

Izzítva, hűtve ...

Látványos kísérletek vashuzallal és grafitceruza béllel

Az elektromos, valamint az elektronikus áramköröknél is, az átfolyó elektromos áram hőhatása miatt az egyes áramköri alkotóelemek – az áram erősségétől függően – többé-kevésbé felmelegednek. Bekapcsolás után, bizonyos idő elteltével, az alkatrészek hőmérséklete megállapodik, tovább nem változik.

Vizsgáljuk meg mi történik ha egy ilyen, termikusan megállapodott áramkör egyik alkotóelemét *kívülről* erőteljesen melegíteni vagy éppenséggel hűteni kezdjük!

Nyilvánvaló, hogy ez, az illető alkatrész (fémes vezető, félvezető, ...) ellenállásának jelentős megváltozását idézheti elő, mivel – mint ismeretes – a vezető ellenállása függ annak hőmérsékletétől. Az így előidézett ellenállásváltozás kihatással lesz az áramkör többi alkotóelemén áthaladó áramok erősségére, ami pedig maga után fogja vonni azok hőmérsékletének a megváltozását.

Hogy a feltett kérdésre ennél a megállapításnál pontosabban válaszolhassunk, elvégezzünk egy sor kísérletet. Csak a legegyszerűbb esetekre szorítkozunk, fogyasztóként mindössze két, teljesen egyforma vezetőt kapcsolunk áramkörünkbe, előbb sorosan, majd párhuzamosan. Az egyiket fűtjük-hűtjük és a másikon a bekövetkező hőmérsékletváltozást figyelemmel kísérjük. Hogy a látványosságot fokozzuk, a hőmérsékletváltozást eltúlozzuk, egyszer erősen izzítva, máskor vízzel hűtve a vezetőt (jelölje t_2 a magasabb, t_1 az alacsonyabb hőmérsékletet).

Tudjuk viszont, hogy egy vezető ellenállására anyagi minősége is kihatással van. Ezért a kísérleteket két különböző anyaggal, vassal és szénnel is, elvégezzük.

1) Kísérletek vashuzallal

Készítsünk vékony lágyvashuzalból legalább négy, kis, hengeres tekercset (a huzal hossza $l=75$ cm, átmérője $d=0,50$ mm, a tekercs átmérője $D=15$ mm, menetszáma $N=15$).

Kettőt a tekercsek közül sorba, kettőt pedig párhuzamosan kötünk.

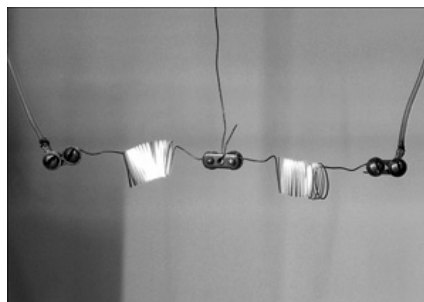
a) Soros kapcsolás

A sorba kapcsolt vashuzal tekercsüket kisebb hegesztőtranszformátor* szekunder tekercsére kapcsoljuk. Fokozatosan növeljük a feszültséget (6, 12, 18, 24 V) mindaddig, amíg a tekercsek *enyhe vörösizzásba* nem kerülnek (1. kép).

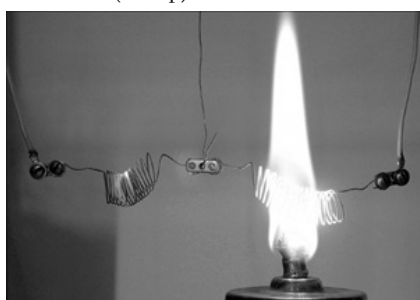
* Az I.M.D. gyártmányú Tanári Kísérletező Készletben található meg.

Izzítás: Egy szesz-, vagy gázégő lángjával az egyik tekercset hevítjük a vörös izzásból *közél fehér izzásig!* Közben észrevesszük, hogy a másik teljesen elsötétedik, tovább nem izzik, vagyis a hőmérséklete lecsökken (2. kép).

