

Elektromosság
Emelt szintű kísérletek

Fizika 11–12.

Készítette: Rapavi Róbert

Lektorálta: Gavlikné Kis Anita

Kiskunhalas, 2014. december 31.



KISKUNHALASI
REFORMÁTUS KOLLÉGIUM
SZILÁDY ÁRON GIMNÁZIUMA

6400 Kiskunhalas, Kossuth Lajos utca 14. OM: 027956
tel.: 77 / 421-215 e-mail: szilady@gmail.com web: szilady.net

TÁMOP-3.1.3-11/2-2012-0025

„Jövőd a természettudományokban rejlik!”

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Balesetvédelem

Minden munkahelyen, így a természettudományos kísérletek végzésekor is be kell tartani azokat a szabályokat, amelyek garantálják a biztonságos munkavégzést a gimnáziumunkban. Az előírásokat komolyan kell venni, és aláírással igazolni, hogy tűz és balesetvédelmi oktatáson részt vettél.

Általános szabályok

- A tanulók a laboratóriumi gyakorlat megkezdése előtt a folyosón várakoznak, s csak tanári kísérettel léphetnek be a laboratóriumba.
- A laboratóriumba csak az ott szükséges füzetet, könyvet, íróeszközt viheted be. Táskát, kabátot csak külön engedély alapján szabad bevinni.
- A laboratóriumban étel nem tárolható; ott enni, inni tilos!
- A laboratóriumban az iskolától kapott köpenyt kell viselni, a hosszú haját hajgumival össze kell kötni!
- A munkahelyedet a feladat végzése közben tartsd rendben és tisztán!
- A munkavédelmi, tűzrendészeti előírásokat pontosan tartsd be!
- A laboratóriumot csak a kijelölt szünetben hagyhatod el. Más időpontban a távozáshoz a tanártól engedélyt kell kérni.
- A laboratóriumban csak a kijelölt munkával foglalkozhatsz. A gyakorlati munkát csak az elméleti anyag elsajátítása után kezdheted meg.
- Az anyag-és eszközkidást, a füzetvezetést az órát tartó tanár szabályozza.
- A laboratórium vezetőjének, munkatársainak, tanárod utasításait maradéktalanul be kell tartanod!

Néhány fontos munkaszabály

- Törött vagy repedt üvegedényt ne használj!
- Folyadékot tartalmazó kémcső a folyadékfelszíntől lefelé haladva melegítendő. Nyílását ne tartsd magad vagy társad felé!
- A vegyszeres üvegek dugóit ne cserélgess össze! Szilárd vegyszert tiszta vegyszeres kanállal vedd ki, a kanalat használat után törölj el! Megmaradt vegyszert a vegyszeres edénybe visszaönteni nem szabad!
- A laboratóriumi lefolyóba ne dobj olyan anyagot (pl. szűrőpapírt, gyufaszálat, parafadugót, üvegcserepet stb.), amely dugulást okozhat!
- Az eszközöket csak rendeltetészerűen, tanári engedéllyel szabad használni!
- Az eszközöket, berendezéseket csak rendeltetészerűen és csak az adott paraméterekre beállítva használhatod!
- Vegyszerekhez kézzel nyúlni szigorúan tilos!
- Soha ne szagolj meg közvetlenül vegyszereket, ne kóstolj meg anyagokat kémia órán!
- Ha bőrödre sav vagy lúg kerül, először mindig töröld szárazra, majd bő vízzel öblítsd le!
- A legkisebb balesetet vagy az eszközök meghibásodását azonnal jelentsd a szaktanárnak!
- Munka közben mind a saját, mind társaid testi épségére vigyáznod kell!
- Tanóra végén rakj rendet az asztalodon tanárod és a laboráns irányításával!

1. óra

Ekvipotenciális vonalak kimérése elektromos térben

Emlékeztető

Két pontszerű elektromos töltés között ható erő nagysága egyenesen arányos a töltések nagyságával és fordítva a köztük lévő távolság négyzetével. Matematikai alakban:

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

Ahol a k arányossági tényező értéke vákuumban:

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

Milyen más arányossági tényezőt használhatunk k helyett? Mi a jele, mennyi az értéke?

.....

