

Vezetőképeségmérés

Elmélet

Ellenállás (ismétlés + kiegészítés):¹

- Tárgy
- Tulajdonság: Különböző geometriájú (l , A) és anyagi minőségű anyagok különböző mértékben akadályozzák a bennük található töltéshordozók mozgását.
- Fizikai mennyiség: Mérési utasítás szerint egy fogyasztó R ellenállásán értjük a ráeső U feszültségnek és a rajta átfolyó I áramerősségnek a hányadosát. Megmutatja az egységnyi erősségű áram létrehozásához és fenntartásához szükséges feszültséget.

Ohm-törvény: $R = \frac{U}{I}$

Ohm állapította meg, hogy az elektromos mező hatására a vezetőben kialakuló áram erőssége egyenesen arányos a feszültséggel. A legtöbb anyag I - U karakterisztikája egyenes. Ezeket az anyagokat ohmos ellenállásnak nevezzük.

Az Ohm-törvényt kimértük, mérési elrendezésünk feszültségforrásból, ellenállásból, ampermérőből és vezetékekből állt. Ohm mérését a korabeli ismeretekre alapozta, valamint a korabeli méréstechnika adta lehetőségekkel kivitelezte. A történelmi mérést megtalálod az 1. sz. mellékletben.

Vezetékek ellenállása: Méréssel megállapítható, hogy az l hosszúságú, A keresztmetszetű homogén vezetősál ellenállása:

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

ρ : fajlagos ellenállás, anyagi minőségtől függ. Megmutatja az egységnyi hosszúságú, egységnyi keresztmetszetű vezeték ellenállását.

$$[\rho] = \Omega m$$

Értelmezzük kvalitatívan az ellenállásra felírt összefüggést! Adjunk részecskeszerkezeti magyarázatot!

Minél hosszabb a vezetősál, annál, emiatt az ellenállás is nagyobb. Minél nagyobb a keresztmetszet, annál, emiatt az ellenállás kisebb.

¹ Az elmélet és a közös feladat forrása: Litz József (2006). Fizika II. Termodinamika és molekuláris fizika. Elektromosság és mágnesség, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

Ha a vezeték mentén a fajlagos ellenállás vagy a keresztmetszet változik, akkor a vezeték ellenállása:

$$R = \int \rho \frac{dl}{A}$$

Értelmezzük az összefüggést. A vezetéket felosztjuk olyan kis dl szakaszokra, amelyeken állandónak tekinthető a változó mennyiség. Megadjuk a kis szakasz elemi ellenállását (dR), majd a vezeték teljes hosszára szummázunk ($dl \rightarrow 0$ határátmenet mellett), integrálunk.

Közös feladat: Gömbkondenzátor szigetelőrétegének ellenállása.

Az R_1 és $R_2 > R_1$ sugarú gömbkondenzátor fegyverzetei között ρ fajlagos ellenállású dielektrikum (szigetelőréteg) van. Mekkora a szigetelőréteg ellenállása?

Ellenállások kapcsolása, eredő ellenállás: Készíts kapcsolási ábrát (R_1 és R_2 ellenállással), magyarázd a felírt összefüggéseket, vezesd le az eredő ellenállást – ehhez használd az Ohm-törvényt!

a) Soros kapcsolás	b) Párhuzamos kapcsolás
$I = I_1 = I_2$ $U = U_1 + U_2$ $R = R_1 + R_2$	$U = U_1 = U_2$ $I = I_1 + I_2$ $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

Magyarázat, levezetés:

Vezetőképesség:

Tekintsünk az R_1 és R_2 ellenállású vezetőt. Mit mondhatunk az adott feszültség mellett kialakuló áramerősségekről, ha $R_1 > R_2$?

.....
.....

Igaz vagy hamis?

- a) Az R_1 ellenállás gyengébb vezető, mint az R_2 .
- b) Az R_2 ellenállás jobban akadályozza a töltésáramlást, mint az R_1 .
- c) Az R_1 ellenállás jobb vezető, mint az R_2 .

Abban az esetben, ha az ellenállás adott feszültség mellett kisebb áramerősséget tesz lehetővé, azt mondjuk, hogy gyengébb vezető, tehát kisebb a vezetőképessége. A vezetőképesség az ellenállás reciproka.

$$G = \frac{1}{R}$$

$$[G] = \frac{1}{[R]} = \frac{1}{\Omega} = 1 \text{ S (Siemens)}$$

Minél nagyobb az ellenállás, annál kisebb a vezetőképesség, annál akadályozza a töltésáramlást, annál áramerősséget tesz lehetővé rögzített feszültségérték mellett.