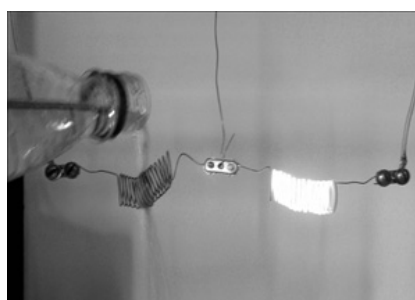
Hűtés: Viszont, ha az egyformán vörösen izzó tekercsek egyikét hidegvízzel öntözve *szobahőmérsékletre* hűtjük, megfigyelhetjük, hogy a vele sorba kapcsolt tekercs ezalatt erősen felizzik, megnő a hőmérséklete (3. kép).



1. kép



2. kép



3. kép

Magyarázat: Mivel a transzformátor kapcsolófeszültsége gyakorlatilag állandó, és az első tekercs melegítésekor a második tekercs lehülése az áthaladó áram erősségének csökkenését jelzi, adódik, hogy megnő a soros eredő ellenállás. Ezt azonban csak a melegített vashuzal ellenállásának a megnövekedése idézhette elő. Tehát a vas elektromos ellenállása a melegítés hatására növekszik! Erről közvetlen mérésel meggyőződhetünk.

Mérés: Az egyik tekercsre kezdetben adjunk 0,25 V, majd 12 V feszültséget! Az átengedett áram erőssége 0,5 A, valamint 4,5 A. Előbb a tekercs alig langyos, utóbb pedig majdnem fehérén izzik. Ezekből kiszámíthatjuk mindkét hőmérsékleten a tekercs $R = U/I$ ellenállását, valamint a vashuzal $\rho = R \cdot S/l = R \pi d^2/4l$ fajlagos ellenállását:

$$R_{t_1} = 0,5 \, \Omega, \quad R_{t_2} \approx 2,66 \, \Omega, \quad \rho_{t_1} \approx 1,3 \cdot 10^{-7} \, \Omega \text{m}, \quad \rho_{t_2} \approx 7 \cdot 10^{-7} \, \Omega \text{m}.$$

b) *Párhuzamos kapcsolás*

A párhuzamosan kapcsolt vashuzal tekercsokat sorba kötjük egy nagyobb teljesítményű, állítható áramfelvételű főzőlappal, majd a ~220 V-os hálózatra kapcsoljuk**. Hozzuk a tekercsokat vörös izzásba az áram lépcsőzetes növelésével (4. kép)!

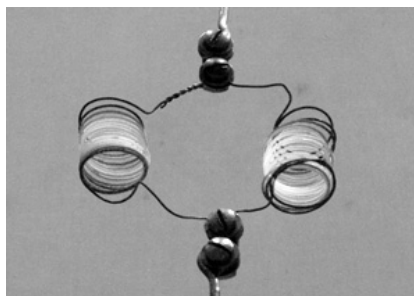
Észrevétel: A párhuzamosan kapcsolt tekercsek ellenállása lényegesen kisebb a főzőlap ellenállásánál, ezért az ezeken átfolyó áramok erősségének összege – a főáram – gyakorlatilag állandó marad, ezt nem fogja befolyásolni a tekercsek ellenállásának kisebb-nagyobb megváltozása.

** Áramütés veszély!

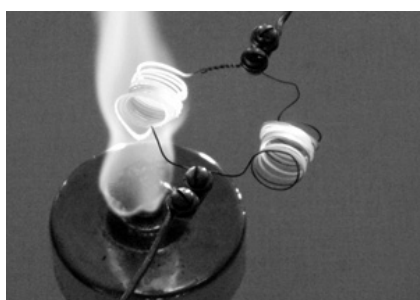
Kizárólag mint tanári kísérlet végezhető el, az érintésvédelmi szabályok szigorú betartása mellett!

Izzítás: Lánggal hevítve hozzuk majdnem fehér izzásba az egyik vörösen izzó tekercset! Ekkor azt tapasztaljuk, hogy a másik tekercs is felizzik, mégjobban felmelegszik (5. kép).

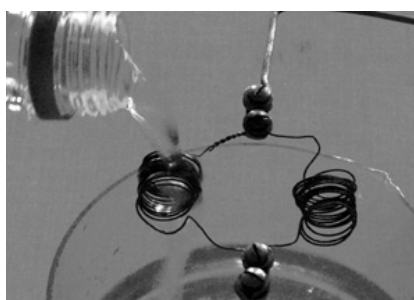
Hűtés: A vörösen izzó tekercsek egyikét vízzel locsolva hűsük le! Észlelni fogjuk a vele párhuzamosan kapcsolt tekercs izzásának a megszűnését, vagyis lehűlését (6. kép).