Egynemű töltések esetén taszítóerő, különemű töltéseknél vonzóerő lép fel.

Az elektromos mező a töltéssel rendelkező testnek olyan környezete, ahol elektromos kölcsönhatás érvényesül. A térerősség (\vec{E}) az elektromos mezőbe helyezett pontszerű, pozitív (q) töltésre ható erőnek és a töltésnek a hányadosa:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

A térerősség iránya megegyezik az adott pontba helyezett pozitív töltésre ható erő irányával.

$$[E] = \frac{N}{C}$$

Az elektromos erővonalak olyan görbék, amelyeknek adott pontbeli érintője megegyezik abban a pontban a térerősség irányával, az erővonalak sűrűsége pedig arányos a térerősség nagyságával. Az erővonalak a pozitív töltésekről indulnak és a negatív töltéseken végződnek. Homogén térről beszélünk, ha az erővonalak párhuzamosak és egyenlő sűrűségűek.

Az elektromos mező bármely A pontjának egy rögzített O ponthoz viszonyított U_{AO} feszültségén a mező A pontbeli potenciáljának nevezzük (U_A). Két pont közti feszültség a két pont potenciáljának különbsége: $U_{AB} = U_A - U_B$.

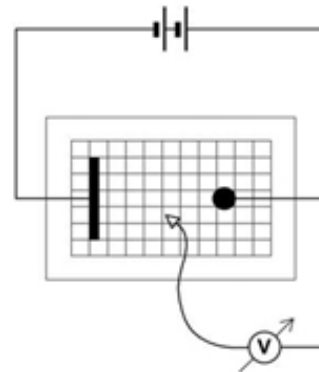
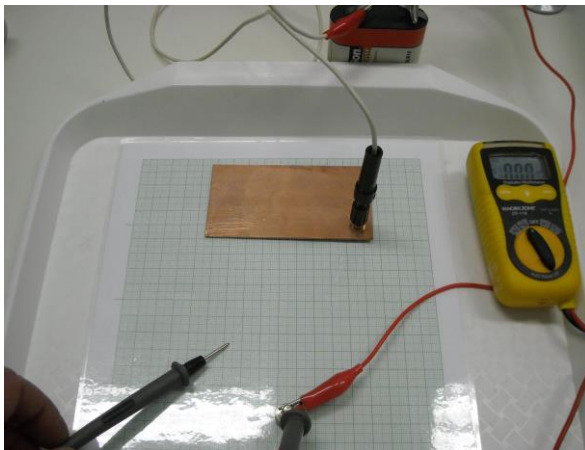
Az azonos potenciálú pontokat ekvipotenciális pontoknak nevezzük. Az ekvipotenciális pontokból álló felületek az ekvipotenciális felületek. Az ekvipotenciális felületek minden pontban merőlegesek az adott pontban áthaladó erővonalakra.

Eszköz és anyaglista

feszültségmérő	kb. 10 V-os egyenáramú feszültségforrás
kis kád	milliméterpapír
vezetékek	elektródák

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat

Legalább 10x20 cm alapterületű lapos műanyagkád (műanyagtálca) aljára négyzethálós beosztású papírlapot helyezünk. (Ha a tál alja átlátszó, a papírt célszerűen a tál alá rögzítjük, ha a tál alja nem átlátszó a papír a tálba kerül. Ez utóbbi esetben az átnedvesedő papírt esetenként cserélni kell.) A tálba néhány mm magasan csapvizet töltünk. A tálba helyezhető fémlektrodák anyaga célszerűen alumínium vagy réz. Előnyös olyan elektródákat használni, amelyek önmagukban is stabilan megállnak a kád alján. Az elektródákhoz egyszerűen csatlakozhatunk az iskolai kísérletezésben használt röpszinórokkal, ha az elektródákra a banándugónak megfelelő lyukakat fúrunk.