Az anyagok jellemzésére gyakran használjuk a fajlagos ellenállás reciprokát, a *fajlagos vezetőképességet*.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{l}{R \cdot A}$$

$$[\sigma] = 1 \frac{\text{S}}{\text{m}} = \frac{1}{\Omega \text{m}}$$

Feladatok

A következő feladatokat külön lapon dolgozd ki, majd csatold a tananyaghoz. Az egész beadandóra egy jegyet kapsz.

Középszintű érettségi feladatok²

1.

Egy kísérletben alacsony hőmérsékleten vizsgálták a fémek vezetőképességét. Először egy „A” anyagból készült drótdarabot kötöttek egy áramkörbe, és 1 A áramerősség esetén megmérték különböző hőmérsékletértékek mellett a rá jutó feszültséget. Azután ugyanezt a kísérletet megismételték egy „B” anyagból készült drótdarabbal is. A mellékelt táblázat tartalmazza a mért értékeket.

$T (^{\circ}\text{C})$	-273	-269	-268	-264	-260	-256	-252	-248
$U_A (\text{V})$	0,28	0,29	0,30	0,34	0,38	0,42	0,46	0,50
$U_B (\text{V})$	0	0	0,12	0,20	0,28	0,36	0,44	0,52

- a) Ábrázolja a táblázatban található adatokat grafikonon!
b) Melyik drót ellenállása nagyobb -260°C -os hőmérsékleten? Mekkora ez az ellenállásérték?
c) Körülbelül mekkora hőmérsékleten lesz a két drót ellenállása egyenlő?
d) Melyik drót ellenállása mutat különleges viselkedést alacsony hőmérsékleten? Mi a különleges viselkedés lényege?
(2018. május II.)

2.

Egy üreszköz építéséhez szükség van egy $R = 0,05 \Omega$ ellenállású, $l = 5 \text{ m}$ hosszúságú vezetékre. Természetesen a lehető legkisebb tömegű vezetékkel kell a rendelkezésre álló anyagokból elkészíteni. Az alábbi táblázatban megtalálhatjuk négy felhasználható fém sűrűségét (ρ) és fajlagos ellenállását (jelöljük most ρ^* -*gal). Melyik anyagból lehet az adott feltételeknek megfelelő, lehető legkönnyebb vezeték elkészíteni?

anyag	Sűrűség $\rho \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)$	fajlagos ellenállás $\rho^* (\Omega\text{m})$
alumínium	2,7	$2,67 \cdot 10^{-8}$
réz	8,9	$1,69 \cdot 10^{-8}$
ezüst	10,5	$1,63 \cdot 10^{-8}$
titán	4,5	$5,40 \cdot 10^{-7}$

(2017. október)

² Az érettségi feladatok forrása: https://dload-oktatas.educatio.hu/erettsegi/feladatok_2018tavasz_kozep/k_fizma_18maj_fl.pdf és https://dload-oktatas.educatio.hu/erettsegi/feladatok_2017osz_kozep/k_fiz_17okt_fl.pdf

Alkalmazások

- ***Folyadékok vezetőképessége***

A víz elektromos vezetőképessége többek között attól is függ, milyen és mennyi iont tartalmaz a vízben oldva. Például a sók vízbe juttatása és az ebből eredő ionok képződése a vezetőképesség növekedéséhez vezet. Emellett a víz hőmérséklete is szerepet játszik (az elektromos vezetőképesség a hőmérséklet emelkedésével nő).

- ***Testzsír mérleg***

Mutasd be a működését.

- ***Hazugságvizsgáló***

Mutasd be a működését.

Mérés – Folyadékok vezetőképességének vizsgálata

1. Ráhangelő feladat

Vizsgáld meg, hogy mely folyadékok vezetik az elektromos áramot (desztillált víz, csapvíz, sós víz)! A következő eszközök felhasználásával állíts össze egy kísérleti elrendezést, amellyel kvalitatívan vizsgálhatod a különböző folyadékok vezetőképességét!