4. kép



5. kép



6. kép

Magyarázat: A kívülről melegített vashuzal ellenállása növekszik, ezért az állandó főáramból kevesebbet von el, ami a másik ág áramának, és egyúttal hőmérsékletének is, a megnövekedését idézi elő.

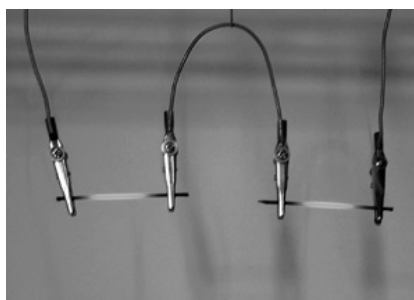
2) Kísérletek grafitceruza bélel

Ismételjük meg a vashuzalal elvégzett kísérleteket grafitceruza bélel is! A soros, majd a párhuzamos áramkörbe krokodil csipeszekkel csatlakoztatjuk az $l = 5\text{ cm}$ hosszúságú, $d = 1,9\text{ mm}$ átmérőjű grafit ceruzabél darabkákat.

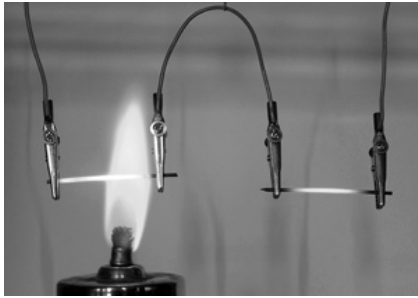
a) Soros kapcsolás

A transzformátor által leadott feszültséget úgy állítjuk be, hogy a sorba kötött grafit rudacsák vörösen izzanak (7. kép).

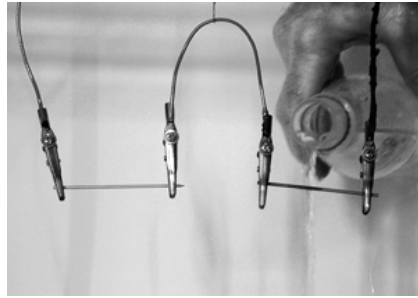
Izzítás, majd hűtés: Elvégezve a rudak egyikén a lánggal való izzítást, majd később vízzel a hűtését, érdekes dolgot figyelhetünk meg. Minden pontosan fordítva történik mint a vashuzalnál! A vele sorba kötött – másik – grafit rúd az izzításnál szintén felizzik, míg a hűtésnél kialszik-lehűl (8. és 9. képek).



7. kép



8. kép



9. kép

b) *Párhuzamos kapcsolás*

Kicseréljük a párhuzamosan kötött vashuzal tekercsüket grafitceruza bél darabokkal. Ezután, a rudacsák vörösizzásának eléréséig a főáramot fokozatosan növeljük** (10. kép).

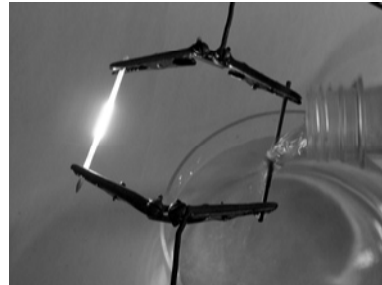
Izzítás, hűtés: Látni fogjuk, hogy itt is – az előbbi kísérlethez hasonlóan – az izzítás és a hűtés hatása ellentétes a vashuzalnál tapasztalattal (11. és 12. képek).



10. kép



11. kép



12. kép

Magyarázat: Hasonló okoskodással mint azt a vashuzal esetén tettük, azonnal megmagyarázhatjuk a grafit fordított viselkedését. Mindössze csak azt kell feltételeznünk, hogy a grafit – vagyis a szén – elektromos ellenállása melegítés hatására csökken! Igazoljuk méréssel feltételezésünk helyességét!