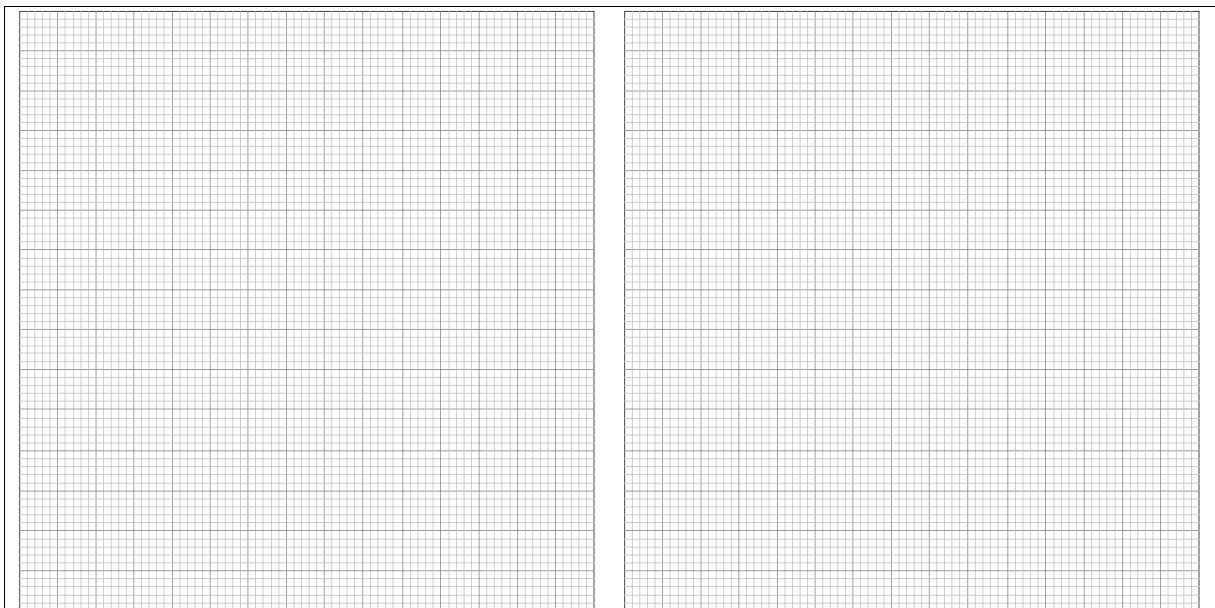
A tálban elhelyezzük a pontszerű elektródát úgy, hogy az a négyzethálóra essen. Egy másik milli méterpapíron be kell jelölni a pontszerű elektróda helyét Ezt követően az áramkört feszültség alá helyezve, a feszültségmérőhöz kapcsolt potenciálvezetékét a két elektródát összekötő középvonal mentén mozgatva le kell olvasni a feszültségértékeket, és jelölni kell őket azon a milliméterpapíron, amelyiken dolgozunk. Célszerű a középvonal mentén egész centiméterben mért távolságokra megmérni a feszültség értékét, és jelölni egy grafikonon és a milliméterpapíron, amelyiken dolgozunk. Ezt követően pedig az a dolgunk, hogy minden egyes – ezzel a módszerrel meghatározott – feszültségértékhez ekvipotenciális vonalakat keressünk. Ezt a legegyszerűbben úgy tudjuk megtenni, hogy a feszültségmérőhöz kapcsolt potenciálvezetékét a kádban mozgatva figyeljük, hogy a feszültség értéke hol lesz ugyanakkora, mint amekkora az

éppen keresett ekvipotenciális vonal (vagyis a rajta lévő, középvonalon bejelölt pont) feszültségértéke. (Természetesen nem kell pontosan ugyanakkorának lenni a feszültségnek, de minél kisebb az eltérés, annál pontosabb lesz a rajz.) Két-három ilyen pontot keressünk minden – a középvonalon bejelölt pontokhoz tartozó –feszültségértékhez, jelöljük a milliméterpapíron (amelyiken dolgozunk); ezek alapján már megrajzolhatóak az ekvipotenciális vonalak. Ha megrajzoltuk az ekvipotenciális vonalakat, akkor már megrajzolhatóak a térerősségvonalak. Ezek merőlegesen indulnak ki a pozitív feszültségű elektródából, és merőlegesen záródnak a pontszerű elektródán, illetve az ekvipotenciális vonalakra is merőlegesen. Természetesen az általunk elkészített rajz nem lesz teljesen pontos.

