoz .....	12
17. Feszültségmérés .....	13
18. Árammérés, 10 A .....	14
19. Áramkör izzóval .....	15
20. U és I mérése .....	15
21. Feszültségmérés .....	19
22. Feszültségszabályozás .....	19
23. Mikrofon modell .....	19
24. Soros kapcsolás 1. ....	20
25. Soros kapcsolás 2. ....	20
26. Izzók soros kapcsolása .....	20
27. Párhuzamos kapcsolás 1. ....	22
28. Párhuzamos kapcsolás 2. ....	22
29. Három izzó párhuzamosan kapcsolva .....	24
30. Feszültségforrás elvi rajza .....	26
31. Belső ellenállás .....	26
32. Potenciométer használata .....	27
33. Áramkör izzóval .....	29
34. Izzó az áramkörben .....	30
35. Két izzó párhuzamosan kapcsolva .....	30
36. Három izzó párhuzamosan kapcsolva .....	30
37. Két izzó sorosan kapcsolva .....	31
38. Három izzó párhuzamosan kapcsolva .....	31
39. Két ellenállás soros kapcsolása .....	31
40. Három ellenállás soros kapcsolása .....	31
41. Villanymotor .....	32
42. Izzólámpa .....	33
43. Potenciométeres kapcsolás .....	33
44. A 230 V-os csatlakozás .....	34
45. A 24 V-os csatlakozás .....	34
46. Ionvezetés .....	36
47. Oersted kísérlete .....	37
48. Oersted kísérlete .....	40
49. Áramhurok mezője .....	40
50. Tekercs mezője .....	41
51. A villanymotor működési elve .....	42
52. Villanymotor vizsgálata .....	42
53. Villanymotor készítése .....	43
54. A kész motor .....	44
55. Villamos sín felpúpozódott a melegtől .....	45
56. Fém pálca hőtágulása .....	45
57. Tűzjelző modell .....	46

58. Rész hőtágulása .....	47
59. Folyadék hőtágulása 1. ....	47
60. Folyadék hőtágulása 2. ....	48
61. Gáz hőtágulása .....	49
62. Gáz tágulása .....	52
63. Gay-Lussac 1. törvénye .....	55
64. Szódásüveg .....	58
65. Ametiszt .....	60
66. Füstkvarc .....	60
67. Dolomit .....	60

*A forrásmegjelölés nélküli fényképeket, rajzokat a szerző készítette.*