- Pohár
- Desztillált víz (1. kísérlet)/csapvíz (2. kísérlet)/sós víz (3. kísérlet)
- 2 db fém elektród
- Vezetékek
- Krokodilcsipesz
- Zseblámpa izzó
- Zsebtelep

Készíts rajzot és kapcsolási rajzot a mérési elrendezésről!

Tapasztalatok

Melyik esetben világít az izzó?

.....
.....

Magyarázd a tapasztaltakat!

.....
.....
.....
.....

Sóoldat esetén milyen részecskék vándorolnak a zsebtelep pozitív, illetve negatív sarkához kötött vezeték végéhez? (2017. május id. elemző)³

.....
.....

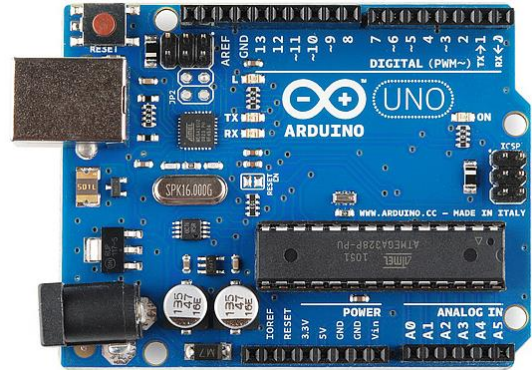
Hogyan hat a sóoldat töményebbé válása az oldat elektromos ellenállására, illetve az izzólámpa fényerejére? Válaszodat indokold 3-5 mondatban. (2017. május id. elemző)

³ A feladat forrása: https://dload-oktatas.educatio.hu/erettsegi/feladatok_2017tavasz_kozep/k_fizma_17maj_fl.pdf

2. Vezetőképességmérés Arduinóval

2.1. Röviden az Arduinóról⁴

Az Arduino egy elektronikai projektek megvalósítására szolgáló platform. Áll egy programozható számítógépből (mikrokontroller) és egy szoftverből (IDE = Integrated Development Environment). A szotverben írod a programkódot (C++-hoz hasonló, egyszerűsített nyelven), amit feltöltesz az eszközre, ezzel működésbe hozod az Arduino boardra csatlakoztatott szenzorokat, valamint követni tudok az érzékelők időbeli állapotát.



Arduino board – mikrokontroller

Forrás: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-an-arduino/all>

Tápellátás: Az Arduino kártya tápellátása a számítógéptől érkezik, amelyhez USB kábellel csatlakoztatjuk. A kód feltöltése is csak USB-s csatlakozással lehetséges.

Pinek, lábkiosztás

Az Arduinón különböző számokkal jelölt csatlakozókat (pineket) találunk, amelyekhez szenzorokat kapcsolhatunk. Az adott kivezetésre így a szám alapján tudunk hivatkozni a programkódban, amellyel a bizonyos szenzort kívánjuk működtetni.

- Digitális kivezetések: 0-13-ig
- Analóg kivezetések: A0-A5-ig

Pl. az analóg csatlakozók képesek leolvasni egy analóg érzékelő (pl. hőmérsékletmérő, fotoellenállás) jelét, amelyet digitális jellé alakítanak.

A digitális kivezetések mind digitális bemenetként (jelfelvétel – pl. egy gomb megnyomása) és kimenetként (jelkiadásra – pl. egy LED felvillantása) is használhatók.

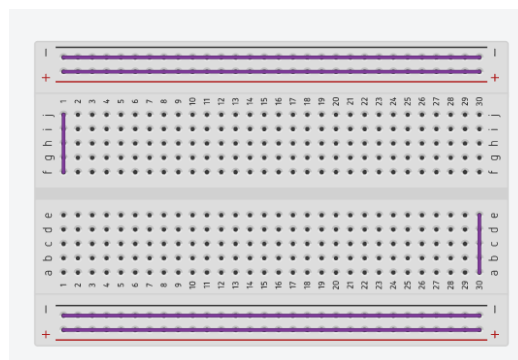
Emellett még megtalálhatjuk a GND-vel és 5 V-tal/3V-tal jelölt pineket a mikrokontrolleren.

A GND (ground) a földelést biztosítja, az 5V/3V a feszültséget biztosítja.