Rajz:

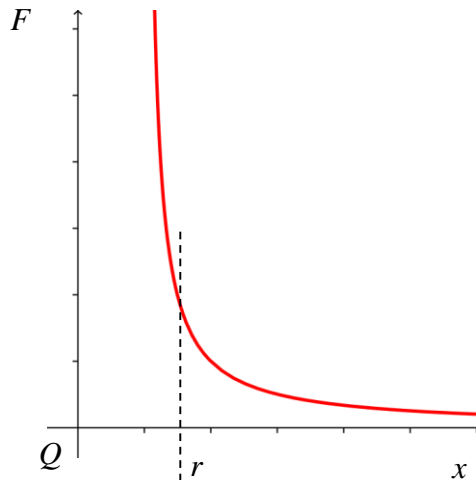
Próbáljuk meg meghatározni, hogy milyen hibák léphetnek fel a mérés során, miért nem olyanok lesznek görbék, mint amilyeneket elméletileg várnánk?

.....
.....



Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések

Ponttöltés elektromos mezője és potenciálja



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}; \vec{F} = k \frac{Qq}{r^2} \vec{e}_r \Rightarrow E = k \frac{Q}{r^2}$$

A ponttöltés potenciálja attól r távolságra:

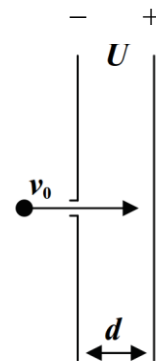
$$U(r) = \int_r^{\infty} \vec{E} \cdot d\vec{r} = kQ \int_r^{\infty} \frac{1}{r^2} dr = kQ \left[\frac{-1}{r} \right]_r^{\infty} = \frac{kQ}{r}$$

Házi feladat

Emelt szintű érettségi feladat 2009. október (módosítva)

Egy síkkondenzátor lemezeinek távolsága $d = 1 \text{ cm}$, a lemezek közti feszültség $U = 100 \text{ V}$. A negatív töltésű lemezbe fúrt lyukon át egy protont lövünk be a kondenzátorlemezek közti térbe, azokra merőlegesen kezdősebességgel.

- Mekkora a proton kezdősebessége a negatív töltésű lemeznél, ha éppen eléri a pozitív töltésű kondenzátorlemezt?
- Mennyi ideig tart az út az egyik lemeztől a másikig?
(A gravitációt tekintjük elhanyagolhatónak! A proton töltésének nagysága $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, tömege $1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.)



Megoldás:

Felhasznált irodalom

Póda–Urbán: Fizika 10.; Nemzeti Tankönyvkiadó; Budapest
<http://oktatás.hu>

2. óra

Elektrolit elektromos ellenállásának vizsgálata

Emlékeztető

1. Definiáld az elektromos áram fogalmát!
2. Hogy szól az Ohm-törvény (képlettel és szavakkal)?
3. Mi kell ahhoz, hogy egy folyadék vezesse az elektromos áramot?
4. Rajzolj le egy egyszerű galvánelem és vázlatosan ismertesd a működését!

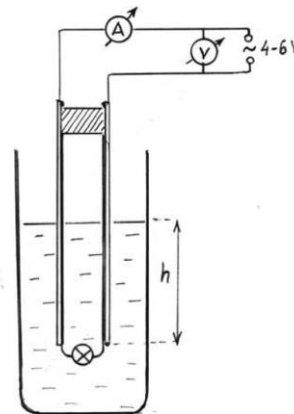
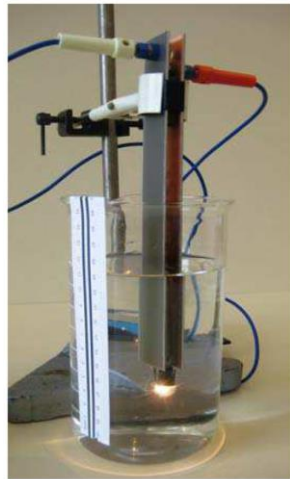
Eszköz és anyaglista

4 vagy 6 V-os váltakozó feszültségű áramforrás	állvány
feszültség- és árammérő	hideg csapvíz
magas üvegedény oldalán cm-es beosztás	vezetékek
két, szigetelők közé erősített rézlemez elektróda, alsó végéi közé forrasztott izzóval	

Munkavédelem

Csak váltakozó áramot használjunk! Bekapcsolás után az elektródákat lehetőleg ne érintsük meg, mert nem veszélyes, de kellemetlen áramütés érhet bennünket.