Mérés: Egyetlen grafitceruza-bél darabot, a transzformátorra kapcsolva közel fehér izzásba hozunk, majd ezt követően lehűtjük, beleengedve egy vizes edénybe. Mindkét hőmérsékleten lemérjük a grafitrudon eső feszültséget és az áteresztett áram erősségét:

$$U_{t_1} = 9,25 \text{ V}, I_{t_1} = 2,0 \text{ A}; U_{t_2} = 9,25 \text{ V}, I_{t_2} = 6,0 \text{ A}.$$

Ezekből kiszámítjuk a grafitceruza-bél ellenállását és fajlagos ellenállását:

$$R_{t_1} \approx 4,62 \Omega, R_{t_2} \approx 1,54 \Omega; \rho_{t_1} \approx 2,6 \cdot 10^{-4} \Omega \text{m}, \rho_{t_2} \approx 0,87 \cdot 10^{-4} \Omega \text{m}.$$

Összehasonlítás: Kísérleteinkből, valamint az ellenállások méréséből kitűnik, hogy a hőmérséklet emelésével a vas ellenállása növekszik, a grafité viszont csökken. Ez jellemezhető a hőmérsékleti együtthatóval, amelynek átlagos értéke:

$$\bar{\alpha} = \frac{\rho_{t_2} - \rho_{t_1}}{\rho_{t_1} (t_2 - t_1)}.$$

Mivel mindkét mérésnél az alacsonyabb, a hűtési, és a magasabb, az izzítási, hőmérsékletek nagyjából azonosak lehetnek ($t_1 \approx 50^\circ \text{C}$, valamint $t_2 \approx 800^\circ \text{C}$), az $\bar{\alpha}$ értéke kiszámítható a vashuzal és a grafitceruza-bél anyagaira. *(A grafitceruza bél a grafit mellett még adalékanyagokat is tartalmaz.)*

$$\bar{\alpha}_{\text{lágyvashuzal}} \approx 5,8 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}, \bar{\alpha}_{\text{grafitceruza bél}} \approx -0,9 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}.$$

Láthatjuk, hogy a vas és a grafit hőmérsékleti együtthatója ellentétes előjelű!

Következtetés:

- Kísérleteinkkel sikerült kimutatni, hogy ha egy – elektromos áram által átjárt, termikusan megállapodott – áramkör egyik részét külső hőhatásnak tesszük ki, akkor ez előidézi a többi rész hőmérsékletének változását. Kiderült még az is, hogy a kiváltott hőmérsékletváltozás iránya függ az áramkör szerkezetétől, valamint a kívülről melegített-hűtött rész anyaga hőmérsékleti együtthatójának (α) előjelétől is. Mivel általában a fémek hőmérsékleti együtthatója pozitív, a félvezetőké negatív, ezek kísérleteinkben a vashuzalhoz (Fe), illetve a grafitceruza bélhez (C) hasonlóan fognak viselkedni.
- Folytathatjuk a kísérletezést az $\alpha > 0$ és az $\alpha < 0$ anyagok vegyesen történő soros vagy párhuzamos kapcsolásával, az eredményt akár előre kikövetkeztethetjük.
- Még elképzelhető az összetettebb áramkörök ilyenszerű vizsgálata is.

Bíró Tibor

Kísérletek

Náthás, lázas időszakban gyakran javallja a családi orvos az aszpirin, vagy paracetamol szedését. Ez a két gyógyszer viszonylag egyszerű összetételű, kémiai tulajdonságait könnyen követhető szerves anyag, felépítésükben hasonlóságot is mutatnak:

1. A készítmények kémhatásának vizsgálata

Két tablettát mozsárban dörzsölve porítsatok szét, majd egy pohárkába töltsetek fölé 50cm^3 desztillált vizet. Üvegbottal kavargassátok, majd szűrjétek át szűrőpapíron. Az oldatot mérőhengerbe téve, desztillált vízzel a térfogatát egészítsétek ki 50cm^3 -re.

Az üvegbot segítségével cseppentsetek univerzális indikátor papírra az oldatból, s a kialakuló színt hasonlítsátok össze a pH-skála színeivel. Állapítsátok meg az oldat pH-ját és ebből a kémhatását (amennyiben jól dolgoztatok, az aszpirin esetében az elméleti 2,75, a paracetamol esetében a 6,8-hoz közelálló értéket kell kapnotok a pH-papír érzékenységeinek függvényében)!