⁴ Forrás: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-an-arduino/all>

Breadboard (panel)⁵

A breadboardon alakíthatjuk ki az elektromos áramkört, amelynek tápellátása akkumulátor vagy külső tápegység csatlakoztatásával - esetűben az Arduinóra csatlakoztatva (azt USB kábellet a laptop-hoz kötve) – oldható meg. A + és – lyukak az áramkör kivezetéseit jelölik. Ezt a két sávot tápcsatlakozásra használjuk. A breadboard középső részén található lyukakat elektromos alkatrészek csatlakoztatására használjuk. Ezek a lyukak függőlegesen vannak egymással sorbakötve, egy oszlopban 5 lyuk található, amely azt jelenti, hogy egy szakaszon legfeljebb 5 eszköz csatlakozhat. A lyukak csatlakozását az ábrába húzott lila vonalak szemléltetik.



Breadboard. Forrás: Saját szerkesztés Tinkercad-ben.

2.2. Programozási alapok

Az Arduino programozásakor mindig az éppen használt szenzort szeretnénk működésre bírni, az általa érzékelt adatokat leolvasni, azaz a szenzor állapotát lehívni. Így természetesen különböző szenzorok használatakor, különböző projektek kivitelezésekor más és más kódot kell alkalmaznunk, ugyanakkor az alapok adottak. Minden további probléma erre építhető, az interneten számos információ és kód elérhető, kész projektek leírása is megtalálható.

Itt csak néhány alapkódot közlünk:

- **void setup:** Itt kezdődik a program beállítása.
- **Serial.begin (...):** Megadja, hogy mennyi adatot foglalkoz le másodpercenként (bit/sec). Pl. Serial.begin (9600) esetén másodpercenként 9600 adatot vagyok képes fogadni.
- **void loop {** : egy hurkot határoz meg, azaz a kód adott időközönként újra lefut
- **int value = 10; :** Az int kóddal definiálunk. A „value” szó használható a továbbiakban a 10-es pin helyett
- **int value = analogRead (A0); :** Beolvassa az analóg értéket, és “value”-nak definiálja
- **pinMode (10, INPUT):** A 10-es pinhez csatlakoztatott szenzor bemenetként szolgál.
- **pinMode (10, OUTPUT):** A 10-es pinhez csatlakoztatott szenzort jelkiadásra használjuk.
- **digitalWrite (10, LOW):** A 10-es pin adott állapotát határozza meg. Pl. a 10-es pinhez csatlakoztatott LED-et kikapcsolja.
- **digitalWrite (10, HIGH):** A 10-es pinhez csatlakoztatott szenzort bekapcsolja.
- **delay (1000) :** szünet, 1000 ms =1 s -os várakozást jelent.
- **Serial.print („Feszültség (Volt)“):** paranccsal különböző kifejezéseket írathatunk ki a gépre, amelyek a soros monitoron (kis nagyító ikonnal lenyitva) jelennek meg.
- **Serial.println (...):** A mért értékeket egymás alatt adja ki, és jeleníti meg a soros monitoron.

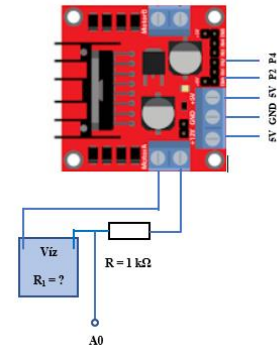
⁵ Forrás: <https://www.seeedstudio.com/blog/2020/01/06/how-to-use-a-breadboard-wiring-circuit-and-arduino-interfacing/>

Vezetőképességmérés Arduinóval

Állítsd össze a folyadék vezetőképességének mérésére alkalmas mérési elrendezést a felsorolt eszközök használatával a mellékelt ábra alapján. A H-híd a következő módon csatlakoztasd az Arduinóhoz és a panelhez: panel + csatlakozója → Arduino 5V, H-híd GND → GND, H-híd 5V és 12 V → panel +, híd OUT1 csatlakozzon az ellenállás egyik lábához, az ellenállás másik lábát csatlakoztasd a vízhez, Híd OUT 2 → víz, H-híd P2 → Arduino 2-es pin, H-híd P4 → Arduino 4-es pin. Az ellenállás vízhez csatlakozó lábát kösd az Arduino A0 pinjébe (analóg csatlakozó).⁶

Eszközök

- Arduino (board és panel)
- USB kábel, laptop
- H-híd
- vezetékek
- Ellenállás (1 k Ω)
- Pohár
- Kb. 2 dl csapvíz
- Só + adagoló
- Digitális mérleg



A feladat leírása

Tölts 2dl vizet a pohárba, majd az összeállított kísérletben Arduino segítségével – a lenti kód felhasználásával – vizsgáld a folyadék vezetőképességét! Méréssel határozd meg a sóoldat vezetőképessége és sótartalma közötti kapcsolatot! (Megjegyzés: nem vezetőképességet mérünk, hanem az 1 k Ω ellenálláson eső feszültséget! A vezetőképességet megfelelő számítások elvégzésével kaphatod meg.)