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat

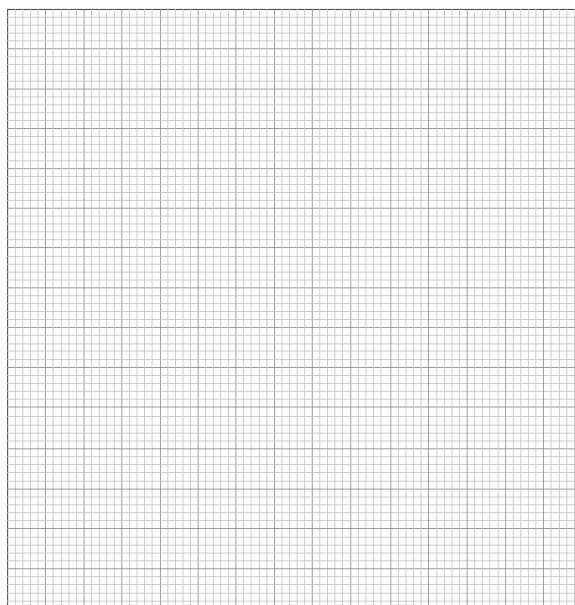


Az ábra alapján összeállított kísérleti eszköz feszültségforrását kapcsoljuk be, és határozzuk meg az izzó ellenállását az áramerősség mérésével. Fokozatosan merítsük az elektródákat a vízbe, és legalább négy különböző magasságban mérjük az áramerősséget és feszültséget! A hideg vizet cseréljük le meleg vízre, majd a mérést ismételjük meg! Ohm törvényét felhasználva igazoljuk a hideg víznek és a meleg víznek különböző a fajlagos ellenállása!

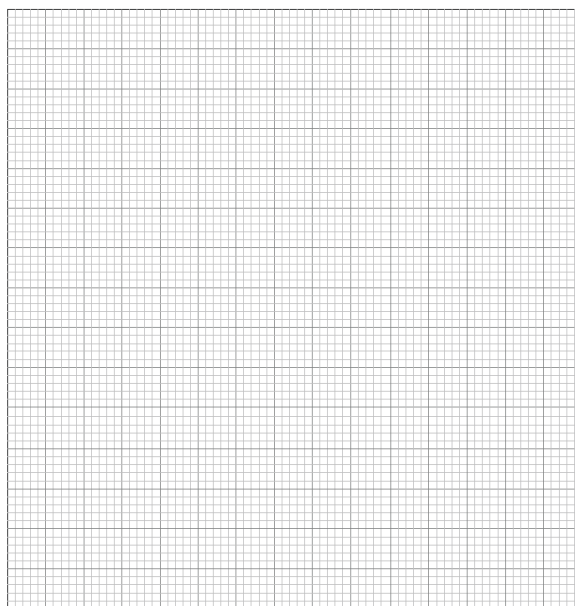
	h (m)	U (K)	I (A)	R (Ω)	R_v (Ω)	ρ_v (Ωm)	$\bar{\rho}_v$ (Ωm)
hideg víz							

	h (m)	U (K)	I (A)	R (Ω)	R_v (Ω)	ϱ_v (Ωm)	$\overline{\varrho}_v$ (Ωm)
meleg víz							

Készítsünk áramerősség–vízmélység grafikonokat!



hideg víz



meleg víz

Gyűjtsük össze, hogy milyen tényezők befolyásolhatják mérésünk pontosságát:

.....
.....

Hasonlítsuk össze a kapott értéket az irodalmi adatokkal!

.....
.....

Mi a magyarázata a különböző hőmérsékletek esetén az eltérő fajlagos ellenállásoknak?

.....

Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések

Az Illinois Egyetem kutatói azonban olyan fejlesztéssel álltak elő, ami alapjaiban változathatja meg az újratölthető áramforrásokról alkotott elképzeléseinket. A technológia lényege, hogy az anód és katód felületek egy olyan háromdimenziós, lyukacsos szerkezetet alkotnak, melyek által a hasznos felület a jelenlegi sokszorosára nő. Az eredmény egy olyan akkumulátor technológia, melynek segítségével az újratölthető áramforrások a mostaniaknál akár kétezerszer nagyobb teljesítményűek lehetnek úgy, hogy méretük a harmincadjára csökkenhet – ez egy mobiltelefonba való akkumulátort gyakorlatilag hitelkártya méretűvé (vékonyságúvá) zsugorítana. Ha mindez nem lenne elég, az ilyen akkumulátorokat az egyetem munkatársai szerint ezerszer gyorsabban tölthetnénk fel, mint a ma kaphatóakat.