A kód – A kód [innen](#)⁷ közvetlenül elérhető és a szoftverbe másolható, az Arduinóra tölthető.

```
int input = A0; // analóg csatlakozó
int IAA = 2; // Kapcsoló A
int IAB = 4; // Kapcsoló B

void setup() {
  pinMode(IAA, OUTPUT); // jelkiadásra használjuk
  pinMode(IAB, OUTPUT); // jelkiadásra használjuk
  Serial.begin(9600);
}

void plus() { // A plusz azt csinálja, hogy az A-t bekapcsolja, a B-t le
  digitalWrite(IAA, HIGH);
  digitalWrite(IAB, LOW);
  delay(500);
}

void minus() { //A minusz pont fordítva
  digitalWrite(IAA, LOW);
  digitalWrite(IAB, HIGH);
  delay(500);
}
```

⁶ H-híd és a kísérleti összeállításon látható kapcsoló forrása: <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-dc-motor-control-tutorial-l298n-pwm-h-bridge/> (2024. 08. 24.)

⁷ <https://schniderdorottya.com/arduino-k%C3%B3dok> VEZETŐKÉPESSÉGMÉRÉS - EMELT SZINTŰ KÉPZÉSBEN

```

float measureVoltage(int numberOfReads){ //adott számú adatot olvas
    float sumVoltage = 0.00; //a változó tartalmazza a beolvasott értékek összegét az Arduino skáláján
    for(int i=0;i<numberOfReads;i++){
        sumVoltage = sumVoltage + analogRead(input); //feszültségadat beolvasás az Arduino skáláján
    }
    float averageVoltage = sumVoltage/numberOfReads; // Átlagos érték az Arduino skáláján
    return averageVoltage*5.00/1024; // Voltban adjuk meg a feszültségek átlagát
}

void loop() {
    plus();
    Serial.print("Plus: ");
    Serial.println(measureVoltage(70)); //70 adatot olvas be, ezek átlagát írja ki
    minus();
    Serial.print("Minus: ");
}

```

Kérdések és feladatok

- A kapcsolás értelmezése:** A víz és az 1 k Ω -os ellenállás egymással sorba van kapcsolva. Ez alapján mit mondhatunk az ellenállásokon átfolyó áram erősségéről, és a feszültségekről? (Az egységes jelölés érdekében: $U_0 = 5V$ a telep feszültsége, U_1 : a vizes oldaton eső feszültség, U : az ellenálláson eső feszültség, az áramerősséget hasonlóan indexeld.)

.....

.....

.....

.....

- A megadott adatok alapján hogyan (milyen összefüggéssel) írható fel a folyadék vezetőképessége?**

.....

.....

.....

- Használd a programkódot, és méréssel határozd meg az értékeket (áramerősség, feszültség, a csapvíz vezetőképessége)!**

U (V)	U_1 (V)	I (A)	I_1 (A)	G_1 (mS)

4. Adagolj kevés sót a vízhez, és ebben az esetben is határozd meg a keresett mennyiségeket! 6-7 különböző sótartalom (tömeg) esetén vizsgáld az oldat vezetőképességét!

	m (g)	U (V)	U ₁ (V)	I (A)	I ₁ (A)	G ₁ (mS)
1.	0					
2.	0.05					
3.	0.1					
4.	0.15					
5.	0.2					
6.	0.25					
7.	0.3					

5. Az adatokat ábrázold grafikonon (G₁(m) az Excelben: vezetőképesség a só tömegének függvényében).

6. Értelmezd a kapott eredményeket! Mi és hogyan befolyásolja a vezetőképességet? Miért?

.....

7. Sorold fel a mérést befolyásoló tényezőket.

Értékelj a mérési bizonytalanságokat.

Hogyan változik a jelenség, ha további sót adagolunk az oldathoz?

Milyen elméleti modell írja le a jelenséget? Nézz utána az interneten!