Házi feladat

Nézz utána, hogy saját háztartásotokban hogyan tudnátok energiát megspórolni!

Felhasznált irodalom

http://itcafe.hu/hir/szuperakkumulator_illinois_egyetem.html

<http://www.ms.sapientia.ro/elektronika/fileok/jelerzekelok>

3. óra

Az áramforrás paramétereinek vizsgálata

Emlékeztető

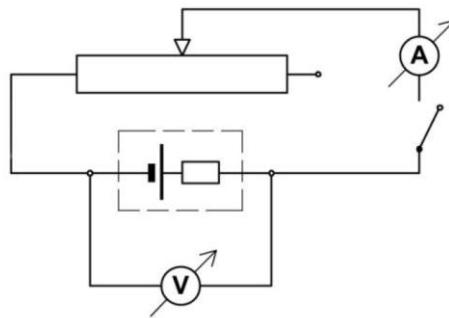
1. Mit nevezünk kapcsolófeszültségnek?
2. Mi az elektromotoros erő?
3. Hogyan mérhetjük meg az elektromotoros erőt?
4. Mi a belső ellenállás?
5. Írd fel a teljes áramkörre vonatkozó Ohm-törvényt!
6. Milyen áramforrásokat ismersz?

Eszköz és anyaglista

4,5 V-os telep	tolóellenállás
feszültség- és áramerősség mérő	banándugók
röpszinórok	kapcsoló

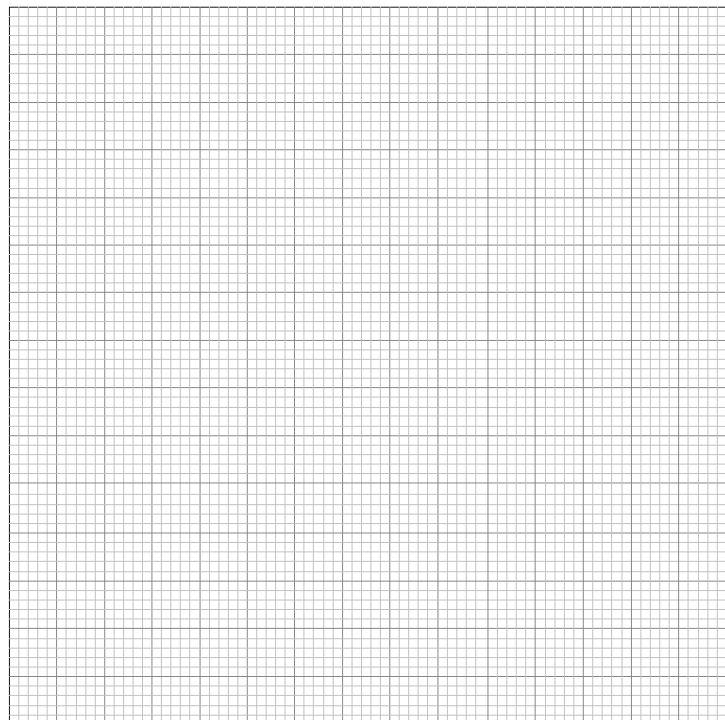
A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat

Állítsuk össze az alábbi ábra szerinti kísérleti elrendezést. A 10–20 Ω -os, 4–5 A-rel terhelhető változtatható ellenállás segítségével határozzuk meg a telep jellemző adatait!



Mérjük meg a feszültséget nyitott kapcsolóállás esetén. Az lesz az üresjárási feszültség (U_0). A tolóellenállás különböző helyzeteiben mérjük meg a feszültség és az áramerősség értékeit. Ügyeljünk arra, hogy a tolóellenállás ne legyen a szélsőhelyzetben, valamint kerüljük a kapcsoló hosszú ideig tartó zárását. A mérési adatokat foglaljuk táblázatba, és készítsünk feszültség–áramerősség grafikont.

U (V)	I (A)



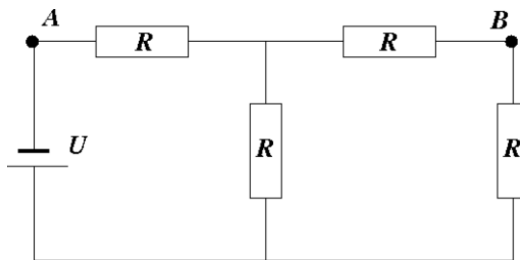
A telep jellemző adatai:

.....

Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések

Emelt szintű érettségi feladat 2007. október (módosítva)

Az ábrán látható áramkörben egy elhanyagolható belső ellenállású telep található, melynek elektromotoros ereje $U = 10 \text{ V}$. Az ellenállások értéke $R = 10 \Omega$. a) Mekkora az A és B pontok közti feszültség? b) Milyen erősségű áram folyik át rajzon függőleges helyzetű ellenállásokon?



Megoldás:

Házi feladat

Nézz utána, hogy hogyan fejlődtek az elektromos áramforrások! Hogyan változott a teljesítményük, mennyivel nőtt a hatásfokuk? A gyakorlatban miért használnak különböző áramforrásokat?

Felhasznált irodalom

<http://oktatás.hu>

4. óra

Zseblámpaizzó ellenállásának mérése Wheatstone-híddal

Emlékeztető

Az Ohm-törvény teljes áramkörre kimondja, hogy az elektromotoros erő (U_0) egyenlő a belső ellenálláson (R_b) és a külső ellenálláson (R_k) eső feszültségek összegével:

$$U_0 = I \cdot R_b + I \cdot R_k$$

A gyakorlatban nagyon sokszor szükség van arra, hogy ismert ellenállásokból és ismert elektromotoros erejű galvánelemekből álló elektromos hálózatok egyes ágaiban folyó áramerősségeket kiszámítsuk. Ehhez nyújtanak segítséget Kirchhoff törvényei.

Kirchhoff I. törvénye, a „csomóponttörvény”: Egy csomópontba befolyó és onnan kifolyó áramok algebrai (előjeles) összege zérus.

$$\sum I_k = 0$$

Kirchhoff II. törvénye, a „huroktörvény”: Bármely zárt áramkörben egy tetszőleges körüljárási irányt megadva, az egyes szakaszokhoz tartozó $I_k \cdot R_k$ nagyságú ún. feszültségesések előjeles összege egyenlő az áramkörben működő U_k elektromotoros erők előjeles összegével (k a „valahányadik” tagot jelöli). Az előjeles összeget a következőképpen kell értelmezni: $I_k \cdot R_k$ pozitív, ha I_k iránya megegyezik a körüljárási iránnyal; negatív, ha ellentétes. U_k pozitív, ha az általa létrehozott áram iránya megegyezik a körüljárási iránnyal, egyébként negatív.

$$\sum U_k + \sum I_k \cdot R_k = 0$$

Eszköz és anyaglista

zseblámpaizzó (3,5 V; 0,2 A)	kapcsoló
ampermérő	3 db ismert ellenállás (~5 Ω; ~50 Ω; ~100 Ω)
1,5 V-os elem	röpszinórok
1 m hosszú ellenálláshuzal (~10 Ω/m) végén csatlakozóval, cm skálával	

Munkavédelem

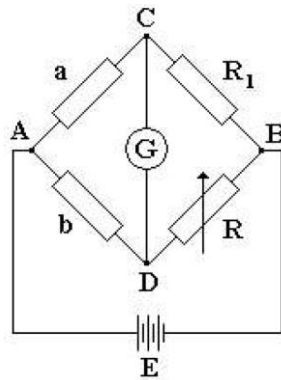
A mérés során különös munkavédelmi előírások nincsenek. Az ampermérőt először a legnagyobb méréshatáron használjuk.

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat

A leggyakrabban használt híd a Wheatstone-híd, mellyel nem csak ellenállásokat, hanem ellenállás-változásra visszavezethető nem-elektromos mennyiségeket (hőmérsékletet, erő, deformáció, nyomás elmozdulás) is lehet mérni.

Általában a híd négy ellenállásból áll, melyeket egy négyzet oldalai mentén helyezünk el; a hidat az egyik átló mentén tápláljuk egyenfeszültséggel, a másik átlójára pedig egy galvanométert kötünk. A híd két üzemmódban dolgozhat: kiegyenlített (a galvanométer 0-t mutat) és kiegyenlítetlen állapotban (a galvanométer kitérése függ az ismeretlen ellenállás értékétől).

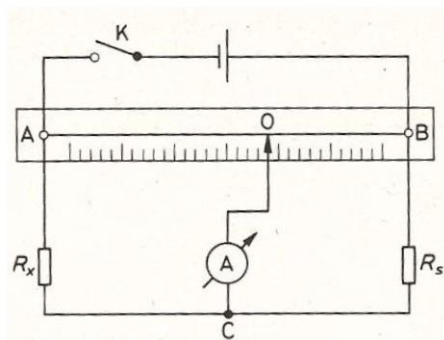
A Wheatstone-híd elvi rajza az alábbi ábrán látható. Ebből következik, ha egy ellenállás ismeretlen, azt ki tudjuk számítani a másik három függvényében, miután a hidat kiegyenlítettük.



Ha a híd kiegyenlített állapotban van, a következő egyenlőséget tudjuk felírni:

$$\left. \begin{matrix} U_{AC} = U_{AD} \\ U_{BC} = U_{BD} \end{matrix} \right\} \Rightarrow b \cdot R_x = a \cdot R \Rightarrow R_x = \frac{a}{b} \cdot R$$

Állítsuk össze a kapcsolást az alábbi ábra szerint! A zsebizzót az R_x ellenállás helyére kössük, az ismert ellenállásokat sorra az R_s ellenállás helyére.



Egyenlítsük ki a hidat mindhárom ellenállás esetén. A mérési adatokat foglaljuk táblázatba, majd ezek segítségével határozzuk meg az izzó ellenállását! Keressünk magyarázatot a kapott eredmények közti eltérésekre!

R_s (Ω)	a (cm)	b (cm)		R_x (Ω)	$R_{x, \text{átl}}$ (Ω)

Végezz hibaszámítást!

Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések



Galvanométer: Lényegében nagy érzékenységű ampermérő, melynek a mutatója középállásban áll, így az áram irányát is jelzi. Fő, és egyben legfontosabb feladata hídkapcsolásokban a nulla állapot kijelzése. A kialakításától függően lengőtekerceses, vagy lengőmágneses, feszített szálal, csúcsos, vagy lengőszálal, fém, üveg, vagy fénymutató. Készül átkapcsolható méréshatárral is. A fenti képen egy iskolai demonstrációs műszer látható. Készítenek olyan kis érzékenységű készülékeket is, amelyeknél az elmozdulást mikroszkóppal kell megfigyelni.

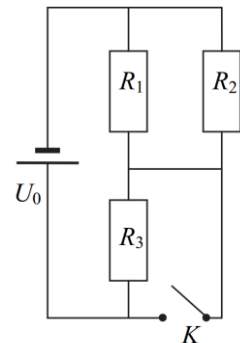
Házi feladat

Emelt szintű érettségi feladat 2014. május (módosítva)

Az ábra szerinti kapcsolásban az ellenállások értéke rendre

$R_1 = 300 \Omega$, $R_2 = 200 \Omega$ és $R_3 = 100 \Omega$. *A telep feszültsége 12 V.*

- a) Mekkora az R_2 ellenálláson átfolyó áram erőssége, ha a K kapcsoló nyitva van?*
- b) Mekkora ebben az esetben az R_3 ellenállás elektromos teljesítménye?*
- c) Mennyi hő fejlődik az R_1 ellenálláson 15 perc alatt, ha a K kapcsoló zárva van?*



Megoldás:

Felhasznált irodalom

http://tanesszkozok.hu/uploads/shop/tanesszkozok.hu/termek/3713_big.jpg
http://www.ms.sapientia.ro/elektronika/fileok/merestechnika/lab_01.pdf
https://wiki.sch.bme.hu/images/3/32/Bevfiz_jegyzet_Kirchhoff.pdf
<http://oktatas.hu>